

# فهرست

## بخش اول: مدیریت پایدار آب شهری

۱: مقدمه	۱۳
۲: آینده آب	۱۵
۳: مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان	۱۷
۴: چرخه آب شهری و شهرنشینی	۱۹
۵: مدیریت یکپارچه آب شهری	۲۴
۱-۵ مدیریت مرسوم منابع آبی	۲۵
۲-۵ سیستم یکپارچه آب شهری	۲۷
۳-۵ فرایند برنامه‌ریزی مدیریت یکپارچه آب شهری	۲۹
۶: شهر آب-هوشمند	۳۴
۱-۶ فواید شهر آب-هوشمند	۴۰
۲-۶ راهکارهای ایجاد شهر آب-هوشمند	۴۰
۳-۶ اصول محوطه‌سازی آب-هوشمند	۴۲
۷: ابزارها و راهکارهای مدیریت منابع آبی	۴۸
۱-۷ منابع آبی غیرمرسوم	۴۹
۲-۷ مدیریت سیلاب	۵۸
۳-۷ زیرساخت سبز	۶۰
۴-۷ هزینه خدماتی زیست‌بوم	۶۲

۶۲	۵-۷ مصرف کارآمد آب
۶۴	۶-۷ بهینه‌یابی مدیریت منابع آبی زیرزمینی
۶۴	۷-۷ ذخیره‌سازی و انتقال آب

## بخش دوم: زیرساخت سبز

۶۷	۱: مقدمه
۷۰	۲: بوستان‌های بارانی
۷۴	۱-۲ نمونه‌ای از بوستان بارانی
۷۷	۳: حوضچه خشک نگهداری آب
۸۱	۱-۳ نمونه‌ای از گودال خشک نگهداری آب
۸۴	۴: فیلتراسیون محیطی
۸۵	۱-۴ فیلتراسیون محیطی سیلاب
۸۷	۲-۴ فیلتر هلو فیت
۹۰	۳-۴ فیلتر روزنه‌دار دوگانه
۹۰	۵: حوضچه مرطوب نگهداری آب
۹۳	۱-۵ نمونه‌ای از حوضچه مرطوب نگهداری آب
۹۴	۶: زهکش، آبرو و باریکه سبز
۱۰۱	۱-۶ زهکش سبز در جهت شیب زمین
۱۰۲	۲-۶ زهکش سبز در خلاف جهت شیب زمین
۱۰۴	۳-۶ زهکش فرانسوی
۱۰۵	۴-۶ نمونه‌ای از زهکش سبز
۱۰۷	۷: کف‌سازی روزنه‌دار
۱۱۰	۸: ترانشه یا حوضچه نفوذ
۱۱۳	۹: سبزابام
۱۱۵	۱-۹ ساختار سبزابام
۱۱۶	۲-۹ آبیاری سبزابام
۱۱۷	۳-۹ نمونه‌ای از اجرای سبزابام
۱۱۸	۱۰: کاریز

۱۰-۱	عوامل کاهش دبی آب کاریز	۱۲۱
۱۱	برداشت آب باران	۱۲۲
۱۱-۱	فیلتراسیون سیستم برداشت آب باران	۱۲۳
۱۱-۲	نگهداری و تغذیه آب‌های زیرزمینی	۱۲۴
۱۲	آب‌انبارهای مدرن	۱۲۶
۱۲-۱	بشکه بارانی	۱۲۸
۱۲-۲	نمونه‌ای از آب‌انبار مدرن و بشکه بارانی	۱۳۲
۱۳	آب‌انبارهای سنتی	۱۳۴
۱۴	تلفیق ابزارهای ساختاری زیرساخت سبز	۱۳۷
۱۴-۱	خیابان‌های سبز	۱۴۰
۱۴-۲	بافرهای ساحلی یا کران‌رودی	۱۴۶
۱۴-۳	نمونه‌ای از اجرای تلفیقی ابزارهای ساختاری	۱۴۶
۱۵	چشم‌انداز	۱۵۱

