



Strategic analysis of the role of municipalities in water resources management

Mona Masoudi Ashtiani¹ | Hamid Kardan Moghaddam^{2*}

1. Department of Civil Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. Email: mona.masoudi67@yahoo.com

2. Corresponding Author, Assistant Professor, Water Research Institute, Ministry of Energy, Tehran, Iran. Email: h.kardan@wri.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Paper

Article History:
Received 28 July 2025
Revised 02 September 2025
Accepted 17 November 2025
Published Online 01 January 2026

Keywords:
Urban governance,
Water resources management,
Sustainable development,
Municipalities,
Climate resilience,
Green infrastructure.

ABSTRACT

This study aims to strategically analyze the position and role of municipalities in urban water resources management and achieving sustainable development. In this study, the framework of laws and regulations related to water resources management, including urban planning laws, green space, pollution control, and efficient consumption regulations, was first examined. Then, the proposed policies and measures were analyzed in four main areas, including urban development, climate-friendly design and architecture, zoning policies, and intersectoral cooperation. In the next step, the capacities of municipalities in the field of water consumption management, advertising and culture building, financial instruments, and participatory mechanisms were described. A comparative assessment of international experiences from countries such as Japan, South Korea, China, Australia, and Brazil showed that the most successful models are a combination of transparent governance, smart technology, green infrastructure, and public participation. The results of the study indicate that the urban water crisis in Iran is caused by weak multi-level governance, deteriorating infrastructure, and a lack of a culture of sustainable consumption. Municipalities can become the main axis of the transition to sustainable urban water resources management by reforming urban development policies, implementing land use regulations based on water indicators, integrating monitoring systems, and redesigning the financial model. The study ultimately proposes a three-stage implementation framework (short-term, medium-term, long-term) for Iranian cities that is designed based on data-driven governance, intergenerational planning, and climate resilience.

Cite this article: Masoudi Ashtiani, M. & Kardan Moghaddam, H. (2026). Strategic analysis of the role of municipalities in water resources management. *Urban Development Policy Making*, 3 (1), 159-172. DOI: <http://doi.org/10.22034/judpm.2025.557111.1072>



© Mona Masoudi Ashtiani, Hamid Kardan Moghaddam
DOI: <http://doi.org/10.22034/judpm.2025.557111.1072>

Introduction

This study aims to strategically analyze the position and role of municipalities in urban water resources management in order to achieve sustainable development in urban areas of Iran. In this research, the legal, regulatory, and institutional framework related to urban water resources management was first systematically reviewed and analyzed, including urban planning laws, green space regulations, pollution control measures, and bylaws related to efficient water consumption.

Materials and Methods

The proposed policies and management measures were examined across four main dimensions,

namely urban development, climate-friendly design and architecture, zoning and land-use policies, and intersectoral and institutional cooperation. In the next step, the capacities and competencies of municipalities in the fields of water consumption and demand management, public awareness, advertising and culture building, financial and economic instruments, and participatory mechanisms involving stakeholders and citizens were comprehensively described.

Discussion and Conclusion

A comparative assessment of international experiences from countries such as Japan, South Korea, China, Australia, and Brazil revealed that the most successful urban water management models are based on an integrated combination of transparent and multi-level governance, the application of smart technologies, the development of green infrastructure, and active public participation. The results of the study indicate that the urban water crisis in Iran is mainly caused by weak multi-level governance structures, organizational fragmentation, deteriorating and inefficient infrastructure, and the lack of a sustainable water consumption culture. In this context, municipalities have the potential to become the main driving force in the transition toward sustainable urban water resources management by reforming urban development policies, enforcing land-use regulations based on water-related indicators, integrating monitoring and management systems, and redesigning financial and economic models. Ultimately, the study proposes a three-stage implementation framework—short-term, medium-term, and long-term—for Iranian cities, which is designed based on data-driven governance, intergenerational planning, and enhanced climate resilience.

تحلیل راهبردی نقش شهرداری‌ها در مدیریت منابع آب در کلان‌شهر تهران

منا مسعودی آشتیانی^۱ | حمید کاردان مقدم^{۲*}

۱. دانشجوی دکتری مهندسی عمران گرایش علوم و مهندسی منابع آب، عضو کانون خبرنگان برنامه‌ریزی و خدمات شهری شهرداری تهران. رایانامه:

monamasoudiashtiani@yahoo.com

۲. نویسنده مسئول، استادیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات آب وزارت نیرو. رایانامه: h.kardan@wri.ac.ir

چکیده

اطلاعات مقاله

پژوهش پیش رو با هدف تحلیل راهبردی جایگاه و نقش شهرداری‌ها در مدیریت منابع آب شهری و دستیابی به توسعه پایدار انجام شده است. در این مطالعه، ابتدا چارچوب قوانین و مقررات مرتبط با مدیریت منابع آب، از جمله قوانین شهرسازی، فضای سبز، کنترل آلودگی و آیین‌نامه‌های مصرف بهینه بررسی شد. سپس، سیاست‌ها و اقدامات پیشنهادی در چهار محور اصلی شامل توسعه شهری، طراحی و معماری سازگار با اقلیم، سیاست‌های پهنه‌بندی و همکاری‌های بین بخشی تحلیل شد. در گام بعد، ظرفیت‌های شهرداری‌ها در زمینه مدیریت مصرف آب، تبلیغات و فرهنگ‌سازی، ابزارهای مالی و سازوکارهای مشارکتی تشریح شد. ارزیابی تطبیقی تجربه‌های بین‌المللی از کشورهایی همچون ژاپن، کره جنوبی، چین، استرالیا و برزیل نشان داد موفق‌ترین الگوها، تلفیقی از حکمرانی شفاف، فناوری هوشمند، زیرساخت سبز و مشارکت عمومی هستند. نتایج تحقیق بیانگر آن است که بحران آب شهری در ایران ناشی از ضعف حکمرانی چندسطحی، فرسودگی زیرساخت‌ها، و فقدان فرهنگ مصرف پایدار است و شهرداری‌ها می‌توانند با اصلاح سیاست‌های توسعه شهری، اعمال مقررات کاربری زمین بر پایه شاخص‌های آبی، یکپارچه‌سازی سامانه‌های نظارتی و بازطراحی الگوی مالی، به محور اصلی گذار به مدیریت پایدار منابع آب شهری تبدیل شوند. پژوهش در نهایت چارچوب اجرایی سه‌مرحله‌ای (کوتاه‌مدت، میان‌مدت، بلندمدت) برای شهرهای ایران پیشنهاد می‌کند که بر مبنای حکمرانی داده‌محور، برنامه‌ریزی بین نسلی و تاب‌آوری اقلیمی طراحی شده است.

نوع مقاله:

پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۰۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۶/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۲۶

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۰/۱۱

کلیدواژه:

حکمرانی شهری،

مدیریت منابع آب،

توسعه پایدار،

شهرداری‌ها،

تاب‌آوری اقلیمی،

زیرساخت سبز.

استناد: مسعودی آشتیانی، منا و کاردان مقدم، حمید (۱۴۰۵). تحلیل راهبردی نقش شهرداری‌ها در مدیریت منابع آب در کلان‌شهر تهران. *سیاستگذاری پیشرفت شهری*، ۳ (۱) ۱۵۹-۱۷۲.

