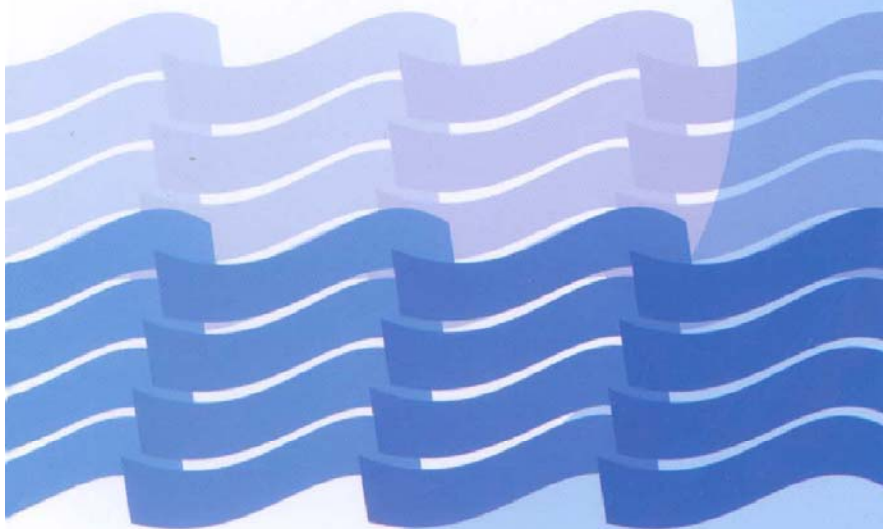


پیش‌نویس

راهنمای مدیریت تامین، عرضه، تقاضا و مصرف

آب شهری و روستایی



پیش‌نویس

راهنمای مدیریت تامین، عرضه، تقاضا و مصرف آب شهری و روستایی

بسمه تعالی

پیشگفتار

امروزه نقش و اهمیت ضوابط، معیارها و استانداردها و آثار اقتصادی ناشی از به‌کارگیری مناسب و مستمر آن‌ها در پیشرفت جوامع، تهیه و کاربرد آن‌ها را ضروری و اجتناب‌ناپذیر ساخته است. نظر به وسعت دامنه علوم و فنون در جهان امروز، تهیه ضوابط، معیارها و استانداردها در هر زمینه به مجامع فنی - تخصصی واگذار شده است. با در نظر گرفتن مراتب فوق و با توجه به شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران، تهیه استاندارد در بخش آب و آبفا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و از این رو طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور وزارت نیرو با همکاری سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور به منظور تامین اهداف زیر اقدام به تهیه استانداردهای صنعت آب و آبفا نموده است:

- ایجاد هماهنگی در مراحل تهیه، اجرا، بهره‌برداری و ارزشیابی طرح‌ها
- پرهیز از دوباره‌کاری‌ها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور
- تدوین استانداردهای صنعت آب و آبفا با در نظر داشتن موارد زیر صورت می‌گیرد:
- استفاده از تخصص‌ها و تجارب کارشناسان و صاحب‌نظران شاغل در بخش عمومی و خصوصی
- استفاده از منابع و مآخذ معتبر و استانداردهای بین‌المللی
- بهره‌گیری از تجارب دستگاه‌های اجرایی، سازمان‌ها، نهادها، واحدهای صنعتی، واحدهای مطالعه، طراحی و ساخت
- توجه به اصول و موازین مورد عمل سازمان ملی استاندارد ایران و سایر موسسات معتبر تهیه کننده استاندارد استانداردها ابتدا به صورت پیش‌نویس برای نظرخواهی منتشر شده و نظرات دریافتی پس از بررسی تیم تهیه‌کننده و گروه نظارت در نسخه نهایی منظور خواهد شد.
- امید است کارشناسان و صاحب‌نظرانی که فعالیت آن‌ها با این رشته از صنعت آب و آبفا مرتبط می‌باشد، با توجهی که مبذول می‌فرمایند این پیش‌نویس را مورد بررسی دقیق قراردادده و با ارائه نظرات و راهنمایی‌های ارزنده خود به دفتر طرح، این دفتر را در تنظیم و تدوین متن نهایی یاری و راهنمایی فرمایند.

تهیه و کنترل «راهنمای مدیریت تامین، عرضه، تقاضا و مصرف آب شهری و روستایی»

[نشریه شماره ۴۴۱ - الف]

مجری: معاونت پژوهش و فن آوری دانشگاه صنعتی شریف

مؤلف اصلی: احمد ابریشم‌چی دانشگاه صنعتی شریف

دکترای مهندسی عمران

اعضای گروه تهیه‌کننده:

احمد ابریشم‌چی دانشگاه صنعتی شریف

دکترای مهندسی عمران

علی ابریشم‌چی دانشگاه سانتا کلارا

دکترای مهندسی عمران

مسعود تجریشی دانشگاه صنعتی شریف

دکترای مهندسی عمران

فرهاد جزایی دانشگاه صنعتی شریف

فوق لیسانس مهندسی عمران

فاطمه فعال دانشگاه صنعتی شریف

فوق لیسانس مهندسی عمران

آرش منظم دانشگاه صنعتی شریف

فوق لیسانس مهندسی عمران

اعضای گروه نظارت:

محمداسماعیل پروینی کارشناس آزاد

فوق لیسانس آبیاری و آبادانی

عباسقلی جهانی شرکت مهندسی مشاور بهان سد

فوق لیسانس مهندسی هیدرولوژی

عباس حاج‌حریری کارشناس آزاد

فوق لیسانس مدیریت صنایع

مینا زمانی طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت

لیسانس مهندسی شیمی

آب کشور - وزارت نیرو

اعضای گروه تایید کننده (کمیته تخصصی آب طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور):

نعمت‌الله الهی‌پناه شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

فوق لیسانس هیدرولوژی

ابوالقاسم توتونچی شرکت مهندسی مشاور ایراناب

فوق لیسانس مهندسی راه و ساختمان

علیرضا تولایی کارشناس آزاد

فوق لیسانس مهندسی راه و ساختمان

عباس حاج‌حریری کارشناس آزاد

فوق لیسانس مدیریت صنایع

حسن صادقپور شرکت تهران میراب

فوق لیسانس مهندسی عمران

سیدعباس صادقیان شرکت مدیریت منابع آب ایران

لیسانس مهندسی عمران - بهره‌برداری از

سد و شبکه‌های آبیاری

الهام عزیززاده آرائی طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی

فوق لیسانس میکروبیولوژی

صنعت آب کشور - وزارت نیرو

سید احمد علوی کارشناس آزاد

فوق لیسانس مهندسی تبدیل انرژی

مجتبی فاضلی دانشگاه صنعت آب و برق

دکترای مهندسی محیط زیست

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱	مقدمه
۳	فصل اول - کلیات
۵	۱-۱- عوامل اصلی چالش‌های آب شهری و روستایی
۶	۲-۱- ضرورت اصلاحات در مدیریت آب شهری
۶	۳-۱- رویکرد مدیریت جامع منابع آب (IWRM)
۷	۴-۱- رویکرد مدیریت جامع آب شهری (IUWM)
۸	۵-۱- اثرات مورد انتظار اجرای این راهنما
۸	۶-۱- اصلاحات در مدیریت آب شهری و روستایی
۱۰	۷-۱- روش‌شناسی
۱۱	فصل دوم - مدیریت جامع منابع آب و مدیریت جامع آب شهری
۱۳	۱-۲- مدیریت جامع منابع آب (IWRM)
۱۳	۱-۱-۲- ضرورت مدیریت جامع منابع آب
۱۳	۲-۱-۲- مقیاس جغرافیایی مدیریت جامع منابع آب
۱۳	۳-۱-۲- تعریف مدیریت جامع منابع آب (کادر ۲-۱)
۱۳	۴-۱-۲- ابعاد مدیریت جامع منابع آب
۱۴	۵-۱-۲- سابقه مدیریت جامع منابع آب
۱۴	۶-۱-۲- مدیریت جامع منابع آب، یک رویکرد و ابزار و نه هدف
۱۵	۲-۲- مدیریت جامع آب شهری
۱۵	۱-۲-۲- تعریف
۱۵	۲-۲-۲- چالش‌ها و مشکلات مدیریت آب شهری
۱۶	۳-۲-۲- مشکلات آب شهری در خاور میانه و آسیای مرکزی (مطالعه یونسکو: ۵ و ۲۰)
۱۷	۴-۲-۲- برنامه‌ریزی توسعه زیرساخت‌های آب شهری
۱۷	۵-۲-۲- پیامدهای توسعه شهری
۱۸	۶-۲-۲- توسعه بی‌رویه شهری عمدتاً در کشورهای در حال توسعه
۲۰	۳-۲- سیستم جامع آب شهری
۲۰	۱-۳-۲- ابعاد جامعیت

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۲۱	۲-۳-۲- بخش‌های اصلی سیستم مدیریت آب شهری
۲۱	۲-۳-۳- راهکارهای تعادل بخشی بین کمیابی آب و تقاضای آب با توجه به شرایط منطقه
۲۱	۲-۳-۴- تدابیر مدیریت چرخه هیدرولوژیکی شهری
۲۲	۲-۴-۴- اثرات شهرسازی بر چرخه آب شهری
۲۴	۲-۴-۱- تغییرات مهم در چرخه هیدرولوژیکی داخل و خارج محدوده شهری
۲۷	۲-۵-۵- اصول مدیریت جامع آب شهری
۲۷	۲-۵-۱- اجزای اصلی سیستم «مدیریت جامع آب شهری»
۲۷	۲-۵-۲- محدوده عمل جغرافیایی مدیریت جامع آب شهری
۲۷	۲-۵-۳- رابطه IUWM و IWRM
۲۸	۲-۵-۴- جامعیت و یکپارچگی
۲۹	۲-۶-۶- مطالعات موردی در زمینه مدیریت جامع آب شهری
۲۹	۲-۷-۷- آمایش سرزمین
۲۹	۲-۷-۱- مفهوم شهر و شاخص‌ها
۳۰	۲-۷-۲- اصول آمایش سرزمین
۳۲	۲-۸-۸- پایداری منابع آب
۳۳	۲-۹-۹- ضرورت مدیریت جمعیت به خاطر محدودیت ظرفیت‌های محیط‌زیستی و منابع آبی و خاکی
۳۵	۲-۱۰-۱۰- حفاظت محیط‌زیست و منابع محدود آب کشور
۳۷	۲-۱۱-۱۱- آبشناسی، آلودگی‌ها و مشکلات مبتلا به منابع آب
۳۷	۲-۱۱-۱- آبشناسی
۳۷	۲-۱۱-۲- آلودگی منابع آب شهری
۳۸	۲-۱۱-۳- عوامل آلاینده منابع آب شهری
۳۸	۲-۱۱-۴- کانون‌های آلودگی خانگی و شهری (روستایی)
۴۰	۲-۱۱-۵- کانون‌های آلودگی صنعتی و معدنی
۴۱	۲-۱۱-۶- آلاینده‌های کشاورزی
۴۲	۲-۱۲-۱۲- تغییر اقلیم و اثرات آن بر محیط‌زیست، نزولات جوی، تبخیر، تقاضاهای آبی و فرایندهای طبیعی و مصنوعی تصفیه فاضلاب

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۴۳	۲-۱۲-۱- اثرات تغییر اقلیم
۴۸	۲-۱۳- شاخص‌های جهانی سرانه آب
۴۹	۲-۱۴- معیارها و استانداردهای کیفیت آب شرب
۵۰	۲-۱۵- استانداردهای کیفیت پساب‌ها و زهاب‌ها برای مصارف مختلف
۵۰	۲-۱۶- مبانی محاسبات آب مورد نیاز جوامع شهری
۵۰	۲-۱۶-۱- برآورد تقاضای آب
۵۳	فصل سوم - مدیریت تامین آب
۵۵	۳-۱- مقدمه
۵۶	۳-۲- سیستم متداول تامین آب شهری
۵۷	۳-۳- مدیریت حوضه آبریز
۵۸	۳-۳-۱- آبخیزداری
۵۸	۳-۳-۲- مدیریت حوضه آبریز برای تامین آب شرب
۶۵	۳-۴-۱- ارزیابی منابع آب سطحی و زیرزمینی
۶۶	۳-۴-۱-۱- منابع آب سطحی
۶۷	۳-۴-۱-۲- شناسایی و غربالگری اولیه منابع
۶۸	۳-۴-۱-۳- منابع آب زیرزمینی
۶۸	۳-۴-۱-۴- توسعه آب زیرزمینی
۶۹	۳-۴-۱-۵- چاه
۷۰	۳-۴-۱-۶- گالری‌های نفوذ
۷۱	۳-۴-۱-۷- چاه‌های ذخیره آبخوان و بازیافت
۷۳	۳-۴-۱-۸- قنات
۷۳	۳-۴-۱-۹- چشمه
۷۳	۳-۴-۱-۱۰- توسعه سیستماتیک آب زیرزمینی
۷۴	۳-۴-۱-۱۱- توصیف آب زیرزمینی
۷۶	۳-۴-۱-۱۲- توسعه و مدیریت پایدار آب زیرزمینی
۷۸	۳-۴-۱-۱۳- استفاده تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۷۸	۵-۳- تغذیه مدیریت شده آبخوان یا تغذیه مصنوعی
۸۰	۶-۳- انتقال آب
۸۰	۱-۶-۳- انتقال به مفهوم واگذاری یا معامله
۸۲	۲-۶-۳- انتقال بین حوضه‌ای آب و انتقال دور
۸۳	۳-۶-۳- چند پروژه مهم انتقال آب
۸۵	۷-۳- استحصال آب باران
۸۵	۱-۷-۳- مثال‌ها
۸۶	۸-۳- مدیریت پساب‌ها و زه‌آب‌ها به منظور جایگزینی در کشاورزی و صنعت به جای آب شرب
۸۶	۱-۸-۳- احیا و استفاده دو باره آب
۸۹	۲-۸-۳- بازیافت آب برای کشاورزی شهری
۹۰	۹-۳- باروری ابر
۹۱	۱-۹-۳- مزایایی نسبی باروری ابر
۹۱	۱۰-۳- نمک‌زدایی
۹۲	۱-۱۰-۳- شیبه ۳، بزرگ‌ترین کارگاه نمک‌زدایی جهان
۹۲	۲-۱۰-۳- روش‌های اصلی نمک‌زدایی
۹۳	۱۱-۳- احداث سد در حوضه آبریز و اثرات اکولوژیکی، محیط‌زیستی، اجتماعی و اقتصادی
۹۳	۱-۱۱-۳- ملاحظات کلی احداث سد
۹۴	۲-۱۱-۳- اثرات محیط‌زیستی
۹۵	۳-۱۱-۳- اثرات سد بر اکوسیستم‌ها
۹۶	۱۲-۳- حریم منابع آب سطحی و زیرزمینی
۹۶	۱-۱۲-۳- تعریف واژه‌ها
۱۰۰	۱۳-۳- آلاینده‌ها و اصول تصفیه آب‌های سطحی و زیرزمینی
۱۰۰	۱-۱۳-۳- فاضلاب و سیستم‌های جمع‌آوری
۱۰۰	۲-۱۳-۳- تصفیه آب
۱۰۲	۱۴-۳- مدیریت جامع آب اضافی
۱۰۲	۱-۱۴-۳- زیر سیستم‌های کلی آب اضافی و اندرکنش آن‌ها

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱۱۳	فصل چهارم - مدیریت عرضه آب
۱۱۵	۱-۴- توزیع آب بسته‌بندی
۱۱۶	۱-۱-۴- محدوده حریم حفاظت کیفی
۱۱۶	۲-۱-۴- ایمنی (سلامت) آب بسته‌بندی شده
۱۱۶	۳-۱-۴- فواید سلامتی و بهداشتی آب بسته‌بندی شده
۱۱۷	۲-۴- توزیع آب تانکری
۱۱۸	۳-۴- احداث شبکه مختصر توزیع آب
۱۱۸	۴-۴- سیستم دوگانه تامین و توزیع آب در شهر و داخل منازل
۱۱۸	۱-۴-۴- انواع سیستم‌های دوگانه
۱۱۸	۲-۴-۴- اهداف و مزایای سیستم‌های دوگانه
۱۱۹	۳-۴-۴- نحوه کار سیستم‌های دوگانه
۱۱۹	۵-۴- سیستم آب سالم
۱۱۹	۱-۵-۴- پیش زمینه
۱۲۱	۲-۵-۴- سیستم آب سالم چیست؟
۱۲۱	۳-۵-۴- جوامع بالقوه هدف برای سیستم آب سالم
۱۲۲	۴-۵-۴- مقایسه سیستم آب سالم با دیگر تکنولوژی
۱۲۲	۵-۵-۴- روش‌های مختلف تصفیه آب
۱۲۹	فصل پنجم- مدیریت تقاضای آب
۱۳۱	۱-۵- مقدمه
۱۳۱	۱-۱-۵- فازهای مدیریت منابع آب
۱۳۳	۲-۵- تعریف مدیریت تقاضا و تبیین راهکارها و شاخص‌های ارزیابی
۱۳۴	۳-۵- پیش‌بینی تقاضای آب
۱۳۵	۱-۳-۵- عدم قطعیت در پیش‌بینی تقاضای آب
۱۳۶	۲-۳-۵- رویکردهای توصیف و تحلیل عدم قطعیت
۱۳۷	۴-۵- پتانسیل‌های مدیریت تقاضا
۱۳۸	۱-۴-۵- موانع مدیریت تقاضا

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۳۸	۵-۴-۲- حکمرانی
۱۳۸	۵-۴-۳- فرصت‌های عمل توسط دولت
۱۳۹	۵-۴-۴- حرکت به سوی جامعه پایدار
۱۳۹	۵-۵- اصول عمل
۱۳۹	۵-۵-۱- قیمت عادلانه برای آب
۱۳۹	۵-۵-۲- رویکرد جامع، بلندمدت و یکپارچه
۱۴۷	۵-۶- موانع پیش روی مدیریت تقاضا
۱۴۸	۵-۶-۱- مناقشات در مدیریت تقاضاهای آب
۱۴۹	۵-۷- استراتژی‌های مدیریت تقاضای آب
۱۴۹	۵-۷-۱- اقدامات و برنامه‌های مدیریت تقاضا
۱۵۲	۵-۷-۲- استراتژی‌های اجرا
۱۵۲	۵-۷-۳- برنامه‌های مدیریتی آب
۱۵۳	۵-۸- راهنماهایی برای کشور
۱۵۴	۵-۹- راهنمای پیاده‌سازی مدیریت تقاضای آب
۱۵۴	۵-۹-۱- مرحله برنامه‌ریزی زیربنایی
۱۵۴	۵-۹-۲- مرحله بهره‌برداری و خدمات
۱۵۴	۵-۹-۳- مرحله تعویض/ از کار افتادگی تاسیسات
۱۵۴	۵-۹-۴- استفاده و تخصیص موثر آب
۱۵۷	فصل ششم- مدیریت مصرف، حفاظت و کارایی آب
۱۵۹	۶-۱- مقدمه
۱۶۰	۶-۱-۱- تحلیل مصرف آب
۱۶۲	۶-۲- تحلیل صرفه‌جویی آب
۱۶۳	۶-۳- کارایی مصرف آب در بخش‌های تجاری، صنعتی و نهادی CII
۱۶۴	۶-۴- بررسی مبحث ۱۶ ساختمان در ایران
۱۶۴	۶-۴-۱- پیشنهادات اصلاح مبحث شانزدهم
۱۶۵	۶-۴-۲- رویکردهای اصلاح مبحث شانزدهم

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱۶۵	۳-۴-۶- کاستی‌های مبحث شانزدهم
۱۶۶	۵-۶- فرهنگ و مدیریت آب: آب، فرهنگ و اسلام
۱۶۹	فصل هفتم - مدیریت فشار برای کاهش تقاضا و نشت آب
۱۷۱	۱-۷- مقدمه
۱۷۱	۱-۱-۷- چرا فشار را مدیریت کنیم؟
۱۷۱	۲-۷- مدیریت فشار سیستم
۱۷۱	۱-۲-۷- روش‌ها
۱۷۳	۲-۲-۷- برنامه مدیریت فشار آب
۱۷۵	۳-۲-۷- منافع مدیریت فشار
۱۷۵	۴-۲-۷- منافع کاهش تلفات آب
۱۷۶	۳-۷- تامین آب و تلفات آب
۱۷۷	۱-۳-۷- وقوع تلفات و تبعات آن
۱۷۸	۲-۳-۷- استاندارد بین‌المللی IWA
۱۷۸	۳-۳-۷- کاهش تلفات آب
۱۷۹	۴-۳-۷- تدابیر کنترل کاهش میزان آب به حساب نیامده
۱۸۰	۵-۳-۷- کنترل تلفات توزیع: حسابداری و متره آب
۱۸۱	۶-۳-۷- قوانین سخت‌گیرانه در برداشت غیرقانونی آب
۱۸۱	۷-۳-۷- انگیزه‌های اقتصادی و قیمت‌گذاری آب
۱۸۲	۸-۳-۷- تدابیر نهادی و قانون‌گذاری موثر
۱۸۳	فصل هشتم - بهره‌برداری بهینه سیستم‌های تامین آب
۱۸۵	۱-۸- مقدمه
۱۸۵	۲-۸- فرایند برنامه‌ریزی نوسازی
۱۸۵	۱-۲-۸- بهینه‌سازی برنامه زمان‌بندی نوسازی
۱۸۷	۳-۸- مدیریت زیرساخت‌های آب: بررسی مدل‌ها و پایگاه‌های داده- تجربیات اروپا
۱۸۷	۱-۳-۸- مقدمه: فعالیت‌ها و انتظارات در سازمان‌های آب اروپایی
۱۸۸	۲-۳-۸- بهبود پایگاه داده‌ها: ضرورتی برای بهبود تحلیل و پیش‌بینی شکست

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱۸۹	۴-۸- تحلیل اعتمادپذیری و آمادگی سیستم‌های توزیع آب
۱۸۹	۱-۴-۸- حالت‌های شکست سیستم‌های توزیع آب
۱۹۰	۲-۴-۸- تعریف تعمیر سیستم توزیع
۱۹۱	۳-۴-۸- حالت‌های شکست
۱۹۱	۵-۸- اندیس‌های اعتمادپذیری
۱۹۳	فصل نهم - مدیریت ریسک تامین آب
۱۹۵	۱-۹- عدم قطعیت و ریسک در تقاضا
۱۹۵	۲-۹- اثرات تغییر اقلیم
۱۹۵	۳-۹- مدیریت خشک‌سالی
۱۹۶	۱-۳-۹- درس‌هایی از مطالعه خشک‌سالی‌ها در آمریکا (۱۹۳۲ - ۱۹۹۲)
۱۹۷	۲-۳-۹- تدابیر مدیریت خشک‌سالی
۱۹۸	۳-۳-۹- توپولوژی تدابیر مدیریت خشک‌سالی
۲۰۰	۴-۹- مدیریت بهره‌برداری
۲۰۰	۱-۴-۹- کشش تقاضا و کشش قیمت
۲۰۱	۲-۴-۹- شدت خشک‌سالی و ریسک
۲۰۱	۳-۴-۹- گزینه‌های بدیل در آینده
۲۰۲	۵-۹- مدیریت عدم قطعیت و ریسک- مطالعه موردی شهر ملبورن استرالیا
۲۰۵	فصل دهم - مدیریت وضعیت اضطراری و بحرانی آب
۲۰۷	۱-۱۰- تعاریف و مفاهیم
۲۰۷	۱-۱-۱۰- تعریف وضعیت اضطراری
۲۰۷	۲-۱۰- تدوین برنامه واکنش اضطراری
۲۰۸	۱-۲-۱۰- ارتباطات حین بحران
۲۰۹	۲-۲-۱۰- آمادگی برای بحران
۲۱۰	۳-۲-۱۰- اقدامات حین بحران
۲۱۱	۴-۲-۱۰- برخی توصیه‌های کلی برای تعامل با رسانه‌ها
۲۱۱	۵-۲-۱۰- اقدامات متقابل

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۲۱۱	۱۰-۲-۶- عملیات تسکین
۲۱۲	۱۰-۳-۳- تدوین برنامه واکنش
۲۱۲	۱۰-۳-۱- ارزیابی مخاطره
۲۱۲	۱۰-۳-۲- انواع تهدیدها
۲۱۳	۱۰-۳-۳- ارزیابی آسیب پذیری
۲۱۵	فصل یازدهم - داده‌های مورد نیاز برای مدیریت یکپارچه آب شهری
۲۱۷	۱۱-۱- مقدمه
۲۱۷	۱۱-۲-۲- پیش
۲۱۸	۱۱-۲-۱- انتخاب متغیرها
۲۱۸	۱۱-۲-۲- ملاحظات زمانی و مکانی
۲۱۸	۱۱-۲-۳- شناخت و مدیریت عدم قطعیت
۲۱۸	۱۱-۲-۴- انتخاب تجهیزات پیش
۲۱۸	۱۱-۲-۵- اعتبارسنجی داده‌ها
۲۱۹	۱۱-۲-۶- داده گردانی و ذخیره داده‌ها
۲۱۹	۱۱-۳- نتیجه‌گیری
۲۲۱	فصل دوازدهم - برنامه‌ریزی جامع منابع
۲۲۳	۱۲-۱- مقدمه
۲۲۳	۱۲-۱-۱- تفاوت‌های عمده برنامه‌ریزی منابع آب در عرف و برنامه‌ریزی جامع
۲۲۳	۱۲-۲- تعریف برنامه‌ریزی جامع منابع
۲۲۴	۱۲-۳- تجربه بخش‌های خدماتی آب آمریکا
۲۲۴	۱۲-۴- فرایند IRP
۲۲۴	۱۲-۴-۱- فرایند نمونه‌وار IRP
۲۲۶	۱۲-۴-۲- ویژگی‌ها و اجزای اصلی IRP
۲۲۶	۱۲-۴-۳- ترکیب کردن گزینه‌ها
۲۳۰	۱۲-۴-۴- غربالگری اولیه
۲۳۰	۱۲-۴-۵- ارزیابی ترکیب منابع (گزینه‌ها)

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۲۳۴	۱۲-۴-۶- انتخاب و اجرای برنامه
۲۳۶	۱۲-۴-۷- راهنمایی به سمت یک فرایند موفق
۲۳۷	۱۲-۵- جمع‌بندی
۲۳۹	پیوست ۱ - مطالعات موردی از تجربیات جهانی
۲۶۵	پیوست ۲ - مدیریت بهتر تامین آب و برنامه جامع مدیریت تقاضای آب
۲۷۳	پیوست ۳- واژه‌نامه
۲۸۳	منابع و مراجع

فهرست جدول‌ها و کادرها

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۸	کادر ۱-۱- مفهوم برنامه‌ریزی و استراتژی
۹	کادر ۱-۲- رویکرد IUWM
۱۳	کادر ۱-۲- تعریف مدیریت جامع منابع آب
۱۴	کادر ۲-۲- اصول دوبلین
۲۴	کادر ۲-۳- اثرات شهرسازی بر چرخه آب شهری
۳۱	کادر ۲-۴- آمایش سرزمین و مدیریت منابع آب
۳۲	کادر ۲-۵- تعریفی از پایداری
۳۴	کادر ۲-۷- مدیریت جمعیت در ماده ۱ «ضوابط ملی آمایش سرزمین»
۳۷	کادر ۲-۸- قوانین و مقررات حفاظت محیط‌زیست و کیفیت آب
۶۳	جدول ۳-۱- اهداف مدیریت حوضه آبریز و اقدامات سازه‌ای و غیرسازه‌ای
۸۰	جدول ۳-۲- ویژگی‌های اصلی تغذیه آبخوان با فاضلاب شهری تصفیه شده
۸۲	کادر ۳-۱- انتقال بین حوضه‌ای
۹۲	جدول ۳-۳- حجم آب نمک‌زدایی شده در چند کشور (میلیون مترمکعب)
۹۵	کادر ۳-۴- اثرات عمده محیط‌زیستی سدها
۱۰۱	جدول ۳-۴- مقایسه فنی و هزینه روش‌های مختلف تصفیه آب
۱۱۰	جدول ۳-۵- جدول ارزیابی سختی آب (AWWA, 2003)

فهرست جدول‌ها و کادرها

صفحه	عنوان
۱۱۵	جدول ۴-۱- منابع متداول و غیرمتداول و راه‌های عرضه آب
۱۲۳	جدول ۴-۲- سیستم‌های تصفیه آب خانگی - مزایا و معایب
۱۴۶	کادر ۵-۱- فواید بیش‌تر مدیریت تقاضا
۱۴۷	کادر ۵-۲- موانع پذیرش DSM
۱۵۰	جدول ۵-۱- استراتژی‌ها و برنامه‌های اجرای مدیریت تقاضا
۱۶۲	جدول ۶-۱- عوامل تعیین‌کننده تقاضای آب شهری
۱۸۰	کادر ۷-۱- مثالی از محاسبه اندیس نشت زیرساخت (لامبرت و همکاران، ۲۰۰۰)
۲۲۸	جدول ۱۲-۱- مدل برنامه مدیریت تقاضا در خشک‌سالی
۲۳۳	کادر ۱۲-۱- مثال خشک‌سالی طراحی در کالیفرنیا
۲۷۱	جدول پ.۲-۱- تمهیدات مدیریت تقاضای آب (USEPA، ۱۹۹۸)

فهرست شکل‌ها و نمودارها

صفحه	عنوان
۱۹	شکل ۲-۱- نیروهای محرک، فشارها، وضعیت و آثار آن بر منابع آب شهری و ضرورت مدیریت جامع و یکپارچه
۲۰	شکل ۲-۲- حلقه‌های پوششی جامعیت
۲۳	شکل ۲-۳- تصویر شماتیک چرخه آب شهری
۲۴	شکل ۲-۴- چرخه آب شهری
۲۵	شکل ۲-۵- چرخه طبیعی آب و چرخه آب شهری
۲۵	شکل ۲-۶- اثرات شهرسازی بر چرخه طبیعی آب
۲۶	شکل ۲-۷- چرخه آب شهری: اثرات انسانی بر آب زیرزمینی
۲۶	شکل ۲-۸- پیشروی آب شور در مناطق ساحلی
۴۳	شکل ۲-۹- اثرات گلخانه‌ای
۴۴	شکل ۲-۱۰- اثرات هیدرولوژیکی تغییر اقلیم
۴۷	شکل ۲-۱۱- موجودی سرانه آب در جهان از سال ۲۰۲۰ میلادی
۴۷	شکل ۲-۱۲- موجودی سرانه آب در جهان از سال ۲۰۵۰ میلادی
۵۶	شکل ۳-۱- اجزای سیستم متداول تامین آب شهری

فهرست شکل‌ها و نمودارها

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۵۹	شکل ۳-۲- مولفه‌های برنامه حفاظت منابع آب
۷۹	شکل ۳-۳- تغذیه مصنوعی آبخوان
۸۰	شکل ۳-۴- روش‌های تغذیه مصنوعی آبخوان
۸۵	شکل ۳-۵- شمای چند طرح انتقال بین حوضه‌ای در ایران
۸۸	شکل ۳-۶- پیکربندی‌های بدیل سیستم‌های بازیافت (استفاده دوباره) آب
۱۰۰	شکل ۳-۷- طرح کلی تصفیه‌خانه فاضلاب
۱۰۳	شکل ۳-۸- سیستم مجزای شبکه فاضلاب و آب‌های سطحی
۱۰۳	شکل ۳-۹- سیستم مرکب شبکه فاضلاب و آب‌های سطحی
۱۰۴	شکل ۳-۱۰- سیستم خطی آب شهری (وضعیت کنونی شهرها)
۱۰۵	شکل ۳-۱۱- سیستم چرخه بسته آب شهری (وضعیت ایده‌آل شهرها)
۱۴۸	شکل ۵-۱- مدل مفهومی موانع پیش روی اتخاذ DSM
۱۷۳	شکل ۷-۱- مفهوم کنترل فشار از طریق شیر کنترل هیدرولیکی
۱۷۳	شکل ۷-۲- مفهوم شیر کنترل کننده مدولار جریان
۲۰۲	شکل ۹-۱- نمایش رابطه ریسک و ضریب اطمینان
۲۲۵	شکل ۱۲-۱- فرایند IRP نمونه
۲۶۷	شکل پ.۲-۱- صرفه‌جویی در زنجیره تامین آب

مقدمه

مدیریت تامین، عرضه، تقاضا و مصرف آب در مناطق شهری و روستایی به مجموعه‌ای از برنامه‌ها و عملیات با هدف تامین عادلانه نیاز معقول انسان‌ها به آب، کاهش تقاضا، ارتقای کارایی و بهره‌وری آب و جلوگیری از تباهی منابع آب و اکوسیستم‌ها برای پایداری آن‌ها اطلاق می‌شود.

مدیریت هر یک از اجزا به تنهایی کارآمد نیست، چرا که اهداف و برنامه‌های هر یک لازم و ملزوم و پشتیبان یکدیگرند و باید به‌طور هماهنگ مدیریت شوند.

- هدف

هدف اصلی این راهنما، تبیین مفاهیم، راهکارها، الزامات و نحوه اجرای موفقیت‌آمیز مدیریت «تامین، عرضه، تقاضا و مصرف آب شهری و روستایی» با رویکرد «مدیریت جامع آب شهری و روستایی» است. این راهنما در صدد شفاف‌سازی الزامات مطالعاتی و مدیریتی در زمینه مدیریت تامین، عرضه، تقاضا و مصرف آب شهری و روستایی است. از دیگر اهداف این راهنما می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- ارائه اطلاعات، نکات و مستندات علمی جامع و کافی راجع به مدیریت تامین، عرضه، تقاضا و مصرف آب شهری و روستایی است. برای جزئیات بیشتر (خارج از دامنه این راهنما)، مخاطبان به سایر منابع، راهنماها و استانداردهای موجود هدایت می‌شوند.

- منظور از این راهنما، ارائه مطالب تخصصی و تفصیلی برنامه‌ریزی، طراحی و اجرای تک تک ابزارهای مدیریت تامین، عرضه، تقاضا و مصرف آب شهری و روستایی نیست، بلکه در صورت وجود چنین راهنمایی به آن‌ها اشاره و یا ضرورت تدوین آن‌ها تاکید شده است.

- از آن‌جا که راهنماهای ملی و بین‌المللی قابل استنادی در برخی زمینه‌های تخصصی تامین، عرضه، تقاضا و مصرف آب شهری و روستایی وجود دارد، راهنمای حاضر ضمن اشاره به آن‌ها، تمرکز خود را بر هدف اصلی خود، یعنی تبیین مفاهیم و راهکارهای مدیریت تامین، عرضه، تقاضا و مصرف با رویکرد مدیریت جامع، ضرورت‌ها، و نحوه اجرای موفقیت‌آمیز آن حفظ کرده است.

- این راهنما جای کتاب‌های تخصصی آموزشی را نگرفته و کاربران را بی‌نیاز از آن‌ها نخواهد کرد.

- دامنه کاربرد

- هدایت‌گری برای مدیریت تامین، عرضه، تقاضا و مصرف آب شهری و روستایی،
- هماهنگ‌سازی انجام مطالعات، جمع‌آوری داده و گزارش‌دهی،
- هماهنگ‌سازی مدیریت تامین، عرضه، تقاضا و مصرف آب شهری و روستایی کشور با راهنماها، دستورالعمل‌ها و قوانین ملی و سازمان‌های بین‌المللی مطابق شرایط خاص کشور

در این راهنما، ابزارهای مختلف تغییر و اصلاح مدیریت تامین، عرضه، تقاضا و مصرف آب شهری و روستایی تبیین و معیارهای انتخاب آن‌ها با توجه به ویژگی‌های اقتصادی، اجتماعی، محیط‌زیستی، فرهنگی و قانونی ارائه شده است. اعتبار علمی، به‌هنگام بودن و کاربردی بودن مطالب مورد توجه و تاکید است. مخاطبان اصلی این راهنما، مدیران و کارشناسان وزارت نیرو به ویژه شرکت‌های آب و فاضلاب شهری و روستایی، سازمان حفاظت محیط‌زیست، شهرداری‌ها، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، مهندسان مشاور و محققان می‌باشند.

فصل ۱

کلیات

۱-۱- عوامل اصلی چالش‌های آب شهری و روستایی

تامین آب کافی از نظر کمیت و کیفیت برای شهرها و روستاها چالشی جهانی است، لکن در کشورهای در حال توسعه جدی‌تر است. علیرغم سرمایه‌گذاری‌های هنگفت در بخش آب شهری و روستایی، کشور همچنان با چالش‌هایی روبروست و احتمال تشدید آن‌ها در آینده وجود دارد. عوامل اصلی این چالش‌ها در ایران که انسانی و یا طبیعی است، ریشه در شیوه برنامه‌ریزی شهری، مدیریت منابع آب، فرهنگ و عوامل اقلیمی دارد که می‌توان آن‌ها را به شرح زیر برشمرد:

- افزایش جمعیت و مهاجرت به شهرها و توسعه برنامه‌ریزی و کنترل نشده شهرها
- نگرش نادرست اغلب مردم به آب و عدم شناخت ارزش آب^۱
- بالا بودن مصرف آب در برخی جوامع
- پایین بودن بهره‌وری آب و کمبود انگیزه‌های حفاظت و صرفه‌جویی
- فرسودگی تاسیسات آب و فاضلاب به‌خصوص شبکه‌های آبرسانی و فاضلاب‌روها که منجر به تلفات آب، کاهش کیفیت آب شبکه، آلودگی آب و خاک و افت کیفیت خدمات می‌شود.
- مشکلات تامین آب روستایی به ویژه از نظر کیفیت آب
- عملکرد نامناسب اغلب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، به خاطر طراحی و اغلب به خاطر بهره‌برداری نامناسب
- ضایع شدن کیفیت منابع آب بر اثر فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی، شهری و روستایی
- ضعف پایش کمیت و کیفیت منابع آب و سیستم‌های آب و فاضلاب شهری
- کمبود کلی آب در کشور
- ضعف در مدیریت خشک‌سالی‌ها و حوادث غیرمترقبه، نبود برنامه منسجم مدیریت ریسک و برنامه‌های آمادگی برای سوانح طبیعی و غیرطبیعی
- نوسانات اقلیم^۲ و تغییر اقلیم^۳
- هزینه هنگفت طرح‌های جدید توسعه منابع آب و جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب
- عدم برگشت کامل هزینه^۴
- ضعف در مدیریت و حکمرانی آب^۵
- بخشی‌نگری و عدم جامعیت در مدیریت شهری و آب شهری

1- Water Value
 2- Climate Variability
 3- Climate Change
 4- Full Cost Recovery
 5- Water Governance

- ضعف مدیریت اطلاعات
- رقابتی نبودن و انحصاری بودن خدمات آب و فاضلاب
- جذاب نبودن سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری توسط بخش خصوصی در بخش آب و فاضلاب شهری و روستایی (ضرورت استفاده از اصل ۴۴ قانون اساسی)
- ارتباط ضعیف بین مصرف‌کنندگان و شرکت‌های خدماتی آب و فاضلاب، ضعف شفافیت در اطلاع‌رسانی و کمبود اعتماد متقابل و در نتیجه مشارکت ضعیف مردم
- جدی نبودن فرایند برآورد عملکرد شرکت‌ها با استفاده از شاخص‌های عملکردی و پیشرفت^۱

۲-۱- ضرورت اصلاحات در مدیریت آب شهری

- با توجه به عدم کارایی رویکردهای سنتی و بخشی‌نگری مدیریت منابع آب، انجام اصلاحات^۲ با رویکرد «مدیریت جامع منابع آب»^۳ ضروری است.
- بدون انجام اصلاحات، علاوه بر از دست دادن زمان و هزینه، بر بار مشکلات افزوده خواهد شد.

۳-۱- رویکرد مدیریت جامع منابع آب (IWRM)

- رویکرد غالب مدیریت منابع آب کشور در گذشته، تامین آب بوده، لکن با افزایش جمعیت و توسعه شهری و صنعتی، کشور با کمبود منابع محلی تامین آب مواجه شده است.
- برای رفع این مشکل، راهکار تقویت^۴ منابع آب به کمک راه‌حل‌های مهندسی مثل احداث سد و سپس انتقال آب بین حوضه‌ای پیش گرفته شد که تا کنون همچنان ادامه دارد.
- با این حال، میزان تقاضا و مصرف همچنان رو به افزایش است، به گونه‌ای که راه‌حل‌های مهندسی تامین آب بیشتر در اغلب شرایط جواب‌گو نیست.
- از این‌رو، مدیریت آب کشور باید برنامه‌های استراتژیک خود را با «رویکرد جامع مدیریت منابع آب» با تاکید بر «مدیریت تقاضا»^۵ و افزایش کارایی و بهره‌وری آب تنظیم کند.

1- Performance and Progress Indicators
 2- Reform
 3- Integrated Water Resources Management
 4- Augmentation
 5- Demand Management

- از آنجایی که تامین آب از طریق منابع جدید غیرممکن و یا بسیار پرهزینه است، با مدیریت تقاضا و افزایش کارایی در حقیقت به نوعی بر منابع تامین آب افزوده خواهد شد.
- با توجه به آمادگی نسبی شرایط کنونی جامعه و استفاده از تجربیات ارزشمند جهانی، می‌توان مدیریت منابع آب به ویژه مدیریت آب شهری را براساس اصول مدیریت جامع از جمله پایداری^۱ و کارآمدی^۲ برنامه‌ریزی کرد.

۴-۱- رویکرد مدیریت جامع آب شهری^۳ (IUWM)

- راه حل مشکلات آب شهری و روستایی معمولاً خارج از قلمرو متعارف سازمان‌هایی است که ارتباط مستقیم با آن‌ها دارند و اغلب نیازمند همکاری بین بخشی است.
- رویکرد «مدیریت جامع آب شهری، شناخت و اجرای راه‌حل‌های موثر را آسان‌تر می‌سازد.
- این رویکرد، سعی بر آن دارد تا حد امکان از این واقعیت تلخ که حل یک مشکل، مشکل دیگری را به وجود می‌آورد، پرهیز کند.
- رویکرد IUWM، توسعه و مدیریت هماهنگ آب، زمین و منابع مرتبط را در محیط‌های شهری و روستایی، در چارچوب «مدیریت جامع منابع آب»^۴ توسعه می‌بخشد تا رفاه اقتصادی و اجتماعی حاصل را به نحو عادلانه و بدون لطمه زدن به پایداری اکوسیستم‌های حیاتی پیشینه کند.
- انتخاب واژه «رویکرد»^۵ به جای «طرح یا برنامه»^۶ برای تاکید بر ماهیت پویا و تغییرگرای فرایند «مدیریت جامع آب شهری» است.
- ایده این رویکرد، تدوین یک طرح و برنامه سنتی آب که شامل فعالیت‌های توسعه و مدیریت آب برای اجرا در یک محدوده زمانی مشخص باشد نیست، بلکه هدف آن تدوین استراتژی و توسعه چارچوب پویایی است که به برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری بهتر و سازگارتر با شرایط متغیر آینده کمک کند. باید توجه داشت که (کادر ۱-۱) رویکرد جامع، آگاهانه از رویکردهای «بخشی‌نگری»^۷ و «چندپاره»^۸ اجتناب می‌کند.

1- Sustainability

2- Effectiveness

3- Integrated Urban Water Management, IUWM

4- Integrated Water resources Management, IWRM

5- Approach

6- Plan

7- Sectoral

8- Fragmented

از جنبه طبیعی سیستم، رویکردهای جامع شامل تجمیع مدیریت آب و زمین، مدیریت آب‌های سطحی، زیرزمینی، رواناب‌های سطحی و فاضلاب، کمیت و کیفیت و در یک کلام «مدیریت چرخه آب شهری»^۱ با لحاظ کردن منافع و اثرات مدیریت آب شهری در بالادست و پایین‌دست حوضه شهری در چارچوبی کل‌نگر^۲ به حوضه آبریز است. همان‌طور که هر مدیریتی نیازمند برنامه‌ریزی منطقی و علمی است، تهیه «راهنمای مدیریت تامین، عرضه، تقاضا و مصرف آب شهری و روستایی» گامی به سوی توسعه پایدار آب شهری و روستایی است.

کادر ۱-۱- مفهوم برنامه‌ریزی و استراتژی

«برنامه‌ریزی» و «تدوین استراتژی» در ارتباط تنگاتنگ با یکدیگرند. برنامه‌ریزی، به معنای شناخت و تعریف تدابیر مشخص است؛ درحالی‌که تدوین استراتژی، بیش‌تر جهت‌گیری آینده را مشخص می‌کند. استراتژی، آرمان‌ها و نحوه تحقق آن‌ها را تعریف می‌کند و برنامه‌ریزی، تفسیر استراتژی برای نیل به اهداف و اجرای فعالیت‌ها و تدابیر لازم در این جهت را شامل می‌شود.

۵-۱- اثرات مورد انتظار اجرای این راهنما

- تغییرات کلی‌نگر در سیاست و تفکر مرتبط با آب و محیط‌زیست شهری و روستایی
- تغییرات سازمانی در جهت ارتقای سطح مدیریت پایدار و جامع
- تغییر در بهره‌گیری از ابزارها و منابع
- تغییر در روش‌های مدیریتی و راهکارها
- تغییر در برنامه‌های مدیریتی و اقتصادی با توجه به اهداف پایداری
- تغییر مکانیزم‌های پایداری مالی (تعرفه، برگشت هزینه، ...)

۶-۱- اصلاحات در مدیریت آب شهری و روستایی

- رویکرد IWRM، خواستار تغییرات مثبت در توانمندسازی محیط^۳، نقش نهادی و ابزارهای مدیریتی است.
- اساساً این رویکرد تغییرات در «حکمرانی آب»^۴ را مدنظر دارد. حکمرانی آب شامل گستره‌ای از سیستم‌های سیاسی، اجتماعی، اقتصادی و مدیریتی برای توسعه و مدیریت منابع آب و ارائه خدمات آب در سطوح مختلف جامعه است.

1- Urban Water Cycle Management
2- Holistic
3- Enabling Environment
4- Water Governance

- باتوجه به آن که «تغییر»، بخش اساسی این رویکرد است، IWRM باید به عنوان یک فرایند و نه یک رویکرد تک مرحله‌ای و آنی نگریسته شود؛ رویکردی که درازمدت و پیش رونده بوده و ماهیت تکراری و رفت و برگشتی دارد.
- این نگرش، نیاز به چارچوب حکمرانی موثری دارد که در پاسخ به تغییر نیازها و سناریوها، به صورت تطبیقی تصمیم‌گیری کند.
- به عنوان یک فرایند تغییر که به دنبال اصلاح سیستم‌های توسعه و مدیریت از حالت ناپایدار موجود است، IWRM هیچ نقطه ثابت آغاز یا پایانی ندارد. آنچه که مهم است این است که مدیریت جامع منابع آب از یک جا آغاز شود و همواره اهداف مدیریت جامع منابع آب را مدنظر داشته باشد.
- همان طوری که اقتصاد و جامعه جهانی، پویاست و محیط‌زیست طبیعی نیز در معرض تغییر است، IWRM نیز باید پاسخ‌گوی تغییر بوده و توان سازگاری با شرایط اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی و تغییر ارزش‌های انسانی را داشته باشد. (کادر ۱-۲)

کادر ۱-۲- رویکرد IUWM

رویکرد IWRM و به طبع آن IUWM ضرورتاً ملزم به ایجاد یکباره تمامی این تغییرات و یا آغاز آن به شیوه همه‌گیر نیست. در حقیقت، بهتر است که IWRM با تمرکز بر موضوعات خاص سهل‌الوصول آغاز شود.

- ابزارهای متعدد و متنوعی برای بهبود مدیریت منابع آب وجود دارد؛ ابزارهایی که از نظر مشخصه‌ها، کاربرد و نتایج، تفاوت زیادی دارند.
- مسایل آب معمولاً نیاز به ترکیبی از ابزارها دارد. ابزارها باید با تحلیل و پایش محیط به نحو سازگار با شرایط محلی مثل ظرفیت‌های سیاسی و تخصصی و نیز ظرفیت‌های اجرایی و اعمال قانون انتخاب شوند.
- در این راستا، تهیه راهنمای مدیریت تامین، عرضه، تقاضا و مصرف آب شهری و روستایی و اجرای هماهنگ و منسجم آن حائز اهمیت است. مدیریت جامع تامین، عرضه و تقاضای آب، سیاست تامین آب که بیش‌تر بر پایه توسعه منابع آب بوده است را به سوی مدیریت تامین پایدار آب و محیط‌زیست پایدار پیش خواهد برد و علاوه بر منافع اجتماعی و محیط‌زیستی، منافع اقتصادی قابل توجهی را برای سازمان و ذینفعان به همراه خواهد داشت.
- همچنین نتایج و دستاوردهای^۱ مورد انتظار پس از اجرای این راهنما به صورت (مستقیم و غیرمستقیم) به شرح زیر خواهد بود.
- کاهش مصرف آب کاهش میزان هدر رفت و آب بدون درآمد

- کاهش میزان فاضلاب تولید شده
- افزایش قابلیت اعتماد تامین آب (کمیت و کیفیت)
- ارتقای بهره‌وری و کارایی آب و پایداری سیستم تامین و عرضه آب
- ارتقای سطح رفاه و بهداشت عمومی
- ارتقای برابری در دسترسی به خدمات
- حفاظت محیط‌زیست و اکوسیستم‌ها
- بهبود عملکرد مالی سازمان
- کاهش سرمایه‌گذاری لازم
- کاهش هزینه‌ها
- ارتقای سطح آگاهی متصدیان و مردم از ارزش اقتصادی و محیط‌زیستی آب
- افزایش تولیدات کشاورزی
- توسعه و حفظ صنایع وابسته به آب در شهرها و حومه آن‌ها و در یک کلام،
- افزایش منافع جوامع انسانی از منابع آب و اکوسیستم‌های پایدار

۷-۱- روش‌شناسی

روش‌شناسی این راهنما مبتنی بر رویکرد IUWM است، از طریق:

- جست‌وجوها و مطالعه پیشینه مطالعات (تجربیات و پیشنهادات) ملی و بین‌المللی در زمینه مدیریت جامع آب شهری و روستایی
- اسناد مرتبط ملی مثل «راهبردهای توسعه بلندمدت منابع آب کشور»
- نظرات و تجربیات صاحب‌نظران و کارشناسان مدیریت آب شهری و روستایی تجربیات بین‌المللی (سازمان‌های بین‌المللی مثل یونسکو، WHO^۱، فائو، بانک جهانی، GWP^۲، AWWA^۳، USEPA^۴ و کشورهای صنعتی با اقلیم مشابه ایران مانند آمریکا، استرالیا و کشورهای در حال توسعه

1- World Health Organization
 2- Global Water Partnership
 3- American Water Work Association
 4- United States Environmental Protection Agency

فصل ۲

مدیریت جامع منابع آب و مدیریت

جامع آب شهری

۲-۱- مدیریت جامع منابع آب (IWRM)

۲-۱-۱- ضرورت مدیریت جامع منابع آب

افزایش جمعیت و تقاضاهای آبی و پیچیدگی چالش‌های مدیریت منابع آب و محیط‌زیست، اثرات نامطلوبی بر سلامت انسان، محیط‌زیست و اکوسیستم‌ها، وضعیت اجتماعی و سیاسی جوامع و پایداری منابع آب و زمین و اکوسیستم‌ها و در کل، توسعه پایدار دارد، به طوری که شیوه مدیریت سنتی منابع آب، جوابگو نیست. از این رو، تصمیم‌گیری‌ها و سیاست‌گذاری‌های کلان باید با رویکرد جامعی با لحاظ کردن اندرکنش‌های مختلف سیاسی، اجتماعی، اقتصادی، هیدرولوژیکی و محیط‌زیستی در مقیاس مکانی و زمانی بزرگ‌تر، صورت گیرد.

۲-۱-۲- مقیاس جغرافیایی مدیریت جامع منابع آب

«مدیریت منابع آب» از نظر محدوده جغرافیایی باید حداقل در مقیاس «حوضه‌ای» انجام شود. به بیان دیگر، «حوضه آبریز» باید به عنوان یک «واحد هیدرولوژیکی» با هویت واحد مدیریت می‌شود.

۲-۱-۳- تعریف مدیریت جامع منابع آب (کادر ۲-۱)

کادر ۲-۱- تعریف مدیریت جامع منابع آب [۳]

«مدیریت جامع منابع آب»، فرآیندی است که با هدف پیشینه کردن عادلانه رفاه اجتماعی و اقتصادی جوامع انسانی و بدون به خطر انداختن انسجام و پایداری اکوسیستم‌های حیاتی و نیز منافع آیندگان، منجر به توسعه و مدیریت هماهنگ آب، زمین و دیگر منابع شود. (مشارکت جهانی آب، GWP)

۲-۱-۴- ابعاد مدیریت جامع منابع آب

- جامعیت کاربری‌های آب: به معنی در نظر گرفتن رقابت و تعارض برای آب بین کشاورزی، برق‌آبی، تامین آب شهری و بهداشت، صنعت و محیط‌زیست
- جامعیت اقتصادی- اجتماعی و محیط‌زیستی: به معنی به حساب آوردن نه تنها هزینه‌ها و منافع اقتصادی تصمیمات مدیریتی آب، بلکه هزینه‌ها و منافع اجتماعی و محیط‌زیستی
- جامعیت اداری (اجرایی): به معنی هماهنگی مسوولیت‌ها و فعالیت‌های آبی در همه سطوح ملی، استانی و جوامع محلی
- جامعیت جغرافیایی: به معنی استفاده از مرزهای هیدرولوژیکی (حوضه و زیرحوضه رودخانه)، به جای مرزهای سیاسی و یا اداری به عنوان واحدی برای مدیریت منابع آب است. این جامعیت ایجاب می‌کند که در

تصمیم‌گیری توسعه و مدیریت منابع طبیعی، اثرات متقابل کاربرهای زمین و آب بر اکوسیستم‌های آبی و خاکی و سیستم‌های انسانی و نیز «اثرات بالادست-پایین‌دست» در داخل زیرحوضه‌ها و بین آن‌ها در قالب حوضه اصلی تر بررسی شود.

۲-۱-۵- سابقه مدیریت جامع منابع آب

- مدیریت جامع منابع آب به عنوان یک راهکار مدیریتی جهانی در سال ۱۹۹۲ در کنفرانس دوبلین^۱ (کنفرانس بین‌المللی آب و محیط‌زیست^۲) و ریودوژانیرو^۳ (کنفرانس محیط‌زیست و توسعه ملل متحد یا همایش بزرگان زمین^۴) بنیان نهاده شد و اصول معروف به دوبلین _ ریو ارائه شد (کادر ۲-۲).
- مشارکت جهانی آب (GWP)، به عنوان اصلی‌ترین نهاد گسترش نگرش مدیریت جامع منابع آب در سال ۱۹۹۶ تاسیس شد.
- با تشکیل گروه‌هایی‌های مختلف در سطوح جهانی، کشوری و منطقه‌ای، دیدگاه‌های قابل اجرای مدیریت جامع منابع آب، توسعه یافت.
- شورای دوم جهانی آب در سال ۲۰۰۰، «مدیریت جامع منابع آب» را به یک سیاست جهانی تبدیل کرد و شعار مهم «آب، مسوولیت همه است»^۵ را مطرح کرد.