## بخش سوم: منابع

منابع	۱۵۵
-------	-----

## بخش چهارم: پیوست‌ها

۱: بازیافت پساب خاکستری	۱۶۱
۱-۱ فواید پالایش آب خاکستری	۱۶۳
۱-۲ حجم و سرانه آب خاکستری	۱۶۳
۱-۳ روش‌های پالایش آب خاکستری	۱۶۴
۱-۴ سیستم بازیافت پساب خاکستری	۱۶۸
۱-۵ پالایش و بازیافت پساب خاکستری	۱۷۰
۱-۶ طراحی سیستم تصفیه خانه	۱۷۱
۲: جعبه بافل	۱۷۲
۳: ورودی‌های آب پالایش شده	۱۷۳
۴: ترکیبات کیفی آب و نام‌های اختصاری	۱۷۴

# بخش اول

## مدیریت پایدار آب شهری

### ۱: مقدمه

آب به بحرانی جهانی تبدیل شده است. بنا بر گزارش مدیریت یکپارچه آب در محیط‌های شهری مناطق خشک و نیمه‌خشک سازمان ملل متحد، کم‌آبی به یکی از بحران‌های جهانی تبدیل شده و هم‌اکنون یک‌سوم جهان با این بحران مواجه است. در کنار بحران همه‌گیر آب، عوامل و محرک‌هایی وجود دارند که به آن دامن زده و تأثیراتش را شدت می‌بخشند. این عوامل شامل تغییرات آب‌وهوایی، رشد ناگهانی جمعیت، شهرنشینی، رشد اقتصادی و تغییر الگوی مصرف می‌شوند و در کنار یکدیگر تأمین آب‌شیرین در شهرها را با چالش‌های جدی مواجه می‌سازند. تأثیر بحران‌های آبی زمانی شدیدتر می‌شود که کم‌آبی‌های پی‌درپی در شهرها باعث شکل گرفتن درکی از ناکارآمدی دولت‌ها، عمیق شدن نابرابری‌های اجتماعی و شدت گرفتن تنش‌های سیاسی و اجتماعی شود (World Bank, 2018). از این رو، بحران آب به کانون توجه تمامی سازمان‌های بین‌المللی و ملی تبدیل شده است. دولت‌ها متوجه شده‌اند که در صورت بی‌توجهی به بحران آب و عوامل زمینه‌ساز و تشدید کننده آن نظیر شهرنشینی و استخراج بیش‌ازحد از منابع آب، تلاش‌ها در زمینه دستیابی به امنیت آبی نافرجام مانده، دستیابی به منابع آبی محدود شده و منازعات بر سر این منابع افزایش خواهد یافت.

شدت اثر و اهمیت این بحران در کشورهای در حال توسعه و مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان دو چندان است و بی‌توجهی به این بحران سبب به خطر افتادن امنیت آبی می‌شود. بنا بر گزارش برنامه هیدرولوژیکی بین‌المللی یونسکو<sup>۱</sup> مشکلات محیط‌زیستی شهرها در حوزه آب در چهار دسته کلی شامل دسترسی به زیرساخت‌های منابع آب و پساب، آلودگی پساب شهری، کاهش کیفیت منابع و مخاطرات مرتبط با آب طبقه‌بندی می‌شود. باید در نظر داشت که کشورهای در حال توسعه معمولاً با تمامی این مشکلات روبرو هستند و در بسیاری از مناطق این مشکلات به صورت هم‌زمان، با شدت بالا و در طول دوره‌های زمانی طولانی رخ می‌دهند. همچنین در سرزمین‌های خشک و نیمه‌خشک، چالش کم‌آبی معمولاً در قالب خشک‌سالی‌های طولانی‌مدت و فرآیند بیابانی شدن نمود می‌یابد و شهرهای این مناطق در آینده نزدیک با چالش‌های گسترده

آبی مواجه خواهند بود. از آنجاکه انتظار می‌رود تعداد ساکنین شهرهایی که با کم‌آبی‌های فصلی مواجه هستند از حدود ۵۰۰ میلیون نفر در سال ۲۰۰۰ به ۱/۹ میلیارد نفر در سال ۲۰۵۰ برسد، تأمین امنیت منابع پایدار آب شهری، حیاتی و ضروری به نظر می‌رسد (McDonald, et al., 2011).