DOI: <http://doi.org/10.22034/judpm.2025.557111.1072>

© منا مسعودی آشتیانی، حمید کاردان مقدم

DOI: <http://doi.org/10.22034/judpm.2025.557111.1072>



۱. مقدمه

تهران به عنوان بزرگ‌ترین کلان‌شهر ایران با جمعیتی بیش از ۱۳ میلیون نفر، طی دهه‌های اخیر با بحران جدی در تأمین و مدیریت منابع آب مواجه شده است [۱]. کاهش بارندگی‌های سالانه، تغییر الگوی بارش و خشکسالی‌های پیاپی، ذخایر سطحی و زیرزمینی را به شدت تحت فشار قرار داده است [۲]. منابع اصلی آب شرب تهران ترکیبی از سدها و آبخوان‌ها هستند، اما کاهش بارندگی موجب کاهش شدید ذخایر سدها و وابستگی بیشتر به منابع زیرزمینی شده است [۳]. برداشت بی‌رویه از آبخوان‌ها، افت سطح آب و کاهش توان طبیعی تجدید آن‌ها را در پی داشته است. علاوه بر این، مصرف آب در ایران تقریباً سه برابر ظرفیت پایدار برآورد شده و تهران به دلیل رشد جمعیت و تمرکز فعالیت‌های شهری، سهم بالایی در این مصرف دارد. مشکلات ساختاری مانند فرسودگی شبکه آبرسانی، هدررفت آب و ضعف مدیریت تقاضا نیز از جمله چالش‌های مهم در بُعد کمی هستند. این عوامل به وضوح نشان می‌دهند سیاست‌های موجود، نتوانسته‌اند به صورت کارآمد از منابع آب شهری محافظت کنند. علاوه بر کمبود منابع، کیفیت آب در تهران نیز بحرانی است. از سوی دیگر، افت شدید سطح آب زیرزمینی موجب بروز پدیده فرونشست در دشت‌های اطراف تهران شده است که پیامدهای اقتصادی و اجتماعی گسترده‌ای دارد، از جمله تهدید زیرساخت‌های شهری و افزایش هزینه‌های تعمیر و نگهداری. فضای سبز شهری تهران، که تأثیرات زیادی بر کیفیت محیط زیست و منظر شهری دارد نیز به طور فزاینده‌ای در معرض خطر کمبود منابع آب قرار گرفته است [۴]. در حالی که فضای سبز نقش حیاتی در بهبود کیفیت هوای شهری و ایجاد شرایط مطلوب زیستی ایفا می‌کند، نیاز به مدیریت دقیق منابع آب در این بخش یکی از اولویت‌های سیاستگذاران شهری به شمار می‌آید. به‌ویژه در شرایطی که بحران آب در تهران به مرحله هشدار رسیده است، نیاز به بهینه‌سازی مصرف آب در فضای سبز شهری بیش از پیش احساس می‌شود. با توجه به شرایط بحرانی تهران، هدف این مقاله ارزیابی جامع سیاست‌های مدیریت شهری در حوزه منابع آب است. تمرکز اصلی بر بررسی میزان موفقیت این سیاست‌ها در ابعاد کمی (تأمین و مصرف)، کیفی (سلامت و آلودگی)، اجتماعی (عدالت و مشارکت مردمی) و محیط زیستی خواهد بود [۵]. ابتدا، مروری بر وضعیت فعلی منابع آب تهران و روندهای اخیر صورت می‌گیرد. سپس، سیاست‌های اجرایی شهرداری و نهادهای مرتبط در حوزه آب بررسی می‌شود. در ادامه، قوت‌ها و ضعف‌های این سیاست‌ها تحلیل خواهد شد و در نهایت پیشنهادهایی برای اصلاح و بهبود ارائه می‌شود. این مقاله همچنین به مقایسه رویکردهای مختلف در استفاده از آب در فضای سبز شهری و ارزیابی تجربه کشورهای مختلف در مدیریت منابع آب در این بخش، از جمله کشورهای پیشرفته و در حال توسعه خواهد پرداخت. امید است که این تحقیق بتواند به عنوان مرجعی علمی، مسیر توسعه سیاست‌های پایدار و کارآمد در مدیریت منابع آب شهری تهران را هموار سازد. هدف اصلی مقاله حاضر، بررسی چارچوب مدیریت آب شهری مبتنی بر مفهوم حکمرانی در قیاس با کشورهای مختلف است که بتوان رویکرد مناسبی مبتنی بر مفهوم حکمرانی در سطوح مختلف ارائه داد.

۲. مبانی نظری

الف) مدیریت منابع آب شهری

مدیریت منابع آب به فرایند برنامه‌ریزی، بهره‌برداری و حفاظت از منابع آبی به منظور تأمین نیازهای مختلف اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی گفته می‌شود [۶]. در مقیاس شهری، این مفهوم بیشتر به مدیریت آب‌های شرب، آب‌های مصرفی در صنعت، کشاورزی و فضای سبز شهری مربوط می‌شود. از آنجا که آب یکی از منابع مهم طبیعی و پایه‌ای برای بقای انسان و توسعه پایدار است، مدیریت صحیح آن اهمیت زیادی دارد. در شهرها، افزایش جمعیت، رشد صنعت، تغییرات اقلیمی و کاهش منابع آب طبیعی، چالش‌های زیادی را برای تأمین و مدیریت آب به وجود آورده است. در بسیاری از مناطق شهری، منابع آب در معرض تهدید قرار دارند که می‌تواند بر کیفیت زندگی و محیط زیست تأثیر بگذارد.

بحران آب در شهرها به دلایل مختلفی از جمله کمبود منابع آبی، افزایش مصرف، آلودگی منابع آب و نبود برنامه‌های مدیریتی کارآمد رخ می‌دهد. این بحران به‌ویژه در مناطق نیمه‌خشک و خشک، مانند خاورمیانه، که بارندگی‌ها کم و منابع آبی محدود هستند، بیشتر مشاهده می‌شود. در این شرایط، مدیریت منابع آب به عنوان یک اولویت استراتژیک در دستور کار سیاستگذاران قرار می‌گیرد [۷].

در کشورهای مختلف، مدیریت منابع آب شهری از روش‌های مختلفی مانند آبیاری هوشمند، استفاده از آب باران، بهینه‌سازی مصرف آب و بازچرخانی آن بهره می‌برد. برای مثال، در برخی شهرهای بزرگ جهان، سیاست‌های کاهش مصرف آب، استفاده از فناوری‌های نوین آبیاری و ارتقای سیستم‌های توزیع آب به طور گسترده‌ای به کار گرفته می‌شود.

ب) مدیریت فضای سبز شهری

فضای سبز شهری به مجموعه‌ای از فضاهای طبیعی و مصنوعی درون شهرها گفته می‌شود که شامل پارک‌ها، باغ‌ها، خیابان‌های سبز و دیگر فضاهای سبز شهری است [۸]. این فضاها علاوه بر زیباسازی منظر شهری، نقش‌های متعدد اجتماعی، زیست‌محیطی و اقتصادی دارند. از جمله این نقش‌ها می‌توان به بهبود کیفیت هوای شهری، کاهش اثرات جزایر گرمایی، جذب CO₂، ارتقای سلامت روانی و جسمی شهروندان و بهبود کیفیت زندگی اشاره کرد.