کادر ۲-۲- اصول دوبلین

اصل اول: آب شیرین منبعی محدود و آسیب‌پذیر است و لازمه حیات، توسعه و سلامت محیط‌زیست است.
 اصل دوم: مدیریت و توسعه منابع آب باید بر پایه رویکرد مشارکتی میان مصرف‌کنندگان، برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران در کلیه سطوح باشد.
 اصل سوم: زنان در تهیه، مدیریت و حفاظت آب نقش اساسی دارند.
 اصل چهارم: آب در همه مصارف خود، ارزش اقتصادی دارد و باید همان‌گونه که یک نیاز اساسی اجتماعی است، یک کالای اقتصادی نیز شناخته شود.
 برای بررسی بیش‌تر این اصول چهارگانه می‌توان به آدرس اینترنتی <http://www.gwpforum.org> مراجعه کرد

۲-۱-۶- مدیریت جامع منابع آب، یک رویکرد و ابزار و نه هدف

- «مدیریت جامع منابع آب» به خودی خود یک «هدف»^۶ نیست، بلکه رویکرد و ابزاری برای افزایش منافع و بهره‌وری از منابع محدود آبی، مالی و انسانی است.

1- Dublin
 2- International Conference on Water and the Environment
 3- Rio De Janeiro
 4- United Nations Conference on Environment and Development, or Earth Summit
 5- Water is Everybody's Business
 6- Objective

- «مدیریت جامع منابع آب»، راه حل مناسبی برای رفع مشکلات منابع آبی است، چرا که پیچیدگی و طبیعت چندوجهی مشکلات آب، تنوع ذینفعان، و تعامل طبیعت و انسان را در نظر می‌گیرد.
- با این که مدیریت جامع منابع آب به عنوان راهکاری موثر و کارا برای مدیریت منابع آب شناخته شده است، اما نمی‌توان به آن به عنوان یک «ایده ساده جهان شمول» نگریست.
- با تمام تلاش‌ها و توافقات جهانی در خصوص مدیریت جامع منابع آب، تعاریف و برداشتهای مختلفی از مفهوم «جامعیت»^۱ می‌شود.
- گفتنی است که تمرکز صرف بر «آب»، «مدیریت جامع منابع آب» را تضمین نمی‌کند، بلکه باید به «آب»، «زمین» و «محیطزیست» به صورت موازی توجه شود.

۲-۲- مدیریت جامع آب شهری

۲-۲-۱- تعریف

«مدیریت جامع آب شهری» به معنای مدیریت آب در محیط شهری با لحاظ کردن تعاملات بین اجزای مختلف چرخه آب در محیط شهری و منطقه و با رویکرد «توسعه پایدار» به عنوان یک هدف کلی است. به بیان دیگر، مدیریت جامع آب شهری منابع و تقاضاهای آبی شهری را با هدف تامین نیاز آبی طولانی مدت آب شهری و حفظ سلامت و رفاه جامعه و سلامت اکوسیستم‌ها و افزایش منافع اقتصادی از آب را برنامه‌ریزی و مدیریت می‌کند [۱].

۲-۲-۲- چالش‌ها و مشکلات مدیریت آب شهری

طبق مطالعات یونسکو و مرکز منطقه‌ای مدیریت آب شهری^۲ (RCUWM)، کشورهای خاورمیانه و آسیای مرکزی با چند چالش اصلی مدیریت آب شهری روبرو هستند [۵۰]:

- چالش جمعیتی: رشد بیش‌تر جمعیت در کشورهای اسلامی در مقایسه با دیگر کشورهای جهان
- چالش اقتصادی: ناهمخوانی بین کشورهای منطقه نه تنها شامل جمعیت، تراکم و درصد جمعیت شهرنشین است، بلکه درآمد سرانه را نیز شامل می‌شود. برای مثال کشورهای خیلی ثروتمند خلیج فارس و نیز برخی از فقیرترین کشورهای جهان در این منطقه قرار دارند.

1- Integrity

2- Regional Center on Urban Water Management, RCUWM

- چالش «شهری سازی»^۱ یا «شهرگرایی»: به خاطر مشکلات اقتصادی و جمعیتی، شهرنشینی در حال افزایش است. در حالی که تهیه مسکن، زیرساخت‌ها و خدمات شهری با این سرعت پیش نمی‌رود.
- متمرکز بودن اکثر سیستم‌های آبی و وابستگی آن‌ها به سرمایه‌گذاری و منابع دولتی
- عدم مدیریت تقاضا
- عدم مشارکت جامعه در رسیدگی به مشکلات شهری

۳-۲-۲- مشکلات آب شهری در خاور میانه و آسیای مرکزی (مطالعه یونسکو: ۵ و ۲۰)

- کمیابی منابع آب
- زیرساخت‌های کهنه و زیاد بودن آب بی درآمد
- نبود شبکه جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب
- جمع‌آوری و دفع ضعیف زایدات جامد
- مدیریت و ساختارهای نهادی ضعیف
- بازگشت کم هزینه
- یارانه‌های زیاد
- اثرات منفی جنگ‌ها و بلایای طبیعی
- وجود بیماری‌های آبی
- نبود برنامه‌ریزی جامع زیرساخت‌های شهری
- نیاز مبرم به ظرفیت‌سازی کارکنان

۳-۲-۲-۱- نتیجه‌گیری این مطالعه

- بسیاری از مسایل بالا در کشورهای توسعه یافته وجود ندارد و یا تحت کنترل است.
- در کشورهای در حال توسعه، تمرکز اصلی آب شهری بر توسعه زیرساخت‌هاست.
- در کشورهای توسعه یافته، تمرکز بر کاهش برداشت از منابع آب از طریق مدیریت تقاضا، صرفه‌جویی در مصرف آب و بازیافت و بازچرخش آب است.

۲-۲-۴- برنامه‌ریزی توسعه زیرساخت‌های آب شهری

در برنامه‌ریزی توسعه زیرساخت‌های آب شهری به نکات (مداخلات) زیر باید توجه کرد:

- توسعه استراتژی برنامه‌ریزی جامع شهری
- توسعه استراتژی و تدابیر مدیریت تقاضای آب
- بهبود سیستم‌های جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب
- تشویق به بازیافت و بازچرخش فاضلاب تصفیه شده
- نوسازی یا جایگزینی زیرساخت‌های کهنه با سیستم‌های مناسب و سازگار
- نصب سیستم‌های نشت‌یابی در شبکه‌های آب و کاهش مقدار آب بی درآمد
- ترویج حفاظت آب (برای مثال، کاهش یارانه، افزایش تعرفه، نصب کنتور، آگاهی‌رسانی عمومی)
- بهبود مدیریت زایدات جامد و تشویق به بازچرخش
- ایجاد چارچوب قانونی و نظارتی اجرای قوانین
- ایجاد چارچوب نهادی توانمندساز
- ارزیابی ریسک برای حوادث غیرقابل پیش‌بینی و یا غیرقطعی
- تقویت همکاری بین بخش‌های خصوصی و عمومی در تمام سطوح برنامه‌ریزی، طراحی، اجرا، بهره‌برداری، نگهداری و مدیریت زیرساخت‌ها و خدمات شهری
- اولویت دادن به آموزش و ظرفیت‌سازی برای پایداری بیش‌تر برنامه‌ها

۲-۲-۵- پیامدهای توسعه شهری

توسعه شهری پیامدهایی در ابعاد مختلف محیط‌زیستی، منابع آبی، اجتماعی و اقتصادی دارد که خود بیانگر ضرورت لحاظ کردن این پیامدها در برنامه‌ریزی شهری است.

۲-۲-۵-۱- اثرات محیط‌زیستی

- شهرها، منظره و محیط طبیعی اطرافشان را بر اثر تولید زایدات جامد و مایع و گسترش آلودگی هوای شهرها به حومه یا «حاشیه شهر»^۱، تغییر می‌دهند [۵].
- تخلیه فاضلاب‌های (خانگی، بیمارستانی،...) خام و یا تصفیه شده در منابع آب پذیرنده مثل رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و دریاها و یا آب زیرزمینی

- بار آلودگی زیاد رواناب سطحی بارش
- افزایش آلودگی رواناب سطحی و توده‌های آبی در مکان‌های فاقد امکانات جمع‌آوری زایدات جامد
- شوک‌های آلودگی رواناب شهری، تا ده برابر فاضلاب در شرایط آب و هوایی خشک (غیربارانی)، به علت شست‌وشوی فضاهای باز و جاده‌ها

۲-۲-۵-۲- مسایل تامین آب، مدیریت فاضلاب و زهکشی رواناب‌ها

- پیچیده‌تر شدن مشکل مدیریت «کمیابی آب^۱» در مناطق خشک و نیمه خشک
- افزایش تقاضای آب تحت تاثیر شالوده اقتصادی شهر، جمعیت، فرهنگ و عادات مردم
- مشکلات کمبود سیستم جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب و مدیریت رواناب‌های سطحی

۲-۲-۶- توسعه بی‌رویه شهری عمدتاً در کشورهای در حال توسعه

۲-۲-۶-۱- محرک‌ها

- افزایش سریع جمعیت شهری و در نتیجه افزایش بی‌رویه تعداد کلان شهرها (جمعیت بیش از ۱۰ میلیون نفر)
- گسترش اتفاقی و سازمان نیافته (قانونی و غیرقانونی) شهرها بر اثر نبود برنامه‌ریزی شهری و برنامه کاربری اراضی برای هدایت و کنترل توسعه‌های جدید شهری

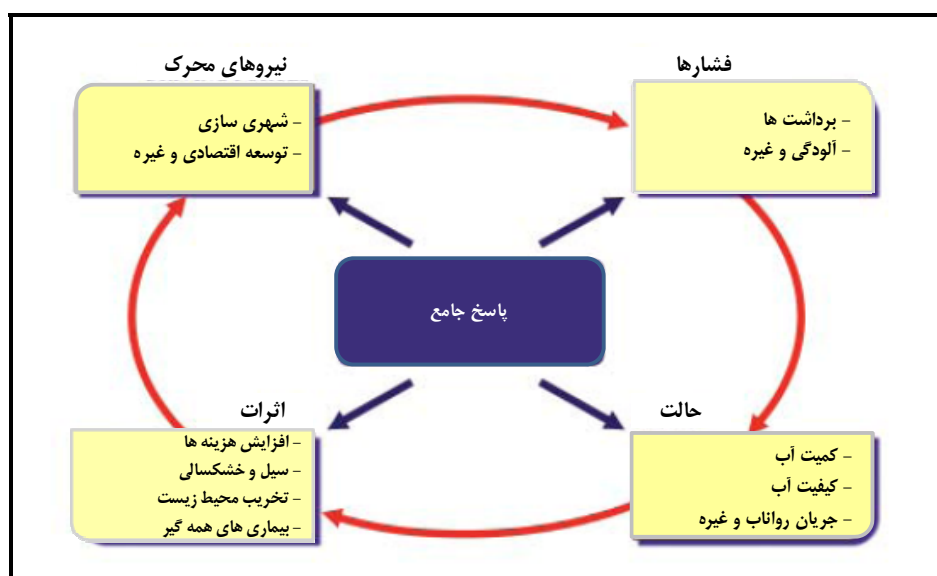
۲-۲-۶-۲- پیامدها

- گسترش فیزیکی کنترل نشده شهرها معمولاً عواقب محیط‌زیستی و اجتماعی جدی در شهر و بیش‌تر در حومه دارد [۵].
- از بین رفتن کشاورزی در حومه شهرها. در این مناطق، به علت خرید زمین‌ها توسط مردم و یا شرکت‌ها و یا پیش‌بینی تغییر کاربری آن از کشاورزی به شهری و افزایش قیمت زمین توأم با توسعه سیستم حمل و نقل و ساخت و ساز، کشاورزی ممکن است به کلی از بین برود و یا کم شود.
- اسکان گروه‌های کم‌درآمد در بدترین مناطق. در این مناطق تامین آب، بهداشت، سیستم تخلیه فاضلاب و زهکشی مشکل و پرهزینه است. معمولاً اجتماعات مقیم (در زمین‌های غیرمعمور) غیرقانونی^۲ نیز وجود دارد که از ابتدا در حومه مناطق شهری اسکان یافته‌اند.
- توسعه جدید شهری در درون حوضه آبریز، منابع آب سطحی را آلوده می‌کند.

1- Water Scarcity

2- Illegal Squatter Communities

- توسعه‌های بی‌رویه که موجب از بین رفتن پوشش گیاهی زمین‌ها و جنگل‌زدایی (نابودی جنگل‌ها) می‌شود، به سیستم‌های طبیعی زهکشی آسیب می‌زند و باعث افزایش شدید بار گل و لای و در نتیجه مسدود شدن کانال‌های زهکشی و افزایش ریسک سیل می‌شود.
- افزایش شدت و حجم رواناب‌های سطحی بر اثر گسترش سطوح نفوذناپذیر، اغلب منجر به افزایش ریسک سیل و کاهش نفوذ و تغذیه آبخوان‌ها می‌شود.
- فرصت‌های جدید برای ناقلان بیماری به وجود می‌آید.
- گسترش اکثر شهرهای بزرگ در زمین‌های کشاورزی حاصل‌خیز صورت می‌گیرد و تاثیر منفی بر کشاورزی حاشیه شهری دارد.
- افزایش تقاضای آب شهری، سهمیه و تخصیص آب کشاورزی را می‌گیرد و می‌تواند موجب مناقشه اجتماعی شود.
- توسعه شهری و اقتصادی، فشار بر منابع آب و محیط آبی وارد می‌کند که این‌ها به نوبه خود توسعه پایدار شهری را به مخاطره می‌اندازند (شکل ۲-۱). واکنش به این مسایل، اغلب به خاطر این‌که اقدامات علاج بخشی، متمرکز بر وجه آثاراند و نه ریشه‌ای، شکست می‌خورند. از این‌رو، رویکردی جامع لازم است تا به صورت یک‌جا هم به ریشه‌ها و هم آثار مسایل پیش آمده بپردازد.



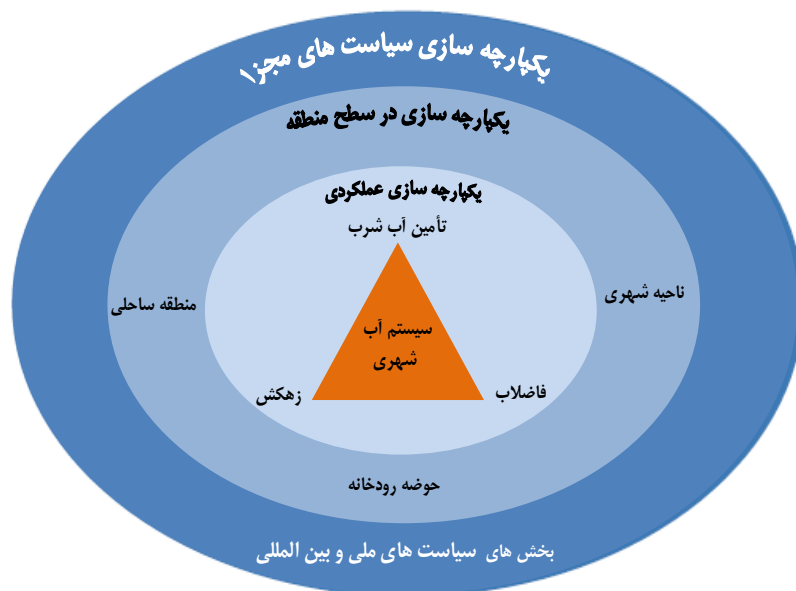
شکل ۲-۱- نیروهای محرک، فشارها، وضعیت و آثار آن بر منابع آب شهری و ضرورت مدیریت جامع و یکپارچه [۷۴]

۲-۳- سیستم جامع آب شهری^۱

- از نظر هیدرولوژی، سیستم آب شهری، سیستم «واحدی» است که دربرگیرنده همه اجزای آن است و به‌طور طبیعی، یکپارچه عمل می‌کند.
- درحالی‌که از نظر برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری، این مفهوم «واحد بودن» به دلیل نبود یکپارچگی در مدیریت عناصر مختلف سازنده سیستم، کاملاً قبول نشده است.
- این موضوع در کشورهای در حال توسعه که به‌طور سنتی سازمان‌های مختلفی در داخل شهر امور مربوط به آب را به عهده دارند، بیش‌تر مشاهده می‌شود.
- در ایران، برنامه‌ریزی و مدیریت آب شهری بسته به نوع خدمات شامل تامین آب، فاضلاب، کنترل سیل و رواناب در نهادهای جداگانه ای مانند شرکت‌های آب استانی یا منطقه‌ای، شرکت‌های آب و فاضلاب شهری و روستایی و شهرداری‌ها صورت می‌گیرد.

۲-۳-۱- ابعاد جامعیت

«جامعیت^۲ شامل یکپارچگی کارکردی، یکپارچگی مکانی و یکپارچگی سیاست‌گذاری بخشی است (شکل ۲-۲).



شکل ۲-۲- حلقه‌های پوششی جامعیت [۷۴]

1- Integrated Urban Water System
2- Integration

- دو دلیل عمده برای یکپارچه و جامع در نظر گرفتن سیستم آب شهری
- ارتباط و پیوستگی بین اجزای سیستم آب شهری که عامل آن، چرخه هیدرولوژیکی است.
 - منافی که از طریق سیستم جامع نسبت به سیستم منفک حاصل می‌شود.

۲-۳-۲- بخش‌های اصلی سیستم مدیریت آب شهری [۱]

الف- مدیریت تامین آب

- منابع (آب زیرزمینی، آب سطحی، استفاده دوباره)
- انتقال، تصفیه و سیستم توزیع آب
- جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب
- استفاده دوباره (بازیافت) آب

ب- مدیریت آب زیادی^۱

- سیستم‌های جمع‌آوری / زهکشی
 - ذخیره‌سازی / تصفیه
 - اجزای کنترل سیل (سیل بند، سد، کانال انحرافی)
- بین این اجزا در درون هر بخش و بین بخش‌ها، ارتباط و اندرکنش وجود دارد.

۲-۳-۳- راهکارهای تعادل بخشی بین کمیابی آب و تقاضای آب با توجه به شرایط منطقه

- تکنولوژی سنتی شامل قنات و استحصال آب باران
- تکنولوژی جدید مثل نمک‌زدایی، تصفیه و استفاده دوباره آب، بازتخصیص آب کشاورزی به مصارف خانگی یا صنعتی، کشت گیاهان کم مصرف، مدیریت تقاضای آب، حفاظت آب، افزایش کارایی توزیع، انجام اصلاحات قانونی- نهادی و کاهش رشد جمعیت

۲-۳-۴- تدابیر مدیریت چرخه هیدرولوژیکی شهری

- طراحی شهری حساس به آب^۲
- مدیریت جامع رواناب شهری، آب زیرزمینی و سطحی و فاضلاب برای دستیابی به:

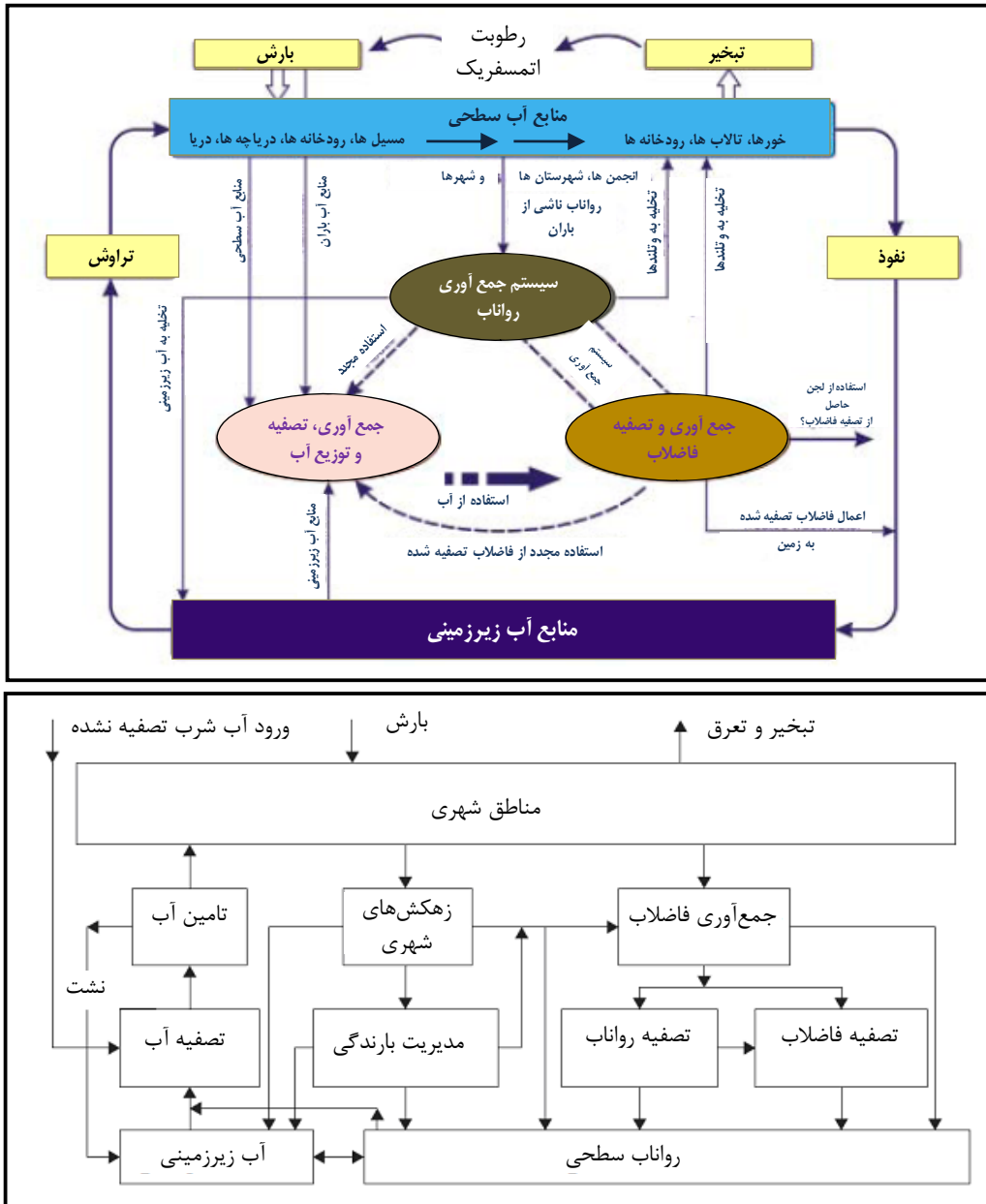
1- Excess Water Management

2- Water Sensitive Urban design, WSUD

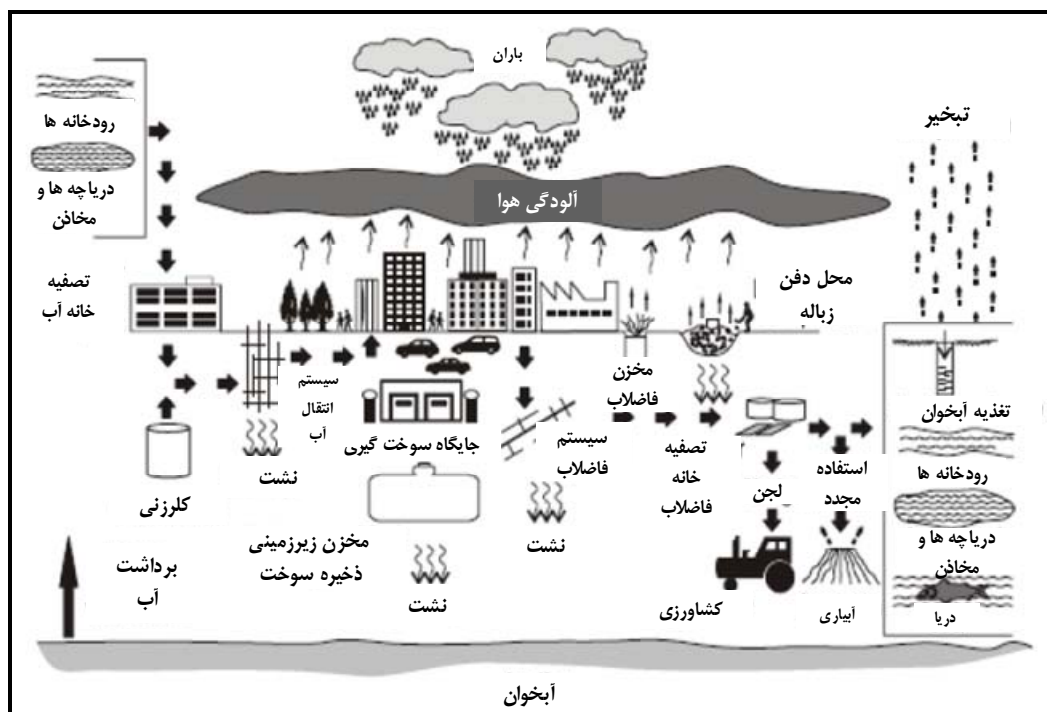
- منابع مقرون به صرفه و قابل اطمینان آب
- مدیریت جریان محیط‌زیستی^۱
- نمای شهری زیبا
- بازیافت آب و رواناب شهری با هدف حفاظت کیفی منابع آب و تامین منبع آب جایگزین
- حفاظت کیفی منابع آب و اکوسیستم‌های پایین دست
- مدیریت تقاضای آب از طریق:
 - کارآمدتر کردن مصرف آب (ابزارآلات کاهنده مصرف، اصلاح الگوی مصرف، تعرفه،...)
 - کاهش تقاضا، با تغییر و اصلاح اصول شهرسازی
 - کاهش تقاضا، با اصلاح مکانیزم‌های مصرف و بازچرخش^۲ آب در مصرف‌کنندگان کلان، مثل صنایع [۱].

۲-۴- اثرات شهرسازی بر چرخه آب شهری

شهرنشینی واقعیت انکارناپذیری است. از دید منابع آب، شهرسازی اثرات بسیاری بر چرخه هیدرولوژیکی دارد، شامل میزان شار تشعشعات، بارش، تبخیر، تبدیل اراضی توسعه نیافته به مناطق شهری، کاهش نفوذپذیری و افزایش رواناب، افزایش انرژی آزاد شده (مثل گازهای گلخانه‌ای، انرژی حرارتی زایدات، رواناب گرم شده) و افزایش تقاضای آب [۱]. شمای کلی چرخه آب شهری شامل اجزای اصلی و مسیرها در شکل‌های (۲-۳) و (۲-۴) دیده می‌شود.



شکل ۲-۳- تصویر شماتیک چرخه آب شهری [۷۴]



شکل ۲-۴- چرخه آب شهری

فرایند شهرسازی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، موازنه آب در چرخه آب شهری را طی فرایند پیچیده‌ای تغییر می‌دهد. مهم‌ترین تاثیر، تغییر در هیدرولوژی آب زیرزمینی شهری است. سه عامل اصلی برهم خوردن موازنه هیدرولوژیکی آب زیرزمینی (کادر ۲-۳):

کادر ۲-۳- اثرات شهرسازی بر چرخه آب شهری

- در یک محدوده مسکونی با تراکم جمعیتی متوسط بر روی سفره آب زیرزمینی رسوبی در سائوپائولوی برزیل، تغذیه آب زیرزمینی به میزان ۸۲ درصد کاهش یافته است.
- در یوهانسبورگ آفریقای جنوبی، ۱۵ درصد کل بارندگی در محدوده شهری و ۴ درصد کل بارندگی در محدوده غیرشهری به رواناب تبدیل می‌شود [۱].

۱- کاهش تغذیه آبخوان به علت سطوح آسفالت شده و ساخت شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی. آبخوان‌های شهری تا حدی از منابع تغذیه طبیعی (بارندگی) محروم می‌شوند، لکن منابع تغذیه جدیدی مانند چاه‌های جذبی منازل و نشتی شبکه آب اضافه می‌شوند.

۲- افزایش برداشت از آب زیرزمینی

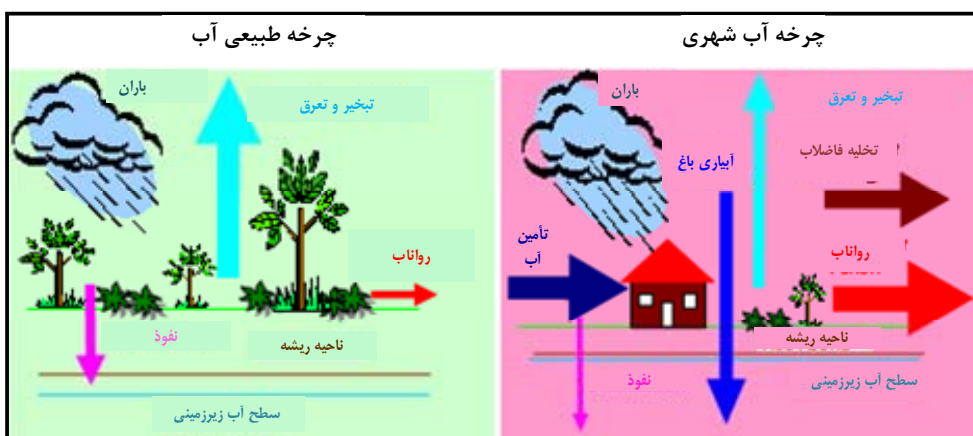
۳- کاهش تغذیه آبخوان به علت خروج فاضلاب از منطقه به وسیله شبکه فاضلاب

۲-۴-۱- تغییرات مهم در چرخه هیدرولوژیکی داخل و خارج محدوده شهری

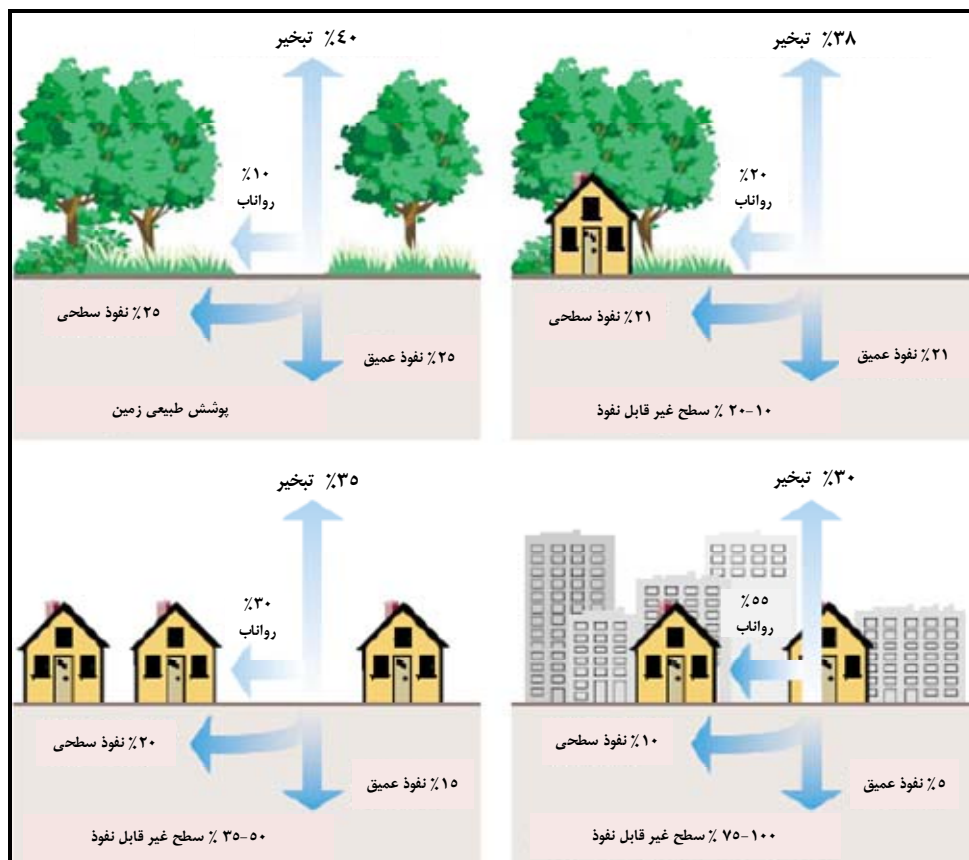
- افت سطح آب زیرزمینی که می‌تواند باعث نشست زمین شود،

- افزایش شدت و حجم رواناب سطحی و سیلاب شهری (شکل‌های ۲-۵ و ۲-۶)،

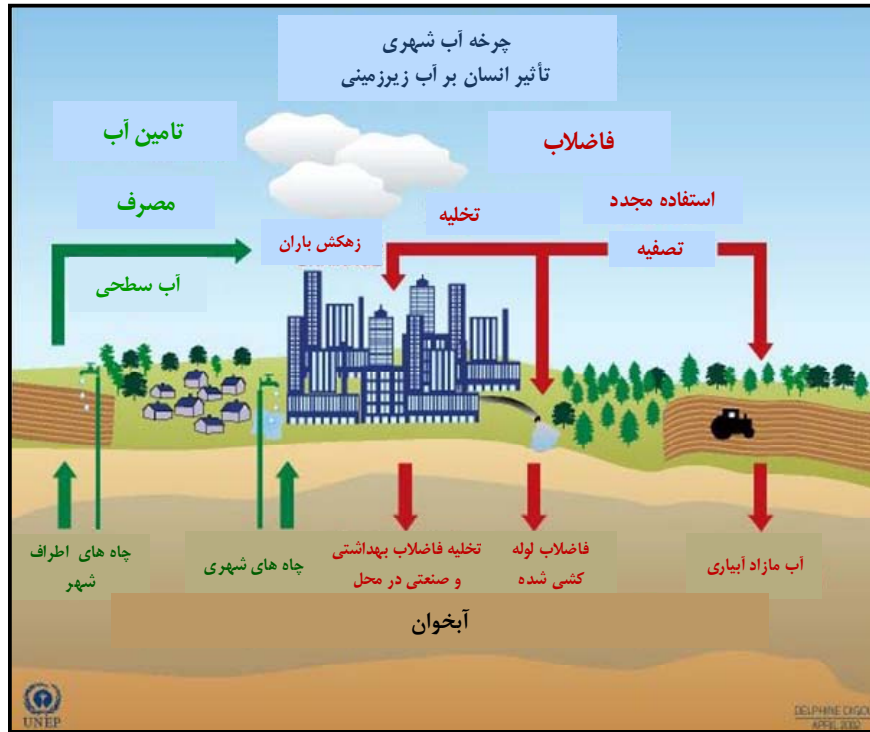
- آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی. رواناب شهری به دلیل آلودگی از سطح خیابان‌ها، آب زیرزمینی، رودخانه‌ها و دریاچه‌ها را آلوده می‌کند (شکل ۲-۷).
- پیشروی آب شور به آب زیرزمینی ساحلی، بر اثر پمپاژ بیش از حد آب زیرزمینی در بسیاری از نواحی خشک و نیمه‌خشک ساحلی (شکل ۲-۸).



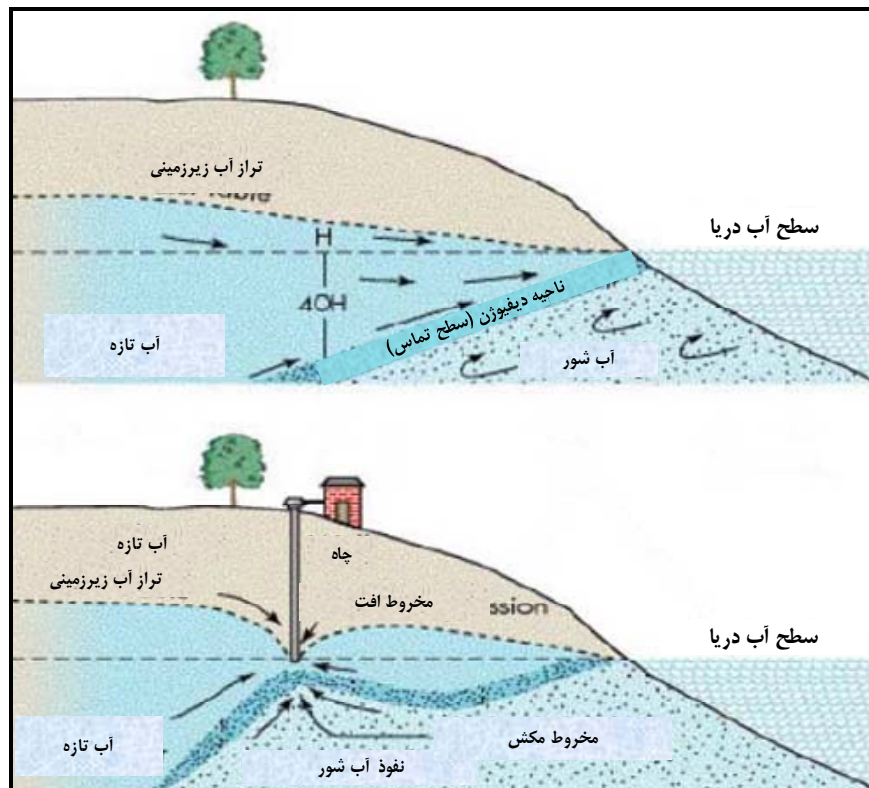
شکل ۲-۵- چرخه طبیعی آب و چرخه آب شهری



شکل ۲-۶- اثرات شهرسازی بر چرخه طبیعی آب



شکل ۲-۷- چرخه آب شهری: اثرات انسانی بر آب زیرزمینی



شکل ۲-۸- پیشروی آب شور در مناطق ساحلی

۲-۵- اصول مدیریت جامع آب شهری

مدیریت جامع آب شهری (IUWM) فرایندی علمی و مشارکتی^۱ در برنامه‌ریزی و نیز در اجراست که تمام ذینفعان را گرد هم می‌آورد تا برای تامین نیازهای بلندمدت جامعه به آب تصمیم‌گیری کنند به نحوی که خدمات مهم اکولوژیکی و نیز منافع اقتصادی حفظ شود.

۲-۵-۱- اجزای اصلی سیستم «مدیریت جامع آب شهری»

- بهینه‌سازی تامین: شامل ارزیابی منابع آب سطحی و زیرزمینی، بیلان آب، استفاده دوباره از آب و اثرات محیط‌زیستی گزینه‌های توزیع و کاربری آب
- مدیریت تقاضا: شامل سیاست‌های برگشت هزینه^۲، تکنولوژی ارتقای کارایی مصرف آب، و تمرکززدایی مدیریت آب
- دستیابی منصفانه و برابر به آب: از طریق مدیریت مشارکتی و شفاف با حمایت از انجمن‌های کاربران آب، دخالت دادن گروه‌های در حاشیه و توجه به مسایل و نقش زنان
- بهبود چارچوب‌های سیاست‌گذاری، تنظیمی و نهادی: مانند اجرای اصل غرامت توسط آلوده‌کنندگان، قوانین و استانداردهای کیفیت آب و مکانیزم‌های تنظیمی مبتنی بر بازار
- رویکرد بین-بخشی در تصمیم‌سازی: از طریق تلفیق قدرت و مسوولیت‌پذیری

۲-۵-۲- محدوده عمل جغرافیایی مدیریت جامع آب شهری

- به عنوان یک اصل، مدیریت جامع منابع آب باید در سطح حوضه آبریز انجام شود.
- در مناطق شهری به عنوان بخش مهمی از حوضه آبریز، مدیریت جامع آب شهری باید با لحاظ کردن اثرات در کل حوضه انجام شود.

۲-۵-۳- رابطه IUWM و IWRM

شهرها سیمای مهمی در حوضه‌های آبریزاند. موفقیت در IUWM کمک بسیاری به نظریه و طرز اجرای مدیریت جامع منابع آب، IWRM، در حوضه‌های بزرگ‌تر می‌کند. با این دید، IUWM خود یک هدف نیست، بلکه ابزاری اجرایی برای اداره یک زیرسیستم مهم حوضه‌های هیدرولوژیکی است.

1- Participatory
2- Cost Recovery

- IUWM، باید به راهکارهایی برای بهینه‌سازی تعامل دغدغه‌های آب شهری با فعالیت‌های مرتبط خارج از مرزهای شهری مانند تامین آب روستایی، استفاده آب در پایین‌دست و کشاوری بیندیشد.
- IUWM، به این معناست که در برنامه‌ریزی و اجرای مدیریت آب شهری، باید برهم‌کنش و اثرات تجمعی تمام فرایندهای شهری وابسته به آب بر مواردی مثل، سلامت انسان‌ها، حفاظت محیط‌زیست، کیفیت آب‌های پذیرنده، تقاضای آب، استطاعت پرداخت، تفریحات آبی و زمینی و رضایت ذینفعان را در نظر گرفت.
- IUWM نیازمند مشارکت تمام ذینفعان مانند مسوولان تامین آب و خدمات فاضلاب، مدیریت رواناب و زایدات جامد، نهادهای تنظیم‌کننده مقررات و نظارتی، صاحب‌خانه‌ها، صنعتگران، اتحادیه‌های کارگری، متخصصان محیط‌زیست، کاربران پایین‌دستی، و تفرج‌گران است.
- درحالی‌که مسوولان محلی، مقام مناسبی برای شروع و مباشرت بر اجرای برنامه‌های IUWM و IWRM هستند، برنامه‌ریزی و اجرای آن‌ها باید توسط ترکیبی از مسوولان تنظیم‌کننده از بالا به پایین و نیازهای (مقتضیات) کاربران از پایین به بالا صورت گیرد.
- مدیریت دولتی سطح بالا برای IUWM توصیه نمی‌شود، چرا که دچار بوروکراسی و عدم جوابگویی به نگرانی‌های کاربران آب می‌شود.

۲-۵-۴- جامعیت و یکپارچگی

علاوه بر آنچه در پیش گفته شد، جامعیت و یکپارچگی در مدیریت آب، معانی و جنبه‌های گوناگونی دارد:

- منابع آب: منابع چندگانه
 - تغییرپذیری منابع آب: برنامه‌ریزی برای گستره کامل شرایط تر و خشک
 - جنبه‌های تامین و تقاضا: توسعه منابع آب، حفاظت منابع آب، مدیریت تقاضا و غیره
 - منبع و انباره^۱: فاضلاب به عنوان یک منبع بالقوه بازیافت
 - مقیاس: لحاظ کردن توانان کاربران آب در سطوح مختلف محلی، شهری و منطقه‌ای
 - مسوولیت، هماهنگی و اجرا: هماهنگی در تامین آب، تصفیه و عرضه آب، جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب، مدیریت رواناب و مدیریت کنترل سیل
- در حالت ایده‌آل تمامی این اجزاء باید در مدیریت جامع آب شهری گنجانده و یکپارچه شوند، اما معمولاً این امر غیرممکن است [۱].

۲-۶- مطالعات موردی در زمینه مدیریت جامع آب شهری

هدف مطالعات موردی در پیوست ۱، توصیف وضعیت و سیمای مختلف مدیریت آب شهری، در مناطق مختلف خشک و نیمه خشک جهان است. شناخت این مسایل و راه حل‌ها می‌تواند برای ایران آموزنده باشد.

۲-۷- آمایش سرزمین

۲-۷-۱- مفهوم شهر و شاخص‌ها

گرچه اتفاق نظر در تعریف شهر در جهان وجود ندارد، اما بیش تر به شاخص‌هایی مانند جمعیت، نوع فعالیت‌های اقتصادی و حوزه اداری اشاره دارند.

۲-۷-۱-۱- ماده ۴ قانون تعاریف و ضوابط تقسیمات کشوری ایران [۳۸]

شهر واحدی از تقسیمات کشوری است با حدود قانونی که در محدوده جغرافیایی بخش واقع شده و از نظر بافت ساختمانی اشتغال و سایر عوامل دارای سیمایی با ویژگی‌های خاص خود بوده به طوری که اکثریت ساکنان دائمی آن در مشاغل کسب، تجارت، صنعت، کشاورزی، خدمات و فعالیت‌های اداری اشتغال داشته و در زمینه خدمات شهری از خودکفایی نسبی برخوردار و کانون مبادلات اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و سیاسی حوزه جذب و نفوذ پیرامون خود بوده و همچنین حداقل دارای ۱۰۰۰۰ نفر جمعیت باشد.

۲-۷-۱-۲- مفهوم شهرنشینی

در برنامه‌ریزی شهری، «شهرنشینی^۱» یا «شهرگرایی» به مفهوم توسعه و گسترش محدوده شهری است. در حقیقت، «شهرنشینی» فعلی است که به دنبال آن شاهد بزرگ شدن اندازه شهر، افزایش تراکم جمعیت و مشکل شدن یا از بین رفتن هماهنگی و نظم شهری می‌شویم. معمولاً شهرها توسط شاخص‌هایی همچون بزرگی، تراکم جمعیت و مشخصه‌های اجتماعی، اقتصادی و سیاسی شناخته می‌شوند.

۲-۷-۲- اصول آمایش سرزمین

۱-۲-۷-۲- آمایش سرزمین چیست؟

آمایش سرزمین یکی از مطالعات پایه‌ای کلان برای برنامه‌ریزی و سازمان دادن به نحوه اشتغال فضا، تعیین محل سکناى انسان‌ها، محل فعالیت و تجهیزات و کنش‌های بین عوامل گوناگون نظام اجتماعی- اقتصادی با در نظر گرفتن منابع اقتصادی، طبیعی و انسانی با هدف بهره‌برداری بهینه از امکانات در راستای بهبود وضعیت مادی و معنوی و در قلمرو جغرافیایی خاص است.

۲-۲-۷-۲- آمایش سرزمین و توسعه شهری

در آمایش سرزمین، یکی از پدیده‌های مورد توجه، «توسعه شهری» است که معمولاً با توسعه ساخت و سازهای ساختمانی سنجدیده می‌شود و همواره با رشد سریع جمعیت و اقتصاد همراه است. بدین ترتیب در آمایش سرزمین، «شهرنشینی» را می‌توان به صورت «توسعه محدوده شهری» در نظر گرفت. معمولاً محدوده‌های اضافه شده جدید مستعد تهدیدات محیط‌زیستی‌اند [۲۵].

۳-۲-۷-۲- رابطه آمایش سرزمین، توسعه شهری و منابع آب

- توسعه شهرنشینی در کشورهای در حال توسعه به علت بی‌توجهی به آمایش سرزمین و برنامه‌ریزی مناسب شهری پدیده ناخوشایندی است.
- توسعه شهرنشینی یکی از عواملی است که می‌تواند کشور را با چالش‌های مدیریت منابع آب و مشکل آب پاک و کافی مواجه کند.
- از سوی دیگر، حیات و توسعه شهرنشینی خود به منابع آب پاک وابسته است. اهمیت این موضوع در پیرامون شهرهای پرجمعیت و کلان شهرها بیش‌تر احساس می‌شود.
- به‌طور کلی شهرهایی که زیرساخت‌ها، ابزار و چارچوب‌های مدیریت منابع آب و صنعت مناسبی نداشته باشند، باید در مقابل توسعه شهرنشینی بیش‌تر هوشیار بوده و آمایش سرزمین را جدی بگیرند.

۴-۲-۷-۲- هدف آمایش سرزمین از نظر مدیریت منابع آب

- دستیابی به دانش کافی برای برنامه‌ریزی آگاهانه و اطمینان از دسترسی به آب مناسب و کافی برای تمام کاربری‌ها در منطقه و رشد و توسعه آن در آینده
- بدون آمایش سرزمین و برآورد نقش جوامع شهری، روستایی و اثرات کاربری اراضی، تامین، عرضه و تقاضای آب در آینده قابل برآورد نیست.

۲-۷-۵- آمایش سرزمین در رابطه با کاربری اراضی و مدیریت منابع آب

- در آمایش سرزمین، علاوه بر اجزای چرخه آب، خاک و کاربری اراضی، پتانسیل تغییر وضعیت آن‌ها در آینده و تغییرات شرایط اقتصادی، اجتماعی و جمعیتی ساکنان آن نیز باید در نظر گرفته شود.
- چالش اصلی مدیران منابع آب، ایجاد تعادل درازمدت بین توسعه ظرفیت تولید و مصرف آب است که باید براساس آمایش سرزمین و تحلیل ارتباط مدیریت تامین و مدیریت اراضی در افق برنامه‌ریزی صورت گیرد.
- در آمایش سرزمین، استراتژی‌های توسعه کاربری اراضی، افزایش مصرف آب و پیامدهای طبیعی بر منابع طبیعی خاک و آب باید مد نظر قرار گیرد.
- مطالعات آمایش سرزمین باید با همکاری نهادها و سازمان‌های مختلف سیاست‌گذار در منطقه مانند وزارت نیرو، وزارت جهاد کشاورزی، وزارت کشور (شهرداری‌ها و استانداری‌ها)، وزارت صنعت، معدن و تجارت و سازمان‌هایی مانند مسکن و شهرسازی و حفاظت محیط‌زیست صورت پذیرد؛ چرا که تصمیمات مختلف هر یک از این نهادها در سیاست‌گذاری، تغییر و یا توسعه یک منطقه، بر تامین، عرضه و تقاضای آب منطقه و یا مناطق مجاور تاثیرگذار است. از این رو، لازم است چشم‌انداز توسعه شهری و روستایی منطقه در مطالعات آمایش سرزمین لحاظ شود.
- در آمایش سرزمین لازم است احتمال موفقیت در تامین و عرضه آب در کل منطقه در حال و آینده و نیز تعامل آن با مناطق مجاور در نظر گرفته شود.
- در آمایش سرزمین باید توجه شود که تغییر در کاربری اراضی در یک منطقه علاوه بر تاثیر بر تامین، عرضه و تقاضای آب، بر محیط‌زیست، اقتصاد و شرایط اجتماعی و فرهنگی مصرف‌کنندگان نیز تاثیرگذار خواهد بود (کادر ۲-۴).

کادر ۲-۴- آمایش سرزمین و مدیریت منابع آب [۲۱ و ۲۲]

ضوابط ملی آمایش سرزمین:

در تهیه طرح‌های توسعه کالبدی و آمایش سرزمین، باید محدودیت منابع آب کشور از نظر کمی و کیفی، توزیع مکانی و زمانی و به‌لحاظ هزینه فرصت و ارزش ذاتی آب مورد توجه و عمل قرار گرفته و برنامه‌های توسعه بخش‌های آب و کشاورزی، صنعت و معدن، انرژی، عمران شهرها و روستاها و سایر بخش‌ها در هر یک از حوضه‌های آبریز با رعایت ظرفیت تحمل آن‌ها تهیه و به اجرا درآید.

راهبردهای توسعه بلندمدت منابع آب کشور:

توسعه پایدار و آمایش سرزمین یکی از اصول مدیریت کلان و یکی از محورهای جهت‌گیری مدیریت آب کشور در راهبردهای توسعه بلندمدت منابع آب کشور است.

در مرحله مطالعات آمایش سرزمین، باید به چگونگی ارتباط (یکپارچگی) المان‌های مختلف چرخه آب، کاربری اراضی و الگوی مصارف آب توجه شود.

۶-۲-۷-۲- ضرورت «مدیریت جامع منابع آب و زمین»^۱

- هماهنگی برنامه‌های تامین، عرضه و تقاضای آب با برنامه‌های مدیریت اراضی پربازده تر است.
- حفاظت کیفی منابع تامین آب در یک منطقه با سیاست‌های مدیریت اراضی و منابع آب و چگونگی ارتباط این دو برنامه در ارتباط است.
- کاربری غیر اصولی اراضی، تاثیر منفی بر کیفیت و کمیت منابع آب شرب دارد. حذف کاربری‌های غیرمناسب در نزدیکی منابع آب در یک منطقه، مانند صنایع سنگین، بر حال و آینده مدیریت تامین، عرضه و تقاضای آب منطقه تاثیرگذار است.
- مشکلات مدیریت اراضی، بر تامین و عرضه آب تاثیرگذار است و به شدت با نرخ افزایش جمعیت و توسعه شهرنشینی در ارتباط است.
- با آمایش سرزمین پیش از اجرای پروژه‌های کلان و ایجاد هماهنگی با برنامه‌های کاربری اراضی در منطقه، هزینه‌های اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی کاهش می‌یابد.

۷-۲-۷-۲- آمایش سرزمین و برنامه‌ریزی شهری

- در آمایش سرزمین که مبنای برنامه‌ریزی‌های توسعه شهری یا روستایی است، به عوامل زیر باید توجه شود:
- توانایی و سرعت توسعه زیرساخت‌های تامین و عرضه آب در مقایسه با نرخ افزایش جمعیت و نیاز آبی
 - تغییرات احتمالی در بخش اقتصادی، صنعتی و اجتماعی که الگوی مصرف آب را دگرگون می‌سازد
 - راهکارهای مدیریتی قابل اجرا و لازم‌الاجراء در صورت تغییر در وضعیت منابع آب و مصرف‌کنندگان

۸-۲- پایداری منابع آب

پایداری منابع آب^۲، یکی از اصول مدیریت جامع منابع آب است (کادر ۲-۵).

کادر ۲-۵- تعریفی از پایداری [۱]

پایداری منابع آب، توانایی استفاده از آب با کیفیت و کمیت مناسب از مقیاس محلی تا جهانی است، به نحوی که نیازهای کنونی و آینده انسان‌ها و اکوسیستم‌ها برای یک زندگی پایدار برآورده شده و از انسان‌ها در برابر بلایای طبیعی و انسانی که زندگی پایدار را به مخاطره می‌اندازد، محافظت کند.

- **ملاحظات پایداری:** به دلیل تاثیر آب بر بسیاری جنبه‌های زندگی انسان، هر تعریفی از پایداری باید نکات زیر را مدنظر قرار دهد:

1- Integrated Water and Land Resources
2- Water Resources Sustainability

- پایداری منابع آب، شامل تامین آب شیرین در طول دوره‌های تغییر اقلیم، خشک‌سالی‌های طولانی و رشد جمعیت است، به گونه‌ای که منابع آب لازم برای نسل‌های بعدی نیز حفظ شود.
- «توسعه پایدار منابع آب» شامل ایجاد زیرساخت‌هایی برای تامین منابع آب برای مصارف انسانی، امنیت غذایی و نیز حفاظت انسان‌ها در برابر سیل و بلایای طبیعی دیگر است.
- پایداری منابع شامل داشتن زیرساخت‌های مناسب برای داشتن آب پاک و نیز برای تصفیه آب بعد از مصرف توسط انسان و قبل از برگشت آن به توده‌های آبی است.
- پایداری آب نیازمند سازمان‌هایی هماهنگ برای مدیریت تامین آب و مدیریت آب زیادی است.
- پایداری آب می‌تواند در ابعاد محلی، ناحیه‌ای، ملی و یا بین‌المللی تعریف شود.
- «مصرف پایدار آب»، مصرف آب با امکان رشد و نمو جوامع بشری در آینده‌ای نامحدود بدون از بین بردن انسجام چرخه هیدرولوژیکی و یا سیستم‌های اکولوژیکی است.