عدم کیفیت و ناکارآمدی مدیریت مرسوم منابع آبی از مهم‌ترین علل بروز چالش‌های آبی قلمداد می‌شوند. برنامه‌ریزی در زمینه مدیریت آب، در اغلب شهرهای روبرو با بحران به‌گونه‌ای است که آب باران و پساب‌های شهری به بیرون از مرز شهرها هدایت می‌شوند و در روندی وارونه آب از رودخانه‌ها و چشمه‌های دوردست و خارج از شهر جهت مصارف شهری به درون شهر منتقل می‌گردد. این شیوه نادرست در شرایطی به کار می‌رود که هر قطره آب، خصوصاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک، واجد ارزش است و بر طبق اصول توسعه پایدار، شهرها باید به سهم عادلانه خود از آب‌های شیرین قانع باشند. در واقع بر اساس برنامه‌ریزی پایدار منابع آب شهری، تمامی خدمات آبی باید به صورت هم‌زمان مورد ملاحظه قرار گیرند و هماهنگ مدیریت شوند. با این کار فواید مهم و بی‌شماری در حوزه‌های محیط‌زیستی، اقتصادی، زیرساختی و کالبدی، انرژی، و با زیبایی‌شناختی نصیب شهرها می‌شود (Furlong, Brotchie, Considine, Finlayson, & Guthrie, 2017).

برای دستیابی به تاب‌آوری سیستماتیک در برابر تغییرات آب‌وهوایی، پیشگیری و کنترل چالش‌هایی نظیر کمبود منابع آبی در دسترس، افزایش ریسک سیل و خشک‌سالی، افزایش آلودگی ناشی از پساب و بسیاری موارد دیگر، پیش‌فرض‌های مدیریت مرسوم منابع آبی باید مورد بازبینی قرار گیرند. از مهم‌ترین رویکردها در زمینه مدیریت پایدار منابع آبی می‌توان به مدیریت یکپارچه آب شهری<sup>۱</sup> و شهر آب-هوشمند<sup>۲</sup> اشاره کرد. این رویکردها ممکن است از نظر مقیاس و حوزه عمل تغییرات جزئی با یکدیگر داشته باشند، اما هر دو بر اساس اصول یکسانی پایه‌گذاری شده‌اند و معمولاً می‌توانند در مقیاس شهری به جای یکدیگر مورد استفاده قرار گیرند. این دو روش برای پاسخ‌گویی به جوانب شهرنشینی، تأثیرات منفی سطوح نفوذناپذیر<sup>۳</sup>، تغییرات آب‌وهوایی و ضرورت تغییر نگرش در حوزه‌های مدیریت منابع آب و با تغییر دیدگاه نسبت به عملکرد فضاهای سبز در شهرها تعریف شده‌اند.

در این راستا کتاب حاضر ضمن مروری بر رویکردهای پایدار در زمینه مدیریت منابع آب شهری، مدیریت یکپارچه منابع آبی را با تأکید بر فناوری‌های نوین، جهت تأمین منابع آبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک مورد تأکید قرار می‌دهد. هدف از نگارش این کتاب گردآوری روش‌هایی کاربردی برای دستیابی به ایده‌های نوآورانه و رویکردهای تکنولوژیک مدیریت آب شهری است. اگرچه این نوشتار به مطالعه‌ای جامع و کلان در زمینه دستیابی به منابع آبی پایدار نمی‌پردازد و تمامی چالش‌های پیش روی شهرهای خشک و کم‌آب را پاسخگو نیست، اما به افزایش آگاهی و تغییر شیوه‌های مدیریت منابع آب شهری و به اشتراک گذاشتن راه‌حل‌ها و اصولی که می‌تواند به بهبود امنیت آبی در شهرهای کم‌آب و خشک منجر شود، کمک می‌نماید. همچنین با توجه به نگارش این کتاب بر اساس تجارب موفق شهرهای خشک و کم‌آب در تأمین منابع آبی پایدار، انتظار می‌رود با استفاده آگاهانه و هدفمند، بخت موفقیت پروژه‌های دستیابی به منابع آبی پایدار افزایش یابد.

1 - Integrated Urban Water Management- IUWM

2 - Water-Smart City

3 - Impervious surfaces



مخاطبان این نوشتار را مدیران، پیمانکاران و دست‌اندرکاران نوسازی زیرساخت‌های شهری، مشاوران حرفه‌ای در حوزه‌های شهرسازی، عمران، آب، فضای سبز، خاک، و دانش‌پژوهان و دانشجویان دوستدار نگهداشت و پاکداشت آب و خاک تشکیل می‌دهند.