فضای سبز همچنین با جذب و ذخیره آب‌های سطحی، در مدیریت منابع آب شهری نیز مؤثر است. این فضاها می‌توانند به عنوان یک سیستم طبیعی تصفیه آب عمل کرده و از رواناب‌ها و سیلاب‌ها جلوگیری کنند. به همین دلیل، مدیریت بهینه منابع آب در فضای سبز، به‌ویژه در شهرهای بزرگ و خشک مانند تهران، یک ضرورت است [۸].

یکی از چالش‌های مهم مدیریت فضای سبز در شهرهای بزرگ، مصرف زیاد آب برای نگهداری این فضاها است. با توجه به کمبود منابع آب در بسیاری از شهرهای جهان، مصرف آب در بخش فضای سبز به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، مسئله‌ای پیچیده و بحرانی است. استفاده از سیستم‌های آبیاری نامناسب، گیاهان غیرمتناسب با شرایط اقلیمی و مصرف زیاد آب به طور سنتی، باعث شده است که این بخش سهم زیادی از مصرف آب شهری را به خود اختصاص دهد. به‌ویژه در تهران، که به دلیل وضعیت خشک و کمبود منابع آبی به‌شدت در معرض بحران آب است، نگهداری فضای سبز به‌ویژه در فصل‌های گرم سال، به راهکارهای بهینه و نوآورانه نیاز دارد.

ج) بهینه‌سازی مصرف آب در فضای سبز شهری

بهینه‌سازی مصرف آب به معنای استفاده کارآمدتر و مؤثرتر از منابع آبی است تا از هدررفت آن جلوگیری شود و در عین حال نیازهای مختلف تأمین آب برآورده شود [۹]. در بخش فضای سبز، این بهینه‌سازی نه تنها به کاهش مصرف آب کمک می‌کند، بلکه باعث کاهش هزینه‌ها و ارتقای پایداری محیط زیست شهری می‌شود. با توجه به شرایط بحران آب در بسیاری از شهرها، بهینه‌سازی مصرف آب در فضای سبز به یکی از اولویت‌های سیاست‌گذاری در این حوزه تبدیل شده است. بر این اساس، روش‌های بهینه‌سازی مصرف آب در فضای سبز شهری به مؤلفه‌های زیر تقسیم می‌شود:

- استفاده از آبیاری هوشمند: سیستم‌های آبیاری هوشمند مانند آبیاری قطره‌ای، آبیاری خودکار و کنترل میزان آب مصرفی بر اساس نیاز گیاهان، از جمله فناوری‌هایی هستند که به طور گسترده‌ای در مدیریت منابع آب در فضای سبز شهری استفاده می‌شوند. این سیستم‌ها باعث می‌شوند که مصرف آب به حداقل برسد و هدررفت آب به‌شدت کاهش یابد [۹ - ۱۱].
- استفاده از گیاهان مقاوم به خشکی: یکی دیگر از راهکارهای بهینه‌سازی مصرف آب، استفاده از گیاهان مقاوم به خشکی است که نیاز کمتری به آب دارند و می‌توانند در شرایط سخت آب‌وهوایی نیز به‌خوبی رشد کنند. این گیاهان می‌توانند به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، راه‌حل مناسبی برای کاهش مصرف آب باشند [۱۲].
- بازچرخانی آب: استفاده مجدد از آب‌های مصرفی در فضای سبز، به‌ویژه در مناطق شهری که با کمبود آب مواجه هستند، می‌تواند راهکاری مؤثر برای کاهش فشار بر منابع آبی باشد. بازچرخانی آب، به‌ویژه در فضاهای سبز شهری، به حفظ منابع آبی کمک می‌کند [۱۳].
- توسعه سیستم‌های مدیریت آب باران: جمع‌آوری و ذخیره‌سازی آب باران برای استفاده در فضای سبز شهری، یکی دیگر از روش‌های مؤثر برای بهینه‌سازی مصرف آب است. این سیستم‌ها می‌توانند در فصل‌های بارندگی، منابع آبی مورد نیاز فضای سبز را تأمین کنند [۱۴].

هرچند روش‌های مختلف بهینه‌سازی مصرف آب در فضای سبز وجود دارد، اما اجرای این سیاست‌ها و فناوری‌ها با چالش‌هایی همراه است. برخی از این چالش‌ها شامل هزینه‌های بالای نصب و نگهداری سیستم‌های نوین آبیاری، عدم آگاهی و آموزش مناسب به مسئولان و مردم، و محدودیت منابع مالی و فنی در کشورهای در حال توسعه است.

حکمرانی آب شهری به عنوان یکی از ارکان مهم حکمرانی پایدار شناخته می‌شود. در واقع، مدیریت صحیح و پایدار منابع آب در مناطق شهری یکی از جنبه‌های کلیدی در دستیابی به توسعه پایدار است. حکمرانی آب شهری باید به گونه‌ای باشد که علاوه بر تأمین نیازهای جاری شهروندان، شرایط زیست‌محیطی و اکولوژیکی نیز رعایت شود و استفاده بهینه از منابع آب در بلندمدت ممکن شود. این مسئله مستلزم استفاده از راهکارهای نوین مدیریتی، تصمیم‌گیری‌های مبتنی بر شواهد علمی و مشارکت فعال مردم در فرایندهای مدیریتی است.

۳. سیاست‌ها و استراتژی‌های مدیریت منابع آب در کشورهای مختلف

سیاست‌ها و استراتژی‌های مدیریت منابع آب در کشورهای مختلف به طور عمده به وسیله شرایط جغرافیایی، اقتصادی، فرهنگی و میزان دسترسی به منابع آب تعیین می‌شود. با توجه به بحران‌های جهانی آب و تغییرات اقلیمی، کشورهای مختلف رویکردهای متنوعی برای مدیریت منابع آب به‌ویژه در بخش شهری و فضای سبز به کار گرفته‌اند. با توجه به هدف این مطالعه، کشورهای مختلفی مورد بررسی قرار گرفته و ابعاد تأثیرگذاری در مدیریت آب شهری مورد نقد قرار گرفته است.

آلمان به عنوان یکی از کشورهای پیشرفته در مدیریت منابع آب، مجموعه‌ای از سیاست‌ها و فناوری‌ها را برای استفاده بهینه از منابع آب به‌ویژه در بخش‌های شهری به کار گرفته است. این کشور توجه ویژه‌ای به بازچرخانی آب و استفاده از آب باران دارد. از طرفی در بسیاری از شهرهای آلمان، سیستم‌های جمع‌آوری آب باران برای تأمین نیازهای غیرشرب مانند آبیاری فضای سبز شهری، شست‌وشوی معابر و مصارف صنعتی به کار می‌روند. این روش به‌ویژه در شهرهای بزرگ و صنعتی آلمان که با مشکلات کمبود منابع آب مواجه هستند، مؤثر بوده است. همچنین، آلمان در طراحی فضای سبز شهری به‌شدت به استفاده از گیاهان مقاوم به خشکی توجه می‌کند. این کشور برنامه‌هایی برای استفاده از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در پارک‌ها و فضاهای سبز شهری دارد تا مصرف آب را به حداقل برساند. بازیابی آب از فاضلاب‌های صنعتی و خانگی برای استفاده در بخش‌های غیرشرب (مانند فضای سبز شهری) نوعی سیاست رایج است. در برخی مناطق، آب تصفیه‌شده فاضلاب برای آبیاری فضای سبز استفاده می‌شود که این کار به کاهش مصرف آب شرب و حفظ منابع آب کمک می‌کند [۱۵].