– الزامات پایداری:

- تضمین تامین نیاز اولیه انسان‌ها به آب برای حفظ سلامتی
- تضمین تامین نیاز اولیه آب برای احیا و حفظ سلامتی اکوسیستم‌ها
- حفظ کیفیت مناسب آب و در نظر گرفتن حداقل استانداردها
- عدم خدشه به تجدیدپذیری بلندمدت ذخایر و جریان‌های آب شیرین از فعالیت‌های انسانی
- اطلاعات مربوط به موجودی، کاربری و کیفیت منابع آب باید در دسترس عموم قرار گیرد.
- مکانیزم‌های نهادی برای جلوگیری و حل مناقشات احتمالی بر سر آب باید ایجاد شود.
- برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری برای آب باید دموکراتیک باشد به نحوی که تمام کسانی که از آن متاثر می‌شوند در تصمیم‌گیری حضور داشته باشند.

– اهداف و وظایف اساسی سیستم پایدار آب شهری:

- تامین آب آشامیدنی سالم و گوارا در تمامی اوقات
- جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب برای جلوگیری از انتشار بیماری بین شهروندان و اثرات مضر آن بر طبیعت
- مدیریت کمیت و کیفیت رواناب شهری برای حفاظت محیط‌زیست و محیط‌های شهری
- احیا، بازیافت و بازچرخش آب و مواد مغذی برای استفاده در کشاورزی و فضای سبز

۲-۹- ضرورت مدیریت جمعیت به خاطر محدودیت ظرفیت‌های محیط‌زیستی و منابع آبی و خاکی

– عوامل و پیامدها:

- محدودیت ظرفیت‌های محیط‌زیستی و منابع آب به خاطر اقلیم خشک و نیمه‌خشک کشور

- با توسعه شهری و افزایش جمعیت و تقاضای آبی، میزان مصرف آب شهری افزایش می‌یابد و قابلیت دسترسی به آب کم می‌شود، به نحوی که معمولا با گذشت زمان از حد توان منابع آب موجود تجاوز می‌کند. در بیش تر شهرها میزان آب مصرفی مسکونی و صنعتی افزایش و میزان آب مناسب موجود کاهش می‌یابد.
- نیاز آبی در محدوده شهری به دو عامل تراکم جمعیت و توسعه فعالیت‌های اقتصادی بستگی دارد.
- به دلیل تغییر فرهنگ زندگی از زندگی روستایی به شهری، مصرف سرانه نیز افزایش می‌یابد، به گونه‌ای که طبق گزارش «توسعه جهانی آب سازمان ملل» در سال ۲۰۰۳ شهرنشین‌ها دو تا سه برابر مصرف‌کنندگان روستایی آب مصرف کرده‌اند [۲۵].
- رشد جمعیت شهری حاصل تغییرات در فرهنگ زندگی مردم است و پیامدش، انتقال بخشی از آب کشاورزی به مصارف شهری است.
- افزایش جمعیت و توسعه شهری، افزایش نیازهای آبی و حجم فاضلاب و زایدات جامد تولیدی به همراه دارد که این‌ها همواره اثرات محیط‌زیستی فراتر از محدوده شهری خود به همراه دارند (کادر ۲-۷).

کادر ۲-۷- مدیریت جمعیت در ماده ۱ «ضوابط ملی آمایش سرزمین» [۲۱]

- کاهش تمرکز و تراکم جمعیت و فعالیت در مناطق پر تراکم کشور، به‌ویژه تهران و اصفهان و مهار روند رو به رشد جمعیت و فعالیت‌ها در این مناطق، از طریق دگرگونی ساختار فعالیت‌های صنعتی و خدماتی آن‌ها در راستای افزایش سهم فعالیت‌های دانش پایه و زمینه‌سازی برای هدایت سرمایه‌گذاری‌های متمایل به این مناطق، به دیگر استان‌های کشور.

- تعادل بخشی به توزیع جمعیت و فعالیت متناسب با منابع، توان محیطی و ظرفیت تحمل زیست‌بوم‌ها، با تاکید بر ابعاد اجتماعی وظایف توسعه‌ای دولت در مناطق غربی و شمالی و تمرکز بر ایجاد ظرفیت‌های فیزیکی و اجتماعی مورد نیاز توسعه در مناطق شرقی، جنوبی مناطق کم جمعیت مرکزی کشور

- ایجاد تعادل در افزایش جمعیت و پراکنش آن در پهنه سرزمین، با توجه به منابع و امکانات مناطق مختلف، به طوری که نرخ رشد طبیعی جمعیت کشور سالانه به‌طور متوسط از یک درصد و نرخ رشد طبیعی جمعیت هر یک از شهرستان‌های کشور سالانه به‌طور متوسط از ۱/۵ درصد، فراتر نرود.

- از سوی دیگر، توسعه شهری منافع اجتماعی و اقتصادی فراوانی مانند موقعیت شغلی، الگوی زندگی و رفاه اجتماعی دارد. از این‌رو، توسعه شهری هم‌زمان محاسنی از جهت اجتماعی و اقتصادی و معایبی از نظر پایداری منابع طبیعی آب و خاک دارد.
- راهکارهای «مدیریت جمعیت» در شهرها:
- به دلایل مختلف اجتماعی، اقتصادی و بهداشتی، افزایش جمعیت در شهرها اجتناب‌ناپذیر است. از این‌رو، مدیریت جمعیت در شهرها را می‌توان در کنترل دو پدیده خلاصه کرد:
- نرخ افزایش جمعیت: مدیریت جمعیت با راهکارهای کنترل جمعیت و مهاجرت به شهرها از طریق فقرزدایی یا تامین نیازهای زندگی مردم در روستاها ممکن است.
- توسعه اقتصادی در شهر: به این معنی که معمولا افزایش جمعیت در شهرها و تمرکز آن‌ها در یک منطقه ممکن است کاهش «نرخ توسعه اقتصادی» منطقه را به همراه داشته باشد. بدین ترتیب به ناچار با کاهش رشد اقتصادی در منطقه، نرخ توسعه زیرساخت‌های مدیریتی و ظرفیت‌های سرمایه‌گذاری در مدیریت منابع طبیعی آب و خاک کاهش می‌یابد.

– پیامدهای نداشتن برنامه مناسب «مدیریت جمعیت»:

- ناکارآمد شدن زیرساخت‌های مدیریت آب و محیط‌زیست شهری مثل سیستم جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب و زباله بر اثر:
- افزایش جمعیت سریع تر از نرخ توسعه زیرساخت‌های شهری و سیستم آب و فاضلاب شهری
- کاهش رشد اقتصادی در محدوده شهری
- آلاینده‌ها سرانجام به منابع آبی سطحی و زیرزمینی، سیستم آب شهری و منابع خاک منتقل می‌شوند و محیط‌زیست درون شهری و برون شهری را آلوده می‌کنند.
- راهکارهای حفاظت محیط‌زیست و منابع آب و خاک شهری:
- مدیریت صحیح جمعیت که می‌تواند مانع بروز مشکلات منابع آب و خاک و مدیریت ناپایدار شود، با راهکارهای کنترل جمعیت و مهاجرت به شهرها از طریق فقرزدایی یا تامین نیازهای زندگی مردم در روستاها قابل حصول است.
- سرمایه‌گذاری بیش‌تر در توسعه زیرساخت‌های آبی و محیط‌زیستی
- تقویت و اجرای قوانین حفاظت محیط‌زیست

۲-۱۰- حفاظت محیط‌زیست و منابع محدود آب کشور

با توجه به اقلیم خشک و نیمه خشک و نوسانات اقلیمی و تغییر اقلیم، رشد جمعیت قابل توجه در چند دهه گذشته و افزایش فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی، منابع آب و اکوسیستم‌های آبی و خاکی از نظر کمیت و کیفیت تحت فشار روز افزون قرار گرفته‌اند.

اکوسیستم‌های آبی با ارزش و منحصر به فردی در کشور مثل دریاچه‌ها، تالاب‌ها و رودخانه‌ها، اکوسیستم‌های خاکی مثل جنگل‌ها و مراتع، منابع خاک و منابع آب زیرزمینی شدیداً تخریب شده‌اند. در این رابطه ضرورت دارد موارد ذیل مدنظر قرار گیرد:

– ضرورت حفاظت تالاب‌ها

- تالاب‌ها، زیستگاه بسیاری از گونه‌های گیاهی و جانوری می‌باشند.
- تالاب‌ها به عنوان یک منطقه انتقالی و بافر بین زمین‌های مجاور آب‌های آزاد عمل می‌کنند و با جذب امواج ساحلی مانع از فرسایش زمین می‌شوند.
- تالاب‌ها کنترل کننده سیل‌اند.

• تالاب‌ها، امتیاز منحصر به فرد محیط‌زیستی دارند، چرا که یک تصفیه کننده عالی آب‌اند مانع انتقال آلاینده‌ها به محیط‌زیست و آب‌های آزاد می‌شوند. این زمین‌ها به صورت فیلتر عمل می‌کنند و آلودگی‌ها را در پوشش گیاهی و خاک خود جذب می‌کنند و از آب جدا می‌کنند. طی بررسی‌های انجام شده یک اکر^۱ تالابا توانایی فیلتر کردن ۷/۳ میلیون گالن از آب را در یک سال دارد. این آب تصفیه شده علاوه بر حفظ پوشش گیاهی و حیات وحش باعث صرفه‌جویی زیادی در انرژی مصرفی در تصفیه‌خانه‌های آب می‌شود. با این همه اهمیت، ارزش آن‌ها خوب شناخته نشده است و بیش از دیگر منابع آبی تهدید می‌شوند. حیات آن‌ها به مخاطره افتاده است و به صورت هشدار دهنده‌ای در حال از بین رفتن می‌باشند. زهکشی این زمین‌ها و تبدیل آن‌ها به زمین‌های کشاورزی از دیگر مشکلات است.

- آلودگی آب

- آلودگی آب ذاتا در ارتباط با فعالیت‌های بشری است. علاوه بر تامین نیازهای اساسی حیات و فرایندهای صنعتی، آب به عنوان عامل انتقال و پذیرنده فاضلاب‌های صنعتی، خانگی و کشاورزی عمل می‌کند و آلوده می‌شود.
- افت کیفیت آب به واسطه آلودگی بر کاربری‌های آب در پایین دست حوضه اثر می‌گذارد، سلامت انسان و عملکرد اکوسیستم آبی را تهدید می‌کند و باعث کاهش دسترسی به آب سالم و افزایش رقابت برای دسترسی به آب با کیفیت مناسب می‌شود [۳].
- آب‌های زیرزمینی منبع مهم تامین آب آشامیدنی و کشاورزی و نیز تغذیه آب‌های سطحی خصوصا در دوره‌های خشک‌سالی‌اند. تخلیه تصادفی محصولات نفتی و دیگر مواد صنعتی، استفاده بیش از حد کودها و آفت کش‌ها، نشت از مخازن نفت و مشتقات آن، رواناب‌های سطحی، نشت از شبکه‌های فرسوده فاضلاب و استفاده از سیستم‌های سپتیک در مکان‌های نامناسب باعث آلودگی این آب‌ها می‌شود. از آنجایی که دسترسی به این منابع تا حدودی دشوار است و نیز به خاطر ماهیت محیط‌های متخلخل، پاکسازی آن‌ها پرهزینه و زمان بر است و لزوما با موفقیت صورت نمی‌گیرد [۶].
- شناسایی منابع آلاینده از مهم‌ترین اقداماتی است که باید در مدیریت منابع آب شهری صورت گیرد؛ چرا که با مشخص شدن منابع آلاینده و آلاینده‌ها، راهکارهای حذف یا کنترل آن‌ها ممکن می‌شود.

مدیریت جامع منابع آب و زمین، مدیریت جمعیت، مدیریت حوضه‌های آبریز و کنترل آلودگی بخش‌های صنعت، کشاورزی و شهری باید سلامت محیط‌زیست به ویژه اکوسیستم‌های آبی را تضمین کند و اثرات ناسازگار بر دیگر منابع طبیعی را به حداقل برساند (کادر ۲-۸).

کادر ۲-۸- قوانین و مقررات حفاظت محیط‌زیست و کیفیت آب

- طبق اصل پنجاهم قانون اساسی در جمهوری اسلامی، حفاظت محیط‌زیست که نسل امروز و نسل‌های بعد باید در آن حیات اجتماعی روبه رشدی داشته باشند، وظیفه عمومی تلقی می‌گردد. از این‌رو، فعالیت‌های اقتصادی و غیر آن که با آلودگی محیط‌زیست یا تخریب غیرقابل جبران آن ملازمه پیدا کند ممنوع است [۲۶].

- ضرورت حفاظت کیفیت آب رودخانه‌ها، در قانون حفاظت و بهسازی محیط‌زیست (مصوب ۱۳۵۳/۳/۲۸ و اصلاحیه ۱۳۷۱/۸/۲۴)، آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی آب (مصوب ۱۳۷۳/۲/۱۸)، برنامه‌های پنج‌ساله توسعه کشور و نیز راهبردهای توسعه بلندمدت منابع آب کشور [۲۶].

۲-۱۱- آبشناسی، آلودگی‌ها و مشکلات مبتلا به منابع آب

۲-۱۱-۱- آبشناسی

- وضعیت آب و هوایی (بارش، دما، ...) بر هیدرولوژی و تغذیه آبخوان‌ها موثر است و بر کمیت و کیفیت آب منابع آب شهری و میزان آب قابل بهره‌برداری تاثیر دارد.
- مشخصات زمین‌شناسی، مشخصات هیدرودینامیکی محیط متخلخل غیراشباع و اشباع، پوشش و کاربری اراضی و حقایق برای کاربری‌های گوناگون نیز تاثیر دارند.
- با تغییر شرایط آب و هوایی در ماه‌ها و یا سال‌های مختلف (نوسانات آب و هوایی^۱) شاخص‌های مرتبط با تغذیه منابع آبی مانند میزان بارش، حجم رواناب، نوع پوشش گیاهی، تبخیر و تعرق و کاربری اراضی در منطقه تغییر کرده و بر کیفیت منابع آبی شهری موثراند.

۲-۱۱-۲- آلودگی منابع آب شهری

- آلودگی آب، پدیده‌ای است که در آن کیفیت شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی آب‌های طبیعی به واسطه تخلیه مواد زاید مثل فاضلاب‌های بهداشتی، رواناب‌های شهری، پساب‌های صنعتی، کشاورزی و دامداری و دیگر مواد زاید فعالیت‌های صنعتی، شهری و کشاورزی تغییر می‌کند. این آلاینده‌ها آثار منفی زیادی بر محیط‌زیست و زندگی انسان‌ها داشته و احیای محیط‌زیست نیازمند صرف وقت، هزینه، و تلاش فراوانی است.

- منابع آب شهری ممکن است توسط عوامل متنوعی مثل نفوذ رواناب آلوده و فاضلاب شهری، صنعتی، کشاورزی و همچنین سایر اقدامات انسان که معمولاً به اندازه کافی کنترل نمی‌شوند مانند دفن زباله‌ها، آلوده شوند.
- کانون‌های آلودگی را می‌توان به سه گروه اصلی کانون‌های آلودگی خانگی و شهری، صنعتی و معدنی، و کشاورزی تقسیم کرد.

۲-۱۱-۳- عوامل آلاینده منابع آب شهری

برخی از آلاینده‌ها به دلیل ویژگی ذاتی سمی بودن یا توانایی زیاد حرکت و انتقال، منبع آبی را تهدید می‌کنند. برخی دیگر، به دلیل ویژگی‌های فیزیکی مانند غلظت و حجم زیاد، نزدیکی و مجاورت به منبع آبی، مکانیزم بهره‌برداری از منبع آلاینده، نگهداری و ذخیره آلاینده، طراحی و سن تجهیزات و آسیب‌پذیری هیدروژئولوژیکی منطقه، تهدیدی برای منبع آبی باشند.

۲-۱۱-۴- کانون‌های آلودگی خانگی و شهری (روستایی)

۲-۱۱-۴-۱- فاضلاب شهری و روستایی

- میکرواورگانیزم‌های بیماری‌زا:

- میکرواورگانیزم‌ها خطرناکترین نوع آلودگی منابع آبی‌اند، چرا که مقدار اندکی از برخی گونه‌های آن در آب باعث امراض خطرناکی می‌شود. میکرواورگانیزم‌های بیماری‌زا با مدفوع انسان یا حیوان وارد فاضلاب می‌شوند.
- عوامل بیماری‌زا در آب به شکل ویروس‌ها، باکتری‌ها، تک‌یاختگان (پروتوزوا) و انگل‌ها وجود دارند. مخاطرات ناشی از این گونه عوامل بیماری‌زا که توسط آب حمل می‌شوند بستگی به تعداد، نوع و توزیع آن‌ها در آب دارد.

- مواد شیمیایی:

- در فاضلاب شهری، مواد شیمیایی آلی و غیرآلی و نیز عناصر مضرى مانند فلزات سنگین که حاصل فعالیت مراکز شهری و صنعتی است وجود دارد.
- آب خاکستری^۱ به تنهایی که منشا آن فاضلاب آشپزخانه، دستشویی و یا لباسشویی‌هاست، از بیش از ۴۰۰ ماده آلی تشکیل شده است.
- مواد مضرى که از ترکیبات فنلی تشکیل شده‌اند، در هر سه منشا اصلی تولید فاضلاب یعنی بخش خانگی و کشاورزی و صنعتی وجود دارند [۳۲].

- بیشترین گروه آلودگی‌های ناشی از مواد آلی در فاضلاب‌ها، شامل استروئیدها^۱، داروهای ممنوعه، آنتی‌بیوتیک‌ها، حشره‌کش‌ها، آفت‌کش‌ها، شوینده‌ها و کودهای شیمیایی است.
- رایج‌ترین ترکیبات شامل کلسترول‌ها، فسفات‌ها، کپروستاتل‌ها، تولومایدها و کافئین‌ها هستند. البته غلظت این آلاینده‌ها معمولاً کم است و به ندرت از مقادیر راهنمای آب آشامیدنی تجاوز می‌کنند، با این حال اندرکنش و یا اثرات جمعی آن‌ها با سایر آلاینده‌های آلی اثرات مخربی به وجود می‌آورند [۳۲].
- در ایالات متحده حدود ۳۰۰۰ ترکیب دارویی مانند مسکن‌ها، آنتی‌بیوتیک‌ها، آرام‌بخش‌ها و داروهای ضد قند، داروهای ضدافسردگی و یا داروهای تنظیم چربی استفاده می‌شود. این داروها در بدن انسان تغییر می‌کنند و با دفع آن‌ها در فاضلاب از بخش خانگی و به ویژه بیمارستان‌ها، به تصفیه‌خانه‌های فاضلاب می‌رسند. در صورتی که این مواد دارویی به طور ناقص حذف شوند، باقی‌مانده آن‌ها وارد آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شود. به علاوه، امکان ورود مستقیم ترکیبات دارویی به آب از طریق «سرریز شبکه مرکب فاضلاب»^۲ و یا نشت از سیستم جمع‌آوری فاضلاب‌ها نیز وجود دارد [۳۲].
- چنانچه میزان تخلیه آلاینده‌های تجزیه‌پذیر بیولوژیکی به منابع آب سطحی بیش از ظرفیت خودپالایی منبع باشد، موجب کاهش غلظت اکسیژن محلول در آب و اختلال در توازن اکسیژن محلول می‌شود.
- ورود مواد مغذی گیاهی یعنی ترکیبات ازت و فسفر از منابع مختلف، خصوصاً فاضلاب بهداشتی و پساب‌های کشاورزی و صنعتی، موجب تغذیه‌گرایی رودخانه‌ها و دریاچه‌ها می‌شود.
- مواد آلی و نیترات‌ها می‌توانند مسیر بسیار طولانی‌تری را در خاک نسبت به باکتری‌های خطرناک طی کنند و آب‌های زیرزمینی را آلوده کنند. در جوامع انسانی به‌ویژه روستایی که معمولاً از چاه جذبی استفاده می‌شود، این مواد می‌توانند منبع آلودگی منابع آب شهری و روستایی به‌ویژه آب زیرزمینی باشند.

۲-۱۱-۴-۲- پسماندهای شهری

شیرابه^۳ مدفنی‌های^۴ پسماند شهری می‌تواند بسیار آلوده و سمی باشد. همچنین دفن پسماندهای شهری در بالادست و نزدیکی منابع آب شهری می‌تواند به شدت منبع آبی را تهدید کند.

1- Steroids
2- Combined Sewer Overflow
3- Leachate
4- Landfill

۲-۱۱-۴-۳- رواناب شهری

- به هنگام بارندگی و یا ذوب برف و یخ، رواناب سطحی در سطح شهر، راه‌ها و بزرگراه‌ها جاری شده و در مسیر خود موادی که بر سطوح نفوذناپذیر انباشته شده‌اند را شسته و با خود حمل می‌کند.
- این مواد می‌تواند شامل ترکیبات شیمیایی مختلف آسفالت معابر، خروجی آگزوز اتومبیل‌ها، روغن موتور، سوخت وسایل نقلیه، علف‌کش‌ها، حشره‌کش‌ها، شوینده‌ها، تینر، روغن و گریس و نمک باشد.
- رواناب شهری و برون شهری و آلودگی‌ها به‌صورت منابع غیرنقطه‌ای وارد رودخانه‌ها می‌شوند و یا از طریق نفوذ به داخل خاک و یا تخلیه در منابع آب سطحی، نهایتاً وارد آبخوان‌ها می‌شود.
- در برخی موارد تا ۹۰ درصد آلاینده‌های جوی که بر روی سطوح نفوذناپذیر ته‌نشین شده‌اند، به رودخانه‌ها انتقال می‌یابند [۵ و ۵۷].

۲-۱۱-۴-۴- تخلیه اتفاقی^۱ مواد شیمیایی

- در محدوده حریم کیفی منابع آب شهری ممکن است روستا یا جوامع انسانی سکونت داشته باشند که در محل زندگی خود مواد شیمیایی (مانند رنگ و شوینده و حلال شیمیایی)، مواد نفتی، گندزدا، حشره‌کش و امثال آن‌ها انبار و یا استفاده کنند و این مواد توسط رواناب، سیل و یا بی‌توجهی وارد منابع آب سطحی و یا آب زیرزمینی شوند.
- اتفاقاتی دیگر که ناشی از سهل‌انگاری است، مثل ترکیدن لوله انتقال نفت و یا واژگونی تانکرهای حمل مواد شیمیایی مثل نفت و یا ترکیبات شیمیایی مربوط می‌توانند منابع آبی را آلوده کنند.

۲-۱۱-۵- کانون‌های آلودگی صنعتی و معدنی

- فاضلاب‌ها:

- کارخانجات صنعتی معمولاً برای خنک کردن و یا شست‌وشوی تجهیزات از آب استفاده می‌کنند.
- خطر آلودگی در این کانون‌ها زمانی جدی می‌شود که آب مورد استفاده در کارخانه به‌نحوی وارد چرخه هیدرولوژیکی منطقه شود.
- صنایع خودروسازی، تعمیرگاه‌های خودرو و صنایع فلزی، نساجی و الکتریکی از اهمیت بیش‌تری برخوردارند، چرا که فاضلاب آن‌ها معمولاً حاوی مواد شیمیایی سمی است.

- دپوی مصالح:
- همواره احتمال نفوذ و تراوش آلاینده‌ها از این طریق وجود دارد.
- عدم دفع صحیح پسماندها:
- در برخی کارخانجات، پسماندهای تولیدی که باید در مدفن‌های ویژه جمع‌آوری و یا به نحو دیگری مدیریت شوند، برای مدت طولانی در مکان نامناسب و یا داخل محوطه کارخانه نگه‌داری می‌شوند و منبع آلوده‌کننده‌ای برای منابع آب شهری می‌شوند.
- نشت مواد شیمیایی:
- در برخی از کارخانجات، نشت مواد شیمیایی از تانکر، تجهیزات اسپری کننده، سپتیک تانک^۱، چاه خشک (چاه جاذب)^۲ و یا استخرهای باز بدون زهکش مخصوص، موجب وارد شدن آن‌ها به منابع آب زیرزمینی می‌شود.
- این نوع کاربری‌ها در نزدیکی محل برداشت آب شهری کیفیت منبع را تهدید می‌کنند.
- معادن (نفتی و غیرنفتی) نیز مشکلات مشابهی به دلیل اجرای فرآیندهای معدن‌کاری، تولید فاضلاب و ضایعات تولید شده دارند.

۲-۱۱-۶- آلاینده‌های کشاورزی

- کودهای شیمیایی و دامی: مقدار زیادی سولفات ناشی از سولفات آمونیوم (کود شیمیایی) وارد خاک می‌شود و سولفات کلسیم حاصل باعث بالا رفتن سختی آب زیرزمینی می‌شود. مقدار زیادی نیتروژن به شکل نترات وارد منابع آب زیرزمینی یا سطحی می‌شود.
- استفاده و یا نگهداری غیرصحیح انواع سموم آفات و بیماری‌های گیاهی (آفت‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها، علف‌کش‌ها) در مزارع
- فضولات حیوانی در دامپروری‌ها و یا ناشی از چرای حیوانات
- آلاینده‌های کشاورزی به طرق مختلفی مانند رواناب و یا نشتی از محل انبار، می‌توانند به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم کیفیت منابع آب شهری را تهدید کنند.
- رواناب‌هایی که از اراضی کشاورزی منشاء می‌گیرند، سرشار از مواد شیمیایی‌اند که می‌توانند با نفوذ به درون زمین و یا منبع آب سطحی، آن‌ها را آلوده کنند.

1- Septic Tank
2- Dry Well

– آب‌های برگشتی از کشاورزی: این آب‌ها که حاوی مواد شیمیایی‌اند، می‌توانند باعث افزایش رشد جلبک شوند و به مصارف دریاچه‌ها و رودخانه‌ها آسیب رسانند.

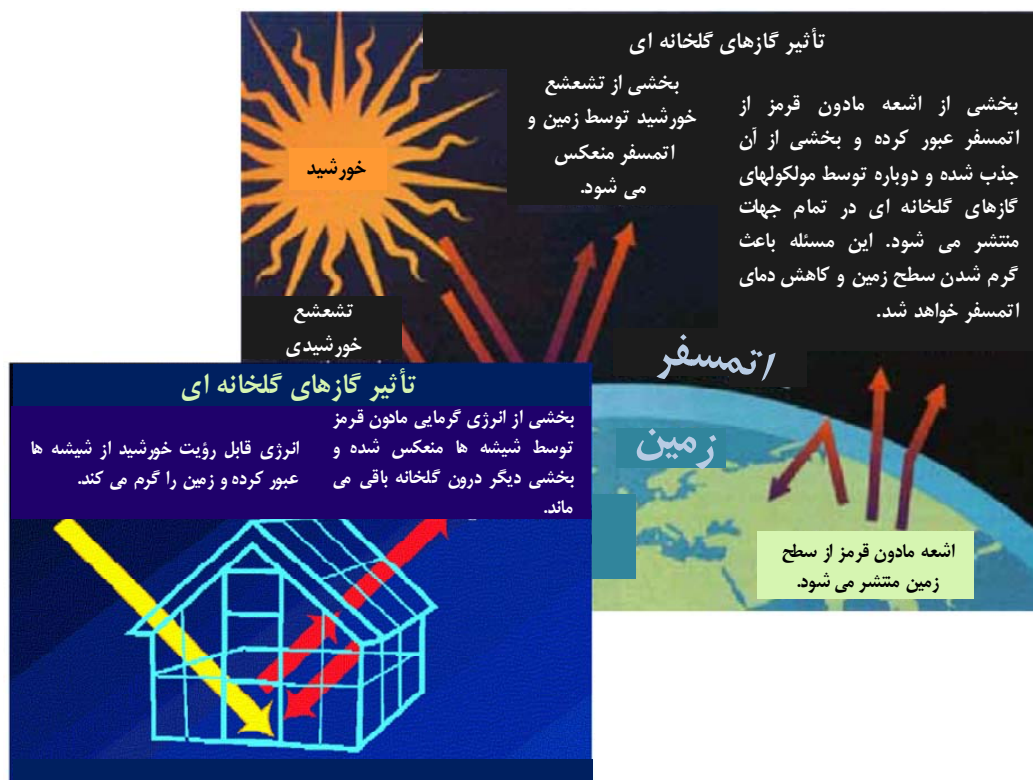
۲-۱۱-۶-۱- آلودگی دریاها و اقیانوس‌ها

- تخلیه فاضلاب و زایدات به دریاها و اقیانوس‌ها و فعالیت‌های نفتی و ورود غیرمستقیم این مواد از طریق چرخه هیدرولوژیکی باعث آلودگی این آب‌ها و مختل شدن آب‌شیرین‌کن‌ها می‌شوند.
- مهم‌ترین منابع آلودگی منابع آب شهری، رواناب‌های سطحی، تخلیه فاضلاب‌های خانگی و صنعتی، تخلیه تصادفی و سازه‌های کنترل آب هستند. برای توضیح بیشتر، به فصل‌های ۳ و ۴ مرجع ۶ می‌توان مراجعه کرد [۶].

۲-۱۲- تغییر اقلیم^۱ و اثرات آن بر محیط‌زیست، نزولات جوی، تبخیر، تقاضاهای آبی و فرایندهای

طبیعی و مصنوعی تصفیه فاضلاب

- تغییر اقلیم در رابطه مستقیم با اثر گازهای گلخانه‌ای است.
- منبع اصلی انرژی در سیستم اتمسفر-زمین، تشعشعات خورشیدی است. انرژی‌های جذب شده توسط زمین با طول موج‌های مختلف، با طول موج بلند باز تابش می‌شود که بخشی از آن به فضا باز می‌گردد.
- به‌طور معمول موازنه انرژی در سیستم اتمسفر-زمین برقرار است، یعنی میزان انرژی ورودی و خروجی به زمین تقریباً برابر است. هرگونه تغییری در این موازنه باعث تغییر در اقلیم و شرایط جوی می‌شود.
- در این میان گازهایی در اتمسفر مانند بخار آب، دی‌اکسید کربن و متان، بخشی از تشعشعات در حال بازگشت به فضا را جذب می‌کنند، از این رو به آن‌ها گازهای گلخانه‌ای می‌گویند (شکل ۲-۹).



شکل ۲-۹- اثرات گلخانه‌ای

- وجود گازهای گلخانه‌ای در چرخه طبیعت به این خاطر که دمای سطح زمین را در مقدار مشخصی حفظ می‌کنند بسیار حیاتی است. در صورتی که غلظت این گازها در اتمسفر افزایش یابد، دمای زمین بالا می‌رود و پدیده‌ای تحت عنوان تغییر اقلیم شکل می‌گیرد.
- گرم شدن هوا با تغییراتی در اجزای چرخه هیدرولوژیکی مانند تغییر در الگوی بارش، شدت مقادیر حدی، ذوب شدن گسترده برف و یخ، افزایش تراز آب دریاها، افزایش بخار آب اتمسفر، افزایش تبخیر و ترق، تغییر در رطوبت خاک و رواناب همراه است [۷].
- پدیده تغییر اقلیم بر چرخه هیدرولوژیکی در مقیاس‌های جهانی، منطقه‌ای و محلی تاثیر دارد. از این رو، آب شهری متاثر از اثر تغییر اقلیم بر چرخه آب شهری و نیز از خارج از آن است.

۲-۱۲-۱- اثرات تغییر اقلیم

۲-۱۲-۱-۱- کیفیت آب

کیفیت آب با افزایش دما دستخوش تغییراتی می‌شود. افزایش دمای آب باعث افزایش نرخ متابولیسم بیولوژیکی و نیز تجزیه فرآیندهای می‌شود. به علاوه دمای زیاد باعث کاهش حلالیت اکسیژن در آب می‌شود. همه این عوامل موجب

کاهش اکسیژن محلول در آب می‌شوند که حیات آبریان را به مخاطره می‌اندازد (آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا و گزارش‌های IPCC، ۲۰۰۱).

۲-۱-۱۲-۲- تشدید پدیده‌های حدی هواشناختی و هیدرولوژیکی (بارش‌های بیشینه، رواناب‌ها و سیلاب‌های شهری، خشک‌سالی‌ها)

- اثر تغییرات عوامل هواشناختی و هیدرولوژیکی بر الگوی ذخیره آب در چرخه هیدرولوژیکی و نیز بر تبادلات بین آبخوان‌ها، نهرها، رودخانه‌ها و دریاچه‌ها
- در مناطق خشک و نیمه‌خشک تغییرات نسبتاً کم در بارش، اثرات به نسبت بیش‌تری بر رواناب دارد و دمای بالاتر موجب افزایش نرخ تبخیر، کاهش جریان رودخانه و افزایش فراوانی خشک‌سالی می‌شود (شکل ۲-۱۰).



شکل ۲-۱۰- اثرات هیدرولوژیکی تغییر اقلیم

- کوه‌های یخی، یخچال‌های طبیعی پوشیده شده از برف نیز در حال آب شدن‌اند و باعث افزایش سطح آب دریاها در هر دو نیم کره شمالی و جنوبی شده‌اند. افزایش سطح آب دریاها در جهان، با نرخ متوسط ۱/۸ میلی‌متر در هر سال از ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۳ ثبت شده است که این میزان در بین سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۳ در حدود ۳/۱ میلی‌متر در سال بوده است. این روند، مخاطره‌ای برای مناطق ساحلی به‌ویژه جزیره‌هاست.
- نرخ تغییرات دما در اوایل قرن ۲۱ ام از ۱/۸۰ تا ۴/۰ درجه سلسیوس افزایش پیدا خواهد کرد و با همین روند افزایش دما میزان سطح آب دریاها نیز از ۰/۲۸ متر به ۰/۴۳ متر تغییر خواهد کرد (گزارش در سال ۲۰۰۷ برای سیاستمداران و برنامه‌ریزان).

- بالا آمدن سطح آب دریاها بر اثر عوامل مختلف است و علت اصلی آن افزایش دمای آب در اقیانوس هاست. بالا آمدن سطح آب دریاها باعث گسترش سیل گرفتگی در مناطق ساحلی شده که هزینه حفاظت این مناطق را افزایش می‌دهد و نیز موجب تشدید پیشروی آب شور دریا به آبخوان‌های شیرین ساحلی می‌شود.
- بالا آمدن سطح آب همچنین باعث اشغال خشکی‌ها به وسیله دریاها و نهایتاً باعث مهاجرت سکنه اطراف دریاها و نواحی ساحلی می‌شود. با توجه به این‌که نواحی ساحلی از جمله مناطق پر جمعیت محسوب می‌شوند، خطر مهاجرت خود نوعی معضل شهری به حساب می‌آید که زیان‌های سنگینی بر اقتصاد این مناطق خواهد داشت.
- امنیت سازه‌های مهم و حیاتی مانند پالایشگاه‌ها، بندرگاه‌ها و نیروگاه‌ها در نواحی ساحلی نیز با افزایش سطح آب دریاها در خطر است.
- هم اینک بیش از ۲۰۰ میلیون از جمعیت جهان در این مناطق زندگی می‌کنند. در این میان، کشورهای مثل بنگلادش و قسمتی از چین و جزایر کوچک حوضه دریای کارائیب به دلیل توسعه فضای شهری در مناطق ساحلی بیش از بقیه نقاط در خطراند [۳۲].
- با توجه به مطالعات آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا و گزارشات IPCC در سال ۲۰۰۱، کیفیت آب با افزایش دما دستخوش تغییراتی می‌شود. همچنین افزایش دمای آب باعث افزایش سرعت فرآیندهای بیولوژیکی می‌شود. به‌علاوه دمای زیاد باعث کاهش اکسیژن محلول در آب می‌شود که زندگی آبزیان را به مخاطره می‌اندازد.
- افزایش تقاضای آب شهری، تغییر در ظرفیت خودپالایی رودخانه‌ها و دریاچه‌ها و تغییر در فرایندهای تصفیه‌خانه‌های فاضلاب بر اثر افزایش دمای هوا

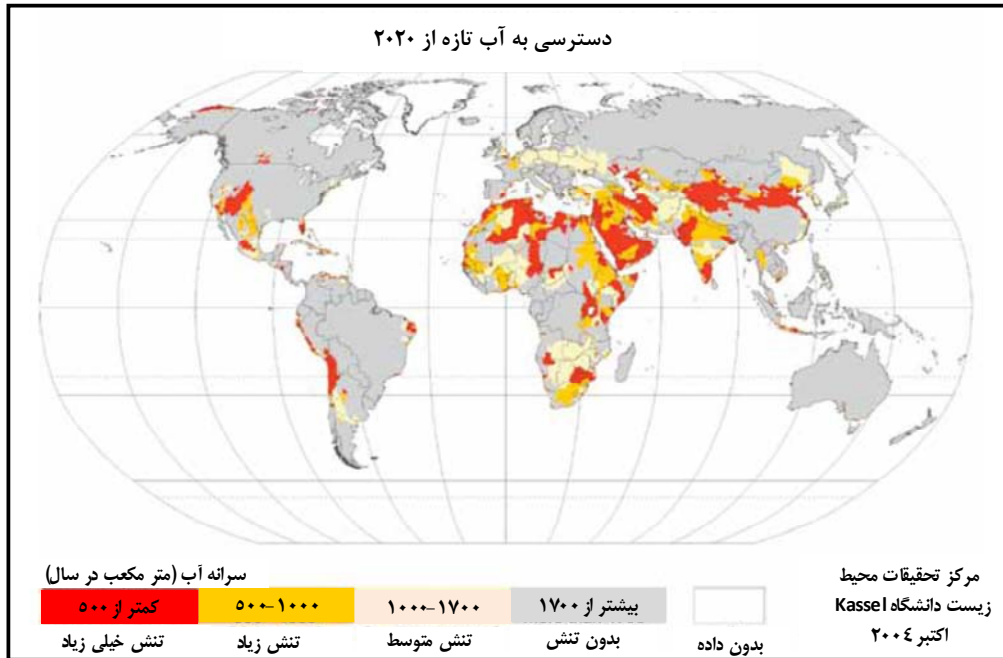
۲-۱۲-۱-۳- اثرات تغییرات اقلیم بر قابلیت تامین آب زیرزمینی [۱]

- تغییرات در تغذیه آب زیرزمینی ناشی از تغییرات بارش و دما و یا توزیع فصلی بارندگی
- خشک‌سالی‌های طولانی‌تر و شدیدتر
- تغییرات تبخیر و تعرق ناشی از تغییرات در پوشش گیاهی
- احتمال افزایش تقاضای آب زیرزمینی به عنوان یک منبع پشتیبان برای تامین آب
- اثرات تغییر اقلیم و استراتژی‌های سازگاری^۱

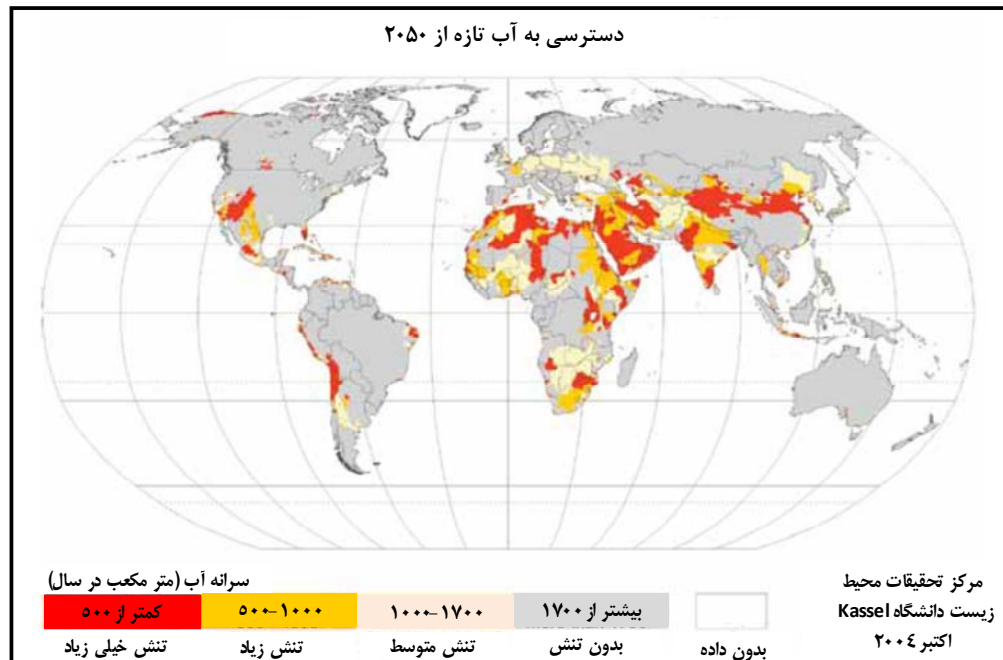
۲-۱۲-۱-۴- اثرات تغییر اقلیم بر طراحی برنامه‌های سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های آب و فاضلاب [۶۸]

- شواهد نشان می‌دهد که در بخش آب، بسیاری از اثرات از طریق سیلاب‌ها، خشک‌سالی‌ها و یا باران‌های شدید وارد خواهند شد.
 - منابع آب از دو جنبه کیفیت و کمیت تغییر خواهد کرد و تاسیسات آب، فاضلاب و رواناب‌های سطحی با خطر بزرگ‌تری از سوی بارش‌های شدید، سیلاب‌ها و خشک‌سالی‌ها مواجه خواهند شد.
 - مشکلات در بهره‌برداری تا اختلال در خدمات و افزایش هزینه آب و فاضلاب
 - بازنگری فرایند توسعه خدمات آب و فاضلاب شهری توسط برنامه‌ریزان شهری و مدیران آب و پیش گرفتن استراتژی‌های سازگاری برای لحاظ کردن تغییر اقلیم در طراحی زیرساخت‌ها، سرمایه‌گذاری پروژه‌ها، برنامه‌ریزی ارائه خدمات و بهره‌برداری و نگهداری تاسیسات
 - پیش‌بینی دما و بارش از اصلی‌ترین فعالیت‌ها برای تعیین واکنش هیدرولوژیکی در آینده است. به علت عدم قطعیت در پیش‌بینی دما و بارش، واکنش‌های هیدرولوژیکی در حوضه‌های مختلف نیز دارای عدم قطعیت‌اند که خود منجر به عدم قطعیت در پیش‌بینی مولفه‌های هیدرولوژیکی شهری و منابع آب شهری مخصوصاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌شوند.
 - تغییرپذیری^۱ و عدم قطعیت^۲، خدمات آب از بهره‌برداری روزانه تا برنامه‌ریزی بلندمدت را به چالش می‌کشد [۳۴].
 - کمی کردن طولانی مدت تغییر اقلیم و اثرات آن بر منابع آب و تقاضاهای آبی دشوار است. از این رو، توصیه می‌شود که سناریوهای مختلف تغییر اقلیم به عنوان یک محرک تقاضای بالقوه آب در استراتژی‌های بیلان آب در نظر گرفته شود [۴].
 - در صورتی که روند گرمایش زمین ادامه یابد، کمبود آب مشکل بزرگی در بسیاری از مناطق دنیا خواهد داد و نهایتاً موجب مشکلات جغرافیای سیاسی^۳
- شکل‌های (۲-۱۱) و (۲-۱۲)، پیش‌بینی آینده سرانه آب در جهان به ترتیب بعد از سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۵۰ میلادی را نشان می‌دهند [۴۴]. سناریوی A2، محرک‌های اجتماعی-اقتصادی و اقلیمی مبنای این پیش‌بینی‌هاست.

1- Variability
 2- Uncertainty
 3- Geopolitical



شکل ۲-۱۱- موجودی سرانه آب در جهان از سال ۲۰۲۰ میلادی [۴۴]



شکل ۲-۱۲- موجودی سرانه آب در جهان از سال ۲۰۵۰ میلادی [۴۴]

تغییرپذیری و عدم قطعیت، خدمات آب از بهره‌برداری روزانه تا برنامه‌ریزی بلندمدت را به چالش می‌کشد. با این وجود، بسیاری از ارائه‌کنندگان خدمات آب، تازه ارزیابی اثرات تغییرات آب و هوا بر منابع آب و پیامدهای فنی، مالی، بهره‌برداری و نهادی آن را شروع کرده‌اند. این چالش‌ها به خاطر نیازهای مبرمی از جمله افزایش سطح پوشش خدمت و

میزان روز افزون آب‌های بدون درآمد که چالشی برای توسعه استراتژی‌های مناسب سازگاری با تغییرات آب و هوا به‌ویژه در کشورهایی با درآمد کم یا متوسط اند، تشدید می‌شوند. در واقع خدمات ضعیف آبی و مشکل‌دار مالی، هنوز با مسایل و مشکلات مزمن و دیرین مدیریت آب و موضوعات کارایی و پوشش دهی در ارائه خدمات درگیراند. برای توضیح بیش‌تر تغییرات اقلیم و اثر آن بر اجزای چرخه هیدرولوژیکی شهری، به مراجع ۷، ۳۴ و ۳۵ می‌توان مراجعه کرد.

۲-۱۳- شاخص‌های جهانی سرانه آب

- تمام نقاط دنیا آب شیرین نیاز دارند، لکن مناطقی با توزیع غیریکنواخت منابع آب، آسیب‌پذیرتراند. شکل‌های (۲-۱۱) و (۲-۱۲)، سرانه منابع آبی تجدیدپذیر جهان را به ترتیب در سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۵۰ نشان می‌دهد. سرانه آب ایران در سال ۲۰۵۰ کم‌تر از ۵۰۰ مترمکعب، یعنی شرایط «کمیابی آب» پیش‌بینی شده است [۳۷، ۴۴ و ۴۵].
- مشکلات آبی نه تنها مربوط به کمبود منابع آب است، بلکه آلودگی منابع آب نیز از مسایل منابع آب است. در کشور چین تنها نیمی از فاضلاب صنعتی و شهری تصفیه می‌شود و فاضلاب تصفیه نشده مستقیماً وارد منابع آب می‌شود. از ۷ رودخانه مهم کشور چین، ۵ رودخانه به شدت آلوده است [۴۳].
- کمبود آب در مناطق خشک خاور میانه نیز بسیار شدید است. براساس پیش‌بینی‌های انجام شده ذخایر آب در کشور عربستان سعودی تا ۱۰ سال آینده به پایان می‌رسد، لذا این کشور مصرف آب در بخش کشاورزی را ممنوع کرده است [۴۳]. جدول (۲-۱)، سرانه منابع آب تجدیدشونده و برداشت سرانه سالانه در چند کشور کم‌آب خاورمیانه و آفریقای شمالی را نشان می‌دهد [۳۴].
- در اروپا نیز که فقط ۱۳ درصد از جمعیت دنیا در آن ساکن‌اند، مساله کمبود آب محسوس است. این جمعیت، تنها به ۸ درصد از منابع آب موجود دسترسی دارند.
- منابع آب در آمریکای شمالی در مقابل جمعیت آن فراوان است. کانادا از لحاظ دسترسی به منابع آب شیرین بزرگ‌ترین کشور دنیاست، لکن آمریکا و کانادا بیش‌ترین سرانه مصرف آب در دنیا را نیز دارند [۲۵ و ۴۳].

۲-۱۴- معیارها و استانداردهای کیفیت آب شرب

۲-۱۴-۱- معیارهای کیفیت آب

معیارهای کیفیت آب^۱ به سه صورت زیر تعریف می‌شوند:

۱- غلظت یک آلاینده مشخص در آب، که در صورت عدم تخطی از آن، حیات آبریان، سلامت انسان و در برخی موارد حیات وحش و به‌طور کلی کاربری تعیین شده با اطمینان زیادی حفظ می‌شود.

۲- ویژگی‌هایی از کیفیت آب

۳- توصیفی از شرایط توده آبی

معیار ممکن است با یک عبارت توصیفی^۲، کیفیت مطلوب آب را بیان کند و مبنای تدوین استانداردها باشد و یا به صورت عددی^۳ بیان شود.

سه گروه اصلی معیار کیفیت آب وجود دارد:

۱- معیارها برای حفظ سلامتی انسان

۲- معیارها برای حفظ حیات آبریان

۳- معیارها برای حفظ حیات وحش

در هر کدام از این سه گروه وسیع، انواع مختلفی از معیارها وجود دارد. برای مثال، معیارهای شیمیایی و معیارهای میکروبیولوژیکی در گروه معیارهای سلامتی انسان وجود دارد.

۲-۱۴-۲- استانداردهای کیفیت آب شرب

استانداردهای کیفیت آب شرب، تفسیری از معیارهای حفظ سلامتی انسان در مقابل آثار آلاینده‌های سرطان‌زا و مواد سمی‌اند. استانداردها و معیارها ممکن است از محلی به محل دیگر با توجه به معیارهای علمی و ملاحظات ریسک سلامتی، شرایط محلی، و اقتصادی متفاوت باشند.

استانداردهای کیفیت آب شرب چند سازمان بین‌المللی از جمله WHO و USEPA و کشورهای اروپا، کانادا، استرالیا و ایران در گزارش پشتیبان مقایسه و بحث شده است. نشریات مربوط به کیفیت آب آشامیدنی در ایران عبارت‌اند از:

۱۰۵۳ [۳۰] و ۱۰۱۱ [۳۱].

۲-۱۵- استانداردهای کیفیت پسابها و زهابها برای مصارف مختلف

استانداردهای کیفیت پسابها و زهابها برای مصارف مختلف در نشریه‌های شماره ۵۳۵ و ۴۶۲ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور به‌طور مبسوط ارائه شده است. در این نشریه موضوعاتی مثل تجربیات داخلی و خارجی و ضرورت استفاده از پساب و آب برگشتی، کمیت و کیفیت پساب و آب برگشتی، مصارف پساب و آب برگشتی، اثرات محیط‌زیستی استفاده مجدد از پساب و آب برگشتی، چارچوبها و معیارهای قانونی و استانداردهای مربوط و ضوابط محیط‌زیستی استفاده از پساب و آب برگشتی و مدیریت و پایش آنها بررسی شده است [۳۹ و ۴۰].

۲-۱۶- مبانی محاسبات آب مورد نیاز جوامع شهری

ارزیابی تقاضای آب شهری، فعالیت مهمی در برنامه‌ریزی، طراحی، بهره‌برداری و عملکرد موفق سیستم تامین و توزیع آب شهری است.

۲-۱۶-۱- برآورد تقاضای آب

داده‌های زیر نیاز است:

- نرخ مصرف آب (مقدار سرانه آب بر حسب لیتر بر روز بر نفر)
- جمعیت

مقدار سرانه تقاضای آب \times جمعیت = کمیت آب

۲-۱۶-۱-۱- نرخ مصرف آب

ارزیابی دقیق مصرف آب شهری مشکل است، زیرا عوامل مختلفی بر مصرف آب موثراند. مصرف آب در یک شهر به گروه‌های زیر دسته‌بندی می‌شود:

- مصرف خانگی
- مصارف صنعتی و تجاری
- مصارف عمومی
- تلفات

۲-۱۶-۱-۲- عوامل موثر بر مصرف سرانه آب

- اندازه شهر. مصرف سرانه آب در شهرهای بزرگ معمولاً بیش‌تر از شهرهای کوچک است.
- وجود صنایع
- شرایط آب و هوایی

- عادات مردم و وضعیت اقتصادی
- کیفیت آب: آب پاک و بهداشتی تقاضای بیش تری دارد.
- فشار آب در سیستم توزیع
- کارایی مدیریت سیستم آب (آب بدون درآمد، ...)
- اقدامات حفاظت و صرفه جویی آب
- تعرفه آب
- اندازه گیری مصرف

۲-۱۶-۱-۳- دوره طراحی و پیش بینی جمعیت

دوره طراحی سیستم تامین آب براساس عوامل زیر تعیین می شود:

- عمر مفید اجزای سیستم
- قابلیت توسعه
- نرخ رشد جمعیت قابل انتظار با توجه به سیاست مدیریت جمعیت و توسعه صنعتی و تجاری
- منابع در دسترس و بهره پول

۲-۱۶-۱-۴- روش های پیش بینی جمعیت

- روش تصاعد حسابی
- روش تصاعد هندسی
- روش تصاعد نموی
- روش کاهش نرخ رشد
- روش گرافیکی ساده
- روش گرافیکی مقایسه ای
- روش نسبت
- روش منحنی لگاریتمی

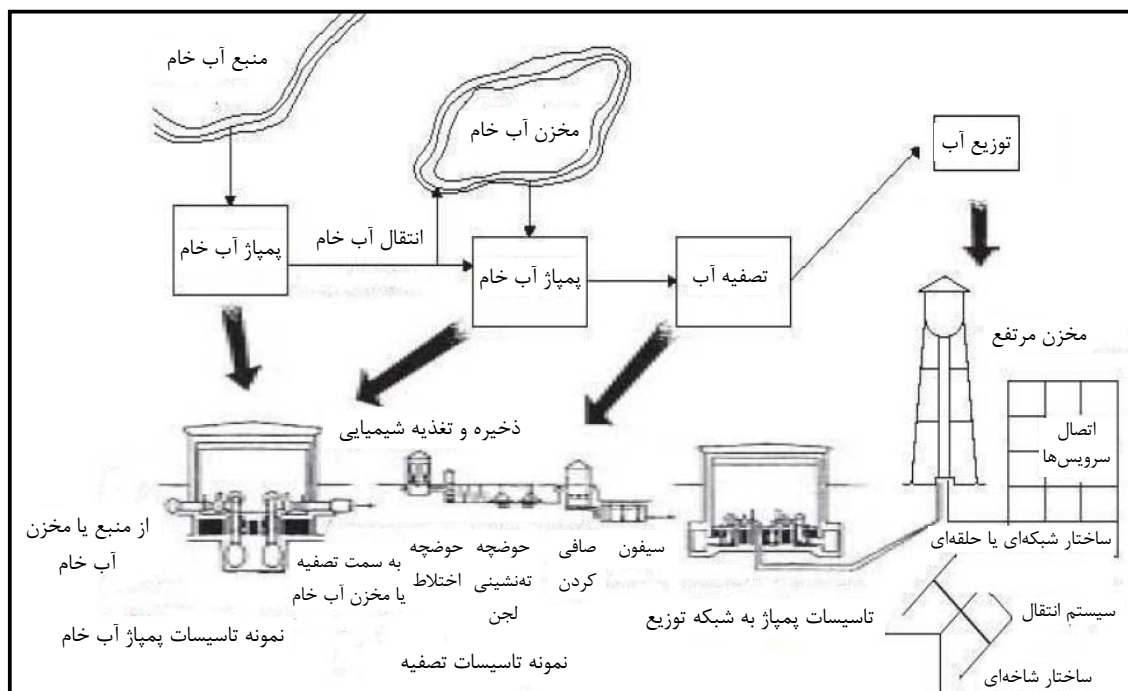
انتخاب روش مناسب برای یک شهر خاص عمدتاً به ویژگی روش ها و تشخیص و فراست طراح بستگی دارد. پیش بینی تقاضای آب شهری در مقیاس های کوتاه مدت، میان مدت، و بلندمدت برای برنامه ریزی و مدیریت بهینه سیستم آب شهری ضروری است. با توجه به عدم قطعیت در عوامل موثر بر تقاضای آب مثل تغییر اقلیم، جمعیت، اقدامات حفاظت و صرفه جویی آب، پیش بینی تقاضای آب شهری به ویژه برای بلندمدت، مشکل است. روش های پیش بینی تقاضای آب شهری در فصل پنجم این راهنما بحث شده است.