## ۲: آینده آب

در طول دهه‌های گذشته، رشد اقتصادی سریع و استفاده نامناسب از منابع آبی موجب شده است که ریسک آلودگی و تنش‌های آبی در سراسر جهان افزایش یابد. بنا بر گزارش ریسک انجمن اقتصاد جهانی<sup>۱</sup>، بحران آب بیشترین تأثیر جهانی را در طول دهه‌های آینده خواهد داشت. همچنین بنا بر مطالعه جهانی صورت گرفته توسط مک‌دونالد و همکاران (۲۰۱۴)، در حال حاضر یک شهر از هر چهار شهر در جهان به‌طور جدی با بحران آب روبروست. تناوب و شدت بحران‌های آبی در حال رشد است و سلامت عمومی، پایداری محیطی، غذا و انرژی و به‌صورت غیرمستقیم توسعه اقتصادی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین علی‌رغم نقش محوری و غیرقابل جایگزین آب در توسعه پایدار، مدیریت و تأمین خدمات مربوط به آن از نظر اولویت برای دولت‌ها و آگاهی‌رسانی عمومی در این زمینه کم‌اهمیت تلقی می‌شود. لذا آب به یک عامل محدود کننده در دستیابی به رفاه اجتماعی، توسعه اقتصادی و سلامت اکوسیستم‌ها تبدیل شده است (UN-Water, 2015).

در مقیاس جهانی آب کافی برای برآورده ساختن نیازهای رو به رشد جوامع انسانی وجود دارد؛ ولی بدون تغییر اساسی در شیوه مدیریت، توزیع و مصرف آب، تأمین منبع آب پایدار برای این میزان جمعیت کره زمین نشدنی است. به عبارت دیگر می‌توان گفت بحران آب بیشتر یک بحران حاکمیتی محسوب می‌شود و می‌بایست به‌وسیله برنامه‌ریزی کلان و اقدامات هدفمند و مؤثر در سطوح مختلف جهانی، ملی، منطقه‌ای و یا محلی برای مقابله با آن به پا خواست. در این راستا فعالیت‌هایی در مقیاس‌های مختلف صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به دستور کار ۲۰۳۰ اشاره نمود.

در ۲۵ سپتامبر ۲۰۱۵، ۱۹۳ عضو مجمع عمومی سازمان ملل دستور کار ۲۰۳۰ برای توسعه پایدار را با هدف مبارزه با فقر، محافظت از محیط‌زیست و اطمینان از رفاه همه ارائه نمودند. این دستور کار ۱۷ هدف توسعه را در بر دارد که هر کدام دارای اهداف ثانویه خود هستند و باید در یک بازه ۱۵ ساله به آن دست یافت. ششمین هدف توسعه این دستورالعمل به بهبود مدیریت آب به شیوه‌ای جامع و تلفیقی می‌پردازد. این هدف بر آب آشامیدنی، خدمات بهداشت عمومی و پساب، کیفیت آب و پساب، کارایی مصرف آب، مدیریت تلفیقی آب، محافظت از زیست‌بوم، مشارکت فراملی، ظرفیت‌سازی و مشارکت هم‌سودها تأکید می‌نماید. با توجه به اهداف این دستور کار در مقیاس جهانی، کشورها می‌توانند چشم‌انداز و اهداف خود را با توجه به شرایط محلی و افق مدنظر خود تنظیم نمایند.

به‌عنوان نمونه چشم‌انداز آبی در افق سال ۲۰۵۰ بر طبق سند جهانی «آب برای یک جهان پایدار»<sup>۲</sup> چنین تعریف شده است. بشر تا سال ۲۰۵۰ به یک جهان ایمن آبی دست می‌یابد. جهانی که در آن تمامی افراد دسترسی به مقدار کافی آب با کیفیت مناسب دارند تا نیازهای اولیه خود را برآورده ساخته و از سلامتی و رفاه

1 - World Economic Forum Global Risk Report

2 - The United Nations World Water Development Report: Water for a sustainable World