ژاپن به دلیل وضعیت خاص جغرافیایی و تغییرات اقلیمی که با آن روبه‌روست، در زمینه مدیریت منابع آب شهری سیاست‌های خاصی را اتخاذ کرده است. در این کشور استفاده از سیستم‌های پیشرفته آبیاری هوشمند در فضای سبز شهری خود استفاده می‌کند. این سیستم‌ها به طور خودکار میزان آب مصرفی را بر اساس نیاز گیاهان و شرایط اقلیمی تنظیم می‌کنند. این روش باعث کاهش هدررفت آب و بهبود کارایی در استفاده از منابع آبی می‌شود. در ژاپن، به‌ویژه پس از وقوع بحران‌های طبیعی مانند زمین‌لرزه‌ها و توفان‌ها، سیستم‌های بازیابی و ذخیره‌سازی آب باران برای مقابله با کمبود منابع آبی در مواقع اضطراری طراحی شده است. در برخی شهرها، ساختمان‌ها به سیستم‌های ذخیره‌سازی آب باران مجهز هستند که می‌توانند در زمان‌های بحران، آب مورد نیاز برای مصرف خانگی و آبیاری فضای سبز را تأمین کنند. موضوع آموزش و فرهنگ‌سازی به شهروندان برای صرفه‌جویی با برگزاری برنامه‌های کمپین‌های تبلیغاتی در مدارس و محیط‌های کاری اشاره کرد که هدف آن، افزایش آگاهی در مورد بحران آب و نحوه استفاده بهینه از منابع آبی است [۱۶].

امارات متحده عربی یکی از کشورهای پیشرفته در زمینه استفاده از فناوری‌های نوین برای مقابله با بحران آب در مناطق بیابانی است. یکی از استراتژی‌های اصلی در امارات برای تأمین منابع آب، استفاده گسترده از فناوری شیرین‌سازی آب است. در این کشور، درصد زیادی از آب مصرفی از دریا تأمین می‌شود. در حال حاضر، امارات یکی از تولیدکنندگان بزرگ آب شیرین در جهان است که توانسته با استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته، منابع آب دریا را برای استفاده‌های شرب و صنعتی به آب شیرین تبدیل کند. در امارات، استفاده از آب‌های غیرمرسوم مانند پساب تصفیه‌شده و آب باران به طور فزاینده‌ای برای آبیاری فضای سبز شهری استفاده می‌شود. این روش نه تنها باعث کاهش فشار بر منابع آب شیرین می‌شود، بلکه هزینه‌های نگهداری فضای

سبز را نیز کاهش می‌دهد. همچنین، به طور گسترده‌ای از فناوری‌های اینترنت اشیا (IOT) و سنسورها برای نظارت و کنترل مصرف آب در فضاهای سبز و ساختمان‌ها استفاده می‌کند. این فناوری‌ها قادرند به طور خودکار میزان آب مصرفی را بر اساس شرایط محیطی تنظیم کنند و از هدررفت آب جلوگیری کنند [۱۷].

هلند به دلیل موقعیت جغرافیایی خاص خود، که عمدتاً زیر سطح دریا قرار دارد، در زمینه مدیریت منابع آب شهری و بازچرخانی آب پیشرو بوده است. در هلند، استفاده از سیستم‌های بازیافت و بازچرخانی آب در بسیاری از مناطق به‌ویژه در فضای سبز شهری بسیار رایج است. این سیستم‌ها آب‌های مصرفی خانگی و صنعتی را تصفیه کرده و به طور مجدد برای آبیاری فضاهای سبز یا مصارف صنعتی استفاده می‌کنند. هلند از پیشرفته‌ترین کشورهای جهان در استفاده از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای است. این کشور به‌ویژه در بخش کشاورزی و فضای سبز شهری از این سیستم‌ها استفاده می‌کند تا مصرف آب به حداقل برسد. همچنین، هلند برای مدیریت منابع آب و حفاظت از آن، یک شورای ملی مدیریت منابع آب دارد که وظیفه هماهنگی و نظارت بر سیاست‌های مختلف آبی در کشور را به عهده دارد. این شورا به طور منظم به ارزیابی وضعیت منابع آب و توسعه سیاست‌های پایدار می‌پردازد [۱۸].

استرالیا از پیشروترین کشورها در زمینه استفاده از آبیاری قطره‌ای و سایر سیستم‌های هوشمند آبیاری است. این کشور سیستم‌های آبیاری مبتنی بر حسگرها و تکنولوژی‌های هوشمند را در مناطق کشاورزی و شهری برای بهینه‌سازی مصرف آب به کار می‌برد. این روش‌ها به کاهش مصرف آب در بخش‌های کشاورزی و فضای سبز کمک کرده است. از طرفی به دلیل وقوع دوره‌های خشکسالی طولانی، سیاست‌هایی برای ذخیره‌سازی آب و مدیریت بحران هنگام کمبود منابع آبی دارد. یکی از این سیاست‌ها ایجاد «استخرهای ذخیره‌سازی آب» و تقویت زیرساخت‌ها برای ذخیره آب باران است. این سیاست‌ها به‌ویژه در شهرهای بزرگ مانند سیدنی و ملبورن به منظور تأمین آب برای مصارف غیرشرب (مانند آبیاری فضای سبز) اعمال می‌شود. در استرالیا، کمپین‌های ملی برای آموزش مردم در زمینه کاهش مصرف آب در منزل و فضای سبز شهری برگزار می‌شود. این برنامه‌ها شامل ترویج استفاده از گیاهان مقاوم به خشکی و نصب سیستم‌های آبیاری هوشمند در باغ‌ها و فضاهای سبز است [۱۹].

آفریقای جنوبی در زمینه تصفیه و بازچرخانی آب‌های فاضلابی برای استفاده در مصارف غیرشرب (مانند آبیاری فضای سبز) از فناوری‌های پیشرفته استفاده می‌کند. در شهرهایی مانند کیپ‌تاون، سیستم‌های تصفیه و استفاده مجدد از پساب به طور گسترده برای کاهش مصرف آب‌های شیرین به کار می‌روند. در شرایط بحران آب مانند خشکسالی‌ها، آفریقای جنوبی سیاست‌های سختگیرانه‌ای برای کاهش مصرف آب در بخش‌های مختلف، از جمله فضای سبز شهری، اعمال می‌کند. در کیپ‌تاون، که به‌ویژه در سال‌های اخیر با بحران آب روبه‌رو بوده، استفاده از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در فضای سبز شهری به طور گسترده‌تری معرفی شده است. همچنین، تدابیری برای کاهش آبیاری‌های غیرضروری و ترویج استفاده از گیاهان مقاوم به خشکی اتخاذ شده است. آفریقای جنوبی برای مقابله با بحران آب، کمپین‌های آگاهی‌رسانی در سطح ملی برگزار می‌کند. این کمپین‌ها به‌ویژه بر مصرف بهینه آب در منزل و بخش‌های عمومی از جمله فضای سبز تأکید دارند [۲۰].