فصل ۳

مدیریت تامین آب

۳-۱- مقدمه

- کمبود آب در جهان مساله‌ای عمومی برای کشورهای پیشرفته و در حال توسعه است.
- کمبود آب بیش از ۷۰۰ میلیون نفر در ۴۳ کشور جهان را تهدید می‌کند.
- بانک جهانی: تا سال ۲۰۳۵ زندگی بیش از یک سوم از مردم جهان به خطر خواهد افتاد.
- نرخ افزایش مصرف آب هم اکنون دو برابر نرخ افزایش جمعیت است [۴۳].
- آلودگی منابع آب چالش بزرگ دیگری در تامین آب شهری و روستایی است، به طوری که آب پاک کمیاب شده است [۵].
- اکثر مراجع مسوول بهداشت عمومی تحت هیچ شرایطی، حتی شرایط اضطراری، مایل به تجویز استفاده از فاضلاب‌های شهری تصفیه شده^۱ نیستند و معتقد به این اصل‌اند که تنها آب‌های طبیعی گرفته شده از منابع حفاظت شده را باید برای آب آشامیدنی استفاده کرد. این اصل، راهنمای انتخاب منابع آب آشامیدنی در طول ۱۵۰ سال گذشته بوده است.
- قانون آب پاک^۲ در ایالات متحده، بیان می‌کند که «آبی سلامت مصرف‌کنندگان را تهدید نمی‌کند که از آن پیوسته حفاظت شود. با این حال، به علت ضعف در مدیریت حفاظت منابع آب، اولویت باید در انتخاب تمیزترین منابع باشد. منابع آب آلوده تا زمانی که دیگر منابع از نظر اقتصادی قابل استفاده نباشند، نباید مورد استفاده قرار گیرند».
- با وجود این که منابع دست نخورده آب بهترین منبع آب شهری‌اند، اما جمعیت شهرها رو به گسترش‌اند و بسیاری از شهرهای بزرگ آب خود را از منابعی که در معرض آلودگی هستند تامین می‌کنند [۹، ۳۹، ۴۰، ۴۱ و ۴۲].



شکل ۳-۱- اجزای سیستم متداول تامین آب شهری

۳-۲- سیستم متداول تامین آب شهری

سیستم متداول تامین آب^۱ شهری شامل اجزایی برای تهیه آب آشامیدنی و توزیع آن به مصرف‌کنندگان و نیز اجزای لازم برای جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب است (شکل ۳-۱).

گرچه سیستم تامین آب شهری در مناطق خشک و نیمه‌خشک، اساساً مشابه دیگر مناطق آب و هوایی است، اما در این فصل از راهنما تکنولوژی توسعه منابع تامین آب مناسب برای اقلیم خشک و نیمه‌خشک که معمولاً در سیستم‌های متداول در نظر گرفته نمی‌شوند نیز بحث می‌شوند. این تکنولوژی‌ها شامل سیستم‌های «تصفیه و بازیافت آب»^۲ یا «استفاده دوباره آب»، «تغذیه مدیریت شده آبخوان»^۳، «نمک‌زدایی از آب دریا»^۴، «انتقال آب»^۵، «استحصال باران»^۶ و «باروری ابر»^۷ است [۱].

با توجه به اهمیت «مدیریت حوضه آبریز» در تامین آب شرب سالم، ابتدا این موضوع بحث می‌شود.

- 1- Conventional Water Supply Systems
- 2- Water Reclamation and Reuse
- 3- Managed Aquifer Recharge
- 4- Desalination
- 5- Water Transfers
- 6- Rainfall Harvesting
- 7- Cloud Seeding

۳-۳- مدیریت حوضه آبریز

- تعریف حوضه آبریز:

- حوضه آبریز از نظر توپوگرافی، منطقه‌ای است که توسط سیستم رودخانه‌ای زهکشی می‌شود.
- حوضه آبریز یک واحد هیدرولوژیکی است که می‌توان آن را به عنوان یک واحد بیولوژیکی- فیزیکی و در بسیاری از موارد به عنوان یک واحد سیاسی- اجتماعی - اقتصادی برای مدیریت و برنامه‌ریزی منابع طبیعی در نظر گرفت.
- انسان‌ها، حیوانات، پوشش گیاهی، آب و خاک اجزای جامعه حوضه آبریزاند که در اندرکنش‌اند.
- حوضه آبریز کوچک‌ترین واحد زمین‌شناسی سیستم رودخانه‌ای است. سیستم رودخانه‌ای و تمام حوضه‌هایش روابط سلسله مراتبی با واحدهای کوچک‌تر دارند [۵].
- حوضه آبریز، واحد و مقیاس موثری برای مدیریت منابع طبیعی و متعادل، هماهنگ و یکپارچه کردن مدیریت فرایندهای بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی اکوسیستم حوضه آبریز است [۱۰].

- تعریف مدیریت حوضه آبریز:

مدیریت حوضه آبریز^۱، مجموعه راهکارها^۲، برنامه‌ها^۳ و اقدامات برنامه‌ریزی شده‌ای است که باعث حفظ، ارتقا و انسجام خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی، شرایط تامین آب شرب سالم و هماهنگی برنامه‌ها و قوانین در حوضه و کشور می‌شود. محققان به این باور رسیده‌اند که مدیریت حوضه آبریز اولین قدم در مدیریت تامین، تقاضا و مصرف آب است.

- اهداف و منظوره‌های اصلی مدیریت حوضه آبریز:

- **اهداف:** حفاظت از کمیت و کیفیت آب تولیدی در حوضه آبریز برای تامین تقاضاهای آبی و نیز حفاظت منابع خاک و اکوسیستم‌ها در حوضه و پایین دست آن
- **منظورها:** در راستای این اهداف، منظوره‌های زیادی مثل حذف یا کاهش منابع آلاینده، کاهش احتمال ورود مواد پرخطر شیمیایی به منابع آب، کاهش هزینه‌های تصفیه آب، کنترل فرسایش خاک و کنترل سیل وجود دارد.
- راهکارهای مدیریت حوضه آبریز که باید با مشارکت ذینفعان و هماهنگی بین دستگاه‌های ذیربط صورت گیرد:
- برنامه‌های آبخیزداری شامل کاهش فرسایش خاک، کاهش تبخیر و تعرق، استحصال آب باران، افزایش تغذیه منابع آب زیرزمینی و کاهش خروج طبیعی آب از آبخوان‌ها

1- Watershed Management

2- Strategies

3- Plans

4- Action Plans

- کنترل آلاینده‌های صنعتی
- کنترل آلاینده‌های کشاورزی و دامپروری از طریق بهترین اقدامات مدیریتی
- وضع و اجرای قوانین و مقررات حفاظت منابع آب و خاک

۳-۳-۱- آبخیزداری

آبخیزداری یکی از برنامه‌های مدیریت حوضه آبریز است. آبخیزداری، فرایند تدوین و اجرای برنامه‌ها، طرح‌ها، پروژه‌ها و فعالیت‌ها برای ترمیم، تقویت و ارتقای نقش و کارکرد حوضه آبریز است.

- منظوره‌های آبخیزداری
 - افزایش نفوذ آب در خاک
 - کنترل رواناب اضافی
 - مدیریت و استفاده رواناب برای اهداف سودمند
 - کنترل فرسایش خاک

۳-۳-۲- مدیریت حوضه آبریز برای تامین آب شرب

حوضه‌های آبریز، مرزهای طبیعی منابع تامین آب‌های سطحی‌اند. فرایندهای طبیعی به همراه فعالیت‌های بشری در حوضه، کیفیت ذاتی این منابع و نیز فرایندهای موردنیاز برای تصفیه را برای مصارف شرب تعیین می‌کنند. کیفیت آب شیر برای آشامیدن بستگی به منبع آب و به تبع آن، بستگی به رویکردهای مدیریت فعالیت‌ها و فرایندها در حوضه منبع آب دارد.

۳-۳-۱- مدیریت حوضه آبریز برای حفاظت منبع آب

مدیریت حوضه آبریز را می‌توان به عنوان مجموعه‌ای از استراتژی‌ها و یا برنامه‌هایی تعریف کرد که فعالیت‌ها و خصوصیات زمین را در درون حوضه زهکشی در جهت مثبت تحت تاثیر قرار می‌دهند.

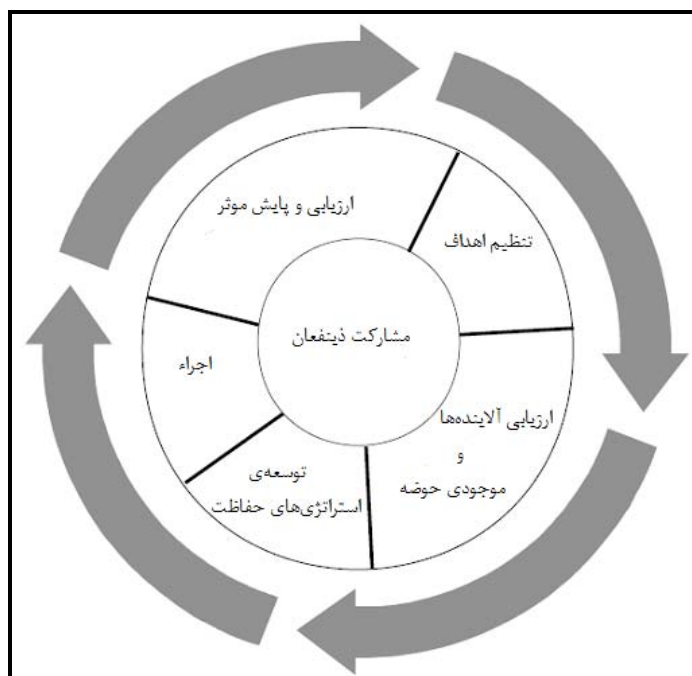
الف- دلایل مدیریت حوضه آبریز در آمریکا

- اجرای قانون آب پاک^۱ (برای حفظ انسجام فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب‌های ملی)، قانون آب شرب سالم^۲ (برای حفاظت از منابع آب شرب) و برنامه‌های ایالتی، یا ارضای نیازهای جوامع محلی.

1- Clean Water Act

2- Safe Drinking Water Act

- برنامه‌های حفاظت از منبع آب اساساً همان برنامه‌های مدیریت حوضه آبریز با هدف مشخص حفاظت منابع آب آشامیدنی است.
- در دو دهه اخیر، حفاظت از منبع آب اولین گام مهم در رویکرد چند وجهی^۱ تامین آب آشامیدنی سالم شناخته شده و توسط سازمان‌های EPA^۲ و AWWA^۳ حمایت می‌شود.
- نمونه‌هایی از این وجوه چندگانه عبارت‌اند از: انتخاب منبع آب با بهترین کیفیت، حفاظت از منبع آب، استفاده از بهترین تکنولوژی در دسترس برای تصفیه، حفظ یک سیستم توزیع پاکیزه، پایش کامل و تحلیل دقیق داده‌ها، داشتن اپراتورهای آموزش دیده و بهره‌برداری و نگهداری تجهیزات. شکل (۳-۲)، مولفه‌های برنامه حفاظت از منابع آب، برگرفته از آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۲- مولفه‌های برنامه حفاظت منابع آب

مدیریت حوضه آبریز برای حفاظت منبع آب، بخشی کلیدی برای تامین آب شرب سالم است. حفاظت منبع آب مشخصاً به مدیریت حوضه تامین آب، هم سطحی و هم زیرزمینی اطلاق می‌شود. برنامه ایده‌آل حفاظت از منبع آب شامل چند مولفه است. اول از همه باید آرمان‌ها و اهداف برنامه مشخص شود.

1- Multiple Barriers
2- Environmental Protection Agency
3- American Water Works Association

ب- تدوین آرمان و اهداف

آرمان، جهت اصلی برنامه‌های حفاظت از منبع آب را با بیان منظور و مفهوم کلی برنامه مدیریتی ارائه می‌کند. آرمان اصلی تامین کنندگان آب شهری این است که آب کافی با کیفیت بالا عرضه کنند، که این کیفیت با طعم، بو، رنگ، شفافیت و غلظت آلاینده تعریف می‌شود. آرمان‌های خاصی را به عنوان اهداف متناسب ویژگی‌های فیزیکی حوضه، دغدغه‌های کیفیت آب، منابع آلاینده و محدودیت‌های قانونی می‌توان تعریف کرد.

ج- آرمان‌های حفاظت منبع آب

آرمان‌های حفاظت منبع آب به طور کلی منعکس کننده نیازها و شرایط خاص حوضه و نهاد اجرایی آن است. علاوه بر فراهم کردن منبع آب با کیفیت خوب، برنامه‌های حفاظت تلاش می‌کنند تا:

- منابع آلاینده را کاسته و یا محدود کنند،
- ریسک ورود مواد شیمیایی خطرناک به داخل سیستم تامین آب را حداقل کنند،
- اثرات بلایای طبیعی را کاهش دهند،
- انعطاف‌پذیری در نظام بهره‌برداری سیستم‌های آبی به وجود آورند،
- هزینه‌های تصفیه را حداقل کنند، و
- الزامات قانونی رعایت شوند.

در تدوین آرمان‌های واقع بینانه، ضرورت برقراری تعادل و تعامل بین تقاضاهای رقیب و اغلب متعارض درون حوضه باید شناخته شود؛ مانند حافظت از حیات آبریان، تفریحی، تامین آب، توسعه شهری، جنگلی و کشاورزی. این تعامل به‌ویژه در حوضه‌هایی که کلا و یا عمدتاً توسط دستگاه تامین کننده آب، مدیریت نمی‌شوند ضرورت بیش‌تری دارد. به‌علاوه، محدودیت‌های نهادهای نظارتی که آرمان‌های برنامه را تنفیذ و اجرا می‌کنند باید شناخته شوند. آرمان‌ها باید قدرت قانونی و نظارتی لازم را برای ضمانت اجرای موثر داشته باشند.

د- مدیریت جامع (یکپارچه) حوضه آبریز^۱

چالش مدیریت محیط زیست انسانی با افزایش جمعیت و افزایش تقاضای منابع طبیعی پیچیده‌تر و دشوارتر می‌شود. توسعه تکنولوژی‌های جدید منجر می‌شود که مردم آگاهانه و یا ناآگاهانه با سرعت بیش‌تر و راحت‌تر از گذشته به تخریب محیط زیست بپردازند. انسان ظرفیت بالایی در ایجاد تغییرات (دستکاری) در زمین و آب در جهت منافعش دارد، اما

همچنین دارای ظرفیت بالایی برای آسیب‌رسانی و یا تخریب محیط زیست نیز می‌باشد. گسترش آلودگی منابع آب و هوا، جنگل زدایی در مقیاس بزرگ، تخریب شیلات، افت سطح ایستابی و کاهش منابع طبیعی که معیشت مردم به آن‌ها وابسته است، شواهد گسترده آن است.

به علت اندرکنش‌ها و روابط متقابل بیوفیزیکی و اقتصادی- اجتماعی در واحدهای زمین (تفاوتی نمی‌کند که در سطح حوضه رودخانه^۱ باشد یا حوضه آبریز^۲)، باید در سطح وسیع (شامل کل حوضه و اندرکنش‌های درون آن) فکر و برنامه‌ریزی شود و در سطح محلی اقدامات صورت گیرد.

این اندرکنش‌ها به دلیل دو ویژگی فیزیکی مشترک برای تمام حوضه‌ها اتفاق می‌افتد:

- ۱- آب به طرف پایین‌دست، با نادیده گرفتن تمام مرزهای سیاسی در مسیر، جریان پیدا می‌کند.
- ۲- بیش‌تر فعالیت‌هایی که مردم در بالادست بر روی زمین و آب انجام می‌دهند، بر کمیّت و کیفیت و زمان جریان آب در پایین‌دست و در نتیجه بر بهره‌وری زمین‌های پایین‌دست تاثیر می‌گذارد.

حال، دو سوال اساسی مطرح می‌شود:

- ۱- چه مکانیسمی وجود دارد تا اطمینان حاصل شود که مردم یک حوضه یک آرمان کلی مشترک و مثبت برای کاربری اراضی و مصارف آب داشته باشند و فعالیت‌های آن‌ها اثرات منفی بر منابع آب و زمین برای نسل‌های آینده نداشته باشد؟
- ۲- برای رسیدن به این آرمان‌ها به بهترین شکل ممکن، چگونه می‌توان ذینفعان را قادر ساخت که به صورت مشارکتی و هماهنگ عمل کنند؟

تنها زمانی می‌توان به این سوالات پاسخ داد که اطلاعات کافی از واقعیات و اندرکنش بیوفیزیکی حوضه در واکنش به نیروهای طبیعی و اقدامات انسانی، وجود داشته باشد و همچنین پویایی جوامع درون مرزهای حوضه و اندرکنش آن‌ها، انگیزه‌های ذینفعان مختلف، و محرک‌های تغییر انگیزه‌ها و اقدامات که اثرات نامطلوبی بر حوضه دارند، شناخته شوند.

ه- کاربری زمین، مدیریت حوضه آبریز و اثرات تجمعی آن‌ها

هدف اصلی مدیریت جامع حوضه آبریز^۳، تامین کالا و خدمات برای مردم است به گونه‌ای که قابلیت بهره‌وری طولانی مدت منابع طبیعی را حفظ کند. خدمات درخواستی مردم از یک حوضه آبریز زیاد است و شامل آب برای مصارف شرب، آبیاری، برقایی، مواد خام برای محصولات چوبی، محصولات کشاورزی و محصولات لبنی و گوشتی، تفریح و گردشگری و حفظ تنوع زیستی است. بنابراین، بسته به موقعیت، اهداف یک یا چند مورد از موارد زیر است:

1- River Basin

2- Watershed

3- Integrated Watershed Management, IWM

- توسعه، مدیریت و حفظ سیستم‌های تولیدی که با شالوده محیط‌زیست و منابع موجود سازگار است و می‌تواند برای نسل‌های آینده نیز پایدار بماند،
- حفظ یا افزایش منابع تامین آب با کیفیت خوب و بهبود کیفیت آب در رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و دیگر پیکره‌های آبی،
- جلوگیری از فرسایش بیش از حد خاک برای حفاظت از پتانسیل‌های تولیدی زمین و کاهش رسوب‌گذاری در پایین‌دست، و
- احیا و توان بخشی اراضی حوضه آبریز، آبراهه‌ها، تالاب‌ها و سیستم‌های رود کناری که تخریب شده‌اند.

و- اندرکنش کاربری‌های زمین

کاربری‌های زمین در حوضه آبریز را به طرق مختلف می‌توان فکر کرد، در اینجا از لحاظ تلفیق کاربری زمین، آب، و دیگر منابع طبیعی در داخل مرزهای حوضه در نظر گرفته شده‌اند. بنابراین، حوضه را می‌توان به عنوان مجموعه‌ای از واحدهای کاربری زمین با اندازه‌های مختلف تصور کرد که هر واحد با مالکیت یا کنترل و نوع کاربری (های) زمین در آن تعریف می‌شود. هرگونه فعالیت در بالادست، شرایط و حاصلخیزی واحدهای کاربری زمین را در پایین‌دست تحت تاثیر قرار می‌دهد. برای مثال، تشدید نرخ فرسایش خاک منجر به ترسیب مواد در واحدهای کاربری زمین پایین‌دست و در نتیجه تغییر کیفیت خاک، الگوی جریان آب و دسترسی آب در حوضه می‌شود. تمامی موارد مذکور و همچنین دیگر اثرات می‌توانند بر میزان مواد غذایی در دسترس، استانداردهای بهداشتی و درآمد مردم تاثیرگذارند.

اقدامات بهبود بهره‌وری و پایداری، ممکن است که به خودی خود اثر اندکی بر واحدهای کاربری زمین پایین‌دست خود داشته باشد، اما اگر این اثرات باهم جمع شوند، حائز اهمیت می‌شود.

ز- توسعه شهری و راه‌ها

حوضه یا بخشی از آن می‌تواند به جاده و دیگر مسیرهای حمل و نقل، سایت ساختمان‌های مسکونی و غیرمسکونی و یا سد تبدیل شود. تمامی این زیرساخت‌ها به عنوان مولفه‌ای از توسعه شهری می‌توانند اثرات مهمی در داخل سایت^۱ و یا خارج آن^۲ داشته باشند.

برای مثال، درحالی‌که جاده‌ها جابه‌جایی‌های لازم را تسهیل می‌کنند، اگر بر روی دامنه‌های با شیب تند، خاک فرسایش‌پذیر، در کناره‌های ساحلی باریک رودخانه، زمین‌های شیب‌دار مستعد رانش و یا در تقاطع با آبراهه‌ها قرار گرفته

1- On-Site

2- Off-Site

باشند، اغلب عملکرد هیدرولوژیکی حوضه آبریز را مختل کرده و باعث فرسایش شدید خاک و تخریب آبراهه‌ها می‌شوند. این اثرات، اغلب بیش‌تر از مجموع اثرات دیگر فعالیت‌های کاربری زمین است.

تا ۹۰ درصد از رسوباتی که در یک حوضه تولید می‌شوند، از جاده‌هایی که در تقاطع با آبراهه‌ها واقع شده‌اند ناشی می‌شوند. جاده‌ها که دسترسی بیش‌تر به بخش‌های دور افتاده حوضه را تسهیل می‌کنند، از سوی دیگر می‌توانند باعث رشد و توسعه بدون برنامه‌ریزی سکونت‌گاه‌های انسانی شوند که این امر خود موجب برداشت بیش‌تر از منابع طبیعی می‌شود. لذا ضروری است که هرگونه راه ارتباطی، خانه و دیگر ساختمان‌ها و سد و مخازن آب به دقت طراحی، به درستی اجرا و به‌طور مستمر نگهداری شوند تا این اثرات منفی کاهش یابند.

۳-۲-۲- اهداف و شیوه‌های مدیریت حوضه آبریز

شیوه‌های مدیریت حوضه آبریز برای دستیابی به اهداف مدیریت حوضه آبریز و مدیریت کاربری زمین سازگار با محیط‌زیست، شامل انواع اقدامات غیرسازهای (کاربری زمین و پوشش گیاهی) و سازهای (مهندسی)، هم به صورت جداگانه و هم در ترکیب‌های مختلف است (جدول ۳-۱).

جدول ۳-۱- اهداف مدیریت حوضه آبریز و اقدامات سازهای و غیرسازهای

اهداف	تدابیر	
	غیرسازهای (مدیریت کاربری زمین/پوشش گیاهی)	سازهای
- حفظ و افزایش بهره‌وری زمین	- سیستم توامان کشت، چرا، جنگل ^۱ - جنگل کاری و احیای جنگل (برای تامین نیازهای سوختی، علوفه‌ای و فیبری) - اقدامات حفاظت خاک مانند (کشت نواری ^۲ ، عدم کشت و یا حداقل کشت ^۳ ، پوشش با مالچ یا گیاه ^۴ ، پوشش گیاهی جهت پایداری سازهای ^۵ ، اقدامات حفاظتی ^۶) - محدود کردن چرا برای رسیدن به یک سطح پایدار	- تراس (به صورت سکو یا به حالت عریض) ^۷ - ایجاد نهر و شیار بر روی خطوط تراز ^۸ - سازهای کنترل گالی و آبراهه‌های علفی - اقدامات استحصال آب، پخش آب و آبیاری ^۹
- تضمین کمی مناسب برای آب قابل استفاده	- روش‌های مختلف تشویق و ترغیب به کم‌تر مصرف کردن آب - استفاده از اقدامات کاربری زمین‌های مناسب برای حفظ کانال‌ها و مخازن	- سیستم‌های برداشت آب - سازهای انحراف و ذخیره‌ی آب - امکانات آبیاری - چاه‌ها - تشویق به کارگیری تکنولوژی‌های صرفه‌جو (کم مصرف)

1- Agroforestry practices (e.g. alley cropping, Agrosilvopastoral systems)

2- Strip Cropping

3- No Till or Minimum Tillage Cropping

4- Mulching or Cover Crops

5- Vegetation to Stabilize Structural

6- Conservation Measures

7- Terraces (bench, broad based)

8- Contour Ditches and Furrows

9- Water Harvesting, Spreading and Irrigation Measure

ادامه جدول ۳-۱- اهداف مدیریت حوضه آبریز و اقدامات سازه‌ای و غیرسازه‌ای

اهداف	تدابیر	
	غیرسازه‌ای (مدیریت کاربری زمین/پوشش گیاهی)	سازه‌ای
- تضمین کیفی مناسب	- حفظ و ایجاد پوشش گیاهی مناسب در مناطق کلیدی (مانند کناره رودخانه‌ها) - کنترل دفع زایدات و زباله (انسانی، حیوانی، معدنی، ...) - استفاده از جنگل‌های طبیعی و تالاب‌ها به عنوان سیستم‌های تصفیه ثانویه فاضلاب - کنترل چراگاه‌ها و توسعه دستورالعمل‌هایی برای سیستم‌های ساحلی و در مجاورت رودخانه	- امکانات و تجهیزات تصفیه آب - توسعه منابع بدیل (چاه، استحصال باران)
- کاهش سیل گرفتگی و خسارات سیل	- کشت مجدد پوشش گیاهی و یا نگهداری و حفظ پوشش گیاهی برای بالا بردن نفوذ و مصرف آب توسط گیاهان - زون‌بندی و تنظیم کاربری سیلابدشت - حفاظت و نگهداری از تالاب‌ها	- مخازن ذخیره و کنترل سیل - سازه‌های انحراف آب - گوره - سازه‌های کنترل گالی ^۱ - به‌سازی رودخانه‌ها
- کاهش بروز رانش زمین	- جنگل کاری و احیای جنگل برای تثبیت خاک - حفظ و نگهداری پوشش گیاهی مناسب برای افزایش نفوذ بارش - محدود کردن فعالیت‌های تولیدی و اقامتی بر روی شیب‌های ناپایدار	- تراس‌های سکویی - آبراهه‌های علفی، سازه‌های شیب شکن برای کنترل جریان روی زمینی
- کاهش انتقال رسوب به پایین‌دست	- نگهداری و حفظ پوشش گیاهی بر روی شیب تپه؛ به‌کارگیری اقدامات مشابه برای حفظ و یا افزایش بهره‌وری زمین - حفظ و نگهداری پوشش‌های گیاهی سالم ساحلی و یا در مجاورت آبراهه‌ها و نگهداری پوشش دائمی برای سیلاب‌دشت‌ها	- استفاده از سازه‌های مشابه بالا برای حفظ و یا افزایش بهره‌وری زمین - مرمت کانال‌ها

سوال: مدیران حوضه که هستند؟ و مسوولیت‌های آن‌ها در دستیابی به اهداف مدیریت حوضه آبریز چیست؟

پاسخ: مدیریت حوضه، سرانجام در دست کاربران زمین یعنی کشاورزان، دامپروران، جنگلبانان، شهرسازان و غیره است و معمولا فردی تحت عنوان مدیر حوضه در زمین دیده نمی‌شود. تمام کاربران زمین، آب و منابع طبیعی باید بدانند که آن‌ها نقش مدیر حوضه را ایفاء می‌کنند. با این حال، ممکن است که فرد آموزش دیده فنی با مسوولیت‌های خاصی برای مدیریت حوضه با اهداف معلوم وجود داشته باشد. برای مثال، فردی که مسوولیت مدیریت حوضه‌های آبریز شهری را برای تامین آب آشامیدنی در مناطق شهری بر عهده دارد.

در هر حال، نقش زیادی برای مردم در مدیریت حوضه آبریز وجود دارد؛ از کشاورز تا دامدار، جنگلبان، شهرسازان و از همه مهم‌تر دولت و NGO ها با مسوولیت دستیابی به اهداف.

۳-۲-۳- حفظ حوضه آبریز در وضعیت خوب

حفظ حوضه در وضعیت خوب، لازمه داشتن آب باکیفیت خوب، محصولات کشاورزی، دامی، تولیدات چوبی و دیگر اهداف سودمند در شرایط سازگار با محیط‌زیست در حوضه است.

وضعیت خوب، واژه‌ای نسبی است که سلامت حوضه را از نظر عملکرد هیدرولوژیکی و بهره‌وری خاک نشان می‌دهد.

- عملکرد هیدرولوژیکی به توانایی حوضه در دریافت و تبدیل بارش به رواناب و اغلب اوقات به آب زیرزمینی مربوط می‌شود.

- بهره‌وری خاک، قابلیت حوضه در حفظ و رشد گیاهان در شرایط طبیعی آن‌هاست.

الف- ویژگی‌های حوضه در وضعیت خوب

- بارندگی با حداکثر شدت در خاک نفوذ می‌کند، به گونه‌ای که رواناب سطحی را حداقل می‌سازد.
- بارش سهم بزرگی در فرسایش خاک ندارد، چرا که حفظ پوشش گیاهی مناسب روی خاک، خاک را از برخورد مستقیم باران حفظ می‌کند و حداقل رواناب سطحی برای کندن و انتقال ذرات خاک وجود دارد.
- واکنش جریان رودخانه به بارش نسبتاً کند است، چرا که شرایط حوضه به گونه‌ای است که حوضه پایداری و ثبات هیدرولوژیکی خود را حفظ می‌کند.
- جریان پایه پایداری از آب زیرزمینی در رودخانه‌های دائمی، بین توفان‌ها برقرار است و جریان‌های کم در رودخانه مطابق تغییرات طبیعی آب و هوایی است.
- بارگذاری مواد معلق و مواد مغذی در جریان رودخانه با توجه به شرایط حوضه، حداقل است.

۳-۴- ارزیابی منابع آب سطحی و زیرزمینی

یکی از مهم‌ترین گام‌های برنامه‌ریزی منابع جدید آب، شناسایی و ارزیابی تمامی گزینه‌هاست. گزینه‌های متداول

منابع آب شامل:

- آب سطحی

- آب زیرزمینی

- استفاده تلفیقی آب سطحی و زیرزمینی^۱

در ادامه، ارزیابی منابع، شامل آبدهی، هزینه‌ها و مسایل ویژه هر نوع منبع توضیح داده می‌شود.

۳-۴-۱- منابع آب سطحی

سه گزینه منبع آب سطحی عبارت‌اند از:^۱

۳-۴-۱-۱- برداشت مستقیم از رودخانه

این گزینه مستلزم یکی از دو حالت زیر است:

- ۱- منبع محلی با جریان پایه کافی وجود داشته باشد تا برداشت مستقیم قابل اطمینانی را در گستره وسیعی از شرایط جریان (بدون ذخیره‌سازی قابل توجه برای دوره‌های جریان کم) ممکن سازد، یا
- ۲- دسترسی به منابع بدیلی که بتواند مستقلاً نیازهای آب را در دوره‌های کم آبی رودخانه با اطمینان تامین کند (برای مثال، استفاده تلفیقی آب زیرزمینی).

۳-۴-۱-۲- مخزن روی رودخانه^۲

مخزن به ظرفیت ذخیره مفید و رواناب پایه طبیعی (جریان به‌هنگام) برای رفع نیازهای تامین آب تکیه می‌کند. انتقال به تاسیسات تصفیه می‌تواند به صورت پمپاژ یا جریان ثقلی در لوله و یا رهاسازی جریان در رودخانه و برداشت آن در پایین‌دست در سایت تصفیه‌خانه آب صورت گیرد.

۳-۴-۱-۳- مخازن پمپاژ-ذخیره^۳

اگر امکان انحراف میزان قابل توجهی از آب رودخانه و پمپاژ آن به مخزن به عنوان رزرو برای برآوردن تقاضا در طی خشک‌سالی‌ها یا دیگر وقفه‌های پرلودیک آبرسانی وجود داشته باشد، یک گزینه مناسب، همین کار پمپاژ-ذخیره است. در برخی جاها این تاسیسات، به نام کنار رودخانه‌ای^۴ نیز معروف‌اند. برای این نوع پروژه، تغذیه مخزن توسط انحراف آب از بیرون حوضه آبریز طبیعی مخزن صورت می‌گیرد که تا اندازه‌ای رواناب طبیعی همین حوضه آن را تکمیل می‌کند. گزینه پمپاژ-ذخیره در بسیاری موارد بهترین توازن را بین نیازهای محیط‌زیستی و نیازهای توسعه تامین آب برقرار می‌کند. برای حفاظت بهتر حیات آبی و تامین مصارف پایین‌دست، تاکید نسبت به تامین حداقل جریان رودخانه روز به روز بیش‌تر می‌شود. این محدودیت‌ها می‌تواند به‌طور قابل توجهی تداوم برداشت‌های مستقیم مطمئن از رودخانه و نیز آبدهی

۱- برداشت آب زیرزمینی تحت نفوذ آب سطحی، که برخی مشخصات برداشت آب سطحی و برخی مشخصات برداشت آب زیرزمینی را دارد، به عنوان منبع آب زیرزمینی در نظر گرفته شده است.

2- On-Stream Reservoirs

3- Pumped-Storage Reservoirs

4- Side-stream

مخازن را کاهش دهند. گاه به دلیل نیاز به تاسیسات انحراف- پمپاژی (آبگیر^۱، پمپ، و خط لوله اضافه‌تر) بیش‌تر سرمایه‌براند، اما پروژه‌های پمپاژ- ذخیره می‌توانند بیش‌تر پاسخ‌گوی نگرانی‌های کلی محیط‌زیستی برای تنوعی از جایگذاری‌های پروژه باشد.

به‌علاوه، بسیاری از رودخانه‌های بزرگ، سایتی با توپوگرافی و زمین‌شناسی مناسب برای احداث مقرون به صرفه سد برای منظورهای تامین آب ندارند. ممکن است به سرریز بزرگ و پر هزینه نیاز داشته باشند. اگر جایگاه‌های بهتری برای سد و مخزن در حوضه‌های فرعی کوچک یافت شوند، منبع تامین و تاسیسات ذخیره را می‌توان برای کمینه کردن اثرات توسعه به‌طور جداگانه در نظر گرفت.

۳-۴-۲- شناسایی و غربالگری^۲ اولیه منابع

منابع بدیل تامین آب معمولاً در چند مرحله ارزیابی می‌شوند.

شناسایی اولیه سودها، هزینه‌ها، و اثرات یک سایت برای تهیه لیست گزینه‌های مناسب برای ارزیابی بیش‌تر انجام می‌شود. این سایت‌ها سپس برای شناسایی گزینه برتر به دقت مورد بررسی قرار می‌گیرند. بسیاری متغیرهای غربالگری برای ارزیابی مزیت‌های نسبی گزینه‌های بدیل استفاده می‌شوند (به‌طور مثال، آبدهی، اثرات محیط‌زیستی، کیفیت آب، ملاحظات قانونی، و هزینه). عوامل بیش‌تری ممکن است در ارزیابی گزینه‌های آب سطحی در نظر گرفته شوند تا نگرانی‌های محلی، ارجحیت‌های سازمان خدمات آبی، مرحله‌بندی و هزینه‌پذیری پروژه، ملاحظات سیاسی، یا تاثیرات مشخص دیگر که می‌تواند در چارچوب پروژه پیشنهادی توسعه تامین آب مهم باشند را منعکس کنند.

در جایی که رودخانه بزرگی در فاصله معقولی از ناحیه خدماتی قرار دارد، برداشت مستقیم آب می‌تواند عملی باشد. مسایل اولیه‌ای که در بررسی برداشت‌های رودخانه‌ای باید در نظر گرفته شوند عبارت‌اند از تخصیص‌های آب برداشتی، کیفیت آب رودخانه، پتانسیل آلودگی (تقاطع با بزرگراه، عبور و مرور قایق‌ها، پتانسیل تخلیه صنعتی، و غیره)، تدابیر حفاظت حوضه آبریز، نیاز به منبع پشتیبان یا تامین کوتاه‌مدت مستقل و نزدیکی به نواحی خدماتی (به جهت هزینه‌های انتقال). البته، حداقل جریان لازم برای رودخانه، مصارف مستقیم برداشت مستقیم رودخانه‌ای را به‌طور قابل توجهی کاهش می‌دهد و یا به‌طور کلی منتفی می‌کند، زیرا حداقل جریان لازم برای رودخانه ممکن است که حدود دبی جریان کم دوره‌ای رودخانه باشد یا از آن تجاوز کند. معیار وضعیت آبدهی قابل اطمینان برای برداشت مستقیم از رودخانه، جریان کم یک روزه ۳۰ ساله است. علاوه بر این، حداقل جریان فصلی لازم برای رودخانه و سهمیه مجاز برای مصرف‌کننده‌های پایین‌دست باید برقرار باشد.

1- Intake

2- Screening

۳-۴-۳- منابع آب زیرزمینی

آب زیرزمینی، منبع مهم تامین آب در بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک است. ذخیره آب زیرزمینی در حدود ۱۰/۵ میلیون کیلومتر مکعب است که حدود ۹۶ درصد از آب شیرین غیرمنجمد در جهان را تشکیل می‌دهد. منابع عمده دیگر آب شیرین غیرمنجمد، رودخانه‌ها و دریاچه‌ها، تنها در حدود ۹۱۰۰۰ کیلومتر مکعب ذخیره دارند. ذخیره کلی آب شیرین در جهان تقریباً ۳۵ میلیون کیلومتر مکعب است، در حالی که حدود ۶۹ درصد (۲۴ میلیون کیلومتر مکعب) در یخچال‌های طبیعی و پوشش‌های یخ دائمی در نواحی قطب شمال و جنوب منجمد شده است.

منابع آب زیرزمینی، بیش از ۵۰ درصد نیازهای کلی آب (خانگی، کشاورزی و صنعتی) را در کشور تامین می‌کند. این رقم برای ایالات متحده کم‌تر از ۲۰ درصد و در استرالیا بیش از ۵۰ درصد است. در ایران به‌طور متوسط حدود ۷۰ درصد از جمعیت به آب زیرزمینی به‌عنوان منبع اصلی آب آشامیدنی وابسته‌اند. این رقم در ایالات متحده حدود ۵۰ درصد است که از کم‌تر از ۲۰ درصد تا بیش از ۹۰ درصد از ایالت به ایالت، تغییر می‌کند.

متأسفانه به دلیل دیدگاه‌های سنتی و تصور آن که منابع آب زیرزمینی منابعی تمام نشدنی و همیشگی‌اند، برنامه مناسب و مدونی برای بهره‌برداری وجود ندارد. نوع رفتار کمی و کیفی آب زیرزمینی بسیار پیچیده است، از این رو توسعه و بهره‌برداری پایدار آب زیرزمینی مستلزم برنامه‌های مدون پایش و جمع‌آوری اطلاعات کمی و کیفی برای حفاظت کمیّت و کیفیت آب زیرزمینی و تلفیق آن با برنامه‌های مدیریتی آب سطحی است.

۳-۴-۴- توسعه آب زیرزمینی

توسعه آب زیرزمینی پیچیده‌تر از توسعه آب سطحی است. آب زیرزمینی مخزنی است که (۱) از دید پنهان است؛ (۲) توصیف مرزهای حوضه آن از نقشه توپوگرافی ممکن نیست؛ (۳) معمولاً در حالت تعادل پویاست؛ (۴) لزوماً از تقسیمات حوضه آبریز سطحی پیروی نمی‌کند؛ (۵) ممکن است چندین لایه آبدار در لایه‌های زمین‌شناختی مختلف را شامل شود که وسعت سطحی مختلف، جهت جریان مختلف، و نواحی تخلیه یا تغذیه مختلف دارند؛ (۶) ممکن است به‌طور قابل توجهی کیفیت آب متفاوت در لایه‌های آبدار عمودی مختلف در موقعیت توپوگرافیکی مشابه داشته باشند؛ (۷) ممکن است که پتانسیل هیدرولیکی مختلف در آبخوان‌های مختلف (از قبیل تحت فشار یا آزاد) در موقعیت مشابه داشته باشند؛ و (۸) تحت تاثیر کیفیت مواد رسوبی و سنگی که از آن عبور می‌کند است. بنابراین، شناسایی منبع، توسعه و مدیریت پیوسته آب زیرزمینی، به در نظر گرفتن عوامل محیطی بی‌شماری نیاز دارد.

الف- گزینه‌های اصلی برداشت از منابع آب زیرزمینی:

— چاه برای برداشت مستقیم: چاه‌های استخراج آب زیرزمینی سوراخ‌های حفاری شده در زمین به درون تشکیلاتی است که اجازه می‌دهد آب از آن استخراج شود. به این تشکیلات حاوی آب، آبخوان گفته می‌شوند. در بیش‌تر آبخوان‌ها، استخراج آب می‌تواند تنها با پمپ انجام شود، زیرا سطح آب زیرزمینی زیر سطح زمین

است. آبخوان‌های آرتزین، آبخوان‌هایی‌اند که تحت فشاراند. آبخوان‌های آرتزین به سطح زمین جریان می‌یابند که نیاز به پمپاژ را کم می‌کند.

– چاه جمع‌کننده^۱ یا زهکش زیرسطحی (یا چاه افقی): جریان زیرسطحی در تشکیلات تراوا را قطع می‌کنند یا آب سطحی تراوش‌کننده و تخلیه به گودال‌هایی که کف آن‌ها زیر کف توری و لوله جدار گالری است را جمع می‌کنند.

– گالری‌های نفوذ^۲: اغلب در معرض سطح‌اند، لکن آب زیرزمینی را قطع می‌کنند.

۳-۴-۵- چاه

متداول‌ترین وسیله بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی است. کاربرد چاه به تامین آب محدود نمی‌شود؛ چاه همچنین برای پایش تراز ایستابی و کیفیت آب، زهکشی زمین‌های کشاورزی و مناطق صنعتی، جلوگیری از پیشروی آب شور، تغذیه آبخوان، تزریق فاضلاب، و کم کردن فشار زیر سدها و سیل‌بندها استفاده می‌شود.

الف- حفر و تجهیز چاه‌های آب شرب، ملاحظات اساسی در حفر چاه

- انتخاب سایت مناسب و رعایت حریم چاه
- انتخاب روش‌های مناسب حفاری
- انتخاب مواد مناسب برای تکمیل چاه
- تحلیل و تفسیر عملکرد چاه و آبخوان

ب- حفاظت از چاه دستی

- حفاظت از چاه دستی، به ویژه در مناطق روستایی که سطح ایستابی بالاست، حائز اهمیت است.
- حفر چاه در داخل گودی و آبگیر غیر اصولی بوده و با خطر آب گرفتگی و پر شدن چاه از گل و لای همراه است. تا حد امکان محل چاه باید بلندتر از اطراف باشد و همیشه خشک نگه داشته شود.
- دهانه چاه به لحاظ جلوگیری از خرابی و ریزش حتماً باید آجرچین یا سنگ چین باشد.
- چاه آب باید از چاه‌های فاضلاب که نشت از آن‌ها باعث آلودگی می‌شود به اندازه کافی دور باشد.
- تا حد امکان از آب این‌گونه چاه‌ها برای شرب استفاده نشود و در صورت اضطرار از سالم بودن آب آن اطمینان حاصل شود و طبق ضوابط بهداشتی نسبت به کلر زنی چاه اقدام شود.

- در فواصل زمانی مناسب که با توجه به شرایط محیطی متفاوت است نسبت به لایروبی و پاکسازی چاه اقدام کرد.
 - موقعیت چاه باید به نحوی باشد که از خطر جریان آب‌های سطحی مصون باشد. بدیهی است در صورت اجتناب‌ناپذیر بودن حفرچاه در این محل‌ها باید سازه‌های مناسب برای محافظت در برابر رواناب و سیل ایجاد کرد.
 - محل چاه در حریم جاده، راه آهن، خطوط انتقال آب، برق، گاز و سایر ابنیه‌های دارای حریم نباشد.
 - محل چاه‌ها در حریم منابع آب زیرزمینی دیگر (چاه‌ها، چشمه‌ها و قنوت) نباشد تا موجب ضرر و زیان به آبخوان و صاحب حقاچه‌ها نشود.
 - موقعیت چاه در مجاورت چاه‌های جذبی، فاضلابروها، و محل تخلیه و دفن زباله‌ها نباشد.
 - موقعیت چاه از لحاظ مالکیت، محدودیت و مشکل نداشته باشد.
- در شرایط واقعی، همه این اطلاعات به ندرت در دسترس است. اغلب آنچه که در بهترین شرایط، علاوه بر استانداردها موجود است، آبدهی مطلوب، محل مصرف، و محل تقریبی چاه است. اطلاعات موجود با گزارش‌ها و نقشه‌های هیدرولوژیکی منطقه، استدلال‌های ژئوهیدرولوژیکی بر مبنای اطلاعات موجود، استنتاج از طریق همبستگی با اطلاعات معلوم در مورد حوضه‌های مجاور و مشابه هیدرولوژیکی، و حفاری چاه گمانه در زمین اگر چاه بزرگی (آبدهی بیش از ۰/۳۸ مترمکعب در دقیقه) برنامه‌ریزی شده باشد تکمیل می‌شود.

۳-۴-۶- گالری‌های نفوذ

گالری‌های نفوذ هنگامی ساخته می‌شوند که شرایط زیرسطحی اجازه توسعه آب زیرزمینی با استفاده از چاه‌های قائم را نمی‌دهد. چنین شرایطی در آبخوان‌های کم ضخامت یا جایی که لایه آب شور زیر لایه کم ضخامت آب شیرین قرار گرفته، اتفاق می‌افتد. به‌طور مثال، دره رودخانه‌ای که در آن ته‌نشست‌های آبرفتی کم ضخامت در بالای سنگ بستری قرار دارد که در آن آب فراوان است و شرایط هدایت هیدرولیکی بالاست، اما قابلیت انتقال آبخوان برای ایجاد چاه به دلیل ضخامت کم آبخوان ناکافی است. در چنین مواردی، چاه افقی یا زهکش زیرسطحی در مواد آبرفتی تراوا قرار می‌گیرد و آب در چاهکی متصل به پمپ جمع‌آوری می‌شود. به دلیل هدایت هیدرولیکی زیاد مواد آبرفتی و مجاورتشان با منبع تغذیه از قبیل رودخانه، اغلب مقدار قابل توجهی آب از طریق گالری‌های نفوذ می‌توان استخراج کرد.

گالری‌های نفوذ زیر بستر رودخانه یا مجاور رودخانه یا توده آب سطحی ساخته می‌شوند. آبدهی گالری‌های نفوذ در زیر توده آب در حالت عادی حدود دو برابر آبدهی گالری‌های مجاور توده آب است. اما، ساخت گالری‌های نفوذ زیر توده آب معمولاً مشکل‌تر است. گالری‌های نفوذ در زیر توده آب به دلیل صافی شدن در وسعت کم‌تر، کدری بیش‌تر و شمار بیش‌تری باکتری دارند. در جایی که چنین برداشت‌هایی تاثیر مستقیم بر کیفیت یا کمیت جریان‌های سطحی داشته باشند، بسیاری از ملاحظات مربوط به برداشت مستقیم از آب سطحی باید رعایت شوند. این آب احتمالاً به فیلتراسیون نیاز دارد، که هزینه گالری‌های نفوذ را افزایش می‌دهد.

۳-۴-۷- چاه‌های ذخیره آبخوان و بازیافت

چاه‌های ذخیره و بازیافت آبخوان (ASR)^۱، چاه‌هایی‌اند که آب را به درون آبخوان تزریق می‌کنند و نیز از آن استخراج می‌کنند. چاه تزریق و استخراج یکی است، از این رو به آن اصطلاح «ذخیره و بازیافت آبخوان» اطلاق می‌شود. این تدبیر چاه‌های دو منظوره، محدودیت ذاتی چاه‌های تزریق یعنی مساله گرفتگی چاه را حل می‌کند.

الف- ویژگی‌ها

- چاه‌های ASR به خودی خود منبع آب نیستند؛ بلکه ابزارهایی‌اند که در برخی مناطق به بهبود مدیریت تامین آب کمک می‌کنند.
- نفع چاه‌های ASR این است که در جایی که زمین‌شناسی مناسب باشد، می‌توانند با ذخیره آب در زیرزمین در دوره‌های پر آبی و استخراج بعدی بخشی از آب ذخیره شده در دوره‌های تقاضای آب یا تامین غیرمکفی (از قبیل فصل آبیاری یا دوره‌های هیدرولوژیکی خشک)، مدیریت آب حوضه را بهبود بخشند.
- برخلاف مخازن سطحی، هیچ تبخیری از آبخوان صورت نمی‌گیرد و در برخی چاه‌های ASR، بازیافت خیلی زیاد است. بنابراین چاه‌های ASR می‌توانند وسیله مقرون به صرفه‌ای برای تغذیه آبخوان به دلیل افزایش قیمت زمین باشند. شرایط محلی، موفقیت راهکار ASR را تعیین می‌کند.
- منافع دیگر چاه‌های ASR شامل ذخیره برای شرایط اضطراری، کاهش محصولات فرعی گندزدایی، کاهش پتانسیل فرونشست زمین و پیشروی آب شور، کاهش هزینه‌های پمپاژ به خاطر سطح ایستابی بالاتر، و فرصت‌هایی برای استفاده تلفیقی آب سطحی و آب زیرزمینی است.
- به علت این که چاه‌های ASR ویژگی‌های طراحی و ساخت منحصر به فرد خاصی دارند که از چاه‌های تک منظوره متفاوت‌اند، مهارت‌های ویژه‌ای لازم دارند. AWWA و دیگران کتاب‌هایی در این موضوع چاپ کرده‌اند، با این حال، تعداد نشریات محدود اما در حال رشد است.

ب- گام‌های برنامه ASR

- این گام‌ها شامل شناخت تشکیلات زیرزمینی شامل قابلیت انتقال، ضخامت، حدود، و نوع تشکیلات و کیفیت آب است.
- استفاده موفق از فرایند ASR به آبخوان ای نیاز دارد که ظرفیت ذخیره قابل توجه درون حفره‌ای بین ذرات ماسه و شن داشته باشد.

- ASR همچنین نیاز دارد تا قابلیت انتقال کافی برای دور شدن آب تزریقی از چاه‌های جذب با سرعت کافی وجود داشته باشد تا تزریق بتواند ادامه یابد، لکن نه انتقال‌پذیری خیلی زیاد، به طوری که باعث دور شدن از چاه شود. در جایی که تشکیلات انتقال‌پذیری مناسبی داشته باشند، آبخوان باید به اندازه کافی بارآور باشد که بتوان آب تزریق شده توسط همان امکاناتی که آن را تصفیه کرده استخراج شود. برنامه آزمایشی باید چاه‌های پایش دائمی و واقعه‌نگاری اطلاعات را شامل شود.
- شناخت تشکیلات زمین شناختی برای پیش‌گویی و برآورد تعامل بین تشکیلات و آب بومی و آب تزریقی مهم است. مسایل ژئوشیمیایی گوناگونی از تعامل آب‌های سطحی و زیرزمینی به وجود می‌آید. یک مساله عمده این است که رسوب‌گذاری کربنات کلسیم می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای ظرفیت آبخوان را برای پذیرش آب تصفیه شده کاهش دهد. در نتیجه، با مدل‌های تعادل شیمیایی آب باید اطمینان حاصل شود که اختلاط آب سطحی با آب زیرزمینی قابلیت انتقال آبخوان را کاهش نمی‌دهد. به علاوه، در تشکیلات با مقدار زیادی پیریت (سولفید آهن)، آبشویی آرسنیک احتمال دارد که مشکلی باشد.

ج- قوانین حقوقی آب

برای اطمینان یافتن از این که تاسیساتی که آب تصفیه شده را در آبخوان ذخیره می‌کند بتواند آن آب را بعداً پمپاژ کند، قوانین حقوقی آب باید وجود داشته باشد. بیش تر ایالت‌های آمریکا سیستم حبابه‌ای برای این منظور دارند، اما مجوزهای لازم باید اخذ شود. ایالت‌های کمی همچنان از حق اسر برای کنترل آب زیرزمینی استفاده می‌کنند. در این ایالت‌ها، هر کس می‌تواند آب ذخیره شده را بدون جریمه پمپاژ کند، اگر بتواند نیاز به آن را نشان دهد.

د- هزینه

- از نظر مدیریتی، یکی از منافع چاه‌های ASR، پتانسیل بهینه‌سازی تصفیه‌خانه آب است. احداث تاسیسات بزرگ تصفیه‌خانه که مصرف بیشینه روزانه را تامین کند، مقرون به صرفه نیست. از این رو، ASR به عنوان راهی برای بریدن پیک‌ها و به این وسیله کاستن سرمایه‌گذاری ثابت جالب توجه است. این نشان می‌دهد که پروژه‌های ASR، منابع آب نیستند، زیرا متکی به آمیزه‌ای از ظرفیت تصفیه‌خانه آب و ذخیره موقت برای به انجام ماموریت‌شان هستند.
- در ارزیابی پروژه‌های ASR باید هزینه نصب و بهره‌برداری لوله‌گذاری برای انتقال آب تصفیه شده به چاه‌های تزریق و نیز برای بازگرداندن آب بازیافتی به نقطه مصرف، در نظر گرفت. با توجه به این که همه آبی که پمپاژ می‌شود از کیفیت آشامیدنی برخوردار است، خطوط انتقال می‌تواند هر دوی آب تزریقی و آب بازیافتی را شریکی در جهات مخالف حمل کند.

نکته آخر این که، بسیاری از محل‌ها، زمین‌شناسی مناسبی برای استفاده موفقیت‌آمیز از چاه‌های ASR ندارند. بنابراین، درحالی‌که ASR ابزار بالقوه مفیدی است، نباید به عنوان علاج همه مشکلات تامین آب پنداشته شود.

۳-۴-۸- قنات

قنات یا کاریز، یک آبراه زیرزمینی با شیب ملایم است که همراه با تعدادی چاه قائم به نام میله، در زمین حفر می‌شود تا آب زیرزمینی در آن روان شود و خود به خود در سطح زمین ظاهر شود. مهم‌ترین شرایط برای حفر قنات، وجود آبخوان مناسب همراه با شیب مناسب سطح زمین و سطح ایستایی است که باعث جریان پیوسته آب به طرف مظهر قنات می‌شود. چون معمولاً دیواره مجرای قنات فاقد پوشش حفاظتی است، با گذشت زمان دیواره‌ها ریزش کرده و کف مجرای قنات را تا حدودی پر کرده و مانع عبور جریان آب می‌شود، از این نظر لایروبی مستمر قنات ضروری است. به منظور استفاده بهداشتی از آب قنات باید از آلودگی آن‌ها جلوگیری کرد، زیرا در بعضی از مناطق فاضلاب کارخانجات یا منازل وارد این قنات می‌شوند.