اسپانیا در مدیریت منابع آب در بخش فضای سبز، از سیستم‌های پیشرفته بازیافت آب و استفاده از پساب برای آبیاری فضای سبز شهری استفاده می‌کند. در شهرهایی مانند بارسلونا، آب‌های تصفیه‌شده برای آبیاری پارک‌ها و فضاهای سبز شهری استفاده می‌شود. این روش به کاهش وابستگی به منابع آب شیرین کمک می‌کند و موجب صرفه‌جویی در مصرف آب می‌شود. آب‌پاش‌های هوشمند و سیستم‌های آبیاری قطره‌ای به طور گسترده در اسپانیا برای بهینه‌سازی مصرف آب در فضای سبز شهری استفاده می‌شود. این سیستم‌ها به طور خودکار میزان آب مورد نیاز گیاهان را بر اساس شرایط اقلیمی و نیاز آن‌ها تنظیم می‌کنند و از هدررفت آب جلوگیری می‌کنند. در اسپانیا، قوانین سختگیرانه‌ای برای کاهش مصرف آب و حفاظت از منابع آبی وجود دارد. در مناطقی که با بحران کم‌آبی مواجه هستند، قوانین ویژه‌ای برای محدود کردن مصرف آب در بخش‌های غیرضروری مانند آبیاری باغ‌ها و فضای سبز شهری وضع شده است [۲۱].

در ایالات متحده، به‌ویژه در ایالاتی مانند کالیفرنیا که با بحران آب روبه‌رو هستند، استفاده از سیستم‌های جمع‌آوری آب باران برای تأمین آب مصرفی فضای سبز شهری یک استراتژی معمول است. این سیستم‌ها به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک

برای کاهش فشار بر منابع آب شیرین استفاده می‌شوند. در بسیاری از ایالت‌های آمریکا، سیستم‌های آبیاری هوشمند برای بهینه‌سازی مصرف آب در فضای سبز شهری معرفی شده‌اند. این سیستم‌ها با استفاده از حسگرها و فناوری‌های پیشرفته، میزان آب مصرفی را بر اساس شرایط محیطی تنظیم می‌کنند. این روش‌ها در مناطقی مانند لس‌آنجلس و سایر شهرهای کالیفرنیا به‌ویژه در زمان خشکسالی به طور گسترده استفاده می‌شود. در شهرهای بزرگی مانند نیویورک و لس‌آنجلس، برنامه‌های مدیریت بحران آب برای کاهش مصرف آب در مواقع بحران طراحی شده است. این برنامه‌ها شامل کاهش آبیاری‌های غیرضروری، تشویق به استفاده از گیاهان مقاوم به خشکی و محدودیت‌های زمانی برای استفاده از آب در فضای سبز شهری هستند [۲۳].

۴. ارزیابی رویکردهای بهینه‌سازی مصرف آب در فضای سبز شهری

به منظور ارزیابی رویکردهای بهینه‌سازی مصرف آب در بخش شهری با توجه به نگاه و ارزش‌گذاری به آب در کشورهای مختلف، ارزیابی مبتنی بر ۵ بخش تأثیرگذار بر تعریف و پیاده‌سازی سیاست‌های آبی مورد نقد قرار گرفته است. نقش اقلیم، فناوری، گیاهان مقاوم به خشکی و بومی، بازچرخانی آب و سیاست‌های اجتماعی به عنوان ابزارهای مقایسه‌ای و تحلیلی انتخاب شده است.

الف) نقش اقلیم در تعریف سیاست‌های مدیریت آب شهری: نتایج تحلیل نشان داد شرایط اقلیمی نقش تعیین‌کننده‌ای در انتخاب سیاست‌ها و فناوری‌های بهینه‌سازی مصرف آب دارد. کشورهای خشک و بیابانی مانند امارات و استرالیا، بر استفاده از منابع غیرمرسوم نظیر آب‌های شور و پساب تصفیه‌شده و همچنین، فناوری‌های شیرین‌سازی آب تمرکز دارند. در مقابل، کشورهای معتدل و مرطوب مانند آلمان و هلند بیشتر بر بازیافت و بازچرخانی آب، بهینه‌سازی شبکه‌های آبیاری و جمع‌آوری آب باران تأکید دارند. این تفاوت نشان می‌دهد راهکارهای موفق در یک منطقه الزاماً قابل تعمیم به مناطق دیگر نیستند، بلکه باید متناسب با اقلیم، نوع پوشش گیاهی و منابع آبی محلی طراحی شوند.

ب) مقایسه فناوری‌ها و سیستم‌های آبیاری: مقایسه‌ها نشان داد بیشترین صرفه‌جویی در مصرف آب در کشورهایی حاصل شده که از سیستم‌های هوشمند آبیاری بهره می‌برند. در آلمان، اسپانیا و ژاپن، استفاده از حسگرهای رطوبت خاک و سیستم‌های خودکار آبیاری سبب کاهش مصرف آب تا حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد شده است. در مقابل، در ایران و آفریقای جنوبی که هنوز بخش قابل توجهی از فضاهای سبز با روش‌های سنتی (غرق آبی یا سطحی) آبیاری می‌شوند، راندمان مصرف آب کمتر از ۵۰ درصد است. بر این اساس، استفاده از فناوری‌های هوشمند آبیاری مؤثرترین عامل در کاهش مصرف آب فضای سبز هستند، اما نیاز به زیرساخت و سرمایه‌گذاری اولیه بالا دارند.

ج) استفاده از گیاهان بومی و مقاوم به خشکی: بررسی تطبیقی کشورها نشان داد استفاده از گیاهان بومی و زراعت مقاوم به خشکی از کم‌هزینه‌ترین و مؤثرترین روش‌ها در کاهش مصرف آب فضای سبز شهری است. استرالیا و کالیفرنیا پیشگام در توسعه چمن‌های بومی و زراعت مقاوم بوده‌اند و توانسته‌اند تا ۵۰ درصد کاهش مصرف آب را در بخش فضای سبز شهری تجربه کنند. در مقابل، کشورهایی مانند ایران و کشورهای خاورمیانه هنوز در بسیاری از مناطق از گونه‌های غیربومی (مانند چمن‌های پرمصرف) استفاده می‌کنند که نیاز آبی بالایی دارند.

د) بازچرخانی و استفاده مجدد از آب: تحلیل‌ها نشان داد استفاده از پساب تصفیه‌شده و جمع‌آوری آب باران از سیاست‌های موفق در کشورهای توسعه‌یافته است. در هلند، بیش از ۶۰ درصد از آب مورد استفاده در فضای سبز شهری از منابع بازچرخانی‌شده تأمین می‌شود. اسپانیا و آلمان نیز با اجرای سیستم‌های تصفیه محلی و استفاده از پساب در پارک‌ها، کاهش چشمگیر مصرف آب شرب را گزارش کرده‌اند. در ایران و سایر کشورهای درحال توسعه، سهم استفاده از آب بازچرخانی‌شده هنوز کمتر از ۱۰ درصد است، که نشان‌دهنده فاصله زیاد از استانداردهای جهانی است.

ه) سیاست‌های اجتماعی و مشارکت مردمی: تجربه کشورهای موفق نشان می‌دهد توسعه سیاست‌های فنی بدون حمایت اجتماعی کارایی پایداری ندارد. در ژاپن و آلمان، برنامه‌های آموزشی و کمپین‌های ملی برای آگاهی‌رسانی شهروندان در خصوص صرفه‌جویی در مصرف آب اجرا می‌شود و به تغییر الگوهای رفتاری مردم منجر شده است. در کشورهای درحال توسعه مانند ایران و آفریقای جنوبی، ضعف در آگاهی عمومی و نبود انگیزه اقتصادی (نظیر تعرفه‌های پلکانی آب) مانع از موفقیت طرح‌های بهینه‌سازی شده است.