۳-۴-۹- چشمه

چشمه نه تنها در تامین آب آشامیدنی و کشاورزی روستاها، بلکه در تامین آب بسته‌بندی و نیز تامین آب برخی از شهرها در فلات ایران اهمیت زیادی دارد. آب بعضی از رودخانه‌های فصلی و دائمی از چشمه‌ها تامین می‌شود. در بعضی از مناطق کویری نیز چشمه آب شیرین وجود دارد که هر چند ممکن است آبدهی زیادی نداشته باشد، ولی چون تنها منبع آب شیرین در این مناطق است حائز اهمیت است. در این رابطه توجه به موارد زیر ضرورت می‌یابد:

- نظارت بر بهره‌برداری چشمه از نظر کمی و کیفی
- آب چشمه‌ها در روستاها از طریق لوله‌کشی برای مصارف شرب استفاده می‌شود. در مواقع بارندگی شدید و جاری شدن سیلاب‌های ناگهانی ممکن است لوله‌کشی در معرض خطر قرار گیرد، به طوری که ممکن است آب لوله‌کشی تا بازسازی و مرمت این تاسیسات برای مدت طولانی قطع شود. بنابراین از نظر طراحی لوله‌کشی برای تامین آب از چشمه‌ها باید اصول فنی رعایت شود.
- از نظر کیفیت علاوه بر مساله شوری و سختی، مساله آلودگی میکروبی و سایر آلاینده‌ها سبب افت کیفیت و یا اصولاً باعث عدم استفاده بهداشتی آن‌ها می‌شود. از این رو، حفاظت حریم کیفی چشمه‌ها ضروری است (راهنمای حریم کیفی منابع آب جهت بسته‌بندی با هدف شرب).
- آبدهی چشمه باید به‌طور ادواری اندازه‌گیری و تحلیل شود.

۳-۴-۱۰- توسعه سیستماتیک آب زیرزمینی

توسعه سیستماتیک آب زیرزمینی به عنوان منبع بدیل تامین آب را می‌توان فرآیندی سه مرحله‌ای در نظر گرفت: (۱) اکتشاف، (۲) کمی‌سازی، و (۳) بهره‌برداری پایدار در محدوده آبدهی مطمئن.

۳-۴-۱- اکتشاف آب زیرزمینی

در مرحله اکتشاف آب زیرزمینی، فعالیت‌های اصلی عبارت‌اند از:

- شناسایی تشکیلات بالقوه حاوی آب (آبخوان‌ها)
- تعیین طبیعت و منشأ کانسارهای زمین‌شناختی و ساختارهای زمین‌شناختی (کانسارهای آبرفتی، کانسارهای کواترنری، سنگ‌های شکاف‌دار، سنگ‌های انحلالی، و غیره)
- شناسایی نواحی تغذیه و تخلیه و همچنین وسعت آن‌ها
- تعیین سطح ایستابی در هر لایه تراوای آبخوان
- شناسایی جهت‌های جریان آب زیرزمینی
- تعیین طبیعت وقوع آب زیرزمینی (یعنی، آبخوان تحت فشار یا آزاد)
- حفاری چاه‌های گمانه و نمونه‌گیری تشکیلات رسوخ کرده معرف
- نمونه‌گیری آب معرف برای تعیین کیفیت آب در هر لایه
- با اکتشاف آب زیرزمینی، برنامه ریز می‌تواند سوالات زیر را پاسخ دهد:
- آب زیرزمینی کجا (از نظر افقی یا قائم) قرار دارد؟
- کدام تشکیلات زمین‌شناختی حاوی آب زیرزمینی است؟
- سطح آب زیرزمینی در چه عمقی است؟
- کیفیت آب زیرزمینی به چه خوبی است؟
- معمول‌ترین شیوه‌های مطالعاتی برای اکتشاف آب زیرزمینی عبارت‌اند از:
- نقشه‌ها و گزارشات هیدروژئولوژیکی گردآوری شده توسط سازمان‌های ملی، استانی، و محلی
- استدلال ژئوفیزیکی - زمین‌شناسی
- حفاری چاه گمانه
- پیمایش‌های زمین‌شناسی - ژئوفیزیکی
- آزمایش‌های افت مرحله‌ای سطح آب
- واقع‌نگاری ژئوفیزیکی
- تحلیل‌های شیمیایی و طبقه‌بندی ژئوشیمیایی

۳-۴-۱۱- توصیف آب زیرزمینی

فعالیت‌های اصلی در مرحله توصیف آب زیرزمینی و تعیین خصوصیات حوضه، عبارت‌اند از:

- تعیین مرزهای حوضه آب زیرزمینی، مثل خطوط تقسیم آب زیرزمینی

- تعیین جریان‌های ورودی آب زیرزمینی به آبخوان، و تعیین تغذیه از بارندگی، جریان رودخانه، جریان‌های ورودی زیرسطحی، نشت از مخازن سطحی، آب آبیاری، و برکه‌های تغذیه مصنوعی
 - تعیین خروجی‌های جریان آب زیرزمینی از آبخوان، مثل خروجی‌های طبیعی از طریق چشمه‌ها، نشت به رودخانه‌ها و دریاچه‌ها، و تبخیر و تعرق، پمپاژ توسط چاه‌ها، و زهکشی از طریق زهکش‌های سفالی^۱
 - تعیین بیلان کلی آب زیرزمینی (تغییر در ذخیره = خروجی - ورودی) و تجدید ذخیره متوسط سالانه
 - تعیین مشخصات آبخوان، مثل همگنی^۲ / ناهمگنی؛ همسان‌گردی^۳ / ناهمسان‌گردی؛ هدایت هیدرولیکی؛ تخلخل؛ ضرایب ذخیره؛ و قابلیت انتقال
 - تعیین ظرفیت ویژه چاه‌ها در مکان‌های مختلف
 - تعیین خصوصیات هیدروژئولوژیکی ناحیه غیراشباع در بالای سطح آب
 - مشخص کردن توزیع کیفیت آب در آبخوان و در سطح زمین روی آن
 - مدل‌سازی مفهومی حوضه آب زیرزمینی
- با کمی‌سازی آب زیرزمینی، برنامه‌ریز منابع آب می‌تواند به سوالات زیر پاسخ دهد:
- چه مقدار آب به آبخوان وارد یا از آن خارج می‌شود؟
 - عمق و ضخامت تشکیلات حاوی آب چقدر است؟
 - ذخیره آب در هر لایه چقدر است و اندرکنش لایه‌ها چگونه است؟
 - آب به‌طور طبیعی با چه سرعتی حرکت می‌کند و سرعت محتمل حرکت ابر آلودگی در محیط آبخوان چقدر است؟
 - چقدر افت در واحد حجم برداشت آب اتفاق خواهد افتاد؟
 - کیفیت آب زیرزمینی لایه زیرین^۴ چگونه است، و چگونه توسط پمپاژ آب زیرزمینی و کاربری اراضی روی آن ممکن است تحت تاثیر قرار گیرد؟
 - چگونه آبخوان احتمالاً تحت سناریوهای مختلف پمپاژ و مدیریت آب زیرزمینی رفتار می‌کند؟
 - پتانسیل برای تغذیه مصنوعی چیست؟
- شیوه‌های مطالعاتی زیر رایج‌ترین شیوه‌های کمی‌سازی آب زیرزمینی‌اند:

1- Tile
 2- Homogeneity
 3- Isotropic
 4- Under-groundwater

- تحلیل داده‌های هیدرولوژیکی برای بیلان آب (بارش، جریان رودخانه، جریان‌های زیرسطحی، شرایط مرزی، جریان چشمه‌ها، کاربری اراضی، کاربری آب، آب به کار رفته در آبیاری، تبخیر و تعرق)
- همبسته‌سازی و تجمیع منابع مختلف داده‌ها، از قبیل نقشه‌های سطح آب، هیدروگراف چاه، نقشه‌های زمین‌شناسی، واقع‌نگاری (لاگ) چاه، واقع‌نگاری ژئوفیزیکی، لاگ‌های حفارها، تحلیل‌های ژئوشیمیایی، تحلیل‌های جریان رودخانه در ایستگاه‌های مختلف اندازه‌گیری در حوضه آب زیرزمینی، آزمایش‌های پمپاژ، مشاهدات در چاه‌های پایش، روش‌های ایزوتوپ، و مشاهدات از چاه‌های گمانه
- مدل‌سازی مفهومی حوضه آب زیرزمینی

۳-۴-۱۲- توسعه و مدیریت پایدار آب زیرزمینی

هدف اصلی این مرحله از توسعه آب زیرزمینی، تعیین حداکثر آبدهی مطمئن^۱ حوضه آب زیرزمینی و تدوین استراتژی‌های مدیریتی برای حراست آبخوان از برداشت بیش از حد است. آبدهی مطمئن، به مقدار سالانه آبی اشاره دارد که می‌تواند از آبخوان بدون هیچ نتیجه نامطلوبی برداشت شود (از این رو، مطمئن نامیده می‌شود). نتیجه نامطلوب می‌تواند به صورت هر یک از اقسام زیر یا هر ترکیبی از آن‌ها باشد:

- برداشت بیش از تغذیه طبیعی
- پایین آمدن سطح ایستابی زیر محدوده‌های معین
- تداخل با حقوق آب زیرزمینی دیگران
- پیشروی از نواحی آب شور یا آب‌های دیگر با کیفیت پایین
- کاهش جریان پایه به رودخانه‌ها و دیگر اثرات بر تالاب‌ها
- تنزل کیفیت آب زیرزمینی

معمولاً آبدهی مطمئن به‌عنوان میانگین جریان ورودی طبیعی سالانه به حوضه آب زیرزمینی بر مبنای داده‌های هیدرولوژیکی ۳۰ تا ۴۰ ساله در نظر گرفته می‌شود. به علت این‌که شرایط آینده تغییر می‌کند، یک تک مقدار آبدهی مطمئن سنجه قابل اعتمادی نیست. هر کمی‌سازی بر مبنای شرایط ویژه یا فرض‌های معین داده‌هاست. هر تغییری از قبیل تغییر در الگوی پمپاژ می‌تواند تغذیه را تغییر دهد. تغییرات در کاربری اراضی یا شهری‌سازی نیز می‌توانند موجب تغییراتی در تغذیه شوند و بنابراین بر آبدهی مطمئن تاثیرگذارند.

فعالیت‌های اصلی در مرحله توسعه و مدیریت پایدار آب زیرزمینی عبارتند از:

- محاسبه بیلان هیدرولوژیکی برای هر جزء از حوضه آب زیرزمینی

- تعیین آبدهی مطمئن
 - محاسبه اندرکنش با جریان رودخانه و آبیاری کشاورزی
 - محاسبه تغییرات در الگوهای جریان ایجاد شده توسط پمپاژ چاه
 - ارزیابی فرونشست زمین
 - تعیین ارتفاع های پمپاژ و هزینه های پمپاژ
 - ارزیابی قیود قانونی (حقابها)، قضایی، و اجرایی
 - ساختن و واسنجی مدل های ریاضی
 - ارزیابی وضعیت آب زیرزمینی تحت انواع سناریوهای بدیل توسعه
 - کمی سازی پتانسیل های تغذیه مصنوعی
 - ارزیابی فرصت های استفاده تلفیقی
 - ارزیابی تاثیر پمپاژ بر کیفیت آب زیرزمینی
 - تعیین پیشروی آب شور یا آب با کیفیت نازل از محیط آبی مجاور
 - تعیین پتانسیل اصلاح رژیم طبیعی جریان رودخانه
 - پایش تراز آب و کیفیت آب در چاهها
- برنامه ریزی مدیریت آب زیرزمینی، برنامه ریز منابع آب را قادر به ارزیابی سوالات زیر می سازد:
- چه مقدار آب از هر منبع مشخص (از قبیل بارش، جریان رودخانه، جریان زیرسطحی) وارد و خارج آبخوان می شود؟
 - واکنش آبخوان چگونه است؟
 - آبدهی مطمئن حوضه چقدر است؟ مقدار بیشینه پمپاژ درازمدت پایدار چیست؟
 - رژیم های جریان آب زیرزمینی منطقه ای و نیز محلی چیست و چگونه آنها از انواع سناریوهای بدیل توسعه آب تاثیر می پذیرند؟
 - روابط بین رودخانه ها و آبخوانها چیست و چگونه در آینده ممکن است تغییر کنند؟
 - رابطه فرونشست زمین و پمپاژ در آبخوان چیست؟
 - پایین آمدن سطح آب زیرزمینی توسط پمپاژ چگونه بر هزینه های پمپاژ تاثیر می گذارد؟
 - توسعه آب زیرزمینی چه اثراتی بر کیفیت آب داشته است؟
 - چگونه ویژگی های تغذیه آبخوان ممکن است به علت پمپاژ بیش از حد و یا تغذیه مصنوعی تغییر کند؟
 - چگونه توسعه آب زیرزمینی با دیگر پارامترها و قیود محیطی تداخل می کند؟
 - چگونه توسعه آب زیرزمینی با قیود قانونی دیگر (از قبیل حقابه ها در آبخوانها و در رودخانه ها که آبخوانها را تغذیه می کنند) تداخل می کند؟
- معمول ترین شیوه های مطالعاتی برای توسعه و مدیریت پایدار آب زیرزمینی عبارتند از:

- ساختن و واسنجی مدل‌های ریاضی برای جریان آب زیرزمینی و کیفیت آب
- تحلیل گزینه‌های بدیل با مدل‌های ریاضی
- ایجاد شبکه پایش جریان و کیفیت آب
- انجام مطالعات ژئوهیدرولوژیکی به همراه برنامه‌های جمع‌آوری داده‌های تکمیلی
- اجرای آزمایشات پمپاژ و واقع‌نگاری زمین‌شناختی برای تعیین مشخصات آبخوان
- اجرای تحلیل‌های اقتصادی گزینه‌ها برای توسعه آب زیرزمینی و انواع استراتژی‌های مدیریتی
- بهینه‌سازی مدل‌ها

۳-۴-۱۳- استفاده تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی^۱

استفاده تلفیقی از منابع آب زیرزمینی و سطحی راهکار غیرسازه‌ای موثری برای تامین تقاضاهای فزاینده آب است. به بیان دیگر، استفاده هماهنگ و برنامه‌ریزی شده از آبخوان و منابع آب سطحی به ویژه سد، قابلیت اعتماد تامین آب را افزایش و هزینه را کاهش می‌دهد. استفاده تلفیقی یکی از راهکارهای مدیریت تطبیقی^۲ در شرایط خشک‌سالی و نیز تغییر اقلیم است.

۳-۵- تغذیه مدیریت شده آبخوان یا تغذیه مصنوعی

تغذیه مدیریت شده آبخوان، یکی از برنامه‌های تقویت منابع تامین آب خصوصا در مناطق خشک و نیمه خشک و روشی برای مدیریت منابع آب شهری است [۱]. تغذیه مصنوعی^۳ بخش مهمی از مدیریت جامع آب شهری در توسعه پایدار منابع تامین آب خصوصا در مناطق خشک و نیمه خشک است.

- مزایای تغذیه آبخوان در مقایسه با ذخیره سطحی آب، شامل موارد زیر است:
 - تلفات ناچیز تبخیر،
 - آسیب‌پذیری محدود نسبت به آلودگی‌های ثانویه انسانی و یا حیوانی،
 - عدم شکوفایی جلبک که موجب افت کیفیت آب سطحی می‌شود،
 - در عبور آب از محیط زیرسطحی، تصفیه خاک- آبخوان^۴ صورت می‌گیرد [۱]،
 - علاوه بر این‌ها، آبخوان‌ها ذخیره‌سازی فصلی و یا طولانی‌تر آب انجام می‌دهند.

1- Conjunctive Use of Surface and Ground-Water

2- Adaptive Management

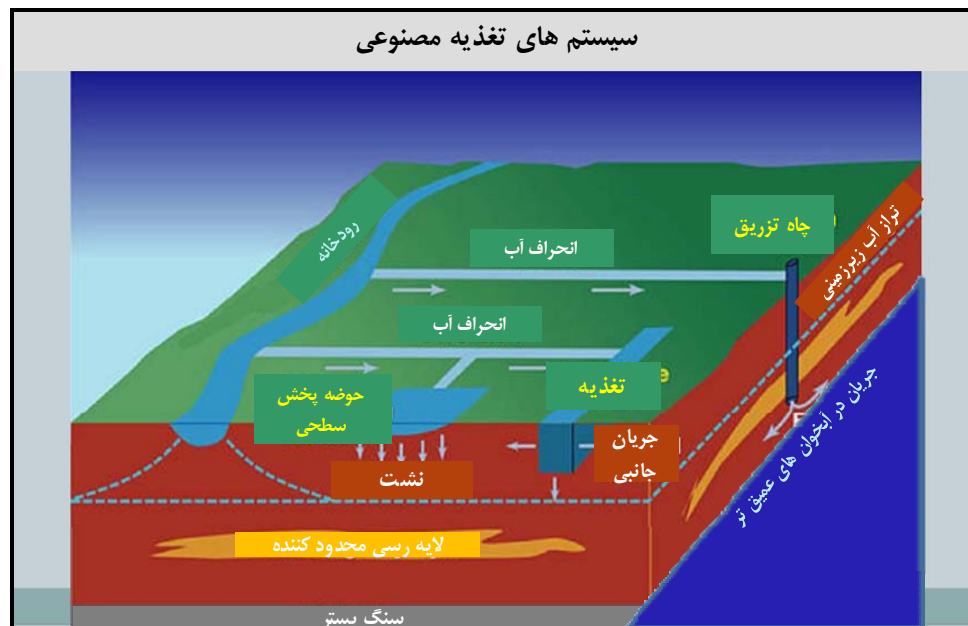
3- Artificial Recharge

4- Soil-Aquifer Treatment (SAT)

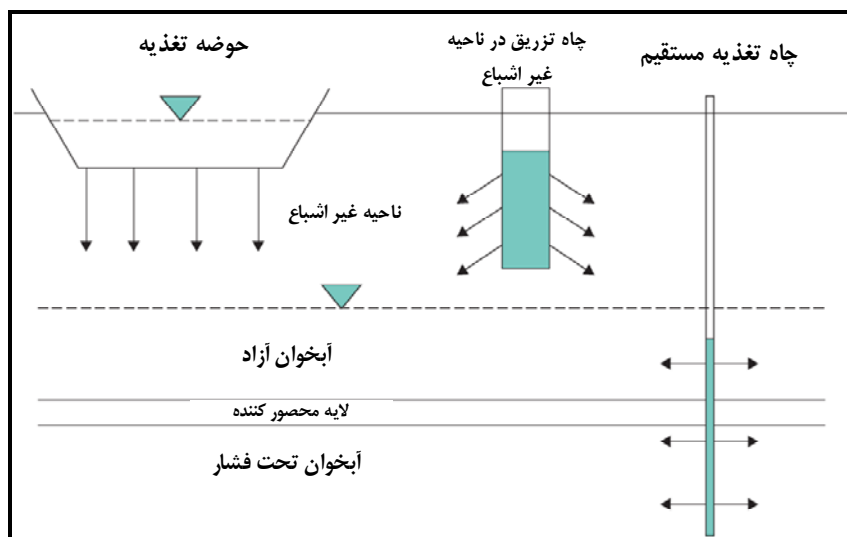
تغذیه آب زیرزمینی با فاضلاب شهری تصفیه شده، رویکردی برای استفاده دوباره آب با منظورهای زیر است:

- کاهش، توقف و یا حتی معکوس کردن روند کاهش تراز آب زیرزمینی،
- حفاظت از آبخوان‌های ساحلی شیرین در برابر پیشروی آب شور و
- ذخیره‌سازی آب سطحی شامل سیل و دیگر آب‌های اضافی و فاضلاب شهری تصفیه شده

شکل (۳-۳) و شکل (۳-۴)، سه تکنولوژی شامل «حوضچه‌های تراوش یا تغذیه»، «چاه‌های تزریق در منطقه غیراشباع»، و «چاه‌های تزریق مستقیم» برای تغذیه آبخوان با فاضلاب شهری تصفیه شده را نشان می‌دهد. همان طوری که جدول (۳-۲) نشان می‌دهد، تصفیه خاک-آبخوان در هر سه تکنولوژی صورت می‌گیرد. در حوضچه‌های تغذیه آبخوان و چاه‌های تزریق در منطقه غیراشباع، تصفیه خاک-آبخوان هم در منطقه اشباع و هم در غیراشباع صورت می‌گیرد، در حالی که در روش چاه‌های تزریق مستقیم، تصفیه خاک-آبخوان در مناطق اشباع (آزاد و یا تحت فشار) انجام می‌شود. حوضچه تراوش یا تغذیه، رایج‌ترین روش است [۱]. جدول (۳-۲)، ویژگی‌های اصلی تغذیه آبخوان با فاضلاب شهری تصفیه شده را نشان می‌دهد [۱].



شکل ۳-۳- تغذیه مصنوعی آبخوان



شکل ۳-۴- روش‌های تغذیه مصنوعی آبخوان [۱]

جدول ۳-۲- ویژگی‌های اصلی تغذیه آبخوان با فاضلاب شهری تصفیه شده [۱]

روش تغذیه	حوضه‌های تغذیه	چاه‌های تزریق در ناحیه غیر اشباع	چاه‌های تزریق مستقیم
نوع آبخوان	آزاد	آزاد	آزاد یا تحت فشار
الزامات پیش تصفیه	تکنولوژی پایین	حذف جامدات	تکنولوژی بالا
هزینه‌های اصلی تخمین زده شده	زمین و سیستم توزیع	حفر چاه	حفر چاه
ظرفیت	000 m ³ /ha-d.000-20.1	1000-3000 m ³ /Well-d	2000-6000 m ³ /Well-d
الزامات نگهداری	خشک انداختن و خراشیدن	خشک انداختن و گند زدایی	گندزدایی و برگشت جریان
عمر تخمین زده شده	بیش از ۱۰۰ سال	۲۰-۵۰ سال	۲۵-۵۰ سال
تصفیه خاک-آبخوان	ناحیه غیر اشباع و ناحیه اشباع	ناحیه غیر اشباع و ناحیه اشباع	ناحیه اشباع

۳-۶- انتقال آب

۳-۶-۱- انتقال به مفهوم واگذاری یا معامله

انتقال آب می‌تواند یکی از مولفه‌های موثر در سیستم‌های تامین آب شهری برای تامین تقاضاهای آبی رو به رشد و نیز برای مدیریت اثرات خشک‌سالی خصوصا در مناطق خشک و نیمه خشک باشد.

انواع مختلفی از روش‌های انتقال آب برای اهداف مختلف در برنامه‌ریزی و بهره‌برداری سیستم‌های آب شهری وجود

دارد [۱]:

- انتقال دائم^۱

1- Permanent Transfer

- انتقال احتمالی یا موکولی (درسال‌های خشک به صورت درازمدت، کوتاه‌مدت و یا میان‌مدت)^۱
- بازار نقدی^۲
- بانک آب^۳
- انتقال آب احیا شده^۴
- آب اضافی یا صرفه‌جویی شده^۵
- مبادله آب^۶

منافع اصلی انتقال آب:

- تامین مستقیم نیازها و کاهش هزینه‌ها
- بهبود قابلیت اعتماد سیستم تامین آب
- بهبود کیفیت آب
- ارضای قیود محیط‌زیستی

مشکلات و راه‌حل‌ها:

- یکی از مشکلات اصلی در این زمینه، عدم اطلاع درست بخش‌های مصرف از شرایط آب و هوایی سال‌های آینده و عدم امکان مشارکت آن‌ها در برخورد با این مساله است.
- در صورت وجود یک مدیریت کارآمد خشکسالی و بهبود سیاست‌های برخورد با آن، بخش‌های مصرف می‌توانند به نحو بهتری با این بحران برخورد کرده و خود را با شرایط جدید تطبیق دهند.
- یکی از سیاست‌هایی که امروزه در زمینه مدیریت خشکسالی در کشورهای توسعه یافته انجام می‌گیرد، پیش بینی کمی و یا کیفی خشکسالی برای منطقه مورد نظر با استفاده از روش‌های سناریوهای تغییر اقلیم و استفاده از داده‌های ماهواره‌ای است.
- پس از مشخص شدن وضعیت کم آبی سال‌های آینده، استفاده از مدل‌های «تجارت آب» از روش‌های نوینی است که با مشارکت دادن بخش‌های مصرف در مدیریت منابع آب تخصیص یافته به هر بخش و آگاهی از وضعیت آب و هوایی آینده و در نتیجه امکان تطبیق بیش‌تر فعالیت‌ها با میزان آب در دسترس، میزان خسارت را کاهش داده و بحران خشکسالی را مدیریت می‌کند.

1- Contingent Transfer
 2- Spot Market
 3- Water Bank
 4- Transfer of Reclaimed Water
 5- Conserved or Surplus
 6- Exchange or Water Wheeling

- اجرای عملیات انتقال آب نیاز به تقویت یکپارچگی و هماهنگی میان استفاده‌کنندگان مختلف آب دارد.
- پروژه‌های بزرگ انتقال آب، در نواحی خشک و نیمه خشک، به علت تفاوت منطقه‌ای در دسترسی به آب، یک راه‌حل در تامین تقاضای آب شهری می‌باشند.

۳-۶-۲- انتقال بین حوضه‌ای آب و انتقال دور

۳-۶-۲-۱- ویژگی‌ها و ملاحظات

- انتقال بین حوضه‌ای آب از بحث انگیزترین و پرمناقشه‌ترین پروژه‌های توسعه منابع آب به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک جهان است.
- انتقال بین حوضه‌ای آب یکی از راه‌حل‌های ممکن تامین آب در یک حوضه کم آب است که باید انواع گزینه‌های آن با دیگر گزینه‌های تامین آب از قبیل احداث سد، استخراج آب زیرزمینی، شیرین کردن آب شور، منابع غیرمتداول آب (مانند فاضلاب تصفیه شده) و نیز راه‌های مدیریت تقاضا از جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی، محیط‌زیستی و اکولوژیکی و پایداری مقایسه شود.
- فلسفه انتقال بین حوضه‌ای آب، انتقال آب اضافی از حوضه مبدا است و در آن حقبه‌های فعلی و آینده و نیازهای اکوسیستمی حوضه مبدا اولویت بالاتری دارند؛ مگر در شرایط خاصی که اصل «برابری» ایجاب نماید.
- طرح‌های انتقال بین حوضه‌ای آب در یک کشور باید قاعدتا پیش‌بینی شود.
- طرح جامع آب کشور، با مقایسه سرانه منابع آب تجدیدپذیر با نیازهای فعلی آب و پتانسیل‌های توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی حوضه‌های مختلف کشور، ممکن است ناپایداری توسعه سیستم‌های اجتماعی-اقتصادی و اکوسیستم‌های متکی بر آب در برخی نواحی با سرانه منابع آب تجدیدپذیر کم را برساند (کادر ۳-۱).
- علاوه بر پایداری، بهره‌وری بیش‌تر آب^۱ در یک منطقه، می‌تواند انتقال آب را تا حدی توجیه کند.

کادر ۳-۱- انتقال بین حوضه‌ای [۲۱ و ۲۲]

ضوابط ملی آمایش سرزمین:

توجه به محدودیت‌های آب برای مصارف کشاورزی، با تاکید بر:
 انتقال درون و بین حوضه‌ای آب، با توجه به حفظ تعادل‌های محیطی، برای مصارف شرب، خدمات و صنعت.
 راهبردهای توسعه بلند مدت منابع آب کشور:
 طرح‌های انتقال بین حوضه‌ای از دیدگاه توسعه پایدار، با رعایت حقوق ذی‌نفعان و برای تامین نیازهای مختلف مصرف، مشروط به توجهات فنی، اقتصادی، اجتماعی و ملی مورد نظر قرار می‌گیرد.

- در بیش تر کشورهایی که با تغییرات مکانی زیاد آب روبرو هستند و توان اقتصادی بالایی دارند، پروژه‌های زیرساختی انتقال آب بین حوضه‌ای، راه حل نهایی برای رفع کمبود آب و ایجاد تعادل اقتصادی و برابری بین مناطق مختلف است.
- به خاطر در نظر نگرفتن اثرات نامطلوب محتمل، پروژه‌های های شکست خورده و تجربیات تلخ زیادی در جهان وجود دارد، لکن با رویکرد مدیریت جامع منابع آب و با در نظر داشتن همه اصول و ابعاد آن از جمله پایداری و مدیریت تقاضا می‌توان برنامه موفق‌تری داشت (تجربه تلخ انتقال آب به شهر لس آنجلس از دریاچه‌های اونز و مونو را در پیوست ۱ این راهنما مشاهده نمایید).

۳-۶-۲- چالش‌های ارزیابی اثرات محتمل پروژه‌های انتقال

- برخی از اثرات از نظر فرایندی و یا به خاطر عدم قطعیت‌ها در زمان برنامه‌ریزی و نیز به خاطر دینامیک بودن سیستم‌های انسانی و طبیعی، در درازمدت خود را نشان می‌دهند و یا تشدید می‌شوند.
- برخی از اثرات اصلاً شناخته شده نیستند، تا زمانی که پیش آیند.

- اثرات نامطلوب محتمل

- اثرات مستقیم بر مدیریت آب در حوضه‌های مبدا و مقصد که ممکن است باعث بهبود یا تنزل شرایط محیط‌زیستی و معیشتی در حوضه مبدا، مسیر پروژه و حوضه پذیرنده آب شوند.
- اجرای پروژه‌های انتقال نیاز به زیرساخت‌هایی از قبیل سد، تونل، خطوط لوله، کانال و ایستگاه‌های پمپاژ دارند. این زیرساخت‌ها نیز ممکن است اثرات محیط‌زیستی و اقتصادی گسترده‌ای در حوضه‌های برداشت و پذیرنده آب داشته باشند.
- تاثیر پروژه‌های انتقال بر خصوصیات خاک، آب و هوا، اقلیم، بهداشت، تغذیه و رفاه عمومی، حیات آبریان و اکوسیستم‌ها و خسارات محتمل ناشی از این اثرات باید به دقت بررسی شوند.
- ممکن است علاوه بر متاثر ساختن حیات گیاهی و جانوری، سبب از بین رفتن روستاها، زمین‌های کشاورزی و میراث‌های فرهنگی و تاریخی شده و تعادل اکولوژیکی منطقه را نیز دستخوش تغییر کنند.
- پروژه‌های انتقال بین حوضه‌ای آب ممکن است دارای منظورهای متعددی باشند. هر چه منظورها بیش تر باشند، مناقشه بیش تری وجود خواهد داشت، لکن میزان و شدت مناقشات بستگی به اهمیت هر منظور دارد. برای مثال، منظور تامین آب شرب، کم‌ترین مناقشه را در مقایسه با دیگر منظورها دارد.

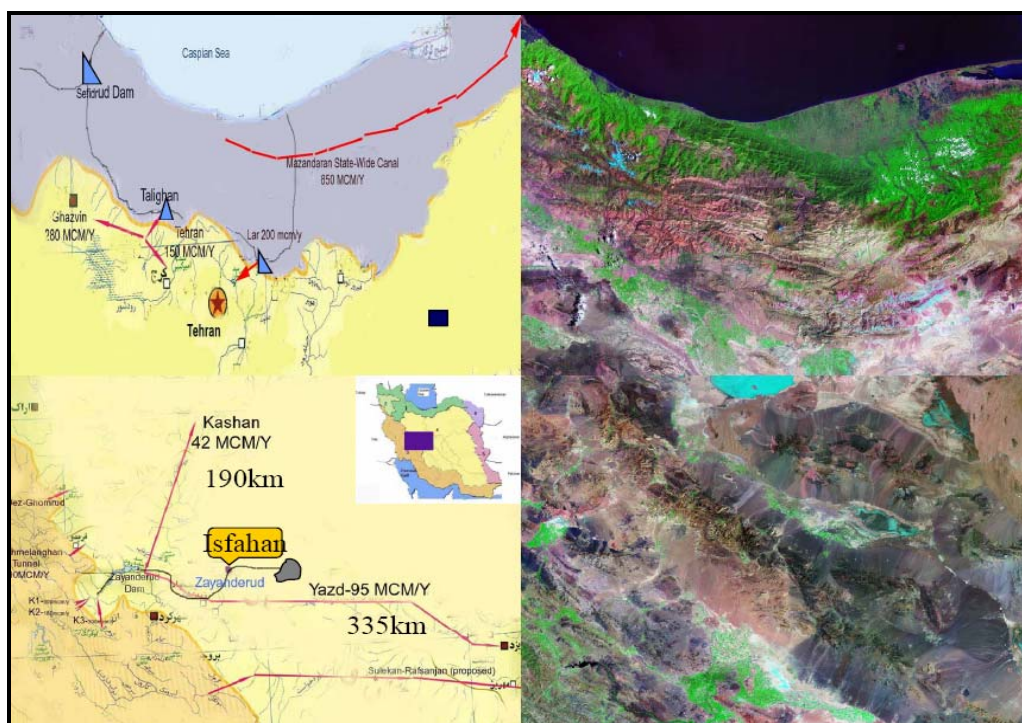
۳-۶-۳- چند پروژه مهم انتقال آب

- چین؛ پروژه انتقال آب از جنوب به شمال چین
- تقریباً ۴۵ میلیارد مترمکعب آب در هر سال از رودخانه زرد و دیگر رودخانه‌ها به شمال خواهد فرستاد.

- اجرای این پروژه در سال ۲۰۵۰ به پایان می‌رسد [۱].
 - لیبی؛ پروژه رودخانه انسان ساخت بزرگ^۱
 - یک سیستم انتقال آب است که آب آبخوان‌های جنوب لیبی را به شمال لیبی خواهد فرستاد.
 - تقریباً ۸۰ درصد آب برای آبیاری در کشاورزی استفاده خواهد شد.
 - به خاطر پمپاژ زیاد آب زیرزمینی در نواحی ساحلی شمال، پیشروی زیاد آب شور دریا به سیستم آبخوان ساحلی صورت گرفته است [۱].
 - ایالت آریزونا؛ پروژه آریزونای مرکزی^۲ (CAP)
 - آب را از رودخانه کلرادو به آریزونای مرکزی و جنوبی انتقال می‌دهد.
 - این پروژه یک سیستم ۳۳۶ مایلی متشکل از کانال‌های بزرگ، تونل‌ها، ایستگاه‌های پمپاژ و خط لوله است.
 - CAP برای انتقال ۱/۴۱۵ میلیون اکر- فوت از ۲/۸ اکر- فوت سهم آریزونا از رودخانه کلرادو طراحی شده است.
 - CAP به عقیده بسیاری، بزرگ‌ترین، گران‌ترین و پرجنجال‌ترین (از لحاظ سیاسی) پروژه توسعه آب در تاریخ آمریکا بوده است.
 - هزینه آب CAP و هزینه‌های سیستم تحویل، آب را از نظر اقتصادی برای بخش کشاورزی که منظور اولیه طرح بود، غیر قابل استفاده کرد و به دولت فروخته شد.
 - آب CAP هم ذخیره و بازیابی (SAR) آبخوان‌ها در شهر توسان آریزونا می‌شود و هم تحویل مستقیم برای استفاده شهری می‌شود.
 - تقریباً تمام جریان رودخانه کلرادو به سمت جنوب کالیفرنیا و آریزونا منحرف می‌شود.
 - به خاطر این انحراف آب، امروزه مصب رودخانه کلرادو در شمال مکزیک به یک مکان خشک با زمین‌های گلی ترک خورده و سطوح نمکی تبدیل شده است [۱].
 - ایران
- شکل (۳-۵)، شمای چند طرح انتقال بین حوضه‌ای در ایران را نمایش می‌دهد.

1- Great Man-Made River Project (GMMRP)

2- Central Arizona Project (CAP)



شکل ۳-۵- شمای چند طرح انتقال بین حوضه‌ای در ایران

۳-۷- استحصال آب باران^۱

از تمدن‌های اولیه تا کنون، جمع‌آوری رواناب سطحی بارش و ذخیره آن در مخزن‌های مصنوعی و یا آب انبارها در نواحی خشک و نیمه خشک رایج بوده است. استحصال آب باران را می‌توان به عنوان منبع تکمیلی و یا حتی منبع اصلی آب در خانه‌ها و یا در اجتماعات کوچک به کار برد (۱).

در سال‌های اخیر، خصوصاً در کشورهایی که با بحران کم‌آبی روبرو هستند، از بارندگی در محیط‌های شهری به عنوان منبع جدید آب استفاده می‌کنند. رویکرد جدید برنامه‌ریزی فیزیکی شهری در جهان، «طراحی شهری حساس به آب»^۲ است. جمع‌آوری آب بارندگی از بام منازل و رواناب‌های جاری در سطوح نفوذناپذیر شهری، استفاده از حوضچه‌ها و برکه‌های تاخیری و تغذیه آبخوان‌ها از برنامه‌های این شیوه طراحی شهری است (توضیحات بیشتر در بخش مدیریت آب اضافی).

۳-۷-۱- مثال‌ها

- کویت: ۱۲ درصد آب مورد نیاز کشاورزی

1- Rain Water Harvesting

2- Water Sensitive Urban Design

- عمان: ۲۷ درصد آب مورد نیاز صنعت
- عربستان سعودی: ۱۱ درصد آب مورد نیاز آبیاری و صنعت
- امارات متحده عربی: ۱۶ درصد آب مورد نیاز کشاورزی

۳-۸- مدیریت پساب‌ها و زه‌آب‌ها به منظور جایگزینی در کشاورزی و صنعت به جای آب شرب

۳-۸-۱- احیا و استفاده دوباره آب

در مناطقی از کشور که مصارف شهری، کشاورزی و صنعتی در مقایسه با منابع تامین آب زیاد است، باید با استفاده از منابع جایگزین، افزایش بازچرخش آب و استفاده از پساب در صنعت و کشاورزی بین تقاضای آب بخش‌های مختلف (شهری، صنعتی و کشاورزی)، تعادل برقرار کرد، که در واقع این یکی از «اهداف توسعه هزاره»^۱ است. بازچرخش و بازیافت آب، یکی از راهکارهای کاهش تقاضا و مدیریت مصرف آب است که برای دستیابی به مدیریت پایدار آب بیش‌تر مورد توجه کشورهای توسعه یافته است (نشریه ۵۳۵ [۳۹]).

۳-۸-۱-۱- منافع کلی

- در بسیاری از شهرهای مناطق خشک و نیمه‌خشک، که از ظرفیت کامل منابع آب موجود استفاده می‌شود، احیا و استفاده دوباره آب گزینه جذابی برای به تعویق انداختن پروژه‌های جدید توسعه منابع آب است.
- فرصت کاهش آلودگی در مناطق شهری با تخلیه نکردن پساب‌ها به آب‌های سطحی حساس ایجاد می‌شود.
- احیای آب و استفاده دوباره در مصارف غیرشرب، فقط به تکنولوژی‌های رایج تصفیه آب و فاضلاب که گسترده در مناطق خشک و نیمه خشک جهان استفاده می‌شود، نیاز دارد.

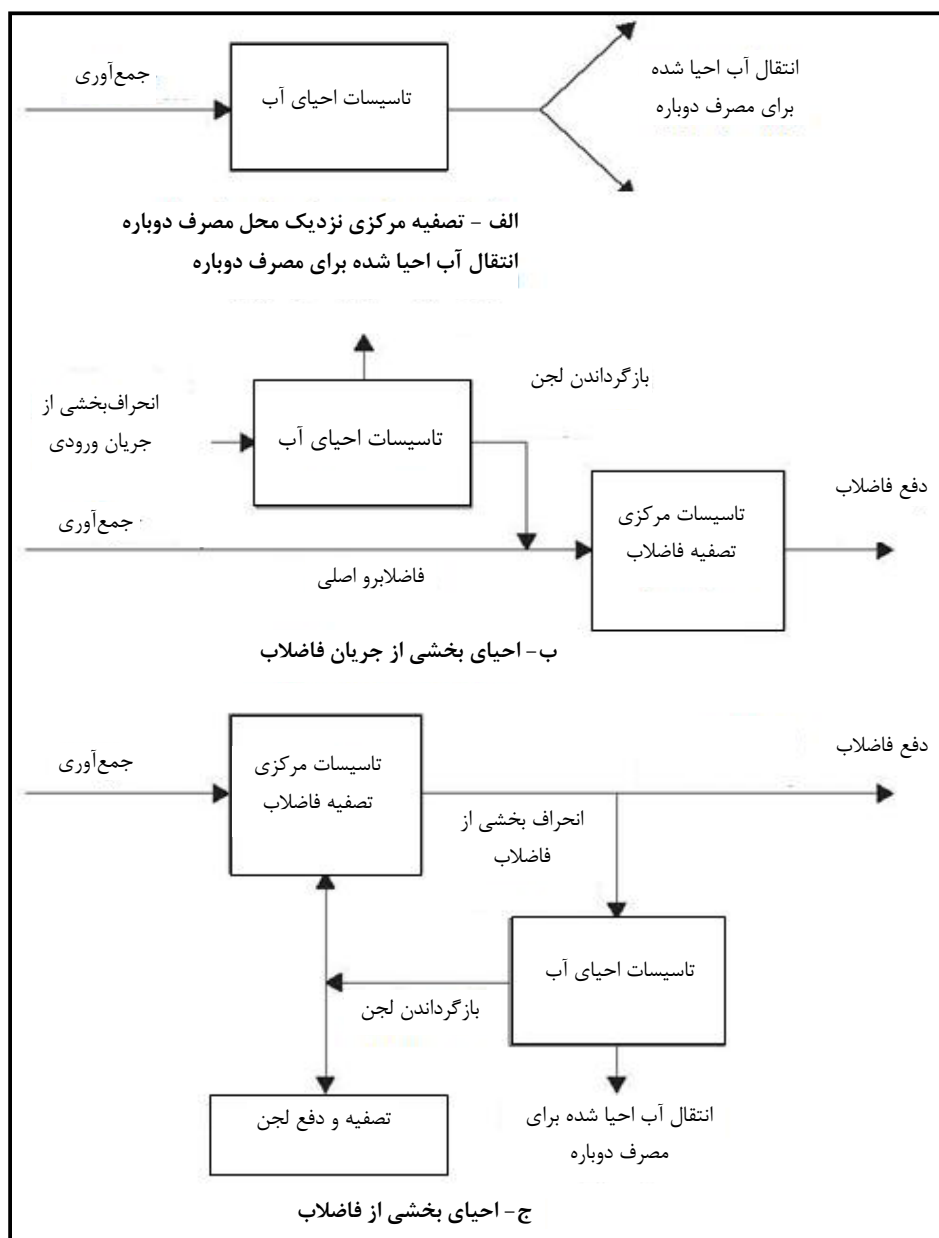
۳-۸-۱-۲- نکات فنی در برنامه‌ریزی سیستم‌های استفاده دوباره آب

- شناسایی و تعیین ویژگی‌های تقاضاهای بالقوه آب احیاء شده
- تعیین ویژگی‌های منابع آب احیا شده به منظور تعیین پتانسیل استفاده دوباره آن‌ها
- تصفیه لازم برای تولید آب احیا شده سالم و مطمئن و مناسب برای کاربری‌های مورد نظر
- تالیسات ذخیره‌سازی فصلی لازم برای ایجاد تعادل بین نوسانات فصلی آب و نوسانات تقاضا

- تاسیسات تکمیلی لازم برای بهره‌برداری سیستم بازیافت آب، مثل شبکه‌های انتقال و توزیع، تاسیسات ذخیره آب در شبکه توزیع و تاسیسات بدیل دفع
 - ارزیابی اثرات بالقوه محیط‌زیستی اجرای پروژه احیای آب
- شکل (۳-۶)، سه پیکربندی بدیل سیستم بازیافت آب را برای مناطق شهری نشان می‌دهد [۱].

۳-۸-۱-۳- توصیه‌ها برای کشور

- به خاطر کمبود فعلی یا پیش‌بینی شده آب در کشور، کارایی مصرف آب باید افزایش یابد و منابع جدید آب مثل فاضلاب تصفیه شده به عنوان یک گزینه در نظر گرفته شود.
- مقبولیت فرهنگی، یک مساله کلیدی است. لذا باید تلاش شود که پروژه‌های موفق تکنولوژی‌های تصفیه و بازیافت فاضلاب نشان داده شوند تا مردم از منافع آن متقاعد شوند.



شکل ۳-۶- پیکربندی‌های بدیل سیستم‌های بازیافت (استفاده دوباره) آب [۱]

۳-۸-۲- بازیافت آب برای کشاورزی شهری^۱ [۴۸]

۳-۸-۲-۱- چالش‌ها

- در چند دهه گذشته مصرف آب با نرخ بیش از دو برابر نرخ رشد جمعیت افزایش یافته است.
- در شهرهایی با رشد سریع، منابع آب در یک فضای رقابتی بین کاربری‌های مختلف، منبعی شکننده و کمیاب شده است.
- در حومه کلان‌شهرها که اغلب کم درآمد اند، بسیاری از مردم برای بر طرف کردن نیازهای اساسی غذایی خود به کشاورزی در ابعاد کوچک می‌پردازند.
- با تخصیص آب برای معیشت جوامع شهری و حاشیه شهری^۲، کشاورزی (آبیاری) شهری و حاشیه شهری به صورت فعالیتی غیررسمی رشد می‌کند.
- منابع محلی آب شامل سطحی و زیرزمینی، رواناب شهری، آب لوله‌کشی و فاضلاب تصفیه شده (نشده) در مراکز شهری در کشورهای با درآمد کم تا متوسط به دلیل تمرکز جمعیت با امکانات اولیه بهداشتی و پساب کنترل نشده شهری و صنعتی، در معرض آلودگی شدید است.
- مدیریت منابع آب در مناطق حاشیه شهری، مساله مبرمی شده است، چرا که کشاورزان اغلب از فاضلاب شهری (اغلب تصفیه نشده) برای آبیاری و به عنوان مواد مغذی استفاده می‌کنند که خطر وقوع بیماری را هم برای خود کشاورز و هم برای مصرف کنندگان افزایش می‌دهد.
- تخریب آبخوان‌های کم عمق رودخانه‌ای و ساحلی به خاطر پمپاژ زیاد و آلودگی مستقیم و یا از رودخانه، بحران آب در بسیاری از شهرها را شدیدتر کرده است.

۳-۸-۲-۲- حمایت از کشاورزی شهری و حاشیه شهری

برای حمایت از کشاورزی شهری و حاشیه شهری، رسیدگی به چالش‌های زیر ضروری است:

- تامین آب کافی آبیاری توام با بهداشت،
- تغذیه و کیفیت و سلامت آب و غذا،
- دسترسی برابر به آب،
- وفق دادن اولویت شهری با روستایی و
- مدیریت پایدار فاضلاب برای داشتن محیط‌زیستی پاک و ایمن

1- Urban Agriculture

2- Peri-Urban

۳-۸-۲-۳- برنامه‌ها

- ترویج فناوری‌های صرفه‌جویی آب شامل سیستم‌های آبیاری تحت فشار (قطره‌ای و بارانی)،
- توسعه و مدیریت آب برای سیستم‌های مناسب کشت و منظرسازی شهری، شامل روش‌های آبیاری و زهکشی، استفاده از فاضلاب برای آبیاری، استفاده توأم از آب سطحی و زیرزمینی و سیستم ذخیره- بازیافت آبخوان^۱،
- توسعه سیستم پایش کیفیت آب^۲،
- تدوین راهنما برای استفاده ایمن از فاضلاب تصفیه شده و آب خاکستری^۳ و بازچرخش،
- ارزیابی اقتصادی هزینه‌های فرصت منابع آب در شرایط رقابت بین تولیدات کشاورزی و تامین آب و بهداشت در مناطق شهری و روستایی و ابزارهای اقتصادی تخصیص آب برای کشاورزی
- ارزیابی آسیب‌پذیری منابع در مناطق شهری و روستایی،
- ارزیابی خطرات سلامت عمومی از کشاورزی و باغبانی با پساب،
- کنترل ناقلین بیماری در محیط‌زیست،
- تسهیل مذاکره ساختار یافته بین ذینفعان در مناطق شهری و روستایی،
- توسعه شیوه‌های برنامه‌ریزی مشارکتی برای مناطق ساحلی، آبخوان‌ها، بخش‌های مدیریتی و اقتصادی و حکمرانی حوضه‌های آبریز و ساختارهای مشارکتی با NGO ها

۳-۹- باروری ابر^۴

باروری ابر، ابر را به‌طور مصنوعی تحریک می‌کند تا بارش بیش‌تری نسبت به حالت طبیعی خود نازل کند. در باروری ابر، مواد مخصوصی در ابر تزریق می‌شود که منجر به شکل‌گیری راحت‌تر برف دانه‌ها و قطرات باران می‌شود [۱۰]. باروری ابرهای زمستانی کوهستانی در کالیفرنیا، از ابتدای دهه‌ی ۱۹۵۰ سابقه دارد.

از یدور نقره به عنوان عامل^۵ باروری استفاده می‌شود. اگر باروری هوایی صورت پذیرد، از یخ خشک به عنوان مکمل استفاده می‌شود. یدور نقره را هم از طریق ژنراتورهای زمینی و هم از طریق هواپیما می‌توان به‌کار برد. گاهی از دیگر عامل‌ها مانند پروپان مایع نیز استفاده می‌شود. در سال‌های اخیر مواد هیگروسکوپیک (موادی که آب را از هوا جذب می‌کنند) به عنوان عوامل باروری مکمل، مورد آزمایش قرار گرفته‌اند.

1- Aquifer Storage and Recovery
 2- Water Quality Monitoring
 3- Greywater
 4- Cloud Seeding
 5- Agent

۳-۹-۱- مزایای نسبی باروری ابر

باروری ابر مزایایی نسبت به برخی از استراتژی‌های تامین آب دارد:

- باروری ابر می‌تواند نسبتاً سریع و بدون زمان تاخیر چند ساله اجرا شود،
- در مناطق برفی، اتلاف ذخیره برف به علت گرم شدن جهانی دما را جبران می‌کند،
- فوایدی برای چمنزارهای کوهستانی دارد،
- زمان فصل آتش‌سوزی در جنگل‌ها را به تعویق می‌اندازد.

باروری ابر، به عنوان یکی از استراتژی‌های توسعه منابع در مدیریت جامع منابع آب و برنامه آب کالیفرنیا (سال ۲۰۰۵) در نظر گرفته شده است [۱۰].

۳-۱۰- نمک‌زدایی^۱

نمک‌زدایی به هر یک از چندین فرایندی که نمک اضافی و یا مواد معدنی دیگر را از آب حذف می‌کنند تا آب شیرین مناسب برای شرب یا کشاورزی حاصل شود، گفته می‌شود. نمک‌زدایی یک شیوه غیرمتداول^۲ برای تهیه آب است که روز به روز کاربرد وسیع‌تری خصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشک جهان می‌یابد.

با توجه به کمبود منابع آب شیرین، یکی از راه‌حل‌های مناسب، استفاده از حجم عظیم آب اقیانوس‌هاست. با نمک‌زدایی آب‌های شور مقدار قابل توجهی آب شیرین در اختیار بشر قرار می‌گیرد. در حدود ۱۵،۰۰۰ کارگاه نمک‌زدایی در جهان با ظرفیتی حدود ۶۰ میلیون مترمکعب در روز در مدار است (اغلب در خارج از آمریکای شمالی). از آنجایی که دسترسی به منابع آب شیرین در خاورمیانه بسیار کم است، ۶۵ درصد از ظرفیت کارگاه‌های آب شیرین کن جهان در این منطقه قرار دارد [۴۳ و ۵۱]. حدود ۹۵ درصد آب امارات متحده عربی از نمک‌زدایی آب تامین می‌شود. پیش‌بینی شده است که تا سال ۲۰۱۴ هر ساله بیش از معادل یک رودخانه جدید Thames به منابع آب شیرین جهان اضافه شود و تا سال ۲۰۲۰ ظرفیت صنعت آب شیرین کن دو برابر این خواهد شد [۵۱ و ۵۲].

یکی از مشکلات موجود در فرایند نمک‌زدایی، انرژی زیاد مورد نیاز آن است. در خاورمیانه بخش عمده این انرژی توسط نفت تامین می‌شود.

1- Desalination
2- Unconventional

جدول (۳-۳)، حجم آب نمک‌زدایی شده در سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۰۷ و رشد تولید را در چند کشور نشان می‌دهد. نمک‌زدایی آب یک برنامه راهبردی تهیه آب شیرین در مناطق ساحلی ایران است و این جدول رشد چشم‌گیری را در ایران نشان می‌دهد.

جدول ۳-۳- حجم آب نمک‌زدایی شده در چند کشور (میلیون مترمکعب) [۴]

کشور	۲۰۰۲	۲۰۰۷	درصد رشد
قزاقستان	۱۳۳۰	۱۳۳۰	۰
عربستان سعودی	۸۶۳	۱۰۳۰	۱۹
امارات متحده عربی	۳۸۵	۹۵۰	۱۴۷
آمریکا	۵۸۰	۵۸۰	۰
کویت	۴۲۰	۴۲۰	۰
ایران	۳	۲۰۰	۶۵۶۷
قطر	۹۹	۱۸۰	۸۲
فلسطین شمالی	۲۶	۱۴۰	۴۴۷
عمان	۳۴	۱۰۹	۲۲۱
بحرین	۴۴	۱۰۲	۱۳۱
مصر	۱۰۰	۱۰۰	۰
اسپانیا			

۳-۱۰-۱- شعبه ۳، بزرگ‌ترین کارگاه نمک‌زدایی جهان

- بسیاری از کشورهای خاورمیانه همچنان ذخایر انرژی زیادی دارند که از آب نمک‌زدایی شده برای کشاورزی استفاده می‌کنند. کارگاه‌های نمک‌زدایی عربستان سعودی در حدود ۲۴ درصد ظرفیت کل جهان را دارد. نمک‌زدایی، ۷۰ درصد نیازهای کنونی آب شرب عربستان سعودی شامل مراکز صنعتی و شهری را از طریق شبکه لوله با بیش از ۲۳۰۰ مایل تامین می‌کند.
- بزرگ‌ترین کارگاه نمک‌زدایی جهان، کارگاه نمک‌زدایی شعبه در عربستان با ظرفیت ۸۸۰،۰۰۰ مترمکعب در روز است. چندین کارگاه جدید در حال برنامه‌ریزی و یا ساخت است که تعداد کل را به تقریباً ۳۰ واحد مشابه شعبه می‌رساند [۱ و ۴۳ و ۵۱ و ۵۲].

۳-۱۰-۲- روش‌های اصلی نمک‌زدایی

- شامل روش‌های تقطیر و فرایندهای غشایی است که هر کدام دارای چند روش‌اند [۱].
- دو روش پیش‌تاز نمک‌زدایی، یعنی اسمز معکوس (فرایند غشایی) و تقطیر چند مرحله‌ای به ترتیب با ظرفیت نصب ۴۷/۲ و ۳۶.۵/۵ درصد ظرفیت کل جهان است.
 - فرایند غشایی دیالیز الکتریکی معمولاً برای تصفیه آب زیرزمینی لب شور ترجیح داده می‌شود.
 - دیگر روش‌ها: انجماد، زمین-گرمایی، رطوبت افزایی خورشیدی و تبلور هیدرات کربن [۱ و ۵۱].