در جدول ۱ تحلیلی به صورت مقایسه‌ای از ۵ کشور و ایران در بحث مدیریت آب در فضای سبز شهری ارائه شده است.

جدول ۱. مقایسه نتایج تحلیلی کاهش مصرف آب در بخش فضای سبز

ردیف	کشور	نوع سیاست	فناوری کلیدی	نتایج
۱	آلمان	بازچرخانی و جمع‌آوری آب باران	آبیاری هوشمند، فاضلاب تصفیه‌شده	کاهش ۳۵٪ مصرف آب شهری
۲	ژاپن	فناوری‌های هوشمند و ذخیره‌سازی آب	حسگرهای خاک، مخازن اضطراری	کاهش ۳۰٪ مصرف و افزایش بهره‌وری
۳	امارات	منابع غیرمرسوم (آب شیرین‌کن و پساب)	تصفیه پیشرفته، آبیاری دقیق	تأمین ۵۰٪ آب فضای سبز از پساب
۴	استرالیا	مدیریت خشکسالی و گونه‌های بومی	چمن بومی، بازیافت آب باران	صرفه‌جویی ۴۰٪ در مصرف آب
۵	اسپانیا	بازچرخانی و محدودیت مصرف	تصفیه محلی، آبیاری قطره‌ای	صرفه‌جویی ۲۵-۳۵٪
۶	ایران	طرح‌های محدود آبیاری قطره‌ای	پساب تصفیه‌نشده، گونه‌های پرمصرف	راندمان پایین (زیر ۵۰٪)

۵. تحلیل و ارزیابی سیاست‌های مدیریت منابع آب در بخش فضای سبز شهری

به منظور ارزیابی سیاست‌های پیاده‌سازی مدیریت آب در فضای شهری با استفاده از ۵ شاخص مورد ارزیابی قرار گرفته است. شاخص کارایی، پایداری، پذیرش اجتماعی، اثربخشی اقتصادی، محیط زیست به عنوان ۵ شاخص ارزیابی بوده که در ۲ بخش قوت‌ها و ضعف‌ها برای هر کشور در زیر ارائه شده است.

الف) آلمان

قوت‌ها: وجود سیاست‌های جامع در بازچرخانی آب و استفاده از آب باران، زیرساخت‌های مناسب و همکاری نهادهای محلی و ملی و اعمال مالیات و تعرفه‌های پلکانی برای تشویق صرفه‌جویی.
ضعف‌ها: هزینه بالای نگهداری سیستم‌های تصفیه و شبکه‌های آبیاری پیشرفته.
در کشور آلمان مصرف آب فضای سبز را تا حدود ۳۵ درصد کاهش دهد و تعادل پایداری میان کیفیت منظر شهری و منابع آبی برقرار کند.

ب) هلند

قوت‌ها: تلفیق سیاست‌های مدیریت آب با طراحی شهری (Urban Water Sensitive Design) و مشارکت بالای مردم در پروژه‌های محلی جمع‌آوری آب باران.
ضعف‌ها: وابستگی زیاد به فناوری‌های پرهزینه و نیازمند نگهداری تخصصی.
در کشور هلند از پایدارترین مدل‌های مدیریت آب شهری در اروپا با نرخ بازچرخانی بیش از ۶۰ درصد ایجاد شده است.

ج) ژاپن

قوت‌ها: آبیاری کاملاً هوشمند با حسگرهای محیطی و سیستم‌های ذخیره‌سازی اضطراری آب برای بحران‌ها.
ضعف‌ها: هزینه بالای پیاده‌سازی در مقیاس شهری.
در این کشور الگویی برای کشورهایی با خطرات اقلیمی بالا؛ بهبود ۳۰ درصد در راندمان مصرف آب فضای سبز به وجود آمده است.

د) امارات متحده عربی

قوت‌ها: استفاده از آب‌های غیرمرسوم (پساب و آب شیرین‌کن) و سیستم‌های آبیاری قطره‌ای و کنترل‌شده.
ضعف‌ها: وابستگی شدید به انرژی برای تولید آب شیرین و هزینه‌های سنگین نگهداری.
در کشور خشک امارات متحده عربی با وجود اقلیم بیابانی، موفق به حفظ فضای سبز شهری با استفاده از ۵۰ درصد پساب تصفیه‌شده شده است.

ه) استرالیا

قوت‌ها: سیاست‌های قوی مقابله با خشکسالی و استفاده از گونه‌های بومی و کم‌مصرف. ضعف‌ها: در برخی مناطق، محدودیت منابع مالی برای اجرای سیستم‌های هوشمند. در کشور استرالیا کاهش میانگین ۴۰ درصد مصرف آب در فضاهاى سبز شهری با حفظ کیفیت اکولوژیک ایجاد شده است.

و) آفریقای جنوبی

قوت‌ها: آموزش همگانی و سیاست‌های سختگیرانه در زمان خشکسالی و آبیاری قطره‌ای در فضاهاى عمومی. ضعف‌ها: ضعف زیرساختی و کمبود منابع مالی برای نگهداری سیستم‌ها. در کشور آفریقای جنوبی علی‌رغم محدودیت منابع، توانسته مصرف آب شهری را حدود ۲۰ درصد کاهش دهد. در ایران به عنوان منطقه هدف قوت‌ها آغاز استفاده از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در برخی پارک‌ها و اجرای محدود طرح بازچرخانی پساب در شهرهایی مانند تهران و اصفهان تعریف می‌شود و در مقابل نبود سیاست واحد ملی در مدیریت آب شهری، ضعف در هماهنگی بین شهرداری، وزارت نیرو و سازمان محیط زیست و پایین بودن سطح آگاهی عمومی و مشارکت مردمی به عنوان ضعف‌ها مطرح است. یکی از چالش‌های مهم سیاست‌ها پراکنده و جزیره‌ای هستند؛ هنوز اثربخشی پایدار در کاهش مصرف آب فضای سبز مشاهده نشده است.

۶. رویکردهای نوین و پیشنهادها برای بهینه‌سازی مصرف آب در فضای سبز شهری

با توجه به تغییرات اقلیمی و بحران‌های متعدد آب در جهان، بهینه‌سازی مصرف آب در فضای سبز شهری نه تنها ضروری است، بلکه به عنوان یک اولویت استراتژیک برای حفظ منابع طبیعی و بهبود کیفیت زندگی شهری تلقی می‌شود. فضای سبز شهری علاوه بر زیباسازی محیط، نقش‌های متعدد اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی دارد، از جمله بهبود کیفیت هوا، کاهش دما، جذب CO₂ و ایجاد فضایی برای رفاه عمومی. از سوی دیگر، نگهداری این فضاها در شرایط بحران آب نیازمند استفاده بهینه و مؤثر از منابع آبی است. در ذیل به رویکردهای نوین در بهینه‌سازی مصرف آب اشاره می‌شود:

آبیاری هوشمند و استفاده از فناوری‌های پیشرفته

آبیاری هوشمند از مهم‌ترین و مؤثرترین روش‌های بهینه‌سازی مصرف آب در فضای سبز شهری است. این سیستم‌ها به‌ویژه در مناطقی که با کمبود منابع آب مواجه هستند، می‌توانند مصرف آب را به طور چشمگیری کاهش دهند. سیستم‌های آبیاری هوشمند به وسیله حسگرهای رطوبت خاک و پیش‌بینی وضعیت هوا، میزان دقیق آب مورد نیاز گیاهان را تعیین می‌کنند. مزایا: کاهش مصرف آب تا ۳۰-۴۰ درصد، استفاده بهینه از منابع آبی موجود، و کاهش هدررفت آب. مثال: در شهرهای آلمان و ژاپن، استفاده از آبیاری هوشمند و سیستم‌های خودکار برای فضاهاى سبز شهری به طور موفقى در حال اجرا است که نتایج آن کاهش چشمگیر مصرف آب در فضای سبز را نشان داده است.

استفاده از سیستم‌های بازیافت آب (پساب تصفیه‌شده)

یکی از روش‌های مؤثر برای بهینه‌سازی مصرف آب، استفاده از پساب تصفیه‌شده در آبیاری فضای سبز شهری است. این کار علاوه بر کاهش وابستگی به منابع آب شیرین، هزینه‌های مربوط به مصرف آب را کاهش می‌دهد. سیستم‌های بازیافت آب در بسیاری از کشورها مانند هلند و اسپانیا به طور گسترده‌ای برای تأمین نیازهای غیرشرب استفاده می‌شود. مزایا: کاهش مصرف آب شیرین، جلوگیری از آلودگی منابع آب، و کاهش فشار به منابع آبی طبیعی. مثال: در شهر بارسلونا، حدود ۳۰ درصد از آب مورد استفاده در فضای سبز از پساب تصفیه‌شده تأمین می‌شود. استفاده از سیستم‌های جمع‌آوری آب باران

در مناطقی که با بحران آب مواجه هستند، استفاده از سیستم‌های جمع‌آوری آب باران می‌تواند به کاهش مصرف آب شهری کمک کند. این سیستم‌ها می‌توانند آب باران را جمع‌آوری کنند و برای آبیاری فضای سبز شهری یا استفاده در مصارف غیرشرب دیگر مورد استفاده قرار دهند.

مزایا: کاهش وابستگی به منابع آب شرب، کاهش هدررفت آب هنگام بارندگی، و بهبود کارایی استفاده از منابع طبیعی. مثال: در ژاپن، بسیاری از ساختمان‌ها و فضاهای سبز شهری از سیستم‌های ذخیره‌سازی آب باران برای تأمین نیازهای آبی خود استفاده می‌کنند.

استفاده از گیاهان مقاوم به خشکی و بومی

کاشت گیاهان مقاوم به خشکی یکی از روش‌های ساده و مؤثر برای کاهش مصرف آب در فضای سبز شهری است. این گیاهان که برای شرایط کم‌آب مناسب هستند، نیاز به آبیاری کمتری دارند و می‌توانند در شرایط سخت محیطی به خوبی رشد کنند. انتخاب گیاهان بومی که به طور طبیعی به شرایط محلی سازگار هستند نیز می‌تواند در کاهش مصرف آب تأثیرگذار باشد. مزایا: کاهش نیاز به آبیاری، کاهش هزینه‌های نگهداری، و افزایش سازگاری با محیط زیست. مثال: در استرالیا، کالیفرنیا و مناطق بیابانی ایران، استفاده از گیاهان بومی و مقاوم به خشکی در فضای سبز شهری به یک روند معمول تبدیل شده است.

استفاده از تکنولوژی‌های اینترنت اشیا (IoT) و داده‌های بزرگ

با پیشرفت تکنولوژی، اینترنت اشیا (IoT) و داده‌های بزرگ (Big Data) می‌توانند در مدیریت منابع آب شهری نقش مؤثری ایفا کنند. از این فناوری‌ها برای نظارت و مدیریت دقیق مصرف آب در فضاهای سبز شهری استفاده می‌شود. حسگرها و دستگاه‌های هوشمند می‌توانند مداوم وضعیت رطوبت خاک و میزان آب مصرفی را اندازه‌گیری کنند و به سیستم‌های آبیاری ارسال کنند تا بر اساس داده‌های لحظه‌ای، آبیاری بهینه‌تری انجام شود. مزایا: بهبود مدیریت منابع آب، کاهش هدررفت آب، و ارتقای کارایی سیستم‌های آبیاری. مثال: در لس‌آنجلس، سیستم‌های IoT برای نظارت بر رطوبت خاک در فضاهای سبز شهری به طور گسترده‌ای استفاده می‌شود.

پیشنهادها برای بهینه‌سازی مصرف آب در فضای سبز شهری

با توجه به چالش‌های موجود و فناوری‌های نوین موجود، پیشنهادها زیر می‌توانند به بهینه‌سازی مصرف آب در فضای سبز شهری کمک کنند:

توسعه زیرساخت‌های آبیاری هوشمند و سیستم‌های کنترل خودکار

پیشنهاد: دولت‌ها و شهرداری‌ها باید برای نصب سیستم‌های آبیاری هوشمند در فضاهای سبز شهری سرمایه‌گذاری کنند. این سیستم‌ها باید به طور اتوماتیک میزان آبیاری را بر اساس شرایط محیطی تنظیم کنند. مزیت: این اقدام می‌تواند مصرف آب را به طور چشمگیری کاهش دهد و از هدررفت آن جلوگیری کند.

تشویق به استفاده از پساب تصفیه‌شده و بازچرخانی آب

پیشنهاد: توسعه و گسترش استفاده از پساب تصفیه‌شده برای آبیاری فضای سبز، به‌ویژه در مناطق شهری بزرگ. مزیت: این اقدام به کاهش وابستگی به منابع آب شیرین کمک کرده و فشار را بر منابع آبی کاهش می‌دهد.

اصلاح سیاست‌های مدیریت منابع آب و گسترش آگاهی عمومی

پیشنهاد: اجرای کمپین‌های آموزشی و آگاهی‌رسانی برای شهروندان در زمینه استفاده بهینه از منابع آب، به‌ویژه در فضاهای سبز شهری.

مزیت: مشارکت مردم در کاهش مصرف آب می‌تواند تأثیر بسزایی در پایداری این سیاست‌ها داشته باشد.

طراحی فضای سبز پایدار و استفاده از گونه‌های مقاوم به خشکی

پیشنهاد: برنامه‌ریزی و طراحی فضای سبز پایدار با استفاده از گیاهان مقاوم به خشکی و سازگار با اقلیم منطقه. مزیت: این کار می‌تواند نیاز به آبیاری را کاهش دهد و در عین حال تنوع زیستی در فضاهای سبز را حفظ کند.

استفاده از فناوری‌های نوین مانند اینترنت اشیا (IoT)

پیشنهاد: استفاده از فناوری‌های اینترنت اشیا (IoT) برای نظارت و مدیریت بهینه مصرف آب در فضاهای سبز شهری. مزیت: این فناوری‌ها قادرند به طور لحظه‌ای میزان آب مصرفی را اندازه‌گیری کرده و از هدررفت آن جلوگیری کنند.

بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله به تحلیل و ارزیابی سیاست‌های مدیریت منابع آب در فضای سبز شهری پرداخته شد و راهکارهای بهینه‌سازی مصرف آب در این بخش با تأکید بر رویکردهای نوین معرفی شد. بررسی سیاست‌ها و تجارب کشورهای مختلف نشان می‌دهد با توجه به بحران‌های روزافزون آب و تغییرات اقلیمی، بهینه‌سازی مصرف آب در فضای سبز شهری به یک ضرورت استراتژیک برای حفظ منابع آبی و ارتقای کیفیت زندگی شهروندان تبدیل شده است.