۳-۱۱- احداث سد در حوضه آبریز و اثرات اکولوژیکی، محیط‌زیستی، اجتماعی و اقتصادی

۳-۱۱-۱- ملاحظات کلی احداث سد

احداث سد در پاسخ به تقاضای روزافزون بشر به آب، مهم‌ترین طرح‌های توسعه منابع در جهان است. برنامه‌ریزی و بهره‌برداری سد از پیچیده‌ترین امور توسعه و مدیریت سیستم‌های منابع آب است. ملاحظات کلی آن عبارت‌اند از:

- برنامه‌ریزی سد شامل طراحی و تعیین سیاست بهینه مخزن، با توجه به معیارهای اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و محیط‌زیستی، اثرات بیرونی^۱ و معیارهای فنی [۱۸، ۵۳ و ۵۴].
- توجه به برقراری توازن بین نیازهای آبی انسان (شرب و دیگر مصارف خانگی، کشاورزی، صنعتی، ...) و نیازهای آبی محیط‌زیست یا اکوسیستم‌ها به عنوان یکی از اصول مهم توسعه پایدار منابع آب و پایداری محیط‌زیست

۳-۱۱-۱-۱- نگرش رودخانه‌های تک منظوره در مقابل حوضه‌های چند منظوره و مدیریت اکوسیستمی

سیاست‌های حاکم بر آب در جهان در حال تغییر و تحول عظیمی است و به شدت متأثر از تغییرات ارزش‌های سیاسی، اقتصادی و اجتماعی است. این تغییر و تحولات در مدیریت منابع آب از نگرش رودخانه‌های تک منظوره تا حوضه‌های چند منظوره و در حال حاضر در مدیریت اکوسیستمی قابل مشاهده است.

مفهوم مدیریت اکوسیستمی حوضه شامل حفظ منابع طبیعی، فرهنگی، تفریحی، محیط‌زیستی، ماهی و حیات وحش و نیز گونه‌های در معرض خطر است که سال‌هاست مورد توجه بسیاری از مهندسان، مدیران بخش آب، دانشمندان و بیولوژیست‌هاست.

۳-۱۱-۲- پیامدهای عدم مدیریت اکوسیستمی

- در ایالات متحده به‌طور متوسط در هر ۶۰ کیلومتر از رودخانه‌ها یک سد احداث شده است. در این کشور، اثرات مخرب سد بر اکوسیستم و به‌طور کلی محیط‌زیست بسیار مشهود بوده و موجب شده است که در قرن ۲۰ام نزدیک به ۵۰۰ سد به‌طور کامل و یا جزئی تخریب شود و تخریب تعداد زیادی سد در دست مطالعه است.
- البته به خاطر عدم امکان برآورد نسبتاً دقیقی از منافع تخریب سد در مقابل منافی که از دست می‌رود، موضوع تخریب سدها همچنان مسأله‌ای قابل بحث است.

- مطالعات اثرات محیط‌زیستی سدهای جدید به خصوص در کشورهای در حال توسعه با دقت کافی انجام نمی‌شود و جهت‌گیری عمومی، دست کم برآورد کردن اثرات منفی سدهاست.
- مخزن سد، اکولوژی رودخانه را تغییر می‌دهد. رودخانه‌های وحشی که با ساخت سدهای بزرگ تنظیم می‌شوند، از تغییرات اکوسیستمی عظیمی رنج می‌برند.
- باتوجه به شرایط فیزیکی و بیولوژیکی ایجاد شده توسط مخازن و دریاچه‌های انسان‌ساز، حفاظت و به‌سازی این منابع اکولوژیکی امری حیاتی است.
- تخریب دریای آرال و دریاچه ارومیه مصادیق بارز عدم مدیریت اکوسیستمی است.

۳-۱۱-۱- پیامدهای کاهش جریان رسوب و سیل و تغییرات رژیم جریان در پایین‌دست سد

- مخازن، رسوبات رودخانه را در خود محبوس می‌کنند و در دهانه ورودی رودخانه، دلتا تشکیل می‌دهند.
- دما و کیفیت آب را تغییر می‌دهند، زیستگاهی برای ماهی‌های غیر بومی و مانعی برای مهاجرت ماهی‌های بومی ایجاد می‌کنند.
- تشکیل تالاب‌ها و منابع آبی-خاکی جدید را سبب می‌شوند.
- رودخانه‌ها در پایین‌دست سدهای بزرگ سیل‌های کوچک‌تری را تجربه می‌کنند.
- آب خروجی از سد که رسوبات آن گرفته شده است باعث فرسایش و نابودی بستر رودخانه می‌شود، صخره‌های آبرفتی را با خود می‌برند و سواحل پوشیده از گیاه را از بین می‌برند.
- مورفولوژی رودخانه در پایین‌دست سد تغییر کرده و امکان ترسیب رسوبات همراه شاخه‌های فرعی رودخانه فراهم می‌آید. این عدم تناسب در رسوبات باعث افزایش نسبت عرض به عمق شده و ناپایداری‌های جانبی را افزایش می‌دهد.
- ویژگی‌های کیفیتی از جمله دمای آب تخلیه شده از مخازن لایه‌بندی شده برای گونه‌های آبی خطرناک است. آب تمیز (بدون مواد معلق) رها شده نفوذ نور را افزایش داده و در نتیجه تولید اولیه، زیستگاه ماهی‌ها و توان مخفی شدن از دید صیادان را تغییر می‌دهد.
- سدهای برقایی براساس تغییرات در الگوی تقاضای برق، میزان تخلیه آب را به صورت روزانه و یا حتی ساعتی تغییر می‌دهند. نوسانات شدید برای کاربری‌های تفریحی آب و ماهی‌های کوچک می‌تواند بسیار خطرناک باشد. این رژیم آب ممکن است برای گونه‌های گیاهی غیربومی مناسب باشد، لکن نابودی گونه‌های بومی که با رژیم طبیعی جریان و دینامیک رودخانه سازگار شده‌اند را در پی دارد.

۳-۱۱-۲- اثرات محیط‌زیستی

اثرات محیط‌زیستی سدها را می‌توان در سه دسته کلی تقسیم‌بندی کرد:

- ۱- افت کیفیت آب ورودی به مخزن بر اثر تغییر در کاربری و پوشش زمین و دیگر فعالیت‌های انسان در حوضه آبریز سد
- ۲- اثرات مستقیم احداث سد
- تغییر و تحولات در کیفیت آب مخزن بر اثر فرایندهای طبیعی فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در مخزن،
- اثرات ناشی از نحوه بهره‌برداری از مخزن،
- زوال کیفیت آب رودخانه در پایین دست سد به خاطر کاربری‌ها و مصارف مختلف آب تنظیم شده توسط سد (تخلیه و ورود فاضلاب‌های شهری، صنعتی، رواناب‌های شهری، پساب کشاورزی)
- ۳- اثرات مخرب محیط‌زیستی بر اثر انفصال رودخانه به وسیله سد
- با یک طبقه‌بندی کلی‌تر، اثرات محیط‌زیستی سدها را می‌توان در دو گروه طبقه‌بندی کرد:
 - آن‌هایی که به واسطه وجود خود سد و مخزن آن روی می‌دهند.
 - آن‌هایی که از الگوی بهره‌برداری از سد ناشی می‌شوند.
- نمونه‌هایی از این اثرات در کادر (۳-۴) ارائه شده است.

کادر ۳-۴- اثرات عمده محیط‌زیستی سدها

الف- اثرات به واسطه وجود سد و مخزن
- قرار گرفتن مخزن در جای دره رودخانه (از دست رفتن زیستگاه)
- تغییرات مورفولوژی بستر رودخانه، دلتا و ساحل پایین دست به واسطه تغییر بار رسوب (افزایش فرسایش)
- تغییرات در کیفیت آب در پایین دست: تأثیر بر دمای رودخانه، بار مواد مغذی، کدورت، گازهای محلول، غلظت فلزات سنگین و مواد معدنی
- کاهش تنوع زیستی به واسطه مسدود شدن حرکت و جابه‌جایی ارگانیزم‌ها (مانند ماهی قزل‌آلا) و نیز به دلیل تغییرات فوق
ب- اثرات به واسطه الگوی بهره‌برداری از سد
- تغییرات در هیدرولوژی پایین دست
• تغییر در جریان کل،
• تغییر در جریان‌های فصلی (مثلا سیلاب بهاری، سیلاب زمستانی می‌شود)،
• نوسانات کوتاه مدت در جریان‌ها (گاهی ساعتی)،
• تغییر در جریان‌های حدی زیاد و کم
- تغییرات در مورفولوژی پایین دست بر اثر تغییر الگوی جریان
- تغییرات در کیفیت آب پایین دست بر اثر تغییر الگوی جریان
- کاهش تنوع زیستگاه در رودخانه، سواحل و سیلاب دشت به‌خصوص بر اثر حذف یا کاهش سیلاب‌ها

۳-۱۱-۳- اثرات سد بر اکوسیستم‌ها

- اثرات اکوسیستمی سد را می‌توان به‌صورت زیر طبقه‌بندی کرد:
- **اثرات درجه اول:** شامل اثرات فیزیکی، شیمیایی و ژئومورفولوژیکی سد کردن یک رودخانه و تغییر توزیع و زمان وقوع طبیعی جریان‌های رودخانه
 - **اثرات درجه دوم:** شامل تغییرات در تولید اولیه بیولوژیکی اکوسیستم‌ها که شامل اثرات بر حیات گیاهی و تاثیر بر زیستگاه‌هایی نظیر تالاب‌ها

– اثرات درجه سوم: شامل تغییرات گونه‌های جانوری ناشی از اثرات درجه اول (نظیر انسداد رودخانه) یا اثرات درجه دوم (نظیر کاهش در موجودیت پلانکتون)

۱۲-۳- حریم منابع آب سطحی و زیرزمینی

۱-۱۲-۳- تعریف واژه‌ها

۱-۱۲-۳-۱- ناحیه تغذیه چاه یا چشمه^۱

آن قسمت از زمین که آب درون آن از طریق تراوش و حرکت وارد چاه یا چشمه می‌شود.

۱-۱۲-۳-۲- منطقه منبع چاه یا چشمه

دانستن ناحیه تغذیه چاه یا چشمه به تنهایی برای حفاظت آب کافی نیست. برای مثال اگر حرکت آب زیرزمینی به طرف چاه متأثر از نشت از مخزنی یا دریاچه ای باشد، کل ناحیه باید مشمول برنامه حفاظت باشد. بنابراین باید از «منطقه منبع چاه^۲»، به جای «ناحیه تغذیه چاه» استفاده کرد. «منطقه منبع»، حداقل به اندازه «ناحیه تغذیه چاه» است و اگر حوضه بالادست آن تاثیر معناداری بر آن داشته باشد، ممکن است بزرگتر از آن باشد.

۱-۱۲-۳-۳- ناحیه حفاظتی یا حریم کیفی مظهر چاه یا چشمه

سازمان فدرال آب شرب آمریکا منطقه‌ای به نام «ناحیه حفاظتی مظهر چاه^۳» (WHPA) در داخل «ناحیه تغذیه» تعریف کرده است. این ناحیه، تمامی نواحی سطحی و زیرسطحی اطراف چاه را در بر دارد به طوری که آلودگی در آن حرکت می‌کند و به منبع آب (چاه یا چشمه) می‌رسد. این ناحیه می‌تواند مشابه و هم اندازه ناحیه تغذیه چاه باشد. ناحیه حفاظتی را معمولا کوچکتر از ناحیه تغذیه چاه در نظر می‌گیرند، به دلیل آنکه تمام آلودگی ایجاد شده در ناحیه تغذیه چاه لزوماً به چاه نمی‌رسد. همچنین پدیده‌هایی مانند تبدیل شیمیایی، تجزیه بیولوژیکی و جذب به مواد داخل خاک ممکن است غلظت آلاینده‌ها را تا حد مجاز کاهش دهد. علاوه بر این، بسیاری از باکتری‌ها و ویروس‌ها دارای عمر کوتاهاوند و مسافت کوتاهی را می‌توانند طی کنند و قبل از این‌که به چاه برسند از بین روند.

1- Recharge Area
2- Source Area
3- Well Head Protection Area (WHPA)

۳-۱۲-۱-۴- تعیین حریم کیفی مظهر آب زیرزمینی شرب (چاه یا چشمه)

همان طوری که گفته شد، حریم کیفی مظهر آب زیرزمینی، محدوده‌ای در سطح یا زیرزمین است که احتمال رخداد آلودگی در آن و یا انتقال آلودگی از مسیر آن به سمت مظهر آب زیرزمینی وجود دارد. در این محدوده، فعالیت‌های انسانی در سطح و زیرزمین باید مهار و پایش شود.

تعیین حریم کیفی مظهر آب زیرزمینی شرب به معنای تعیین محدوده‌ای در اطراف منبع آب یا مظهر آب است تا با محدود کردن فعالیت‌های غیرطبیعی و انسانی در آن محدوده، احتمال ورود آلاینده‌ها به داخل منبع آب کاهش یابد. با دور شدن از منبع آب شرب، از شدت محدودیت‌های قانونی و کاربری اراضی کاسته می‌شود. لذا محدوده حریم کیفی، خود به چند زیر محدوده با قوانین و محدودیت‌های مختلف تقسیم‌بندی می‌شود. اصول و اساس این استراتژی، توجه به دو معیار «فاصله منبع آلوده‌کننده» و «زمان انتقال آلودگی» است.

از آنجایی که متداول‌ترین و معقولانه‌ترین روش حفاظت کیفی منبع آب شرب (چاه یا چشمه)، استفاده از شرایط طبیعی حاکم بر منبع آب و حفظ فاصله مطمئن بین منبع آب شرب و منبع آلودگی با پتانسیل زیاد انتقال آلودگی است، تعیین حریم کیفی منابع آب شرب در قالب تعیین محدوده آسیب‌پذیری^۱ و محدوده حفاظت^۲ و براساس داده‌های کمی و کیفی مختلف از محدوده‌ای که پتانسیل آلودگی دارد تعیین می‌شود و در قالب راهنماها و سیاست‌گذاری‌ها تنظیم می‌شود.

روش‌های مختلفی برای تعیین حریم کیفی چاه، چشمه و قنات پیشنهاد شده است. شاخص‌های اصلی روابطی که در تعیین حریم کیفی چاه و چشمه استفاده می‌شوند عبارت‌اند از:

۱- فاصله از چشمه یا چاه، ساده‌ترین شاخص،

۲- افت سطح آب در اطراف چاه بر اثر پمپاژ، که «محدوده تاثیر^۳» گفته می‌شود و

۳- زمان انتقال که ارتباط نزدیکی با شرایط هیدروژئولوژیکی و هیدرولیکی آبخوان آب زیرزمینی دارد.

روش معمول، بر پایه فاصله و زمان انتقال است که به خاطر سادگی، در مرحله مطالعات امکان‌سنجی بهتر از سایر روش‌هاست. از آنجایی که منابع آب شرب در شرایط و مکان‌های مختلفی قرار دارند، ارائه یک فاصله مطمئن بدون بررسی شرایط ژئوهیدرولوژیکی و آسیب‌پذیری، پایه و اساس علمی محکمی ندارد، اما تا حد بسیار زیادی می‌تواند مفید واقع شود. برای افزایش سطح اطمینان و کاهش عدم قطعیت، از روش‌های برآورد ریسک و ارزیابی آسیب‌پذیری استفاده می‌شود.

1- Vulnerability Zone

2- Protection Zone

3- Zone of Influence

۳-۱۲-۵- حفاظت کیفیت منابع آب (در کل حوضه)

حفاظت کیفیت منابع آب شامل اقداماتی است که در یک حوضه وسیع (حوضه آب زیرزمینی یا حوضه آبریز) صورت می‌گیرد. این اقدامات نیازمند برنامه‌ریزی وسیع، هماهنگی بین سازمانی و صرف هزینه و زمان زیادی است. هدف از حفاظت منابع آب، کنترل و ممانعت از آلودگی آبخوان و یا رودخانه از طرق مختلف مانند سیاست‌گذاری و وضع قوانین در سطوح سازمانی بالا مانند وزارتخانه است.

۳-۱۲-۶- حفاظت حریم کیفی منبع (مظهر) چاه یا چشمه آب شرب

پس از آن که حریم کیفی منبع آب شرب مشخص شد، سازمان مسوول باید منابع آلاینده در محدوده حفاظت کیفی منبع آب شرب را شناسایی و لیستی از «منابع آلاینده معلوم» و «منابع آلاینده محتمل» شهری (روستایی)، کشاورزی و صنعتی را تهیه کند.

«حفاظت از منبع (مظهر) آب»، در سطوح کوچک‌تری در مقایسه با «حفاظت منابع آب» انجام می‌شود و تنها بخشی از برنامه حفاظت در کل حوضه آبریز یا آبخوان است.

- راهکارهای مدیریتی

- با توجه به شرایط منطقه و منابع آلاینده در محدوده حریم کیفی چاه^۱ و یا چشمه^۲، از راهکارهای مدیریتی مختلفی مانند استفاده از ابزارهای پایش، اجرای قوانین کاربری اراضی، تدوین سیاست بهره‌برداری، استفاده از بهترین راهکارهای مدیریتی^۳ (BMPs) و آموزش و آگاه‌سازی عمومی می‌توان استفاده کرد.

- راهکارهای مدیریت حریم کیفی باید منجر به از بین رفتن یا به حداقل رساندن فعالیت‌های کاربری اراضی مستعد برای آلوده کردن منبع آب و تهدید آلاینده‌ها شود، برای مالکان اراضی قابل قبول بوده و آن‌ها را تشویق به همکاری کند.

- برنامه‌های بازدارنده عبارت‌اند از به‌کارگیری اقدامات کنترل‌کننده آلودگی برای منابع آلوده‌کننده، مدیریت کاربری اراضی و آموزش عمومی.

- برخی از اقدامات کنترل‌کننده عبارت‌اند از:

- نصب ابزارهای شناسایی زودهنگام آلاینده‌ها مانند نصب دستگاه‌های نشت‌سنج بر روی تانکرهای نگه‌دارنده مواد شیمیایی

- محدود یا ممنوع کردن استفاده از کود شیمیایی
 - مدیریت کاربری اراضی به ویژه کاربری‌هایی که پتانسیل آلوده کردن منابع آب را دارند.
 - مدیریت رواناب شهری که می‌تواند منابع سطحی و زیرزمینی را آلوده کند.
- برای اطلاعات بیشتر به مراجع ۵۸ و ۵۹ مراجعه شود.
- راهنمای جدید با عنوان «راهنمای حریم کیفی منابع آب جهت بسته‌بندی با هدف شرب» بیش‌تر بر بررسی نحوه حفاظت و مدیریت کیفی منابع آب بسته‌بندی در مقیاس کوچک و محدود به منبع برداشت (مظهر آب) تمرکز کرده است. با این وجود، به عوامل و مکانیزم‌های آلودگی و راهکارهای بزرگ مقیاس حفاظت کیفی نیز تا حد نیاز پرداخته است.

۳-۱۲-۱-۷- تعیین حریم کیفی منابع آب سطحی

روابط حاکمی که در تعیین حریم کیفی منابع آب سطحی استفاده می‌شود، مشابه روابطی است که در تعیین حریم کیفی چاه‌ها و چشمه‌ها استفاده می‌شود. خطر منابع آلوده کننده بستگی زیادی به موقعیت مکانی آن منبع دارد، به این معنا که در برخی مناطق، یک کانون آلودگی می‌تواند برای منبع آب سطحی برای شرب خطر جدی محسوب شود، اما همان منبع آلوده کننده در یک حوضه آبریز بزرگ‌تر خطر جدی محسوب نشود.

– روش‌های تعیین حریم کیفی منابع آب سطحی

برای تعیین حریم کیفی منابع آب سطحی جهت حفاظت کیفی منابع سطحی آب شرب، از سه روش می‌توان استفاده کرد.

۱- روش زمان انتقال (TOT)^۱ جریان رودخانه،

۲- تعیین ناحیه حائل/میانگیر^۲، و

۳- حوضه آبریز تو در تو^۳.

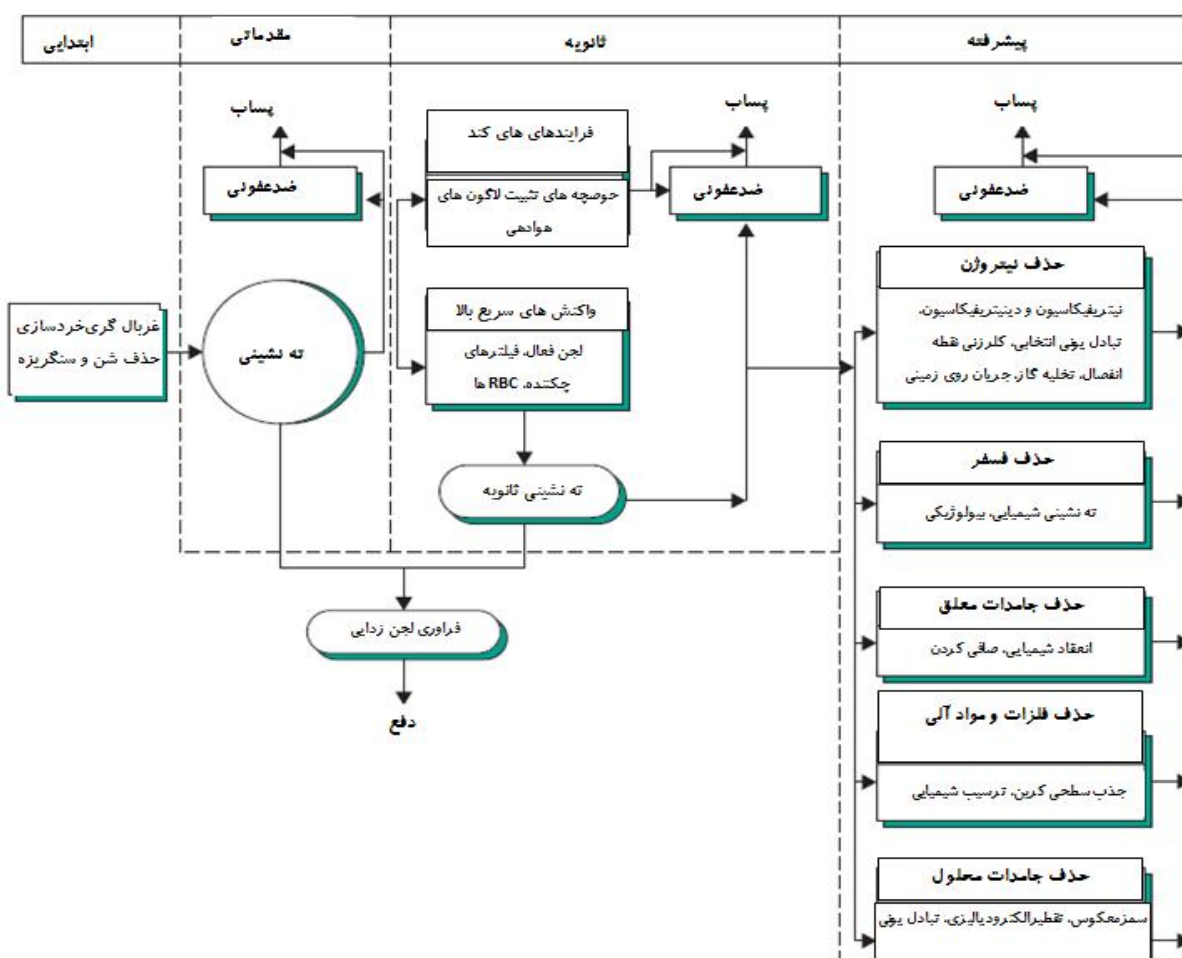
دو روش اول برای حفاظت کیفیت آب آگیرها^۴ در رودخانه استفاده می‌شود. دو روش آخر نه تنها برای حفاظت کیفی آگیر، بلکه برای حفاظت حوضه آبریز نیز قابل استفاده است. برای اطلاعات بیش‌تر به نشریه‌ی شماره ۱۸۷ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور و نشریه شماره ۴۰۴- الف طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور (وزارت نیرو) می‌توان مراجعه کرد. [۵۸، ۵۹، ۵۶]

1- Time of Travel
2- Setback/buffer Zones
3- Nested Watershed Area
4- Intake

۳-۱۳- آلاینده‌ها و اصول تصفیه آب‌های سطحی و زیرزمینی

۳-۱۳-۱- فاضلاب و سیستم‌های جمع‌آوری

سیستم‌های جمع‌آوری فاضلاب وظیفه انتقال فاضلاب‌های تولید شده از مناطق مسکونی، تجاری و صنعتی و گاهی اوقات سیلاب‌ها را به مکان‌های تصفیه و دفع فاضلاب دارند. سیستم جمع‌آوری فاضلاب عموماً شامل شبکه‌ای از لوله‌ها و ایستگاه‌های پمپاژ برای انتقال فاضلاب به تصفیه‌خانه فاضلاب است [۶۱]. شکل (۳-۷)، طرح کلی تصفیه‌خانه فاضلاب را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۷- طرح کلی تصفیه‌خانه فاضلاب [۱]

۳-۱۳-۲- تصفیه آب

تمامی منابع آب سطحی شرب باید تصفیه شوند تا مواد معلق، پاتوژن‌ها و دیگر آلاینده‌ها طبق استانداردهای موجود حذف شوند؛ درحالی‌که برخی چاه‌های آب زیرزمینی برای رسیدن به کیفیت مطلوب نیاز به تصفیه دارند. بعد از تصفیه

آب، کیفیت آب باید در سیستم توزیع آب تا شیر آب مصرف کنندگان حفظ شود (استاندارد کیفیت آب آشامیدنی، نشریه ۱۱۶-۳، [۲۹]).

تصفیه آب شامل فرایندهای زیادی مانند گندزدایی با ترکیبات کلر، اشعه ماورای بنفش و یا ازن برای حذف و یا غیر فعال سازی پاتوژن‌ها، فیلتراسیون شامل تکنیک‌های پیشرفته مانند تصفیه (فیلتراسیون) غشائی، تجهیزات اختلاط، بافرسازی جهت اطمینان بخشی به غیر خورنده بودن آب در لوله‌های سیستم توزیع و افزودن فلوراید برای حفظ سلامت دندان است [۵۵ و ۶۰].

تصفیه گسترده آب شرب در جهان، به خصوص گندزدایی، فیلتراسیون و افزودن فلوراید پیشرفت عمومی بهداشت در قرن ۲۰ به حساب می‌آید. در قرن ۲۱، جهان متعهد به پیشرفت‌های بیش‌تری در تکنولوژی تصفیه آب برای بهبود کارایی استفاده از آب (افزایش بازیافت آب و کاهش جریان فاضلاب) و مدیریت مصرف انرژی است. در فرایندهای تصفیه مخصوصا در مناطقی که با کمبود آب مواجه‌اند، بیشینه‌سازی حجم آب تصفیه شده از طریق کاهش حجم پساب دفعی تصفیه‌خانه، ضروری است. جدول (۳-۴)، مقایسه فنی روش‌های مختلف تصفیه آب را نشان می‌دهد.

جدول ۳-۴- مقایسه فنی و هزینه روش‌های مختلف تصفیه آب

تکنولوژی	منابع آب	پیش تصفیه	تکنولوژی	راندمان تصفیه	الزامات بهره‌برداری			هزینه اولیه \$US	هزینه بهره‌برداری و نگهداری \$US
					انرژی	نیروی انسانی	مواد مصرفی		
ضد عفونی شیمیایی با کلرین یا هیپوکلریت	نسبتا موثر با کدورت کم تر از 20 NTU	اگر کدورت زیاد باشد لازم است	۲۰ سال	حذف ۹۹٪ از ویروس‌ها، باکتری‌ها و پروتوزوا	کم	بسیار کم	کلرین	نیروی انسانی ماهر	۱۵۰۰۰ تا ۲۴۰۰ تا ۲۵۰۰
لخته‌سازی و انعقاد ته‌نشینی	برای آب‌های سطحی	دانه‌گیری و تنظیم pH	۲۰ سال	باکتری ۳۰٪ تا ۹۰٪ ویروس ۳۰٪ تا ۷۰٪ و پروتوزوا ۳۰٪ تا ۹۰٪	کم	بسیار کم	منعقدکننده	نیروی انسانی ماهر	۶۰۰۰۰ تا ۷۰۰۰۰ تا ۸۰۰۰
فیلتراسیون (ممبرین)	همه آب‌ها به جز آب‌های شور	کنترل بو و طعم	۵ تا ۱۰ سال	باکتری و ویروس ۹۹/۹٪ و پروتوزوا ۹۹/۹٪	کم	بسیار زیاد	مواد شیمیایی، ممبرین و سازه‌های کمکی	نیروی انسانی ماهر	۴۰۰۰۰ تا ۷۰۰۰ تا ۱۱۰۰۰۰
اسمز معکوس	آب‌های شور و لب‌شور	پیش فیلتراسیون و گندزدایی	۲۰ سال	۱۰۰٪ باکتری، ویروس و پروتوزوا		بسیار زیاد (۳ تا ۳۰ کیلووات به ازای هر ۱۰۰۰ گالن)	مواد شیمیایی، ممبرین و سازه‌های کمکی	نیروی انسانی ماهر	۵۰۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰

ادامه جدول ۳-۴- مقایسه فنی و هزینه روش های مختلف تصفیه آب

هزینه بهره‌برداری و نگهداری و نگهداری SUS	هزینه اولیه SUS	الزامات بهره‌برداری				راندمان تصفیه	تکنولوژی	پیش تصفیه	منابع آب	تکنولوژی
		دانش	مواد مصرفی	نیروی انسانی	انرژی					
۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰	۲۰۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰	نیروی انسانی ماهر	لوله، شن، PVC، بتن و سولفات مس	کم ۱ تا ۲ روز برای ۲ تا ۶ ماه	کم	باکتری ۵۰٪ تا ۹۹/۹٪، ویروس ۲۰٪ تا ۹۹/۹٪ و پروتوزوا ۵۰٪ تا ۹۹٪	۲۰ سال	پیش تصفیه برای آب‌های با کدورت زیاد	آب خام و آب‌های سطحی	فیلتر شنی
۹۰۰ تا ۱۱۰۰	۱۲۰۰۰ تا ۱۴۰۰۰	نیروی انسانی ماهر	لامپ، ماسه، سازه‌های کمکی	کم	متوسط (۰/۰۵ تا ۰/۱۵ کیلووات به ازای هر ۱۰۰۰ گالن)	۹۹٪ باکتری، ویروس و پروتوزوا	۱۵ سال	فیلتراسیون یا ضد عفونی	برای آب‌های با کدورت کم	اشعه فرابنفش

هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری بر اساس ۱۰۰۰ نفر در آمریکا است. همه قیمت‌ها بر اساس دلار آمریکا در سال ۲۰۰۴ است.

۱۴-۳- مدیریت جامع آب اضافی^۱

وضعیت مدیریت آب اضافی به عنوان بخشی از سیستم یکپارچه آب شهری، از کشوری به کشور دیگر متفاوت است. این تفاوت به میزان توسعه یافتگی و آگاهی و نگرش جامعه به اهمیت مدیریت آب اضافی بستگی دارد. در بسیاری از کشورهای دارای نگرش جدید، آب اضافی به عنوان منبع با ارزشی است که برای بازیافت، تغذیه آبخوان و یا برای حیات وحش استفاده می‌شود. در حالی که در بسیاری از کشورهای در حال توسعه نتوانسته اند این نگرش را عملی کنند، از این رو آب اضافی همچنان یک دردسر است [۱].

۱-۱۴-۳- زیر سیستم‌های کلی آب اضافی و اندرکنش آن‌ها

سیستم مدیریت آب اضافی شامل دو زیر سیستم مرتبط مدیریت آب باران^۲ یا رواناب و مدیریت سیلابدشت^۳ است. ممکن است آن‌ها را به صورت دو سیستم مجزا در نظر گرفت.

1- Integrated Water Excess Management

2- Stormwater

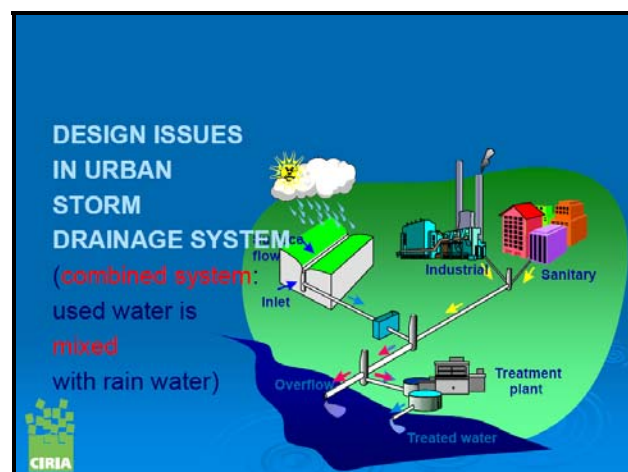
3- Floodplain

- ۱- سیستم کوچکتر برای زهکشی رواناب باران و سیستم بزرگتر برای جریان‌های غیرمنتظره و اضطراری. سیستم زهکشی کوچکتر که به آن سیستم اولیه اطلاق می‌شود، شامل تعدادی جوی، کانال کوچک، زهکش باران، کالورت و مخازن کند کننده^۱ (تاخیری) است.
- ۲- سیستم بزرگ شامل خود خیابان‌ها، انهار و رودخانه‌های شهری، سیلابروها و نواحی حاشیه آن‌ها برای گذر سیلاب است.

زیرسیستم کیفیت آب به عنوان مسایل ناشی از شست‌وشوی آلاینده‌های سطحی، سرریز شبکه‌های مرکب و یا فرسایش آلاینده‌ها از داخل فاضلابروها بر این دو سیستم کوچک و بزرگ اضافه می‌شود [۱] (شکل‌های ۳-۸ و ۳-۹).



شکل ۳-۸- سیستم مجزای شبکه فاضلاب و آب‌های سطحی



شکل ۳-۹- سیستم مرکب شبکه فاضلاب و آب‌های سطحی

1- Detention pond

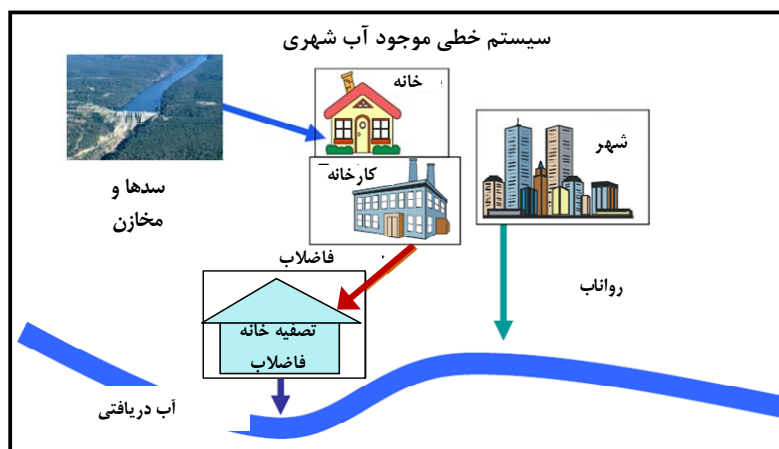
۳-۱۴-۱- مدیریت رواناب شهری^۱

با رویکرد جدید به مدیریت رواناب شهری، نه تنها از آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی جلوگیری می‌شود، بلکه استفاده‌های مفید نیز از آب باران صورت می‌گیرد.

– اجزای کلیدی سیستم زهکشی شهری به عنوان مولفه اصلی مدیریت رواناب [۱]:

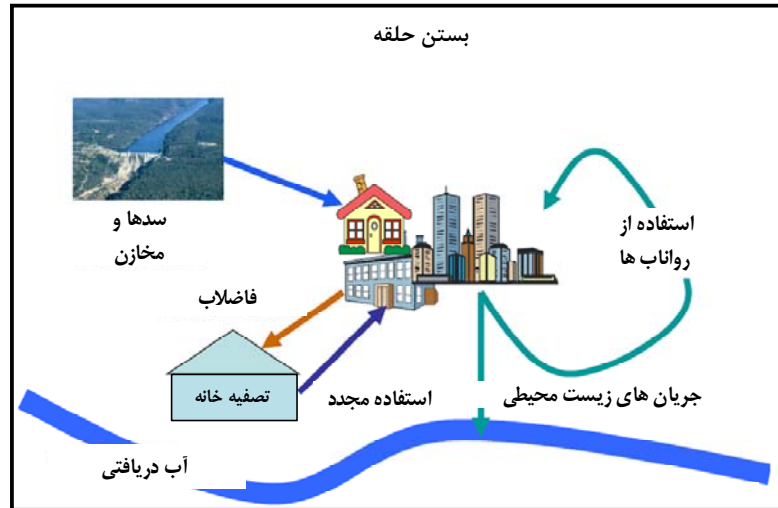
- خارج ساختن رواناب از خیابان‌ها که امکان تردد و حمل و نقل در خیابان‌های اصلی شهر را برقرار سازد.
- سیستم زهکشی، سرعت و شدت رواناب درون جوی‌ها و دیگر سطوح را برای کاهش مخاطرات برای ساکنان و نیز خرابی پیاده‌روها^۲ کنترل می‌کند.
- سیستم زهکشی، رواناب را به سواره‌روهای^۳ اصلی طبیعی و یا انسان‌ساز منتقل می‌کند.
- سیستم باید طوری طراحی شود که جرم آلاینده‌های رسیده به آب پذیرنده را کنترل کند.
- زهکش‌های روباز بزرگ و تاسیسات تاخیری، فرصت‌هایی را برای کاربری چندگانه مانند تفریحی، پارک و حفاظت از حیات وحش ایجاد می‌کنند.

شکل (۳-۱۰)، سیستم خطی آب شهری (وضعیت کنونی شهرها) و شکل (۳-۱۱)، سیستم چرخه بسته آب شهری (وضعیت ایده‌آل شهرها) را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۱۰- سیستم خطی آب شهری (وضعیت کنونی شهرها)

1- Stormwater Management
2- Pavement
3- Driveway



شکل ۳-۱۱- سیستم چرخه بسته آب شهری (وضعیت ایده آل شهرها)

— فعالیت‌های مدیریت رواناب

- فعالیت‌های مدیریت رواناب برای کنترل رواناب‌های شهری را می‌توان به دسته‌های اصلی زیر تقسیم کرد:
- تکنیک‌های نفوذ
 - تکنیک‌های کانال‌های باز با پوشش گیاهی: این کانال‌ها برای جمع‌آوری و تصفیه رواناب از طریق نفوذ، صافی کردن و یا ذخیره موقت طراحی می‌شوند.
 - تکنیک‌های صافی کردن
 - حوضچه‌های تاخیری: این حوضچه‌های خشک تاخیری بیشتر در مناطق خشک و تا حدی در مناطق نیمه خشک رایج‌اند.
 - حوضچه‌های نگهداشت: این حوضچه‌ها در مناطق خشک توصیه نمی‌شوند و در مناطق نیمه خشک کاربرد محدود دارند.
 - تالاب‌ها. در مناطق خشک توصیه نمی‌شوند و در مناطق نیمه خشک کاربرد محدود دارند.
- تکنیک‌های نفوذ به خاطر ویژگی‌های زیر در مناطق خشک و نیمه خشک مهم‌اند:
- آلاینده‌های زاییده حوضه را حذف می‌کنند.
 - حجم رواناب را کاهش می‌دهند.
 - آب زیرزمینی را تغذیه می‌کنند.

- اثرات حرارتی را بر پرورش ماهی حداقل می کنند.
- جریان کم در انهار را تقویت می کنند.

۳-۱۴-۲- کیفیت آب

در مدیریت آب شهری، کیفیت آب به مهمی کمیت آن است. در واقع، منبع آب باید عاری از آلاینده‌های میکروبی ناشی از فعالیت‌های انسانی و حیوانی، آلاینده‌های طبیعی و شیمیایی مصنوعی سمی بوده، و کمیت کافی برای رفع نیازهای انسان داشته باشد.

کیفیت منابع آب در کشور از تقریباً دست‌نخورده در معدود نواحی به خیلی آلوده در بقیه مناطق تغییر می کند. منابع طبیعی و دست نخورده به ندرت در دسترس‌اند. افزایش جمعیت، افزایش آلودگی از فعالیت‌های خانگی، صنعتی و کشاورزی و دیگر فشارها سبب می شود تا برخی از جوامع از منابع آب با کیفیت نامرغوب استفاده کنند. کیفیت نامرغوب آب، نیاز بیش تر به تصفیه چند مرحله‌ای برای حذف آلودگی‌های میکروبی و شیمیایی دارد. با افزایش درجه تصفیه، هزینه آب تصفیه شده بیش تر می شود.

این بخش، مفاهیم اساسی کیفیت آب و ارتباط آن با برنامه‌ریزی منابع آب را معرفی می کند. موضوعات تحت پوشش شامل چرخه هیدرولوژیکی و کیفیت آب، مسایل خاصی از کیفیت منابع آب سطحی و زیرزمینی، و اجزای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی کیفیت آب می شود.

- چرخه هیدرولوژیکی و کیفیت آب

منابع تامین آب عمدتاً آب سطحی یا آب زیرزمینی‌اند. منابع آب سطحی و آب زیرزمینی هر منطقه از طریق چرخه هیدرولوژیکی ارتباط نزدیکی با هم دارند. بسیاری از آلاینده‌های بالقوه، خواه طبیعی یا انسانی، بر کیفیت منابع تامین آب تاثیر می گذارند. این آلاینده‌ها می توانند در هر نقطه از چرخه هیدرولوژیکی وارد منبع آب شوند.

- کیفیت آب سطحی

همه عوامل طبیعی و انسانی تاثیرگذار بر کیفیت آب، به‌طور مستقیم یا از طریق ارتباط آب سطحی و آب زیرزمینی بر آب‌های سطحی اثر می کنند. اجزای بیولوژیکی کیفیت آب که اساساً در آب‌های سطحی یافت می شوند به عواملی مثل اکسیژن محلول، تغذیه گرایشی^۱، مواد سمی، و دما بستگی دارند. این عوامل بر انتقال بیماری‌های مسری از طریق مصرف یا تماس با آب آلوده یا غذای آلوده موثراند. غلظت اکسیژن محلول در منابع آب سطحی شاخصی از سلامت عمومی

اکوسیستم آبی است. مواد سمی می‌توانند بر اکوسیستم‌ها تاثیر گذاشته و به انسان‌هایی که آب آلوده یا غذای آلوده‌ای که با منبع آب تماس داشته را مصرف می‌کنند آسیب رسانند. دما، همه واکنش‌های شیمیایی و بیولوژیکی را تحت تاثیر قرار می‌دهد، و تغییرات دما بر چگالی و انتقال آب اثر می‌گذارد.

• رودخانه‌ها، نهرها، دریاچه‌ها و مخازن

چهار منبع اصلی آب سطحی‌اند. مصب، خلیج، و بندرگاه‌ها، آب‌های سطحی‌اند که نهرها یا رودخانه‌ها را به اقیانوس‌ها وصل می‌کنند. رودخانه یا نهر، منبع آب سطحی با جریان قابل تشخیص به سمت پایین‌دست است. دریاچه یا مخزن، منبع آب سطحی‌اند که مشخصه آن‌ها سرعت جریان کم و گرادیان قائم دماست.

• رودخانه‌ها و نهرها

رودخانه‌ها و نهرها، اکوسیستم‌های غنی و متنوع‌اند. مشخصات جریان و اجزای شیمیایی رودخانه‌ها و نهرها عوامل اصلی‌اند که اجزای بیولوژیکی کیفیت آب را تعیین می‌کنند. توپوگرافی رودخانه‌ها و نهرها بر سرعت، مشخصات اختلاط، انتقال جامدات و رسوب، و جریان آب تاثیر می‌گذارد. همه این عوامل، علاوه بر مولفه‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی باید به خاطر تاثیراتشان بر کیفیت آب رودخانه یا نهر در نظر گرفته شوند.

• دریاچه‌ها و مخازن

منبعی برای کاربری‌های تفریحی، صنعتی، شهری، کشاورزی و مدیریت کنترل کیفیت آب و شیلات‌اند. دریاچه‌ها و مخازن، انباره^۱ مواد مغذی، مواد سمی، و دیگر مواد از رودخانه‌های وارد شونده هستند؛ در نتیجه، تغذیه‌گرایی مشکل مهم کیفیت آب است. مساحت سطح زهکشی و طول، عمق، مساحت سطح، و حجم دریاچه یا مخزن عوامل مهم تاثیرگذار بر انباره‌گی آن‌اند.

• تالاب‌ها

مناطق آب‌گرفته آنقدر کم عمقی‌اند که گیاهان تالابی در آن‌ها می‌تواند رشد کند. تالاب‌ها آلودگی‌های شهری را حذف کرده و میزان اکسیژن محلول را با کاهش میزان مواد اکسیژن‌خواه بالا می‌برند.

۳-۱-۱۴- کیفیت آب زیرزمینی

همه عوامل طبیعی و انسانی تاثیرگذار بر کیفیت آب، به طور مستقیم یا از طریق ارتباط بین آب سطحی و زیرزمینی، بر آب زیرزمینی تاثیر دارند. آب زیرزمینی اساساً توسط آلاینده‌های محلول (شیرابه) از خاکچال‌ها^۱، با نشت یا آبشویی آلاینده‌ها از طریق خاک، و استخراج بیش از حد آب زیرزمینی تحت تاثیر قرار می‌گیرد.

- آهن، منگنز، سختی زیاد، ماده رادیواکتیو رادون، مواد شیمیایی آلی فرار، مواد غیرآلی از قبیل نیترات، و سموم دفع آفات اغلب در آب زیرزمینی یافت می‌شوند. آهن، منگنز، مواد معدنی دیگر، و رادون از تشکیلات زمین شناختی نشأت می‌گیرند، درحالی‌که آلودگی‌های دیگر به آب زیرزمینی منتقل می‌شوند. معمولاً، میزان زیاد کلراید در آب زیرزمینی در نزدیکی آب شور (آبخوان‌های شور یا مناطق ساحلی)، در جایی که آب زیرزمینی سریع‌تر از تغذیه، پمپاژ می‌شود و سطح ایستابی زیاد افت می‌کند، یافت می‌شود (بر اثر پیشروی آب شور).
- شرایط زمین‌شناختی و هیدرولوژیکی به علاوه تنوع آلاینده‌ها، هر منبع آب زیرزمینی را منحصر به فرد می‌سازد. جریان آب زیرزمینی، جریان آرام^۲ خیلی آهسته (در مقایسه با جریان سطحی) بدون اختلاط^۳ یا پراکنش^۴ آلاینده‌هاست. جریان ممکن است نزدیک چاه‌ها و یا اتصال با آب سطحی، آشفته^۵ باشد؛ در مناطق آشفته، آلاینده‌ها مخلوط و پراکنده می‌شوند. زمانی که آب از آبخوان آلوده به چاه رسید و تشخیص داده شد، معمولاً آبخوان به طور گسترده آلوده شده است. آلاینده‌ها معمولاً از منابع آلاینده‌ای مثل زمین‌های کشاورزی، خاکچال‌ها و سایت‌های زایدات خطرناک، و نشت از مخازن زیرزمینی ذخیره مواد شیمیایی و فرآورده‌های نفتی انتقال می‌یابند. حرکت آب در خاک به خصوصیات خاک مثل تراوایی و محتوای رطوبت بستگی دارد. دیگر منشاءهای حرکت، چاه‌های تغذیه و تزریق آب زیرزمینی‌اند.
- حمل آلاینده‌ها در آب زیرزمینی به مشخصات اختلاط و رقیق‌سازی، خواص جذب سطحی، تراوایی، ترسیب، هیدرولیز و چگونگی تجزیه ماده آلاینده بستگی دارد. ترکیبات هیدروکربنی از قبیل MTBE^۶ (افزودنی اکسیژن‌زای بنزین) می‌توانند به سرعت در منابع آب زیرزمینی حرکت کنند. به طور کلی، کمی‌سازی جریان، تغذیه، و واکنش‌های شیمیایی و بیولوژیکی بسیار مشکل است.

1- Landfills
 2- Laminar Flow
 3- Mixing
 4- Dispersion
 5- Turbulent
 6- Methyl Tertiary Butyl Ether

۳-۱۴-۱-۴- اجزای فیزیکی، شیمیایی، و بیولوژیکی تاثیرگذار بر کیفیت آب

آب خالص، بدون مزه و رنگ و بی بو است. به علت این که آب عملاً حلال فراگیری است، هنگامی که از چرخه هیدرولوژیکی می‌گذرد، مواد آلی و غیرآلی شامل آلودگی‌ها و گازها، اجزای آن می‌شوند. کیفیت منبع آب توسط نوع و مقدار موجود این اجزا در آب اندازه‌گیری می‌شود. اجزای به‌طور کلی به فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی دسته‌بندی می‌شوند.

- ویژگی‌های فیزیکی

ویژگی‌های فیزیکی اصلی آب شامل کل مواد جامد محلول^۱ (TDS)، کدوری، رنگ، مزه و بو، و دماست.

- **کل مواد جامد محلول TDS:** به کل ذرات آلی و غیرآلی در آب اطلاق می‌شود. TDS اغلب برای سنجش محتوای معدنی آب استفاده می‌شود و می‌توان با آزمون هدایت الکتریکی آن را برآورد کرد. اگر چه TDS ویژگی تحت کنترل و نظارت، USEPA استاندارد ثانویه غیر لازم‌الاجرای ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر را برای آن برقرار کرده است.
- **کدوری:** کدوری آب بر اثر مواد معلق در آب است. کدوری به تنهایی اثراتی بر سلامتی ندارد، لکن می‌تواند با ضدعفونی کردن مداخله کند و محیطی برای رشد میکروبی فراهم کند. کدوری معمولاً حضور میکروب‌ها را نشان می‌دهد. مقررات تصفیه آب سطحی (SWTR) در ایالات متحده، سیستم‌هایی که از آب سطحی یا آب زیرزمینی تحت اثر مستقیم آب سطحی استفاده می‌کنند، هنگامی که پارامترهای کیفیت آب از حد معینی تجاوز کنند، تصفیه آب را ضروری می‌داند. اگر کدوری بالای ۵ واحد کدوری (ntu) برود، آب را باید فیلتر کرد. سیستم‌هایی که فیلتر می‌کنند باید تضمین کنند که کدوری بالاتر از ۱ ntu (۰/۵ ntu برای تصفیه متداول یا مستقیم) در حداقل ۹۵ درصد نمونه‌های روزانه هر دو ماه پیاپی نرود.
- **رنگ:** رنگ در آب از یون‌های فلزی طبیعی، انواع خاصی از مواد آلی محلول و کلوئیدی آیشویی شده از خاک یا از زوال گیاهی، و فاضلاب‌های صنعتی ناشی می‌شود. USEPA استاندارد ثانویه غیر لازم‌الاجرای ۱۵ واحد رنگ را برقرار کرده است. از آنجایی که موادی که موجب رنگ می‌شوند معمولاً محلول‌اند، رنگ عموماً نمی‌تواند توسط تصفیه مکانیکی حذف شود.
- **مزه و بو:** مزه و بو از شوری یا TDS، مواد آلی تجزیه شده یا مصنوعی، یا مواد شیمیایی فرار ناشی می‌شوند. مزه و بو معمولاً با خصوصیات بیولوژیکی آب به‌طور نزدیک‌تر از خصوصیات شیمیایی مرتبط‌اند. عموماً، مواد آلی مرده در آب با اکسیژن محلول کافی، به ترکیبات فاقد بو و مزه تجزیه می‌شود. مواد شیمیایی تولیدکننده بو شامل حلال‌ها، آفت‌کش‌ها، و ترکیبات بنزن می‌شود. آستانه مزه یا بوی ماده‌ای در آب، کم‌ترین غلظتی است که می‌تواند چشیده یا استشمام شود. USEPA برای بو، استاندارد ثانویه غیر لازم‌الاجرای عدد آستانه بو ۳ را برقرار کرده است.

1- Total Dissolved Solids

- **دما:** دمای آب بر نرخ فعالیت‌های بیولوژیکی، اشباعیت اکسیژن، و ضرایب انتقال جرم (که چگونگی حرکت مولکول‌های ماده از سطح مشترک از یک فاز به فاز دیگری را توصیف می‌کند) تاثیر می‌گذارد. تغییر مهم یا نسبتا سریع در دمای آب زیرزمینی، که با شرایط آب و هوایی یا آب سطحی همبستگی زیادی دارد، احتمالا می‌رساند که منبع آب زیرزمینی تحت تاثیر آب سطحی است، از اینرو تصفیه لازم دارد. دمای آب شاخص اکولوژیکی مهمی است؛ برای مثال، گونه‌های ماهی عموما در گستره نسبتا محدود دما رشد و نمو می‌کنند.

- ویژگی‌های شیمیایی

ویژگی‌های شیمیایی اصلی منبع آب شامل pH، قلیائیت و اسیدیت، کاتیون و آنیون‌ها، سختی، قابلیت هدایت، و میزان دی‌اکسید کربن می‌شود. عناصر یا مواد شیمیایی ویژه‌ای که بر کیفیت آب تاثیر می‌گذارند شامل نیترات‌ها و آمونیاک، فسفات، کلراید، سولفات‌ها، آهن و منگنز، آفت‌کش‌ها، حلال‌ها، و مواد رادیواکتیو می‌شوند.

- **pH:** pH درجه سنجش طبیعت بازی (قلیایی) یا اسیدی آب است که در محدوده ۰ تا ۱۴ تغییر می‌کند. لگاریتم منفی غلظت یون هیدروژن است و پتانسیل هیدروژن را نشان می‌دهد. pH باران طبیعی حدود ۵/۶ است. مواد طبیعی، از قبیل دی‌اکسید کربن یا مواد معدنی، و آلودگی‌های مصنوعی از قبیل دی‌اکسید سولفور حاصل از انتشار گازهای صنعتی، می‌توانند با آب واکنش دهند و pH باران را تا ۳ کاهش دهند. مشخصات قلیائیت و اسیدیت آب، رابط نزدیکی با pH دارند. قلیائیت توانایی آب را برای خنثی کردن اسیدها می‌سنجد، یعنی توانایی آن برای واکنش با یون‌های H^+ است. اسیدیت توانایی آب را برای خنثی کردن بازها اندازه می‌گیرد، یا توانایی برای واکنش با یون‌های H^- برای آب کاملا تصفیه شده، USEPA استاندارد ثانویه غیر لازم‌الاجرای pH ۶/۵ تا ۸/۵ را دارد.

- **کاتیون‌ها و آنیون‌ها:** کاتیون‌ها یون‌های دارای بار مثبت در محلول‌اند، و آنیون‌ها دارای بار منفی‌اند. کاتیون‌های رایج در آب شامل کلسیم (Ca^{2+})، منیزیم (Mg^{2+})، و آهن (Fe^{2+}) است. آنیون‌های رایج شامل کلراید (Cl⁻)، بیکربنات (HCO_3^-)، و کربنات (CO_3^{2-}) است. کاتیون‌ها و آنیون‌ها میزان یا پتانسیل وجود انواع مشخصی از آلودگی یا مواد مضر در آب و مشخصات دیگری از قبیل سختی را نشان می‌دهند. چند مقیاس عددی مشابه برای ارزیابی سختی آب طرح و منتشر شده است؛ برای مثال، معیار AWWA.