از نتایج تحلیل‌ها مشخص شد که کشورهای پیشرفته مانند آلمان و ژاپن با استفاده از فناوری‌های نوین مانند آبیاری هوشمند، پساب تصفیه‌شده، و جمع‌آوری آب باران توانسته‌اند در کاهش مصرف آب در فضاهای سبز شهری به موفقیت‌های چشمگیری دست یابند. این کشورها همچنین به آموزش عمومی و مشارکت شهروندان در مصرف بهینه آب توجه خاصی دارند که موجب بهبود پایداری سیاست‌ها در درازمدت شده است.

در کشورهای خشک و بیابانی نظیر امارات متحده عربی و استرالیا، استفاده از منابع غیرمرسوم مانند آب‌شیرین‌کن و آب‌های پساب تصفیه‌شده به عنوان راهکاری اصلی در مقابله با بحران آب شناخته شده است. این کشورها از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای و کنترل‌شده برای بهینه‌سازی مصرف آب در فضای سبز بهره می‌برند، اما مشکلاتی مانند وابستگی به انرژی و هزینه‌های نگهداری بالا هنوز از چالش‌های مهم این رویکردها هستند.

در مقایسه با کشورهای پیشرفته، کشورهای در حال توسعه مانند ایران و آفریقای جنوبی به دلیل مشکلات زیرساختی، ضعف در هماهنگی بین‌سازمانی و کمبود آگاهی عمومی، هنوز در مرحله ابتدایی اجرای سیاست‌های بهینه‌سازی مصرف آب قرار دارند. با این حال، تلاش‌هایی در جهت استفاده از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای و کاشت گیاهان مقاوم به خشکی صورت گرفته است که می‌تواند در صورت ادامه و تقویت، به کاهش مصرف آب در فضای سبز شهری کمک کند.

پیشنهادهای عملی برای بهینه‌سازی مصرف آب در فضای سبز شهری شامل:

- سرمایه‌گذاری در فناوری‌های هوشمند برای آبیاری و نظارت بر مصرف آب؛
- گسترش استفاده از پساب تصفیه‌شده و آب باران برای آبیاری فضای سبز؛
- کاشت گیاهان بومی و مقاوم به خشکی به جای گونه‌های پر مصرف آب؛
- آموزش و فرهنگ‌سازی عمومی برای افزایش آگاهی مردم در زمینه مصرف بهینه آب؛
- ایجاد سیاست‌های هماهنگ و یکپارچه بین نهادهای مختلف شهری برای اجرای مؤثر این سیاست‌ها.

در نهایت، تحلیل‌ها و پیشنهادهای ارائه‌شده در این مقاله نشان می‌دهد برای مقابله با بحران منابع آب و بهبود وضعیت مدیریت مصرف آب در فضای سبز شهری، به رویکردی جامع و چندبعدی نیاز است که شامل همکاری بین‌المللی، نوآوری در فناوری، و مشارکت فعال شهروندان باشد. تنها در این صورت است که می‌توان به پایداری منابع آبی و بهبود کیفیت زندگی شهری در درازمدت دست یافت.

منابع

1. Ministry of Energy. National Report on the Status of Water Resources and Consumption in the Tehran Metropolitan Area. Tehran: Office of Planning and Management of Metropolitan Areas. 2023.
2. Ministry of Energy. Comprehensive Plan for the Management of Tehran Water Resources, Deputy for Studies and Planning of Water Resources. 2022.
3. Research Center of the Islamic Consultative Assembly. Study of the Challenges of Water Supply in the Tehran Metropolitan Area and Strategies for Dealing with Water Shortage. Office of Energy and Environment. 2021.
4. Moghaddam HK, Abtahizadeh E, Abolfathi S. Sustainable water allocation under climate change: Deep learning approaches to predict drinking water shortages. *Journal of Environmental Management*. 2025 Jun 1;385:125600.
5. Shuster W D, Roy A H, Webb R, Kupfer M. Sustainable management of urban landscapes under water stress: A review of global experiences. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 2021, 50: 44–53.
6. UN-Habitat. Urban Water Challenges in Tehran: Resilience, Governance, and Sustainability. Nairobi: United Nations Human Settlements Program. 2022.
7. Department of Water and Sanitation (DWS). National Water and Sanitation Master Plan: Chapter 4 – Water Conservation and Demand Management. Pretoria: Government of South Africa. 2019.
8. Sharma R, Gupta R, Singh P. Urban green spaces and sustainable water management: A review of challenges and opportunities. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2016. 19: 87–95.
9. U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Water-Smart Landscapes: Designing for Efficiency and Rainwater Reuse in U.S. Cities. 2017.
10. Keesstra S D, van Beek R, Schotting R. Smart irrigation and water reuse practices in the Netherlands: Integrating technology and policy for sustainable cities. *Science of the Total Environment*. 2021. 775: 145–168.
11. Pataki D E, Gillespie T W, Pincetl S. Urban green infrastructure and the water–energy nexus: Balancing ecosystem services and resource constraints. *Frontiers in Environmental Science*. 2021. 9: 652-773.
12. Ajuntament de Barcelona (City Council of Barcelona). Sustainable Urban Drainage and Reuse Strategy (SUDS) for Green Infrastructure. Barcelona City Council, Environmental Area. 2021.
13. Takahashi M, Tanaka H. Application of IoT-based irrigation control systems for urban green spaces in Japan. *Sustainable Cities and Society*. 2021. 74: 103158.
14. Liu J, Zhao D, Gerbens-Leenes W. Improving water use efficiency in urban systems: A global review. *Sustainable Cities and Society*. 2017. 32: 390–400.
15. Serra-Llobet A, Jähnig S C, Geist J, Kondolf G M, Damm C, Scholz M, Lund J, Opperman J J, Yarnell S M, Pawley A, Shader E. Restoring rivers and floodplains for habitat and flood risk reduction: experiences in multi-benefit floodplain management from California and Germany. *Frontiers in Environmental Science*. 2022. 9:778568.
16. Liang S, Kinouchi T. Water level forecasting in a controlled shallow lake by data-driven modelling: a case study of Lake Kasumigaura, Japan. In AGU Fall Meeting Abstracts. 2022.
17. Kizhisseri M I, Mohamed M M, El-Shorbagy W, Chowdhury R, McDonald A. Development of a dynamic water budget model for Abu Dhabi Emirate, UAE. *Plos one*. 2020. 16(1): 245140.
18. Grison C, Koop S, Eisenreich S, Hofman J, Chang IS, Wu J, Savic D, Van Leeuwen K. Integrated water resources management in cities in the world: global challenges. *Water Resources Management*. 2023 May;37(6):2787-803.
19. Moggridge BJ, Thompson RM. Cultural value of water and western water management: an Australian Indigenous perspective. *Australasian journal of water resources*. 2021 Jan 2;25(1):4-14.
20. Nkosi M, Mathivha FI, Odiyo JO. Impact of land management on water resources, a South African context. *Sustainability*. 2021 Jan 13;13(2):701.
21. Algaba MH, Huyghe W, Van Leeuwen K, Koop S, Eisenreich S. Assessment and actions to support integrated water resources management of Seville (Spain). *Environment, Development and Sustainability*. 2024;26(3):7347-75.

22. Escobedo Garcia N, Ulibarri N. Planning for effective water management: an evaluation of water management plans in California. *Journal of Environmental Planning and Management*. 2023 Nov 10;66(13):2739-59.