جدول ۳-۵- جدول ارزیابی سختی آب (AWWA, 2003)

بازه سختی (میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم)	توصیف
۰-۶۰	نرم
۶۱-۱۲۰	نسبتا سخت
۱۲۱-۱۸۰	سخت
> ۱۸۰	خیلی سخت

- قابلیت هدایت. سنجش مقاومت الکتریکی یا ویژگی ماده برای هدایت الکتریسیته است. واحد اندازه‌گیری زیمنس (پیشتر مهو نامیده می‌شد) است، که معکوس مقاومت (۱ تقسیم بر مقاومت) است. قابلیت هدایت تخمینی از TDS را می‌دهد و برای راست آزمایی نتایج TDS از تجزیه فیزیکی آب استفاده می‌شود.
- دی‌اکسید کربن. دی‌اکسید کربن، گازی فرعی در آتمسفر است، که محصول نهایی تجزیه بیولوژیکی است. در حالت محلول، pH را کاهش می‌دهد و سنج خورندگی آب است.

- ویژگی‌های بیولوژیکی

کیفیت بیولوژیکی منبع آب به شدت متغیر است و به عوامل بسیاری بستگی دارد، شامل فعالیت حیوانات اهلی و وحشی، فعالیت‌های انسانی در حوضه آبریز شامل تفریح، ساخت و تولید و فعالیت‌های کشاورزی، آلاینده‌های شهری از ورود فاضلاب خام یا تصفیه شده، و بارش روی حوضه آبریز که آلاینده‌های طبیعی و مصنوعی را به داخل آب‌های سطحی می‌شوید یا این که به داخل آبخوان‌ها تراوش می‌کند. آلاینده‌های میکروبی مربوط به این منابع شامل باکتری‌ها، ویروس‌ها، و تک‌یاختگان، به فرم‌های بیماری‌زا و غیربیماری‌زا می‌شود.

- **باکتری‌ها:** باکتری‌ها، تک‌سلولی‌اند و به صورت موجودات زنده مستقل یا انگلی زندگی می‌کنند. برخی باکتری‌ها، پاتوژن (بیماری‌زا) بوده و برخی نیستند. متخصصان گاهی در مورد آنچه که باید در لیست باکتری‌های بیماری‌زا بباید اتفاق نظر ندارند. به‌طور نظری، هر موجود زنده‌ای که بدن انسان را مورد تهاجم قرار دهد و واکنش زهرآگین را در بافت‌ها یا اندام‌ها تولید کند، بیماری‌زا است. پاتوژن‌های آب آورده^۱ در صورتی شیوع می‌یابد که در دو نفر یا بیش‌تر اتفاق افتد و توسط آب پخش شود. طبقه‌بندی‌های عمده پاتوژن‌های باکتریایی شامل مهاجم‌های رایج، جدید یا نوظهور، فرصت‌طلب، و اجتماعی-اقتصادی محیط‌زیستی می‌شود.
- **همه‌گیری‌های بزرگ:** تب تیفوئید و وبا ناشی از منابع آب آلوده از تمدن‌های کهن، در قرون وسطی، و در قرن بیستم ثبت شده است. پاتوژن‌های باکتریایی رایج که موجب این همه‌گیری‌ها می‌شوند، بیش از یک قرن است که شناخته شده‌اند. پاتوژن‌های جدید یا نوظهور، نتیجه بهبود در روش‌شناسی آزمایشگاهی یا تغییر گونه‌های جهش‌یابنده به مهاجم تهاجمی‌تراند. اشریشیا کولای بیماری‌زا^۲ مثالی از گروه آخری است.
- **پاتوژن‌های فرصت‌طلب^۳:** باکتری‌هایی‌اند که به افراد با سیستم‌های ایمنی ضعیف شده، از قبیل افراد مسن و کودکان که سیستم ایمنی رشد نیافته دارند آسیب می‌رسانند. محل‌های ویژه استقرار آن‌ها پوست، دستگاه تنفسی،

1- Waterborne Pathogens

2- Pathogen Escherichia Coli 0157:H7 (E. coli)

3- Opportunistic Pathogens

- چشم، گوش، بینی، جهاز هاضمه^۱ است. تفاوت در محیط‌های اجتماعی - اقتصادی ناشی از فقر، کمیابی آب، و اولویت‌های سیاسی در مورد مسایل بهداشت عمومی می‌تواند شیوع پاتوژن‌های آب آورده خاصی را افزایش دهد. برخی از پاتوژن‌ها از قبیل شیگلا^۲ اغلب به علت امکانات بهداشتی ضعیف و نبود تصفیه آب تهدید آفرین‌اند.
- تراکم باکتری‌ها، ویروس‌ها، و تک یاختگان در بسیاری موارد به علت خروجی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب خانگی (دور زدن فاضلاب خام، خروجی‌های تصفیه اولیه یا ثانویه و سپتیک) و تناوب و شدت باران، تغییر می‌کند. تراکم باکتری‌ها در آب نوعاً با شمارش رشد باکتری‌ها در محیط کشت به عنوان واحدهای تشکیل‌دهنده کلونی (cfu) در هر میلی‌لیتر سنجیده می‌شود.
- **ویروس‌ها:** ویروس‌های انسانی یافت شده در آب‌های سطحی شامل rotavirus, enteroviruses (از قبیل بیماری فلج اطفال)، reoviruses (که می‌تواند بخش‌های تنفسی و معده و روده‌ای^۳ را آلوده کند)، هپاتیت A، و ویروس‌های gastroenteritis (شامل هپاتیت E) می‌شود. همه این موجودات زنده نگرانی‌های سلامتی قابل توجهی را ایجاد می‌کنند، اگر در آب سطحی وجود داشته باشند، باید حذف شده یا توسط فرآیندهای تصفیه آب غیرفعال شوند. ویروس‌ها در دماهای پایین‌تر مولد‌اند، لکن به میزبان برای تکثیر یا حرکت نیاز دارند.
 - **تک یاختگان و انگل‌ها:** انگل‌ها موجب بسیاری از بیماری‌های آب آورده می‌شوند، از قبیل giardiasis and cryptosporidiosis که به عنوان fauna (جانوران متعلق به منطقه یا زمان خاص) معمولی روده انسان مطرح‌اند، مثل Giardia.
 - **جلبک و قارچ:** جلبک تنها در حضور نور خورشید رشد می‌کند. حضور جلبک، تغذیه‌گرایی (کاهش اکسیژن محلول در آب) را نشان می‌دهد. جلبک سبز و سیانوباکتری (جلبک سبز-آبی)^۴ رنگ، مزه، و بو به آب می‌دهد. هنگامی که جلبک می‌میرد، ماده آلی آب، مقدار اکسیژن‌واهی بیوشیمیایی و مقدار اکسیژن جذب شده توسط میکروارگانیسم‌ها در تجزیه مواد آلی در نمونه‌ای از آب نگهداری شده در تاریکی در ۲۰ درجه سلسیوس را افزایش می‌دهد. برخی جلبک‌ها از قبیل سیانوباکتری‌ها می‌توانند مواد سمی تولید کنند. قارچ می‌تواند بدون نور خورشید رشد کند، مزه و بو به آب دهد و تجهیزات تامین آب را مسدود کند.

1- Intestinal Tract

2- Shigella

3- The Respiratory and Gastrointestinal Tracts

4- Cyanobacteria (Blue-Green Algae)

فصل ۴

مدیریت عرضه آب

رشد جمعیت و افزایش میزان تقاضای آب شهری از یک طرف و آلودگی منابع آب شهری و ناکارایی فنی، اقتصادی و اجتماعی شیوه‌های مدیریت کیفیت این منابع چه در سطح حوضه آبریز شهری و چه در سطح حوضه آبریز رودخانه از طرف دیگر، تنوع منابع آبی و نیز تنوع راه‌های عرضه آب در شهر را ضروری می‌نماید. به بیان دیگر علاوه بر منابع متداول^۱ آب، نیاز به فرصت‌های جایگزین و منابع غیرمتداول^۲ است. جدول (۴-۱)، منابع متداول و غیرمتداول و راه‌های عرضه آب را نشان می‌دهد [۵ و ۷۲].

جدول ۴-۱- منابع متداول و غیرمتداول و راه‌های عرضه آب [۵ و ۷۲]

منابع متداول
منابع سطحی: دریاچه، رودخانه و انهار، مخازن سطحی و ...
منابع زیرسطحی: چشمه، گالری‌های نفوذ، چاه‌های نفوذ، چاه، قنات
منابع غیرمتداول و روش‌های عرضه
بازيافت آب باران
بازيافت آب خاکستری
تانک‌های ذخیره آب باران
آب بازیافتی از سیستم شبکه دوگانه آب
آب بسته‌بندی و آب تانکری

۴-۱- توزیع آب بسته‌بندی^۳

- به خاطر آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی در بسیاری از نقاط جهان چه توسعه یافته و چه در حال توسعه، مردم به استفاده از آب بسته‌بندی روی آورده‌اند.
- در ایران نیز که کیفیت منابع آب شرب برخی شهرها مورد تردید قرار گرفته است، کارخانه‌های زیادی در سراسر ایران جهت تولید آب بسته‌بندی شده دایر شده است.
- توسعه شهری، صنعتی و کشاورزی، کیفیت منابع آب بسته‌بندی را بیش از پیش تهدید می‌کند. از این‌رو، تعیین حریم کیفی منابع آب بسته‌بندی و حفاظت آن ضروری است [۱].
- نگرانی فزاینده‌ای در مورد آلودگی محیط‌زیست از بطری‌های دفع شده در محیط نیز وجود دارد.
- طبق تعریف ارائه شده در «دستورالعمل نحوه صدور مجوز بسته‌بندی آب جهت مصارف شرب»، آب بسته‌بندی به آبی اطلاق می‌شود که به صورت دربسته (پلمب شده) در ظروف مخصوص و با کیفیت مورد تایید وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی برای شرب تهیه می‌شود.

1- Conventional Source

2- Non-Conventional Source

3- Packaged Water - Bottled Water

– طبق این دستورالعمل، آب بسته‌بندی را می‌توان از هر نوع منبع آب سطحی و زیرزمینی (به استثنای شبکه آب شهری) پس از حصول اطمینان از رعایت مسایل بهداشتی و استانداردهای لازم مندرج در دستورالعمل، بسته‌بندی کرد و فروخت [۴].

۴-۱-۱-۱- محدوده حریم حفاظت کیفی^۱

– محدوده حریم کیفی منابع آب بسته‌بندی، محدوده‌ای در سطح یا زیرزمین است که احتمال آلودگی در آن و یا انتقال آلودگی از مسیر آن به سمت منبع آب بسته‌بندی وجود دارد.

– در این محدوده، فعالیت‌های انسانی در سطح و زیرزمین باید کنترل شود. «راهنمای حریم کیفی منابع آب بسته‌بندی با هدف شرب» را ببینید.

۴-۱-۲- ایمنی (سلامت) آب بسته‌بندی شده

– آب آشامیدنی ممکن است توسط گستره‌ای از مخاطرات فیزیکی، میکروبی و شیمیایی آلوده شود و سلامت انسان را به خطر بیندازد.

– مخاطرات شیمیایی، مثل سرب، آرسنیک و بنزن

– مخاطرات میکروبی، مثل باکتری، ویروس و انگل مانند ویبریولرا (باکتری عامل بیماری وبا)، ویروس هپاتیت نوع آ، و کریپتوسپوریدیوم پاروم

– مخاطرات فیزیکی، مثل تکه‌های فلزی و خرده‌های شیشه

– علاوه بر کیفیت منبع آب، الزامات بهداشتی در فرایند تولید و توزیع نیز وجود دارد.

– فاکتورهای مشخصی باید با استانداردهای سختگیرانه‌تری نسبت به سیستم‌های توزیع آب لوله‌کشی، کنترل شوند (برای مثال برای سرب).

– حفظ کیفیت برخی مواد در آب بسته‌بندی نسبت به آب لوله‌کشی ممکن است سخت تر باشد، زیرا که آب بسته‌بندی در مدت زمان بیش تر و در دمای بیش تر نسبت به آب لوله‌کشی نگهداری می‌شود [۱۱].

۴-۱-۳- فواید سلامتی و بهداشتی آب بسته‌بندی شده

– در اروپا و در بسیاری از کشورها، مصرف‌کنندگان بر این باوراند که آب معدنی طبیعی دارای خصوصیات پزشکی و فواید سلامتی بسیاری‌اند.

- گر چه برخی از آب‌های معدنی، ریزمغذی‌های مهمی مانند کلسیم دارند، WHO اطلاعاتی از شواهد قانع کننده در حمایت از اثرات سودمند این آب‌ها ندارد. در نتیجه، راهنماهای WHO توصیه‌ای در رابطه با حداقل غلظت مواد ضروری ندارد [۱۱].

۴-۲- توزیع آب تانکری^۱ [۱۲ و ۱۳ و ۱۴]

انتقال و توزیع آب توسط تانکر، روش مناسبی در شرایط زیر است:

- شرایط اضطراری^۲ موقتی
 - شکست سیستم تامین و یا توزیع آب در توزیع آب با کمیت و یا کیفیت مناسب
 - بعد از وقوع حوادث غیرمنتظره
- مثال: شهر اصفهان در سانحه شکست خط انتقال نفت به پالایشگاه و تخلیه نفت به زاینده‌رود در سال ۱۳۸۸ و نشد MTBE به مخزن سد قشلاق در حادثه واژگونی تانکر حمل MTBE.

- تامین و یا توزیع موقت آب

در مناطق شهری و یا روستایی که منابع آب مناسب و یا شبکه توزیع ندارند و یا شبکه توزیع نارساست، این روش را به عنوان روشی موقت تا امکان توسعه راه‌حل‌های پایدارتر می‌توان در نظر گرفت.

مثال: انتقال آب شرب از چاه‌های منطقه لادیز به مخازن بتونی شهر زاهدان و نیز توزیع آب بهداشتی (غیرشرب) به منازل توسط تانکر تا قبل از انتقال آب از چاه نیمه‌های رودخانه سیستان).

ساده‌ترین روش برای توزیع آب تانکری، دریافت مستقیم آب از تانکر توسط مردم است. گندی این روش باعث کاهش تعداد رفت و برگشت تانکرها می‌شود. با نصب شیر روی تانکر، کارایی بیش‌تر شود؛ اما بهترین کار، انتقال آب تانکر به مخزن است. با این کار می‌توان کیفیت آب را نیز با ایجاد زمان ذخیره بیش‌تر قبل از مصرف بهبود داد.

برای آگاهی از انواع تانکرها و روش‌های مدیریت و نگهداری و تمیز و ضدعفونی کردن آن‌ها به نشریات WHO [۱۲ و ۱۳ و ۱۴] می‌توان مراجعه کرد.

1- Water Tinkering (Water Trucking)
2- Emergency

۳-۴- احداث شبکه مختصر توزیع آب

در صورت نبود شبکه کامل لوله‌کشی به منازل و یا نارسایی آن و یا وجود محدودیت‌های اقتصادی، از این نوع شبکه استفاده می‌شود.

۴-۴- سیستم دوگانه^۱ تامین و توزیع آب در شهر و داخل منازل

۱-۴-۴- انواع سیستم‌های دوگانه

- سیستم داخل شهر

در شهرهایی که با مشکل محدودیت منابع آب شیرین و پاک مواجه‌اند، استفاده از منابع غیرمتعارف آب، مثل فاضلاب شهری تصفیه شده (بازیافت آب)، آب‌های لب شور و یا آب‌های سطحی و یا زیرزمینی با کیفیت نامرغوب برای مصارف آبیاری و فضای سبز عمومی و یا منازل (غیرشرب)، فشار بر سیستم آب شرب را کاهش می‌دهد و یکی از راه‌حل‌های درازمدت برای پایداری منابع آب است [۵].

- داخل منازل

سیستم دوگانه در داخل منازل برای استفاده از پساب حمام و یا آب باران برای مقاصدی مثل فلاش تانک نیز می‌تواند موجب صرفه‌جویی در مصرف آب پاک شود [۴۷].

۲-۴-۴- اهداف و مزایای سیستم‌های دوگانه

- حداکثر بازیافت آب و صرفه‌جویی آب
- با توزیع آب غیرشرب از طریق خطوط جداگانه برای مصارف غیربهداشتی (مانند خارج از خانه، جریان آتش‌نشانی و سیفون توالت)، در مصرف آب قابل شرب صرفه‌جویی می‌شود.
- کاهش فشار بر منابع محدود آب پاک و در نتیجه حفاظت کمیت و کیفیت آن‌ها
- کاهش انرژی و هزینه

با تفکیک تقاضاهای غیرشرب از سیستم شرب، اندازه اجزای شبکه سیستم شرب (به‌ویژه به خاطر حذف تقاضای آب آتش‌نشانی) و هزینه‌های سیستم تامین و توزیع شامل تصفیه آب و توسعه پرهزینه منابع جدید آب کاهش می‌یابد [۱۵ و ۱۶].

- تضمین وجود آب برای تقاضاهای غیرشرب در شهر در دوره‌های خشک‌سالی
- پایداری سیستم آب شهری

۴-۳- نحوه کار سیستم‌های دوگانه

- سیستم‌های توزیع دوگانه از تجهیزات و شبکه‌های لوله‌کشی جداگانه برای تامین و عرضه آب شرب و غیرشرب استفاده می‌کنند.
- به جای یک سیستم واحد توزیع که آب قابل شرب را برای تمامی مصارف عرضه می‌کند، سیستم جداگانه توزیع آب بازیافتی، آب را برای مصارف غیرشرب و آبیاری تامین می‌کند [۱۵].
- به هر حال، سیستم دوگانه مستلزم هزینه‌های اضافی تجهیزات و بهره‌برداری است. صرفه‌جویی در هزینه تصفیه آب شرب تا حدودی می‌تواند هزینه‌های ساخت دو سیستم را جبران کند. شهرها می‌توانند برای توسعه جدید شهر با لحاظ کردن سیستم توزیع دوم در برنامه‌ریزی جامع آب شهری، هزینه‌هایشان را کمینه کنند [۱۵].

۴-۵- سیستم آب سالم^۱

۴-۵-۱- پیش زمینه

- طبق گزارش سازمان بهداشت جهانی^۲ (WHO)، حدود ۳/۲ درصد از مرگ و میر و ۴/۲ درصد از معمولیت‌ها در دنیا به دلیل آب آلوده، سیستم نامناسب تخلیه فاضلاب و بهداشت است. از این تعداد، ۹۹/۸ درصد آن‌ها در کشورهای در حال پیشرفت زندگی می‌کنند و ۹۰ درصد از آن‌ها را کودکان تشکیل می‌دهند.
- در طی دهه‌های اخیر تلاش جهانی برای افزایش دسترسی به آب سالم و شرایط مناسب بهداشت صورت گرفته است. با این وجود، WHO و UNICEF تخمین زده‌اند که بیش از ۱/۱ میلیارد نفر همچنان به سیستم آبرسانی بهداشتی (لوله‌کشی) دسترسی ندارند و ۵/۲ میلیارد نفر دیگر با وجود دسترسی به سیستم آب رسانی

1- Safe Water Systems

2- World Health Organisation

- پیشرفته، به دلایلی از جمله آلودگی آب در منبع انتقال آب (مثل مخازن آب)، از آب آشامیدنی کاملاً سالم برخوردار نیستند. حتی در اروپا نیز ۱۲۰ میلیون نفر به آب سالم آشامیدنی دسترسی ندارند.
- کیفیت آب آشامیدنی نه تنها در کشورهای در حال توسعه، بلکه در کشورهای توسعه یافته به ویژه کشورهای اروپای شرقی و حتی در امریکای شمالی نیز مساله ساز است. در کشورهای اروپای شرقی و امریکای شمالی خطر بیماری‌های واگیردار به دلیل پاتوژن‌هایی از جمله وبا و حصبه و یا ویروس هپاتیت وجود ندارد، لکن همچنان گزارش‌هایی مبنی بر بیماری‌های ناشی از آب آشامیدنی آلوده وجود دارد. برآورد می‌شود حتی در کشورهای پیشرفته دنیا نیز ۱۵ تا ۳۰ درصد از جامعه با وجود تاسیسات پیشرفته تصفیه آب، در خطر آب آشامیدنی آلوده باشند.
- گرچه سرمایه‌گذاری‌های زیادی برای تاسیسات تامین آب شده است، لکن آب تا رسیدن به دست مصرف‌کننده به دلیل آلودگی در حین انتقال آب، آلودگی در حین ذخیره‌سازی و استفاده در منزل آلوده می‌شود. یکی از راه‌حل‌های این مشکل استفاده از تاسیسات تصفیه آب در محل مصرف و ذخیره‌سازی مناسب آن است.
- در واقع، تعداد افرادی که از آب آشامیدنی ناسالم (از نظر میکروبیولوژیکی) استفاده می‌کنند، بیش از ۱/۱ میلیارد نفر است. گرچه بسیاری از جوامع از شبکه آبرسانی به منازل استفاده می‌کنند، لکن احتمال آلودگی آب در مسیر انتقال وجود دارد.
- بسیاری از جوامع، دسترسی به آب با کیفیت مناسب از لحاظ میکروبیولوژیکی دارند و یا سیستم‌های تصفیه آب با کیفیت مناسب را در اختیار دارند، لکن به دلیل شبکه آبرسانی غیراستاندارد، آب در محل مصرف دارای کیفیت اولیه مناسب نمی‌باشد.
- به‌علاوه احتمال آلودگی آب به دلیل ذخیره نامناسب مصرف‌کننده در منزل وجود دارد. این مساله وقتی رخ می‌دهد که:
- آب برای مصارف خانگی در منابع همگانی ذخیره می‌شود. بسیاری از مردم دنیا آب روزانه خود را از منابع موجود برداشت می‌کنند و آن را تا محل مصرف حمل می‌کنند.
- امکان استفاده از آب به صوت نوبتی وجود دارد و مردم آب مورد نیاز خود را برای مدتی در خانه ذخیره می‌کنند. معمولاً این آب در مخازنی با طراحی، جنس و شیرآلات نامناسب نگهداری می‌شود و آب از مواد آلاینده محافظت نمی‌شود. عواملی که در این مساله نقش دارند شامل موارد زیراند:
- محافظت نامناسب از مخازن (مخازن سر باز یا با پوشش ناکافی)
 - استفاده از روش‌های غیربهداشتی استفاده و برداشت آب از مخازن از جمله دست و یا ظروف آلوده
 - عدم حفاظت مناسب از انتقال آلودگی توسط حشرات، سوسک، جوندگان و...
 - عدم شست‌وشوی مخازن به منظور پاک کردن بیوفیلم تشکیل شده روی جداره داخلی مخزن

در این راستا روش‌های کم هزینه تصفیه فیزیکی، به همراه سیستم ذخیره‌سازی مناسب طراحی شده است که باعث بهبود کیفیت آب در منازل می‌شود. استفاده از دو یا چند سیستم تصفیه به‌طور متوالی نیز به‌منظور بهبود کیفیت آب در حال افزایش است.

۴-۵-۲- سیستم آب سالم چیست؟

سیستم آب سالم، تولید آب با کیفیت مناسب با تکنولوژی ساده، ارزان، موثر و مناسب برای برخی کشورهای در حال پیشرفت، به‌ویژه روستاهاست. استراتژی تولید آب سالم از طریق گندزدایی و ذخیره مناسب در محل مصرف است. اساس این سیستم به این صورت است که:

- تصفیه آب آلوده با استفاده از محلول هیپوکلرید سدیم که در محل از آب و نمک و استفاده از سلول الکترولیت تولید می‌شود.
- ذخیره مناسب آب در مخزن پلاستیکی با دهانه تنگ، سرپوش و شیر آب به منظور جلوگیری از آلودگی آب
- ترویج اجتماعی این سیستم، شامل آموزش‌های لازم، ایجاد انگیزه و آگاهی همگانی در مورد ارتباط بین آب آلوده و بیماری و مزایای استفاده از آب سالم، و تاثیر فعالیت‌های بهداشتی از جمله خرید مخازن و شیرآلات و مواد گندزداست.

۴-۵-۳- جوامع بالقوه هدف برای سیستم آب سالم

۴-۵-۳-۱- جوامع بالقوه هدف

- سیستم آب سالم برای جوامعی است که آب مورد نیاز خود را از منابع زیر تهیه می‌کنند:
- آب‌های سطحی شامل رودخانه یا دریاچه
 - آب‌های زیرزمینی کم عمق، به‌ویژه چاه‌های کم عمق، که معمولاً آلوده‌اند.
 - سیستم لوله‌کشی آب که تصفیه آب به درستی صورت نمی‌گیرد و یا آلودگی از محل اتصال لوله‌ها وارد آب می‌شود.
 - سیستم‌های لوله‌کشی آب که جریان آب به‌طور تناوبی وجود دارد و نیاز به ذخیره آب در منزل است.
 - تانک‌های آب
 - فروشندگان آب که منابع تامین آب یا مخازن نگهداری آب آن‌ها سالم نمی‌باشد.
 - دیگر پتانسیل‌های استفاده از سیستم آب سالم، آن دسته از مردم‌اند که رعایت اصول بهداشتی را در امر ذخیره‌سازی آب انجام نمی‌دهند. این اصول شامل تمیز کردن مخازن و ظروف آب قبل از جمع‌آوری و ذخیره‌سازی و استفاده از مخازن دهانه تنگ است. گندزدایی در همه موارد نیاز نیست (برای مثال اگر منبع تامین آب، سالم باشد).

۴-۵-۲- تجارب میدانی

تجارب میدانی سیستم‌های گندزدایی آب در محل مصرف و سیستم‌های ذخیره آب در آفریقا، امریکا جنوبی و آسیا نشان داده است که این سیستم، عملی، قابل قبول، موثر، ارزان و پایدار برای ارتقای کیفیت آب و جلوگیری از بیماری‌های آبی است.

۴-۵-۴- مقایسه سیستم آب سالم با دیگر تکنولوژی

نتایج پروژه‌های مختلف بیانگر موفقیت این سیستم در روستاهای آمریکای لاتین و آفریقا برای جمعیت‌های کم‌تر از ۲۰۰۰۰ نفر است. قبل از طراحی سیستم آب سالم، دو سوال مهم باید پاسخ داده شود:

۱- آیا تصفیه‌خانگی اولویت مناسبی برای جمعیت هدف است؟

۲- چه روش تصفیه‌خانگی باید انتخاب شود؟

روش‌های زیادی جهت گندزدایی آب در سطح خانگی ابداع شده است. برای انتخاب روش مناسب باید فاکتورهای زیر را مدنظر داشت:

- آیا بهبود کیفیت آب برای جمعیت هدف لازم است؟

- آیا روش انتخابی مناسب است؟

- آیا روش انتخابی برای جمعیت هدف مقرون به صرفه است؟

- آیا جمعیت هدف مایل به پرداخت هزینه‌های آن هستند؟

- پتانسیل‌های بازیافت هزینه‌ها چیست؟

- اجرای فرایند تا چه حد دشوار است؟

- کنترل فرایند و ارزیابی تاثیرات آن تا چه حد دشوار است؟

۴-۵-۵- روش‌های مختلف تصفیه آب

روش‌های زیادی برای تصفیه آب که به تکنولوژی ساده و کم هزینه نیاز دارند، وجود دارد. این روش‌ها شامل صاف کردن، هوادهی، ذخیره و ته‌نشینی، گندزدایی توسط جوشاندن، مواد شیمیایی، اشعه خورشیدی و فیلتراسیون، لخته‌سازی و انعقاد و نمک‌زدایی می‌باشند.

- **هوادهی:** هوادهی می‌تواند به صورت تکان دادن مخزن آب و یا ریختن آبشار گونه آب بر روی سینی‌های سوراخ‌دار پوشیده شده با سنگ‌های کوچک به منظور تماس هوا با آب انجام گیرد.

- **لخته‌سازی و انعقاد:** در صورتی که آب شامل ذرات ریز معلق باشد، روش انعقاد و لخته‌سازی بسیار مناسب است. در طی فرایند لخته‌سازی ذرات به یکدیگر می‌چسبند و ذرات بزرگ‌تری را تشکیل می‌دهند که این ذرات بزرگ‌تر قابلیت ته‌نشینی و یا فیلترشدن را دارند.

- **نمک زدایی:** وجود نمک اضافی در آب آن را نامطلوب می‌سازد. نمک زدایی، آبی بدون نمک‌های شیمیایی تولید می‌کند. روش‌های زیادی برای تصفیه و نمک زدایی آب دریا در منازل وجود دارد. نمک زدایی همچنین برای جداسازی مواد دیگر از جمله فلوراید، آرسنیک و آهن مناسب است.
 - **گندزدایی:** گندزدایی آب به منظور اطمینان از عدم حضور پاتوژن‌ها در آب است. اثر بخشی گندزدایی با مواد شیمیایی، اشعه و لیزر در صورت وجود مواد آلی و مواد معلق جامد کاهش می‌یابد.
 - **گندزدایی با جوشاندن:** جوشاندن آب به مدت ۱۰ تا ۱۲ دقیقه معمول‌ترین روش گندزدایی از این طریق است. در واقع، یک دقیقه در دمای ۱۰۰ درجه سلیسیوس اکثر پاتوژن‌ها شامل وبا را می‌کشد. از جمله معایب جوشاندن آب زمان بر بودن و مصرف بالای سوخت است.
 - **گندزدایی با مواد شیمیایی:** کلرزی معمول‌ترین روش گندزدایی آب آشامیدنی است. منبع تولید کلرین، هیپوکلریت سدیم (مثل ضد عفونی کننده‌های خانگی و یا الکترولیز محلول آب و نمک) آهک و یا هیپوکلریت (قرص‌های کلرین) است.
 - **گندزدایی با استفاده از اشعه:** در این روش از اشعه خورشید به منظور حذف پاتوژن‌ها در آب استفاده می‌شود.
 - **فیلتراسیون:** فیلتراسیون شامل صاف کردن، جذب^۱ و جذب سطحی^۲ به ویژه در فیلتر شنی کند شامل فرایندهای بیوشیمیایی است.
 - **ذخیره‌سازی و ته‌نشینی:** ذخیره آب در شرایط ایمن و ساکن به مدت یک روز باعث از بین رفتن ۵۰ درصد از باکتری‌ها می‌شود. افزایش زمان ماند، باعث افزایش حذف باکتری‌ها می‌شود.
 - **صاف کردن:** عبور آب از پارچه‌های کتان تمیز باعث حذف مقدار قابل توجهی از مواد معلق جامد و کدورت می‌شود.
- جدول (۴-۲) سیستم‌های خانگی در کشورهای در حال توسعه به همراه مزایا و موانع سیستم را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۲- سیستم‌های تصفیه آب خانگی - مزایا و معایب

سیستم	فرآیند	موادی که حذف می‌شوند.	تست‌های آزمایشگاهی ثبت شده	تست‌های در محل، ثبت شده در کشورهای در حال توسعه	مزایا	موانع
۱ ۲ ۳	تکان دادن مخزن آب و یا ریختن آبشارگونه آب به منظور هوادهی	بعضی از طعم‌ها، بوها، اکسید آهن، منگنز	خیر	خیر	کم ارزش بودن مولفه‌های آهن و منگنز از بین رفته	حذف محدود، معمولاً با روش‌های دیگر تصفیه همراه است

1- Absorption

2- Adsorption

ادامه جدول ۴-۲- سیستم‌های تصفیه آب خانگی - مزایا و معایب

سیستم	فرآیند	موادی که حذف می‌شوند.	تست‌های آزمایشگاهی ثبت شده	تست‌های در محل، ثبت شده در کشورهای در حال توسعه	مزایا	موانع
فیلترشن	جوشاندن آب بین ۱۰ تا ۱۲ دقیقه	تقریباً همه پاتوژن‌ها	بلی	بلی	مواد لازم در بیش‌تر خانه‌ها موجود است	زمان جمع‌آوری چوب. قیمت سوخت. افزایش نیاز به چوب موجب جنگل‌زدایی می‌شود
فیلترهای سرامیکی	عبور آب (توسط نیروی جاذبه یا سیفون) از خارج به داخل سیلندرهای سرامیکی. سرامیک‌های مناسب دارای تخلخل ۰/۲ میکرون می‌باشند برخی از سیلندرها به منظور حذف پاتوژن‌ها با نقره پوشانده می‌شوند و برخی به منظور حذف طعم و مواد آلی با کربن فعال استفاده می‌شوند.	مواد معلق جامد و پاتوژن‌ها. به‌طور تئوری ویروس‌ها از سوراخ ۰/۲ میکرون عبور می‌کنند ولی در عمل ویروس‌ها به مواد دیگر می‌چسبند و حذف می‌گردند	خیر	خیر	ساده و موثر	منافذ در صورت وجود مواد معلق جامد به سرعت گرفته می‌شوند. مواد معلق با استفاده از مواد شوینده قابل پاک‌سازی هستند لکن این مواد بسیار گران می‌باشند.
فیلتر کلرین	گندزدایی توسط هیپوکلریت کلسیم و یا قرص‌های اسید تری کلروایزوسیانوریک	غیرفعال کردن یا از بین بردن تقریباً تمامی پاتوژن‌ها و اکسید مواد آلی	بلی	بلی	توزیع و استفاده نسبتاً آسان، مخصوصاً در موارد تأثیرات رسوبی	در بسیاری از کشورهای در حال توسعه انجام‌پذیر نیست و می‌بایست وارد کنند، در موارد طولانی مدت گران است، وجود کلرین در قرص می‌تواند سبب کاهش طول عمر شود. به زمان زیادی نیاز است
فیلترهای شنی	استفاده از شن‌های درشت و دبی جریان بیش‌تر به منظور حذف ناخالصی‌ها با استفاده از نشست، جذب سطحی، و فرآیندهای شیمیایی و میکروبیولوژی	مواد معلق به ویژه بعد از انعقاد و لخته‌سازی	خیر	خیر	نسبتاً کوچک و جمع و جور است	در از بین بردن پاتوژن‌ها تأثیری ندارد. نیاز به سیستم شست‌وشوی معکوس (بک‌واش) می‌باشد.
آب سالم + بازآرایی (هیپوکلریت سدیم + مخزن)	گندزدایی با منابع کلرین‌های محلی (هیپوکلرید سدیم محلول آب و نمک)، مخزنی با شیر و دهانه تنگ	غیرفعال کردن یا از بین بردن تقریباً تمامی پاتوژن‌ها و اکسید مواد آلی	بلی	بلی	مکمل پکیج گندزدایی، مخزن آب سالم و ارتقا سطح بهداشت	مخازن محل باید مرتباً پر از هیپوکلریت باشند. نسبت محلول‌های هیپوکلریت و آب خام رعایت شوند. نیاز به زمان تماس زیاد است.

ادامه جدول ۴-۲- سیستم‌های تصفیه آب خانگی - مزایا و معایب

سیستم	فرآیند	موادی که حذف می‌شوند.	تست‌های آزمایشگاهی ثبت شده	تست‌های در محل، ثبت شده در کشورهای توسعه در حال توسعه	مزایا	موانع
فیلترهای شنی کند	استفاده از شن‌های ریز و دبی جریان کم‌تر به منظور حذف ناخالصی‌ها با استفاده از نشست، جذب سطحی، و فرآیندهای شیمیایی و میکروبیولوژیکی	کاهش پاتوژن‌های اصلی (مکانیسم اصلی به منظور پاکسازی میکروبیولوژیکی است	خیر	خیر	پاتژن‌ها از بین می‌روند لکن نه به‌طور کامل. مواد در محل موجودند	فقط برای آب خام با کدورت کم‌تر از ۲۰ NTU مناسب است. نیازمند به نگهداری دقیق دارد.
گندزدایی خورشیدی + پارازیاتی احتمالی + آموزشی (SODIS)	گندزدایی توسط اشعه فرابنفش و تماس با نور خورشید به مدت ۵ ساعت در بطری‌های پلاستیکی شفاف	غیرفعال کردن یا از بین بردن تقریباً تمامی پاتوژن‌ها	بلی	بلی	استفاده از بطری‌های پلاستیکی در حمل و انبار کردن بسیار راحت هستند و احتمال آلودگی مجدد را کم می‌کنند. یک سیستم پایدار که به مواد مصرفی ثابتی به جز بطری نیاز دارد	به آب و هوای مناسب نیاز دارد و فقط برای آب با کدورت کم‌تر از ۳۰ NTU امکان‌پذیر است.
جذب سطحی یا فیلترهای کاتالیتیک	عبور آب از فیلترهای زمینی شامل مواد زئولیت یا مشابه آن. آلودگی شیمیایی توسط مواد فیلترگیر می‌افتند. روزه‌ها در مواد زئولیتی تقریباً ۲ میکرون است	مزه، طعم، کلرین، مواد معلق جامد، پاتوژن‌ها، فلزات سنگین	خیر	خیر	استفاده آسان از فیلترهای کوچک که به سقف بطری‌های آب وصل شده‌اند. مصرف‌کننده‌ها بطری‌ها را از آب خام پر می‌کنند و با مکشی که از دهانه بطری ایجاد می‌کنند آب را از بین فیلترها رد می‌کنند و این امر تمام ناخالصی آب را از بین می‌برد.	فیلترها به راحتی با مواد معلق جامد گرفته می‌شوند. این فیلترها دارای عمر مفید کمی، حداکثر ۷۵۰ لیتر، می‌باشند. در صورتی که این فیلترها برای حذف آرسنیک طراحی شوند عمر مفیدی تا حداکثر ۱۰۰ لیتر را دارند. فیلترهای جذب سطحی نسبتاً گران می‌باشند.

ادامه جدول ۴-۲- سیستم‌های تصفیه آب خانگی - مزایا و معایب

سیستم	فرآیند	موادی که حذف می‌شوند.	تست‌های آزمایشگاهی ثبت شده	تست‌های در محل، ثبت شده در کشورهای در حال توسعه	مزایا	موانع
تصفیه با سبزیجات	آب خام در ظرف اول قرار می‌گیرد و پس از ۲۴ ساعت به ظرف دوم جاری می‌شود و پس از ۲۴ ساعت به ظرف سوم سیفون می‌شود	بیشتر از ۵۰ درصد از باکتری‌ها و شیسستوزوم‌ها (کرم‌ها) از بین می‌روند، از بین رفتن مقدار زیادی از کدورت	خیر	خیر	ظرف‌ها در تمامی خانه‌ها یافت می‌شوند.	فقط برخی از پاتوژن‌ها از بین می‌روند.
عبور آب از میان رشته‌های monofilament	Copepods (cyclops) حاوی کرم جوینبیا، مقداری از کدورت آب	بلی	بلی	راه ساده‌ای به منظور جلوگیری از کرم جینبیا. در مکان‌هایی Copepods (cyclops) و وبا کم‌تر می‌شود لکن انتقال آن‌ها از بین نمی‌رود.	رشته‌های مورد نیاز باید از ابتدا و بالاترین نقطه استفاده شود. در این روش در حذف دیگر پاتوژن‌ها محدودیت‌هایی وجود دارد.	

۴-۵-۱- ترویج تصفیه و ذخیره آب در منازل

- آموزش و ایجاد انگیزه

به منظور ترویج تصفیه آب در منازل و ذخیره مناسب آب، لازم است آموزش‌های لازم در سطح جامعه ارائه شود و انگیزه و همکاری مردم در این طرح افزایش یابد. یک انگیزه مهم، تامین آب سالم‌تر با هزینه‌های کم‌تر و سرعت بیشتر نسبت به احداث و راه‌اندازی شبکه آبرسانی است.

سوال. آیا فقط برای جوامع فقیر است؟

پاسخ. گرچه ضرورت تصفیه آب در منزل، در مورد جوامعی که دارای امکانات کم‌تر دسترسی به آب آشامیدنی سالم هستند بالاتر است، لکن این نیاز تنها در مورد جوامع فقیر نیست. کیفیت آب در کشورهای پیشرفته که به شبکه‌های آبرسانی پیشرفته نیز دسترسی دارند مساله‌ساز است. بسیاری از خانواده‌ها برای تامین آب آشامیدنی سالم مجبور به خرید آب در بطری می‌باشند. در برخی از جوامع اروپایی دسترسی به آب آشامیدنی با کیفیت مناسب از لحاظ میکروبیولوژی وجود ندارد. در آمریکا و اروپا گزینه «سیستم‌های آب کوچک» موضوع مهمی است، زیرا که در این جوامع کمبود منابع مالی برای نگهداری و حفظ مداوم تاسیسات وجود داد. علاوه بر این‌ها، شرایط بحرانی نیاز به رسیدگی فوری دارند. در این مواقع، تصفیه آب آشامیدنی در منازل نقش مهمی در جلوگیری از شیوع بیماری اسهال دارد.

- ضرورت بهداشتی

در سال ۲۰۰۲ گزارش سلامت جهانی^۱ مساله آب آلوده و فاضلاب را جز لیست «ده خطر بزرگ برای سلامت جهانی» قرار داده است. در این گزارش آمده است که: برای دستیابی به سلامت جامعه، راهکارهایی با هزینه نسبتاً کم از جمله گندزدایی آب در محل مصرف لازم است. این گزارش پیشنهاد می‌دهد که استفاده از سیستم تصفیه آب در محل به ویژه در مناطقی که با مرگ و میر بالای کودکان رو به رو هستند، بسیار مقرون به صرفه است. موضوع سیستم تصفیه آب در محل مصرف، به عنوان مکمل هدف گسترش شبکه آبرسانی در جوامع در حال پیشرفت به شمار می‌رود.

1- World Health Report

فصل ۵

مدیریت تقاضای آب

۵-۱- مقدمه

مدیریت آب شهری در بسیاری از نقاط جهان در حال تغییرات بنیادین است. اروپا، استرالیا، بخش‌هایی از آمریکا و برخی از شهرهای کانادا، هم اکنون در حال مدیریت منابع آب آشامیدنی خود به شیوه‌ای یکپارچه‌تر و با تمرکز بیشتری بر حفظ و بهبود سلامت اکوسیستم و پرهیز از کاهش منابع آب‌اند. تاکید آن‌ها بر کنترل تقاضا از طریق مدیریت تقاضا محور (DSM) و یا اصطلاحاً، مدیریت تقاضاست.

این رویکرد جامع، در برخی از کشورها از جمله ایران چندان رایج نیست. اکثر تاسیسات آبرسانی کشور، براساس سیستم تامین محور، باید پاسخ‌گوی تقاضای روز افزون جامعه باشد که این رویکرد منجر به ساخت و گسترش سدهای انحرافی، مخازن، انتقال بین حوضه‌ای، ایستگاه‌های پمپاژ آب زیرزمینی و تصفیه‌خانه‌ها شده است. نتایج آن افزایش هزینه‌ها، گسترش بیش از حد شبکه، اثرات عمده محیط‌زیستی و نگرانی فزاینده از عدم کفایت منابع آب برای برآورده کردن نیازهای آبی در بسیاری از بخش‌های کشور است. در بسیاری از شهرها، در دسترس‌ترین منابع آب، تا به حال استفاده شده‌اند و گسترش زیرساخت‌ها روز به روز پرهزینه‌تر می‌شود.

۵-۱-۱- فازهای مدیریت منابع آب

از نظر تاریخی، مدیریت منابع آب، به ویژه در مناطق شهری، از چندین مرحله یا فاز منتج از رشد جمعیت و تقاضای آب عبور کرده است.

۵-۱-۱-۱- وفور آب

فاز اولیه، که «وفور آب»^۱ گفته شده، با جمعیت کم و بالتبع تقاضای کم آب نسبت به مقدار آبی که به‌طور طبیعی در دسترس است، توصیف شده است.

۵-۱-۱-۲- کمیابی آب

به محض این‌که با افزایش جمعیت، تقاضای آب از این مقدار تجاوز کند، جامعه وارد وضعیت «کمیابی آب»^۲ می‌شود که در آن منابع به‌طور افزایشی نامکفی می‌شوند.

1- Water Abundance
2- Water Scarcity

۵-۱-۱-۳- وفور القایی سازه ای آب

در کشورهای توسعه یافته، این وضعیت نوعاً با افزایش تامین (تولید) آب از طریق راه‌حل‌های مهندسی مثل ساخت سد و انتقال آب چاره شده است. به این وضعیت، «مرحله تامین^۱» یا «ماموریت هیدرولیکی» گفته شده است که سبب «وفور القایی سازه‌ای آب^۲» می‌شود [۶۳].

۵-۱-۱-۴- ویژگی‌های فاز تامین

- از نظر اجتماعی و سیاسی مشخصه اصلی این وضعیت این است که حکومت نقش تامین کننده آب را به عهده می‌گیرد، و توده مردم به تدریج واقع‌بینی خود را نسبت به ارزش واقعی آب تامین شده از دست می‌دهند.
- با ادامه افزایش تقاضای آب، تقاضا از میزان آب قابل تامین از روش‌های مهندسی متداول بیش‌تر می‌شود و وضعیت «کمبود آب^۳» را به دنبال دارد که روز به روز بیش‌تر می‌شود.
- این نقطه، آغاز تلاش‌های جدی برای کنترل و مدیریت تقاضای آب را از طریق استراتژی‌ها و تدابیر حفاظت آب به سمت بهبود کارایی مصرف آب نشان می‌دهد.
- از نظر اجتماعی، این تحول در تغییر هشیاری اجتماعی مردم نسبت به منابع آب بازتاب می‌یابد و اغلب از درک فزاینده از پایداری محیط‌زیستی یا اکولوژیکی برانگیخته می‌شود.
- تمرکز مدیریت از مدیریت زیربنایی^۴ به مدیریت منابع آب، و از مدیریت و برنامه‌ریزی توسط متخصصان، به تعهد و مشارکت کامل جامعه تغییر می‌یابد.
- انتظار می‌رود که با تلاش هماهنگ و پیوسته، تقاضای آب در محدوده پایدار تامین آب بماند. این تلاش عمدتاً مبتنی بر شیوه‌ها و استراتژی‌های مدیریت موثر تقاضای آب است.

۵-۱-۱-۵- ضرورت اصلاحات بنیادین در مدیریت آب شهری

- بی‌شک، رویکرد سنتی تامین محور، فواید شگرفی برای میلیاردها نفر به ارمغان آورده است. در طول قرن بیستم شیوع امراض مرتبط با آب را کاهش داده، میزان تولید برق آبی را افزایش داده، راحتی و آسایش را برای بسیاری از منازل به همراه آورده، پتانسیل کشت آبی را افزایش داده و خطر سیل‌های ویران کننده و نیز خشک‌سالی را تعدیل کرده است. با این وجود، ادامه استفاده از گزینه‌های تامین محور، راه حلی بلندمدت نخواهد بود.

1- Supply Phase
 2- Structurally-Induced Water Abundance
 3- Water Deficit
 4- Infrastructure Management

- پمپاژ بیش از حد منابع زیرزمینی و آلودگی آب‌های سطحی از فاضلاب شهری، منابع آب محلی را به‌طور فزاینده ای تنزل می‌دهند. این عوامل اثر منفی بر پایداری بلندمدت منابع آب، سلامت اکوسیستم‌ها و حفظ استانداردهای آب آشامیدنی دارند. به‌علاوه، خدمات آب شهری با منابع مالی کم‌تر و فشاری بیش‌تر در رویارویی با زیرساخت‌های رو به زوال خود مواجه می‌شوند.
- التزام به مدیریت تقاضا جهت پاسخ‌گویی به شرایط کنونی در کشور بسیار ضروری است. مدیریت تقاضا، پتانسیل بهبود پایداری و اقتصادی بودن تامین آب در کشور را دارد.
- DSM، گامی موثر به سوی جهت دهی دوباره جامعه برای زندگی در ظرفیت اکولوژیکی خود است. اتخاذ DSM گامی حیاتی در کاهش ردپای^۱ اکولوژیکی شهرهاست و باعث می‌شود فعالیت‌های انسانی، همزیستی بهتری با فرایندهای اکولوژیکی داشته باشند.

۵-۲- تعریف مدیریت تقاضا و تبیین راهکارها و شاخص‌های ارزیابی

مدیریت تقاضای آب (WDM)^۲ شامل فعالیت‌هایی است که هدفشان فراهم کردن بیش‌ترین خدمات ممکن با استفاده از کم‌ترین حجم آب است. از دیدی کلی‌تر، WDM به فعالیت‌هایی اطلاق می‌شود که کاهش تقاضای آب، بهبود کارایی^۳ و بهره‌وری^۴ مصرف آب و جلوگیری از زوال منابع آب را هدف قرار داده‌اند. برخی متخصصان، کاهش مصرف آب از طریق مدیریت کارای^۵ تقاضا را معادل افزایش تامین آب می‌پندارند [۶۳].

در مواردی که بهترین فرصت‌های تامین آب استفاده شده است، و فرصت‌های حاشیه‌ای از لحاظ اقتصادی و محیط‌زیستی بسیار پر هزینه‌تراند، WDM راه حلی الزامی است. علاوه بر این، WDM اجرای تغییر الگوی سنتی توسعه روزافزون منابع تامین آب را به سمت پایداری منابع آب و محیط‌زیست و کارایی اقتصادی و توسعه اجتماعی هدف‌گذاری می‌کند.

مدیریت تقاضا، مکمل گزینه‌های سنتی تامین محور است. به‌طور کلی DSM به عنوان «برنامه‌ریزی و اجرای برنامه‌هایی جهت تاثیرگذاری بر مقدار، ترکیب یا زمان‌بندی تقاضا برای اجناس و خدمات» تعریف می‌شود. برای تامین آب به‌طور خاص، DSM به عنوان «هر اقدامی که مقدار برداشت متوسط یا بیشینه از منابع آب سطحی یا زیرزمینی را کاهش می‌دهد و یا زمان‌بندی آن‌ها را تغییر می‌دهد، درحالی‌که مقدار آلودگی جریان‌های بازگشتی را کنترل یا کاهش می‌دهد، تعریف می‌شود.

1- Footprints
2- Water Demand Management
3- Efficiency
4- Productivity
5- Effective

رویکرد DSM موید این است که می‌توان میزان تقاضای آب را تحت تاثیر قرار داد. این رویکرد همچنین، پایدارتر، با آسیب‌های محیط‌زیستی کم‌تر و اغلب با بهره اقتصادی بالاتری به نسبت رویکردهای سنتی تامین محور است. بسیاری از خدماتی که توسط آب فراهم می‌شوند، مانند بهداشتی، استحمام و زیباسازی مناظر می‌توانند با همان کارایی ولی با مقدار کم‌تری آب از طریق اصلاحات فنی و رفتاری فراهم شوند.

۵-۳- پیش‌بینی تقاضای آب

پیش‌بینی تقاضای آب مولفه‌ای اساسی در برنامه‌ریزی و بهره‌برداری موفق سیستم‌های تامین آب است. پیش‌بینی دقیق تقاضای آب چه در دوره‌های زمانی کوتاه‌مدت، متوسط و یا طولانی مدت و یا به بیان دیگر افق‌های زمانی نزدیک، میانه و دور برای بهینه‌سازی مدیریت سیستم‌های آبی شامل طراحی ظرفیت‌ها، برنامه‌ریزی نگهداری و بهره‌برداری، تنظیم نرخ آب و برنامه‌ریزی‌های مالی آتی مفید و لازم است. علاوه بر این، تقاضای پیش‌بینی می‌تواند اساس تصمیم‌گیری‌های استراتژیک در انتخاب منابع آب آتی، ارتقای منابع آب موجود و طراحی گزینه‌های مدیریت تقاضای آب آتی باشد.

اکثر مطالعات پیش‌بینی تقاضای آب براساس سه رویکرد پیش‌بینی مصرف پایانی^۱، پیش‌بینی اقتصادسنجی^۲ و پیش‌بینی سری‌های زمانی^۳ می‌باشند. پیش‌بینی براساس مصرف پایانی، رویکردی است که تقاضای آب را براساس پیش‌بینی مصارف پایانی پیش‌بینی می‌کند. این رویکرد نیاز به حجم عظیمی از داده‌ها و فرض‌ها دارد. رویکرد اقتصادسنجی براساس تخمین آماری روابط تاریخی بین فاکتورهای مختلف (متغیرهای مستقل) و مصرف آب (متغیر وابسته) است، با فرض این‌که این روابط در آینده هم به همین ترتیب ادامه خواهند داشت. رویکرد سری زمانی، مستقیماً مصرف آب را پیش‌بینی می‌کند، بدون این‌که لازم باشد تا دیگر فاکتورهایی را که مصرف آب به آن‌ها وابسته است را پیش‌بینی کند [۶۳].

بسیاری از متغیرهای آب و هوایی مانند بارندگی، دمای هوا، مدت تابش خورشیدی، رطوبت نسبی، سرعت باد و مصارف تاریخی آب در توسعه مدل‌های رگرسیونی و شبکه عصبی مصنوعی در نظر گرفته می‌شوند. برخی مدل‌های رگرسیونی از دمای بیشینه هفتگی هوا، مقدار بارندگی هفتگی، تقاضای آب هفته‌های پیش، وقوع و یا عدم وقوع بارندگی به عنوان پارامترهای مستقل استفاده می‌کنند. مدل‌های سری زمانی Box & Jenkins، مصرف روزانه آب شهری را پیش‌بینی می‌کنند. در مطالعات اخیر از مدل‌های شبکه مصنوعی برای پیش‌بینی تقاضای آب بیش‌تر استفاده می‌شود، به‌گونه‌ای مدل‌های شبکه عصبی از مدل‌های رگرسیونی و سری‌های زمانی در برخی از مطالعات بهتر جواب داده است. برخی دیگر از مطالعات از فاکتورهای اقتصادی‌سنجی، جمعیت شناختی و آب و هوایی در مدل‌های پیش‌بینی مصرف آب استفاده کرده‌اند.

1- End – Use Forecasting
2- Econometric Forecasting
3- Time Series Forecasting

۵-۳-۱- عدم قطعیت در پیش‌بینی تقاضای آب

تغییرات تنش‌های آبی مانند تغییر اقلیم و تغییرپذیری اقلیمی، رشد جمعیت و شهرنشینی، تغییر در رفتار عمومی و شرایط اجتماعی-اقتصادی، فرسودگی و زوال زیرساخت‌های مدفون، افزایش نرخ نشت، توسعه فناوری، افزایش تقاضای آب برای حفظ اکوسیستم‌ها و تغییر در کیفیت آب و اثرات آن دارای عدم قطعیت زیادی‌اند. بدون در نظر گرفتن این محرک‌های تغییرات آبی و عدم قطعیت‌هایشان، پیش‌بینی‌ها برای برنامه‌ریزی و مدیریت سیستم‌های تامین آب، مطمئن و کافی نیستند.

منابع عدم قطعیت، شامل عدم قطعیت در داده‌ها، مدل پیش‌بینی، پارامترها و یا عوامل طبیعی و بهره‌برداری یا همه آن‌هاست. در ادامه صرفاً به منابع عدم قطعیت پارامترها در رابطه با پیش‌بینی تقاضای آب پرداخته می‌شود [۶۳].

- تغییر اقلیم و نوسانات اقلیم

عدم قطعیت ناشی از اثرات تغییرات اقلیم و نوسانات اقلیمی بر بارندگی، دمای هوا، مدت تابش، رطوبت نسبی، سرعت باد، نرخ تبخیر و تعرق، رطوبت خاک و کیفیت آب بر مصرف آب تاثیر دارند.

- رشد جمعیت

شهرنشینی و رشد جمعیت فرایندهای پیچیده‌ای‌اند که توسط فاکتورهای محیط‌زیستی، فرهنگی، اجتماعی، اقتصادی و سیاسی تحت تاثیر قرار می‌گیرند. تکنیک‌های پیش‌بینی جمعیت سنتی بر این فرض‌اند که سه مولفه رشد جمعیت (زاد و ولد، مرگ و میر، مهاجرت) در آینده، روندی مشابه گذشته دارند. لکن، نه وضعیت جمعیت‌شناختی تا کنون به‌طور کامل شناخته شده و نه روند آبی زاد و ولدها، مرگ و میرها و مهاجرت‌ها قابل پیش‌بینی‌اند. رشد جمعیت آینده می‌تواند تحت تاثیر توسط نرخ زاد و ولد، مرگ و میر و مهاجرت به واسطه توسعه اجتماعی، اقتصادی، سیاسی، فنی و علمی قرار گیرد. هنوز معلوم نیست که آیا مهاجرت به سمت شهرهای صنعتی افزایش و یا کاهش خواهد یافت. رویکردهای رایج برای توصیف عدم قطعیت در پیش‌بینی‌های جمعیتی، دو رویکرد سناریو و احتمالاتی است.

- تغییرات اجتماعی-اقتصادی

نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که همبستگی قوی بین مصرف آب و تغییرات اجتماعی-اقتصادی وجود دارد. برای نمونه می‌توان به تغییر سبک زندگی، تغییر نوع خانه‌ها و تعداد خانوار، قابلیت پذیرش و نفوذ بازار ابزارهای مصرف موثر آب، منابع بدیل آب، توسعه اقتصادی، فرصت‌های شغلی، سطح سواد و قیمت آب اشاره کرد. پیش‌بینی و توصیف این پارامترها مواجه با عدم قطعیت‌اند.

رفاه اقتصادی، نوع مسکن، نوع تصرف، توسعه فنی و اقتصادی در تجهیزات مصرف آب بر مولفه‌های خرد^۱ مصرف آب تاثیر می‌گذارد. مولفه‌های خرد تقاضای آب، که عموماً آب را برای تجهیزاتی مانند توالیت، دوش، حمام، ماشین ظرف‌شویی و لباس‌شویی مصرف می‌کنند و شیرهای داخل و خارج به صورت جدا در نظر گرفته شده و ارزیابی می‌شوند. مصرف آبی آب خانگی با توجه به چگونگی تغییرات این مولفه‌های خرد، که براساس تغییرات سبک زندگی، فناوری‌های نو ظهور، آگاهی‌های اکولوژیکی و دلایل اقتصادی می‌باشند، تعیین می‌شود.

۵-۳-۲- رویکردهای توصیف و تحلیل عدم قطعیت

گر چه به نظر می‌رسد که تقاضا خود را با موجودی آب تطبیق می‌دهد، لکن ممکن است به میزان موجودی صرف‌نظر از افزایش قیمت‌ها بی توجه باشد. محققان خاطر نشان کرده که تقاضاهای آینده آب تصادفی‌اند چون به آب و هوا، سلیقه و ارجحیت‌های مشتری، درآمد خانوار، بهای آب، و سطح توسعه اقتصادی بستگی دارند. این دلایل طبیعتاً سبب می‌شوند تا تقاضا، توزیع احتمال با چولگی مثبت داشته باشد. برخی سازمان‌ها و پژوهشگران توزیع‌های احتمال متفاوت را برای تقاضا استفاده کرده‌اند، از جمله توزیع گاما برای تقاضا در شهر سیاتل آمریکا. همچنین امکان دارد که آماره‌های توزیع تقاضا در سطوح مختلف شدت خشک‌سالی و موجودی آب یکسان نباشد [۶۳].

۵-۳-۲-۱- رویکرد مبتنی بر ریسک برای تحلیل عدم قطعیت‌ها

این رویکرد از شیوه تحلیل سناریو^۲، تکنیک‌های نمونه‌برداری تصادفی^۳ (شبیه‌سازی مونت کارلو^۴، نمونه‌برداری ورامکعب لاتین^۵ LHS) و تکنیک‌های خود راه‌انداز^۶ برای توصیف عدم قطعیت‌ها استفاده می‌کند.

- تحلیل سناریو

از تحلیل سناریو برای تحلیل اثرات پارامترهای مختلفی مثل جمعیت، صرفه‌جویی آب و تغییر اقلیم می‌توان استفاده کرد. با در نظر گرفتن سناریوهای مختلف پخش گازهای گلخانه‌ای، متغیرهای آب و هوایی برآورد می‌شوند. طیف وسیعی از سناریوهای ممکن تغییر اقلیم و اثراتشان بر تقاضا می‌توانند عدم قطعیت‌های مربوط را پوشش دهند.

-
- 1- Micro Component
 - 2- Scenario Analysis
 - 3- Random Sampling
 - 4- Monte Carlo Simulation
 - 5- Latin Hypercube Sampling
 - 6- Bootstrap

- شبیه‌سازی مونت کارلو

تقاضای آب خانگی معمولاً براساس تحلیل مولفه‌های خرد تقاضای آب و جمعیت کل آینده پیش‌بینی می‌شود [۶۳]. شبیه‌سازی مونت کارلو برای پیش‌بینی جمعیت، روش رایجی است. شبیه‌سازی مونت کارلو، روشی آزمایش شده برای ارزیابی کلی عدم قطعیت‌ها براساس قضیه حد مرکزی^۱ است. تکنیک‌های شبیه‌سازی مونت کارلو، عدم قطعیت‌های کلی در برآوردها به واسطه تمامی عدم قطعیت‌های پارامترهای درون‌داد را تخمین می‌زند. شبیه‌سازی احتمالاتی جمعیت با استفاده از شبیه‌سازی مونت کارلو، از داده‌های سری زمانی جمعیت، تحلیل روند^۲، تکنیک‌های میانگین متحرک^۳ برای یکنواخت کردن^۴، و تابع توزیع لگاریتمی استفاده می‌کند. با تعداد زیادی شبیه‌سازی تصادفی و برآورد جمعیت در بازه اطمینان ۹۵ درصدی، دامنه عدم قطعیت در پیش‌بینی توصیف می‌شود.

۵-۴- پتانسیل‌های مدیریت تقاضا

مدیریت تقاضا محور^۵ (DSM)، یا به اختصار، مدیریت تقاضا، رویکردی تکمیلی است که هدفش پرهیز از مشکلات متعدد مرتبط با مصرف زیاد آب از طریق کاهش تقاضاهاست. مدیریت تقاضا رویکردی جامع، یکپارچه و بلندمدت است که به دنبال بهبود بهره‌وری کلی آبرسانی و خدمات مربوط مطابق نیازهای مصرف‌کنندگان پایانی^۶ است. با توجه به مصرف بالا، ناکارآمدی و ناپایدار کنونی در بیش‌تر نقاط دنیا، DSM پتانسیل قابل توجهی برای تنظیم مدیریت آب شهری در مسیری پایدار دارد.

بسیاری از شهرهای جهان هم‌اکنون از تدابیری جهت مدیریت تقاضا مثل آموزش و ترویج حفاظت منابع آب، برنامه‌های استرداد وجه^۷ و محدودیت‌های مصرف در طول زمان‌های خشک‌سالی استفاده می‌کنند. با این حال، این روش‌ها اغلب به صورت محدود و در شرایطی خاص و با نگاهی زودگذر اعمال می‌شوند و فقط تا زمانی که یک منبع اضافی تضمین شود، ادامه می‌یابند. چنین رویکردی نمی‌تواند به صرفه‌جویی و منافع محیط‌زیستی درازمدت و مطمئن که DSM به ارمغان می‌آورد، دست یابد.

-
- 1- Central Limit Theorem
 - 2- Trend Analysis
 - 3- Moving Average Technique
 - 4- Smoothing
 - 5- Demand-Side Management
 - 6- End Users
 - 7- Rebate Programs

۵-۴-۱- موانع مدیریت تقاضا

برخی از فواید متعدد DSM عبارت اند از کاهش آثار محیط‌زیستی، افزایش ظرفیت سیستم تامین آب شبکه جهت برآورده کردن استانداردهای کیفی آب آشامیدنی، پرهیز از محدودیت‌های تولید آب و به تعویق انداختن هزینه‌های بالای گسترش زیربنایی شبکه. اگرچه این فواید قابل ملاحظه‌اند، اما موانعی نیز بر سر راه وجود دارد که مدیریت گسترده تقاضای آب شهری را محدود می‌کند. از جمله این موارد می‌توان به سرمایه‌گذاری افراطی، قیمت‌های پایین و تعصب تامین محور بودن مهندسان اشاره کرد.

موانع دیگری از جمله جمع‌آوری ناکافی داده، نامناسب بودن سوبسیدهای دولتی، کمبود سرمایه‌گذاری برای DSM و سیاست‌های انعطاف‌ناپذیر منجر به ادامه استفاده از روش‌های کنونی و مصرف بالای آب شهری می‌شود. ماهیت بهم مرتبط و بهم پیوسته این موانع، شرایطی را ایجاد می‌کند که در برابر اتخاذ رویکردی جامع جهت مدیریت تقاضا مقاومت می‌کند.

۵-۴-۲- حکمرانی^۱

غلبه بر سکون کنونی مدیریت آب دشوار، ولی لازم است. اعمال رویکردی جامع، یکپارچه و بلندمدت، نیازمند همکاری گروه‌های مختلفی از جمله همه رده‌های دولتی، شرکت‌ها و انجمن‌های حرفه‌ای مرتبط، جامعه مدنی و مصرف‌کنندگان پایانی آب است. حکمرانی و نظارت موثر توسط مسوولان پاسخ‌گو به جامعه، گامی اساسی برای تضمین نتایج مطلوب برای جامعه است. حکمرانی خوب در زمینه مدیریت آب شهری، تضمین‌کننده مشارکت اقتصادی، برنامه‌ریزی جامع، پاسخ‌گویی اصولی و حفاظت محیط حوضه آبریز است.

۵-۴-۳- فرصت‌های عمل توسط دولت

حکمرانی به چیزی بیش از صرفاً دولت اطلاق می‌شود؛ شامل موسسات بیش‌تر و فرایندهای تصمیم‌گیری اجتماعی شامل جامعه اصناف و مشاغل و جامعه مدنی می‌شود. به هر حال دولت در سطوح مختلف هنوز هم نقشی کلیدی دارد. شهرداری‌ها، فرمانداری‌ها، استانداری‌ها و دولت باید تاکید ویژه‌ای بر یک برنامه جامع، بلندمدت و یکپارچه داشته باشند. مسوولیت مهم بخش‌های مختلف دولت، یکپارچه‌سازی مدیریت تقاضا در تمامی سیاست‌های آبی و ایجاد هماهنگی برای تضمین برنامه‌ریزی و اجرای موثر DSM است.

۵-۴-۴- حرکت به سوی جامعه پایدار

مدیریت تقاضای آب شهری عنصری کلیدی در گذار به سوی جامعه پایدار است. DSM، دو تغییر اساسی که لازمه این حرکت است را شامل می‌شود. اولین مورد، کاهش برداشت جامعه از منابع آب است که با افزایش بهره‌وری و کارایی به دست می‌آید؛ برای مثال، با نصب تاسیسات با جریان کم. مورد دوم، جایگزینی است که شامل جایگزین کردن منابع کمیاب با گزینه‌های دیگر، مثل استفاده از آب استحصالی باران به جای آب آشامیدنی در آبیاری باغچه می‌شود. موفقیت در آرمان مدیریت پایدار آب شهری مستلزم تعهد همه بخش‌های جامعه شامل دولت، مشاغل و جامعه مدنی است. جهت کمک به این امر خطیر، اصول عمل جهت هدایت استراتژی‌های این بخش تبیین می‌شود. گنجینه علم و تجربه ای که در مدیریت تقاضا در سطح جهان اندوخته شده است، حاکی است که این رویکردی قابل اعتماد و با اهمیت روز افزون است که باید مورد توجه تمامی مدیران منابع آب قرار گیرد. DSM، قابلیت تغییر وضعیت سیستم مدیریت آب شهری در کشور را به مسیری پایدار دارد که هزینه‌ها و اثرات محیط‌زیستی آن به مراتب کم‌تر است.

۵-۵- اصول عمل

۵-۵-۱- قیمت عادلانه برای آب

حذف سوبسیدهای نامناسب و حصول اطمینان از این‌که قیمت تمام شده، با در نظر گرفتن ملاحظات محیط‌زیستی، در قیمت آب لحاظ شده است. هم‌زمان، به رسمیت شناختن اولویت آب سالم برای زندگی انسان و سلامت اکوسیستم با تضمین کردن دسترسی عادلانه و برابر برای تمامی اعضای جامعه و جریان کافی برای محیط‌زیست.

۵-۵-۲- رویکرد جامع، بلندمدت و یکپارچه

این بخش ضرورت رویکردی جامع و بلندمدت برای تامین آب که مدیریت تقاضا را در بر می‌گیرد توصیف می‌کند و موانع پیش روی اتخاذ استانداردهای DSM را مورد بحث قرار داده و اقدامات عملی لازم جهت تسهیل مدیریت تقاضا در کشور را به اختصار بیان می‌کند.

– بسیاری از شهرهای جهان، برخی از تدابیر DSM را اجراء می‌کنند، مثل اعمال محدودیت‌های آبیاری فضای سبز بیرونی، ایجاد گروه‌های آموزشی برای ارتقای آگاهی در باره ضرورت حفظ منابع آب، و اجرای برنامه‌های استرداد وجه جهت ترغیب مصرف‌کنندگان به استفاده از وسایل کارآمد. با این وجود، این اقدامات نوعاً به صورت محدود، واکنشی، موردی و معمولاً در واکنش به شرایط اضطراری، مانند خشک‌سالی، انجام می‌شوند. بعید به نظر می‌رسد که چنین رویکرد محدودی در استفاده از تدابیر DSM، صرفه‌جویی عمده بلندمدت و مطمئنی در آب به همراه داشته باشد. در عوض، یک خط مشی جامع، بلندمدت و یکپارچه ضروری است.

- یک رویکرد جامع، تمامی تدابیر موجود DSM را در نظر می‌گیرد تا ترکیبی مناسب و کارآمد را برگزیند. برای مثال، میزان مشارکت در برنامه رایگان توزیع دوش‌های با کارایی بهتر، می‌تواند با اجرای هم‌زمان برنامه‌های آموزشی و تبلیغات بازاریابی بهبود چشم‌گیری یابد. همچنین می‌توان به جای برنامه توزیع رایگان، با تغییر ساختار قیمت‌گذاری انگیزه‌های اقتصادی لازم برای خرید سردوش‌های جدید را در مصرف‌کنندگان خانگی ایجاد کرد. تا تمامی ظرفیت‌های DSM در نظر گرفته نشوند، بعید به نظر می‌رسد هم‌افزایی کامل بین تدابیر فردی و کارآمدترین ترکیب به دست آید.
- در رویکرد بلندمدت، تاثیر تدابیر DSM را در طول زمان در نظر گرفته و مدیریت تقاضا را در تمامی برنامه‌ریزی‌های بلندمدت دخیل می‌کند. مرحله‌بندی تدابیر DSM، اغلب سطح موفقیت را افزایش می‌دهد؛ برای مثال، استفاده از تبلیغات آموزشی جهت افزایش سطح آگاهی عمومی و پذیرش تغییرات قیمت در آینده.
- به‌طور مشابه، برخی تدابیر DSM به گذشت زمان نیاز دارند تا مقرون به صرفه شوند. برای مثال، اجرای لوله‌کشی دوگانه در یک ساختمان جدید، یک گزینه نسبتاً ارزان‌تر نسبت به بازسازی و اجرای این سیستم در یک ساختمان قدیمی است و این کار، بازچرخش آب را در کل ساختمان‌ها در سطح شهر ممکن می‌سازد. برخی تدابیر DSM ممکن است اجرای برخی دیگر را در آینده غیرضروری سازد. برای مثال، ایجاد انگیزه‌های مالی در سازندگان برای استفاده از وسایل آبی کارآمد، می‌تواند بسیار موثرتر از ایجاد این انگیزه‌های مالی بعداً در مصرف‌کنندگان خانگی برای تعویض وسایل ناکارآمد باشد.

۵-۲-۱- ویژگی‌های رویکرد جامع، بلندمدت و یکپارچه در تامین آب شهری

- جامع^۱

جامع، یعنی این‌که تمامی تدابیر DSM باید در نظر گرفته شوند تا کارآمدترین ترکیب انتخاب شود.

- بلندمدت^۲

برنامه‌ریزی باید به صورت بلندمدت و با در نظر گرفتن اجرای مرحله‌ای تدابیر مختلف DSM در طول زمان، و در نظر گرفتن تغییرات ذخایر آب در آینده انجام شود.

- یکپارچه^۱

هر دو گزینه تقاضا محور و تامین محور باید در برنامه‌ریزی بلندمدت تامین آب با هم تلفیق شوند. همچنین منابع مرتبط (مثل انرژی، فاضلاب)، تقاضاهای اکولوژیکی، اقدامات توسط دیگر سطوح دولت، و قیمت تمام شده باید در نظر گرفته شوند.

به حساب آوردن تمامی مصارف آب و فعالیت‌های مرتبط با آب و اختصاص بودجه ثابت برای برنامه‌ریزی و اجرای بازآموزی کارکنان ضروری است. سرمایه‌گذاری در چنین تغییرات ماندنی نهادی، پایه‌گذار مدیریت تقاضا به عنوان شاخصه اصلی آبرسانی و به عنوان فرایندی مداوم و سازگار خواهد بود. اتخاذ رویکردی بر مبنای حوضه آبریز نیز تضمین کننده رسیدگی به اثرات تجمعی تمامی فعالیت‌های بشر بر سلامت اکوسیستم خواهد بود.

رویکرد یکپارچه، کم هزینه‌ترین ترکیب اقدامات را در نظر می‌گیرد و تدابیر مدیریت تقاضا را با بخش‌ها و گزینه‌های دیگر مثل پروژه‌های تامین محور ترکیب می‌کند. کم هزینه‌ترین ترکیب، با در نظر گرفتن تمامی اثرات مصرف آب، از جمله نیازهای انرژی برای گرمایش یا پمپاژ، هزینه‌های تصفیه آب شرب و فاضلاب، و اثرات محیط‌زیستی، تعیین می‌شود. برخلاف روش استاندارد تحلیل هزینه که اثرات تجمعی و محیط‌زیستی را به عنوان هزینه‌های بیرونی^۲ در نظر می‌گیرد، تحلیل یکپارچه، اثرات محیط‌زیستی و عملکردهای و تقاضاهای اکولوژیکی را هم در نظر می‌گیرد.

گنجاندن نیازهای اکولوژیکی در مدیریت آب، وجود مقدار مشخصی آب (با کیفیت مناسب) در سیستم را ایجاد می‌کند. این آب در جای طبیعی خود، عملکرد اکوسیستم را پایدار کرده و از خدمات اکولوژیکی آن مثل کنترل سیل و تغذیه آبخوان حفاظت می‌کند. این آب همچنین فواید اقتصادی متعارفی چون حمل و نقل، انرژی برق آبی، ماهیگیری و رقیق‌سازی آلودگی‌ها را دارد.

علاوه بر در نظر گرفتن تمامی اثرات و فواید، رویکرد یکپارچه باید تلاش تمامی سطوح دولت را نیز در مدیریت آب دخیل کند. تدابیری که توسط یکی از سطوح دولتی انجام می‌شود بر اقدامات سایر سطوح تاثیرگذار است. برای مثال، دستورالعمل لوله‌کشی که استفاده از وسایل آبی کارآمد را در یک استان الزامی می‌کند ممکن است اجرای طرح‌های محلی انگیزه‌های مالی را غیرضروری کند.

- مشارکت ذینفعان و تصمیم‌گیری مشارکتی

ایجاد فرایندهایی برای مشارکت معنی‌دار ذینفعان، تا اطمینان حاصل شود که ارزش‌های جامعه بیان شده و شهروندان در شناسایی و اجرای راه‌حل‌های بلندمدت و پایدار مشارکت دارند.

1- Integrated
2- Externalities

- نوآوری

پیدا کردن راه‌حلهایی ابتکاری با تمرکز بر کیفیت خدمات بنیادی که آب ارائه می‌کند، تا صرفاً رساندن آن به دست مصرف‌کننده. بهبود بازار برای فناوری‌های کارآمد در مصرف آب و کسب تجربه با تدابیر انتظاری کاهنده عدم قطعیت‌های آینده.

- رهبری

هدایت تمامی موسسات با بهره‌گیری از بهترین روش‌ها و آخرین فناوری‌های محیط‌زیست محور. ظرفیت‌سازی برای آگاه‌سازی از مسایل موجود و نوظهور محلی و بین‌المللی در مدیریت آب. گسترش تحقیقات علمی، اکولوژیکی و اجتماعی - اقتصادی از طریق جمع‌آوری پیشرفته اطلاعات، توسعه تکنولوژی و انجام پروژه‌های آزمایشی. جنبه مهم دیگر برنامه‌ریزی بلندمدت، تخمین دقیق میزان موجودی آب در آینده با در نظر گرفتن اثرات بالقوه تغییرات اقلیمی بر میزان منابع آب محلی است.

اتخاذ رویکردی جامع، بلندمدت و یکپارچه، اغلب چالش‌ها و پیچیدگی‌های بسیار متفاوتی با آنچه در مدیریت تامین محور با آن مواجه می‌شویم دارد. DSM بر بسیاری گزینه‌های کوچک‌تر و غیرمتمرکز تاکید دارد تا کارایی را افزایش دهد، از استفاده از وسایل آبی کم جریان^۱ در منازل گرفته تا بازچرخش فاضلاب برای استفاده‌های خاص و تا ساختار متنوع قیمت‌گذاری.

چنین رویکردی مجموعه قابل انعطافی از گزینه‌ها را فراهم می‌کند، اما تقابل چشم‌گیری با پروژه‌های متمرکز و بزرگ مقیاس مدیریت تامین محور دارد. چنین تغییری در طرز تفکر مشابه تغییر از سیستم‌های کامپیوتری متمرکز، گران و تک منظوره به یک شبکه کوچک‌تر از سیستم‌های در محل است. علاوه بر این، DSM مستلزم مشارکت بیش‌تری از طرف مصرف‌کنندگان پایانی سیستم است. اساساً نیاز به تغییراتی در آگاهی و حس مباشرت از طرف تامین‌کنندگان آب، مالکان خانه‌ها، مشاغل و صنایع دارد. در نتیجه، به مهارت‌ها و منابع مختلفی در سطوح مختلف دولتی و غیر دولتی نیاز دارد تا این تغییر جهت به سوی مدیریت تقاضا صورت پذیرد.

تجربیات سراسر جهان نشان می‌دهد که رویکرد جامع به مدیریت تقاضا، می‌تواند موثر واقع شود. از دهه ۱۹۷۰ تا کنون، مدیران آب شهری در آمریکا به‌طور فزاینده‌ای به سوی DSM گرایش پیدا کرده‌اند. این تمایل نه فقط به عنوان تدبیری اضطراری، بلکه به عنوان مجموعه‌ای از تدابیر است که مقرون به صرفه‌ترین و محیط‌زیست پسندترین راه‌های دستیابی به امنیت آبی را فراهم می‌کند.

- نیاز به رویکرد جامع، بلندمدت و یکپارچه

استراتژی‌های افزایش کارایی آب و مدیریت تقاضا سال‌هاست که وجود دارد. با این وجود، تدابیر لازم در مدیریت تقاضا هنوز هم به‌طور کامل به‌کار گرفته نمی‌شوند. این قسمت شرح می‌دهد که چرا رویکرد جامع، بلندمدت و یکپارچه در مدیریت تقاضا ضروری است و چگونه می‌توان چنین رویکردی را اتخاذ کرد. این قسمت به دو بخش تقسیم شده است. باقی‌مانده بخش اول، به بیان نیاز به DSM می‌پردازد و موانع پیش رو را مورد توجه قرار می‌دهد. بخش دوم به بیان مسایل حکمرانی، برنامه‌ریزی، هماهنگی و نیز اقدامات بالادستی دولتی می‌پردازد. گزارش روند برنامه‌ریزی بلندمدت و برنامه‌های عمل را مفصل بیان می‌کند و در واقع طرح اولیه‌ای را برای آمیختن DSM در مدیریت آب و دیگر منابع فراهم می‌کند.

علیرغم باور رایج که تقاضای آب شهری درصد کمی از کل تقاضای آب را تشکیل می‌دهد، دلایل محکمی برای مدیریت تقاضا وجود دارد. مثال‌هایی برای اثبات این مدعا وجود دارد که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: میزان بالای مصرف آب شهری، افزایش روز افزون شهرهایی که با محدودیت‌های تامین آب و یا زیرساخت‌های آبی مواجه‌اند و افزایش هزینه‌های اولیه توسعه زیرساخت‌ها. علاوه بر این، برداشت آب و برگشت فاضلاب شهری، اثرات زیان‌آوری بر محیط‌زیست و متعاقباً بر کیفیت آب آشامیدنی دارد.

در نتیجه این چالش‌ها، نگرانی‌ها درباره مدیریت آب هر روز زیادتر می‌شود و این وضعیت با افزایش مصرف آب شهری، رو به وخامت است. اگر چه مدیریت تقاضا حکم اکسیری برای حل مشکلات تامین و مدیریت آب شهری ندارد، اما می‌تواند در رسیدگی به بسیاری از این چالش‌ها موثر باشد. به‌طور مشخص، می‌تواند کمک به کاهش و یا محدود کردن مصرف آب شهری و تولید فاضلاب کند که نتیجه‌ا، پایداری و امنیت منابع آب را افزایش می‌دهد.

چالش‌های مدیریت آب اغلب همپوشانی دارند و باعث ایجاد انگیزه بیش‌تر برای به‌کار گرفتن DSM می‌شوند. به عنوان مثال در شهر اونتاریو کانادا تلاش‌هایی برای حفاظت منابع آب به سه دلیل عمده انجام شده است: پرهیز از افت مداوم سطح آب زیرزمینی و اثرات آن بر ماهیگیری به دلیل برداشت بیش از حد، کاهش آلودگی‌های تولیدی شهرها، و پرهیز از هزینه‌های بیش‌تر برای توسعه تصفیه‌خانه‌های آب و فاضلاب برای برآورده کردن تقاضاهای روزافزون. DSM، چنین انگیزه‌هایی را در رویکردی یکپارچه به مدیریت آب در نظر می‌گیرد.

- محدودیت و عدم قطعیت منابع تامین آب

تقاضای آب در بسیاری از شهرهای ایران، به‌خصوص در مناطق گرم و خشک، در حال نزدیک شدن و یا تجاوز از حد تامین آب توسط طبیعت است. چنین مشکلاتی نشان می‌دهد که شهرهای بیش‌تری هر روزه در حال رسیدن به حد منابع آب محلی خود و/با ظرفیت زیرساخت‌های کنونی‌شان هستند. محدودیت‌های تامین آب و تنزل منابع، با آثار ناشناخته تغییرات اقلیمی در جهان در آمیخته‌اند. ارتباط معنی‌داری بین اقلیم و چرخه هیدرولوژیکی وجود دارد. تغییرات رژیم‌های اقلیمی، به‌طور مستقیم بر میزان جریان متوسط سالانه، نوسانات سالانه و توزیع فصلی آن اثرگذار است. تغییرات گسترده‌تر اقلیمی همچنین به معنی تغییر در فراوانی پدیده‌های حدی آب و هوایی و افزایش رخداد

دوره‌های خشک و تر است. با همراه شدن این تغییرات با افزایش تبخیر و تعرق، کاهش انباشت برف و افزایش مصرف آب مثل آبیاری بیش تر چمن، عدم قطعیت منابع آب بیش تر می‌شود.

کاهش آثار تغییر اقلیم، فرایندی کند است. از این رو، متخصصان اقلیم بر این باوراند که باید آماده باشیم خودمان را با این تغییرات وفق دهیم. هیات بین‌المللی تغییر اقلیم^۱ IPCC، اصرار دارند که مدیران آب بررسی و امتحان سیستماتیک معیارهای مهندسی، قواعد بهره‌برداری، برنامه‌های احتمالی و سیاست‌های تخصیص آب را شروع کنند. IPCC با «اطمینان زیاد» بیان می‌کند مدیریت تقاضای آب و تطبیق نهادی^۲ با تغییرات اقلیمی، اجزای اصلی برای افزایش انعطاف‌پذیری سیستم برای پاسخ‌گویی به عدم قطعیت‌های تغییر اقلیم است.

با افزایش شمار جوامعی که با محدودیت‌های تامین آب و تردیدهای (عدم قطعیت‌های) تغییر اقلیم، مواجه می‌شوند، برنامه‌ریزی بلندمدت نیازمند تشخیص و ارزیابی کامل گزینه‌های DSM به عنوان یک ضرورت است. مدیریت تقاضا بخش مهمی از برنامه متنوع مدیریت ریسک است و توانایی جلوگیری از محدودیت‌های تامین آب در کوتاه‌مدت، و فراهم کردن واکنش‌های انعطاف‌پذیر به تغییرات اقلیمی در آینده را دارد.

- هزینه‌های سرمایه‌گذاری آب و فاضلاب

سیستم‌های مدرن آب و فاضلاب پرهزینه‌ترین در بین تمام تاسیسات عمومی است. استفاده کارا از زیرساخت‌های پرهزینه کنونی و کاهش بالقوه هزینه‌های بیش تر ساخت و ساز، امری حیاتی برای شهرداری‌ها، با توجه به بودجه کم بیش تر آن‌هاست. بسیاری از زیرساخت‌های تامین آب مراکز بزرگ کشور، عمری بیش از ۵۰ سال دارند. همچنین، سیستم‌ها در برخی مناطق برای برآورده کردن استانداردهای کیفی آب آشامیدنی نیاز اساسی به ارتقا دارند.

با توجه به هزینه‌های تعمیر و نگهداری زیرساخت‌های کنونی، به نفعمان است که از توسعه زیرساخت‌ها پرهیز کنیم. تقاضای آب شهری با توجه به پیک‌های ساعتی، روزانه و فصلی بسیار متغیر است. بیش ترین پیک معمولاً در تابستان اتفاق می‌افتد. مصرف بیشینه ساعتی بر ظرفیت شبکه آب و فاضلاب تاثیر دارد و زیرساخت‌ها باید برای تامین این تقاضاهای پیک ساخته شوند. نتیجه آن، بخش بزرگی از ظرفیت است که در زمان‌های غیرپیک بلا استفاده می‌ماند.

درحالی‌که برنامه‌های DSM می‌توانند مصرف کلی آب را کاهش دهند، همچنین می‌توانند مشخصاً زمان‌بندی و سطح تقاضای پیک را هدف قرار دهند. این رویکرد «جابه‌جایی پیک»، تقاضا را هموارتر کرده و کارایی کلی زیرساخت‌ها را افزایش می‌دهد. کاستن مقدار پیک تقاضا، نیازهای زیرساختی آینده را نیز به تعویق انداخته و یا به‌طور بالقوه از آن جلوگیری می‌کند.

1- International Panel on Climate Change

2- Institutional Adaptation

مثال شهر نیویورک. مصرف فزاینده آب شهری، معمولاً به معنای افزایش مقدار فاضلاب تولیدی است. تولید بیش‌تر فاضلاب، می‌تواند به صرف هزینه بیش‌تر برای گسترش زیرساخت‌های تصفیه فاضلاب بینجامد. پرهیز از این هزینه‌ها، دلیل و منطق دیگری برای مدیریت تقاضاست. شهر نیویورک مصرف آب خود را تا ۲۵۰ میلیون گالن در روز با بهره‌گیری از یک برنامه جامع DSM کاهش داد و از این راه از صرف یک میلیارد دلار برای گسترش تصفیه‌خانه‌ها خودداری کرده و نیازش به توسعه منابع جدید تامین آب را برای یک مدت نامحدود به تعویق انداخت. (Vickers 2001: xvi)

- آثار محیط‌زیستی

اگرچه شهرها بخش کوچکی از کل برداشت آب در کشور را دارند، لکن این تقاضا از نظر جغرافیایی متمرکز است و کیفیت مناسبی را طلب می‌کند. جمعیت پرتراکم مسکونی و حجم زیاد آب مورد نیاز برای فعالیت‌های اقتصادی شهرها منجر به تهی شدن منابع محلی شده است. در نتیجه، بسیاری از ساکنان شهرها وابسته به آبی‌اند که از منابع دور برایشان آورده شده است که باعث ایجاد «ردپای اکولوژیکی» در فرای مرز شهرها در طول صدها کیلومتر از سرچشمه و رودخانه‌هاست. این «ردپا» به واسطه آلودگی تولید شده از تخلیه فاضلاب به پایین‌دست نیز می‌رسد. چنین اثرات مرکبی از توسعه، فشار شدیدی بر منابع آبی که شهرها به آن‌ها وابسته‌اند وارد می‌کنند.

مثال‌ها. تخلیه آبخوان‌ها بر سلامت آب‌های سطحی نیز تاثیرگذار است. برای مثال استخراج بیش از اندازه از آبخوان‌های انتاریو، باعث کاهش جریان آب از سرچشمه‌ها به رودخانه‌های محلی شده است. این پدیده به اکوسیستم‌های آبی منطقه، به‌خصوص ماهی‌های سرد-آبی لطمه زده است. مشابه این پدیده در حوضه آبریز دریاچه ارومیه نیز مشاهده می‌شود. پمپاژ بیش از حد آب‌های زیرزمینی می‌تواند اثرات سخت و دیرپای داشته باشد. آبخوان‌ها مانند اسفنج‌هایی عمل می‌کنند که رواناب‌ها را در طول دوره‌های پر بارش، با جذب و تغذیه کاهش می‌دهند. پمپاژ بیش از حد، همچنین الگوی جریان آب در زیرزمین را تغییر می‌دهد و می‌تواند سبب متراکم شدن رسوبات آبخوان‌ها شود که این باعث تغییر در ظرفیت آبخوان در آینده شده و ممکن است از ظرفیت جذب آن به‌طور دائمی بکاهد. در مکزیکو سیتی، آبخوان ۲۰ سانتی‌متر در طول ۵۰ سال افت کرد، که باعث نشست بخش‌های بزرگی از شهر شد. دره مرکزی کالیفرنیا نیز چنین افت‌هایی را در سطح آب‌های زیرزمینی خود به دلیل استفاده بیش از حد، تجربه کرده است. نشست زمین بر اثر استخراج بیش از حد از آبخوان‌ها در ایران نیز رو به فزونی و گسترده‌تری است.

هنگامی که برداشت از آب‌های سطحی و زیرزمینی کاهش یابد، آب بیش‌تری برای حفظ تعادل اکولوژیکی رودخانه‌ها، تالاب‌ها و مصب‌ها فراهم می‌شود. برنامه‌های DSM همچنین می‌توانند فشار بر آبخوان‌ها و اکوسیستم‌های آبی در خطر را از طریق پرهیز از پروژه‌های زیربنایی بزرگ مانند حفاری چاه‌های جدید، انحراف آب و سد، کاهش دهند. مدیریت تقاضا همچنین باعث بهبود کارایی تصفیه فاضلاب از طریق کاهش حجم فاضلاب و افزایش زمان ماند، بهبود کیفیت جریان خروجی فاضلاب و کاهش آلودگی آب‌های پذیرنده می‌شود.

- کیفیت آب آشامیدنی

حجم بالای مصرف آب شهری تاثیر سوئی بر کیفیت آب آشامیدنی دارد. این تاثیر حداقل از سه جنبه قابل بررسی است. اول، با افزایش حجم مصرف، آب بیش تری باید برای رسیدن به استانداردهای آب آشامیدنی تصفیه شود و موجب هزینه بیش تر مواد شیمیایی و انرژی می شود. دوم، با توجه به این که عموماً حجم بالای مصرف، سبب افزایش حجم تولید فاضلاب می شود، در نتیجه، تصفیه فاضلاب نیز به دلیل توقف های کوتاه تر و غلظت پایین تر فاضلاب، با کارایی پایین تری همراه خواهد بود. تصفیه نا مطلوب، منابع آب پذیرنده را بیش تر آلوده کرده، باعث افت کیفیت منابع آب برای استفاده کنندگان پایین دست و نیز لطمه به ظرفیت اکوسیستم در تامین آب سالم می شود. سوم، توسعه منابع آب بیش تر می تواند هزینه های تصفیه بالاتری را به همراه داشته باشد، مخصوصاً وقتی که این منابع کدر بوده یا سطح مواد آلی در آن ها بالا باشد.

- منافع ذینفعان از کاهش تقاضا

گزینه های مدیریت تقاضا علاوه بر بهبود توازن تامین - تقاضا، چندین مزیت دیگر از جمله منافع محیط زیستی که فراتر از منفعت اقتصادی حاصل از هزینه های کم تر است، دارد. منافع اقتصادی محسوس شامل صرفه جویی انرژی در گرم کردن و پمپاژ آب، حذف هزینه های تصفیه آب، ظرفیت سیستم توزیع، جمع آوری و تصفیه فاضلاب و نیز صرفه جویی در هزینه های سرمایه ای به علت تعویق، کوچک سازی و یا حذف پروژه های تامین آب است. صرفه جویی آب می تواند منافع محیط زیستی نیز با افزایش دسترسی آب برای آنها، تالاب ها و مصب ها داشته باشد. در بسیاری موارد، حتی در جاهایی که تامین فراوان آب وجود دارد و شکافی بین تامین و تقاضا وجود ندارد، برنامه های مدیریت تقاضا سودمندند. به بیان ساده، اتخاذ تدابیر مشخصی از مدیریت تقاضا می تواند هم برای تامین کنندگان آب و هم مصرف کنندگان صرفه جویی اقتصادی دارد. چند مزیت بیش تر مدیریت تقاضا در کادر (۵-۱) آمده است.

کادر ۵-۱- فواید بیش تر مدیریت تقاضا

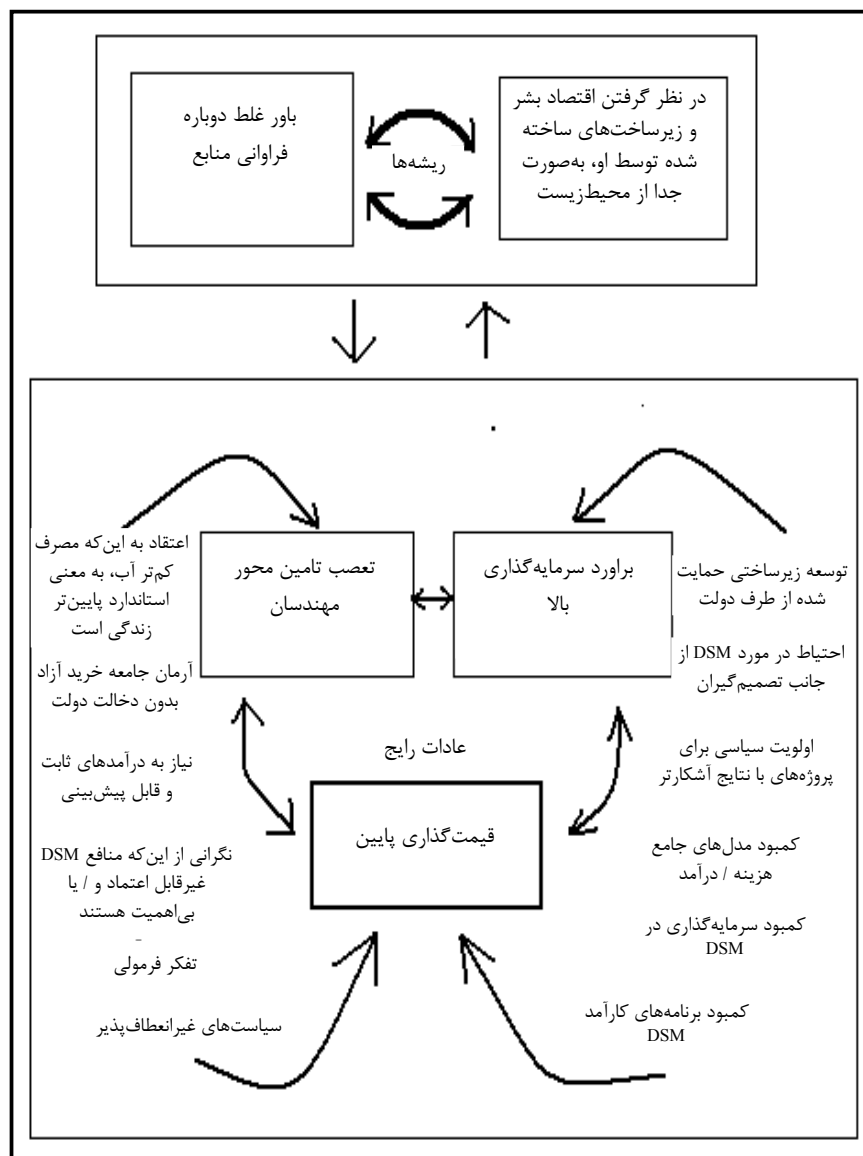
- مصرف انرژی کم تر مثلاً برای گرمایش یا پمپاژ آب خانگی
- کاهش مصرف مواد شیمیایی در فرایند تصفیه
- کاهش نیاز به اعمال محدودیت های اضطراری و دردسرهای آن در طول دوره های خشکسالی
- توانایی بهتر برای تطبیق با عدم قطعیت هایی مانند تغییرات اقلیمی. فرصت های سرمایه گذاری در برنامه های DSM متنوع و بیش تر بوده و از انعطاف پذیری بیش تری نسبت به گزینه های تامین محور که الزامات برگشت ناپذیری دارند، برخوردار است.
- نیاز کم تر به پیش پرداخت ها یا وام های سنگین نسبت به پروژه های تامین محور
- پیش بینی بهتر تقاضا و ریسک کم تر به علت عدم قطعیت در تقاضا
- رویکرد مشارکتی بهتر که منجر به رابطه بهتری بین دولت و ذینفعان در مقایسه با شیوه تصمیم گیری متمرکز تامین محور کنونی می شود.
- تولید درآمد بیش تر از باز یافت محصولات جانبی، مثل احیای آب برای استفاده مجدد
- انگیزه های بیش تر برای حساسی و پایش و در نتیجه کنترل بهتر بر عملکرد سیستم های آب و فاضلاب
- فضای رقابتی بیش تر صنایع (انگیزه های DSM برای استفاده کارا تر از آب می تواند منجر به هزینه های پایین تر صنایع و ارزیابی دیگر پیشرفت های بازدهی آب شود و در نتیجه فضای رقابتی را برای صنایع مهیا می کند)
- فعالیت بیش تر اقتصادی

۵-۶- موانع پیش روی مدیریت تقاضا

مدیریت تقاضا در خدمات انرژی برق از مقبولیت نسبتا بالایی در جهان برخوردار است، در حالی که در بخش آب، به خصوص در ایران، هنوز در مراحل ابتدایی قرار دارد. علت آن نمی تواند کمبود فناوری باشد، چرا که بسیاری از روش ها و ابزارها، مثل وسایل و ابزار کارآمد مصرف آب، مدت هاست که در بازار موجوداند. کادر (۵-۲) خلاصه وار موانعی که باعث پیشرفت آرام DSM شده است را بیان می کند.

کادر ۵-۲- موانع پذیرش DSM

<p>موانع نگرشی</p> <ul style="list-style-type: none"> - باور غلط درباره فراوانی آب - جدا در نظر گرفتن اقتصاد انسانی و زیرساخت ها از محیط زیست - آرمان داشتن جامعه ای با بازار آزاد، بدون دخالت دولت - اعتقاد این که مصرف کم تر آب، به معنی استاندارد پایین تر زندگی است - فکر این که صرفه جویی های DSM نامطمئن و یا خیالی اند. - ارجحیت سیاسی پروژه های قابل رویت <p>موانع مالی</p> <ul style="list-style-type: none"> - سوبسیدها و قیمت گذاری پایین - نیاز به درآمدهای قابل برآورد و ثابت - نیاز به داشتن درآمدهای کافی (در صورت سرمایه گذاری زیاد) - کمبود سرمایه گذاری در DSM - فاصله زمانی در بازگشت سرمایه <p>موانع داده و اطلاعات</p> <ul style="list-style-type: none"> - احتیاط تصمیم گیران در مورد DSM - نبود مدل های جامع هزینه/سود - برنامه های ناکارآمد DSM <p>موانع مدیریتی</p> <ul style="list-style-type: none"> - مدیریت چندپاره (غیریکپارچه) - تعصبات صرف مهندسی - تفکر فرمولی و اکراه در پذیرش رویکردهای جدید - سیاست های غیرانعطاف پذیر
--



شکل ۵-۱- مدل مفهومی موانع پیش روی اتخاذ DSM

۵-۶-۱- مناقشات در مدیریت تقاضاهای آب

سیستم‌های منابع آب عموماً اهداف چندگانه دارند، بسیاری از این اهداف ممکن است در تعارض باشند. تامین تقاضا یک هدف اصلی بسیاری از سیستم‌های منابع آب است. یک تعارض رایج در برنامه‌ریزی و بهره‌برداری سیستم‌های منابع آب زمانی اتفاق می‌افتد که سیستم باید آب را برای چند تقاضا با منظورهای متفاوت و با قیدهایی در مورد کیفیت آب، کنترل سیل و غیره تامین کند.

علاوه بر تنوع اهداف مصرف‌کنندگان آب، مسایل مهمی از جنبه نهادی به وجود می‌آید. برای مثال، ممکن است یک سازمان کشاورزی قصد داشته باشد که آب را برای تقاضاهای آبیاری و احشام تامین کند، در حالی که یک صنعت ممکن

است قصد داشته باشد که آب را برای فرایندهای ساخت، خنک کردن سیستم و غیره در نظر بگیرد. شرکت‌های مسوول خدمات شهری بیش‌تر تمایل به افزایش قابلیت اعتماد تامین تقاضاهای آب شهری و روستایی دارند. بنابراین، باید گزینه‌هایی برای مدیریت تقاضاهای آب توسط تصمیم‌سازانی که معمولاً از شرکت مختلفی هستند و ممکن است سطح متفاوتی از اختیارات برای اعمال سیاست‌های مطلوب خود داشته باشند، به‌کار گرفته شود.

۵-۷- استراتژی‌های مدیریت تقاضای آب

دورنمای بحران آب، مدیران آب را به چالش جست و جوی راه‌های موثر برای برآوردن تقاضای آینده بدون به‌خطر انداختن پایداری طولانی مدت سیستم‌های منابع فعلی آب کشانده است که همان مدیریت جامع منابع آب (IWRM) است. مدیریت تقاضای آب، شاخه نسبتاً جدید علم منابع آب است که گزینه نویدبخشی را برای پایدار نگه‌داشتن منابع آب شیرین جهان ارائه می‌کند.

چارچوب IWRM، همچنین مدیریت تقاضای آب را همراه با سیاست و استراتژی آب، قانون و استانداردهای آب، چارچوب نهادی، برنامه‌ریزی و مدیریت مشارکتی، تخصیص در میان (زیر) بخش‌ها و حل مناقشه، کارکردها و ارزش‌های منابع آب، و مسایل فرامرزی به‌طور صریح را طرح‌ریزی می‌کند (GWP، ۲۰۰۰).

با توجه به موانع سیاسی صادرات آب و هزینه نسبتاً زیاد نمک‌زدایی، مدیریت تقاضای آب می‌تواند تنها گزینه قابل اجرا برای رفع نیازهای آبی حال و آینده مناطق در مضیقه آب باشد.

گزینه‌های مدیریت تقاضای آب، انتخاب‌های بیش‌تری برای تامین تقاضا در چارچوب جامع‌نگر مدیریت جامع منابع آب، بدون تنزل محیط‌های طبیعی و اکوسیستم‌های حامی سیستم‌های منابع آب در اختیار می‌گذارند.

۵-۷-۱- اقدامات و برنامه‌های مدیریت تقاضا

هرگونه فعالیت، روش، ابزار فنی، قانون یا سیاست که بتواند مصرف آب را بالقوه کاهش دهد می‌تواند از اقدامات مدیریت تقاضا (یا حفاظت) محسوب شود. صدها اقدام مختلف در گزارشات یافت می‌شود. چندین روش برای گروه‌بندی اقدامات امکان‌پذیر است. یک روش رایج، دسته‌بندی براساس نوع مصرف آب است.

مثال‌هایی از فناوری‌ها و روش‌های مصرف کارآمد آب که می‌تواند برای کاهش مصرف آب در بخش‌های اصلی مصرف شامل؛ مصارف خانگی، صنعتی، آبیاری کشاورزی و سایر مصارف استفاده شود، در جدول (۵-۱) نوشته شده است.

جدول ۵-۱- استراتژی‌ها و برنامه‌های اجرای مدیریت تقاضا

استراتژی	برنامه اجرا
آموزش عمومی	<ul style="list-style-type: none"> - برنامه‌های مدارس ابتدایی و متوسطه - رویدادها و فعالیت‌های تبلیغاتی- ترویجی - آگهی تبلیغاتی در رسانه‌های همگانی - انتشار اطلاعات از طریق تماس‌های شخصی - برنامه‌های توسعه برای آموزش مصرف‌کنندگان آب و کمک در نصب ابزارآلات حفاظت آب - برنامه نمایشی فضای سبز کم مصرف آب خشک^۱
برنامه‌های مدیریتی آب	<ul style="list-style-type: none"> - برنامه آزمایش و جایگزینی کنتورها - برنامه شناسایی و تعمیر نشت - برنامه بازرسی سیستم توزیع - انگیزه‌های مالیاتی، یارانه‌ها و استرداد وجه^۲ برای اتخاذ تدابیر حفاظت - انگیزه‌های اجتماعی حفاظت
مقررات و نظارت دولتی	<ul style="list-style-type: none"> - سیاست‌های و قانون‌های ملی مدیریت آب - حقایق‌ها و تقدم‌های اساسنامه‌های مصرف - استانداردها و تدابیر تاکید شده حکومتی - اجرای آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های حفاظت - اعمال محدودیت‌های مصرف آب در شرایط اضطراری
انگیزه‌های اقتصادی	<ul style="list-style-type: none"> - سیاست‌های قیمت‌گذاری آب - حقایق‌های قابل معامله - بانک‌های آب و بازارهای منطقه‌ای آب - یارانه‌ها و استرداد وجه به مصرف‌کنندگان آب - یارانه متقابل به حفاظت کشاورزی - انگیزه‌ها و اعتبارهای مالیاتی - جرایم برای مصرف بیش از اندازه (سهمی‌ها) - خصوصی‌سازی بخش تامین آب

۵-۷-۱-۱- اصلاحات و نظارت دولتی

دولت‌ها با ایجاد محیط نظارتی و تنظیم‌کننده شنوا و فراهم کردن انگیزه‌های اقتصادی برای برگزیدن اقدامات حفاظت آب، نقش مهمی در مدیریت تقاضای آب دارند. با این وجود، سیاست‌های ملی اندکی در حال حاضر وجود دارد. تمرکز اصلی سیاست‌های موجود، بر دفع آب بعد از استفاده کردن از آن (فاضلاب) است. هر دو گزینه سیاستی پایین به بالا (اقتصادی) و «کنترل و فرماندهی»^۳ (غیراقتصادی) برای دولت‌ها وجود دارد. درحالی‌که خصوصی‌سازی بخش آب از طریق جوازهای قابل

1- Xeriscape
2- Rebates
3- Command-and-Control

معامله و استراتژی‌های قیمت‌گذاری به آرامی قابلیت پذیرش سیاسی را در بسیاری کشورها کسب می‌کند، مقررات و یارانه‌های دولتی برای پژوهش در زمینه فناوری‌های حفاظت آب برای عملی کردن این گزینه‌ها لازم است.

۵-۷-۱-۲- تدابیر اقتصادی

- بازار آب

- بازار، آب را به‌عنوان یک کالا تلقی می‌کند و راه موثری برای بازتخصیص منابع محدود آب بین مصارف رقیب است.
- هر دوی حبابه و حجم واقعی آب می‌تواند در مناطقی که قوانین آب چنین معاملاتی را مجاز می‌داند، در تراکنش بازار داد و ستد شود.
- انتقال داوطلبانه آب در تراکنش‌های بازار در مناطق جغرافیایی که منابع موجود کاملاً تخصیص یافته و هزینه توسعه منابع جدید زیاد است، به‌طور فزاینده مرسوم می‌شود.
- هنگامی که منابع موجود کم باشند، بازار معاملات نقدی برای آب نیز پدیدار می‌شود و بدین گونه انتقال آب را میان مصرف‌کنندگان آب تسهیل می‌کند.

۵-۷-۱-۳- قیمت‌گذاری آب

قیمت‌گذاری، استراتژی موثری برای مدیریت تقاضاست به شرطی که ساختار نرخ آب انگیزه‌های قوی برای حفاظت آب در بر داشته باشد.

تدوین و اجرای استراتژی‌های قیمت‌گذاری با هدف دستیابی به کارایی اقتصادی و مدیریت تقاضا می‌تواند مهم‌ترین گزینه برای تعادل بخشی تامین و تقاضای آب در آینده شود.

اصلاح نرخ آب یا وضع اضافه بها برای جلوگیری از مصرف زیاد، یا وضع جریمه به‌عنوان مانعی در برابر عادت‌های مصرف بی‌رویه آب، مشتریان را به حفاظت آب تشویق می‌شوند.

طبق یک نظریه اقتصادی، مشتریان به انگیزه‌های اقتصادی با پذیرفتن رفتارهایی که منافع شخصی اقتصادی آن‌ها را بیشینه سازد، واکنش نشان می‌دهند.

۵-۷-۱-۴- شیوه‌های اهرمی

این چهار استراتژی متفاوت مدیریت تقاضا را می‌توان به‌طور جداگانه یا ترکیبی استفاده کرد. تجربه نشان داده است که تکیه هم‌زمان به چند استراتژی ممکن است اثرات هم‌افزایی و اثربخشی بیش‌تر مدیریت تقاضای آب داشته باشد. برای مثال،

صرفه‌جویی آب در نتیجه ترکیب تعرفه حفاظت‌گرای آب و عملیات وسیع به روزآوری یا بازسازی^۱ لوله‌کشی ساختمان‌ها در سطح شهر از مجموع صرفه‌جویی‌های حاصل از هر یک از این دو هنگامی که به تنهایی اجرا شوند، بیش‌تر است. عملیات آموزش همگانی، اغلب برای تقویت اثربخشی برنامه‌های اصلاحات تعرفه آب یا توزیع ابزارآلات انجام می‌شود.

۵-۷-۲- استراتژی‌های اجرا

استراتژی‌های اجرای مدیریت تقاضا به روش‌های «فرمان و کنترل» تفکیک می‌شوند که به قوانین و آیین‌نامه‌ها و شیوه‌های داوطلبانه دربرگیرنده انگیزه‌های اقتصادی و اجتماعی که مصرف‌کنندگان آب را به اتخاذ تدابیر کارآمد تشویق کند متکی است.

در این بخش، چهار استراتژی وسیع شامل آموزش همگانی، مدیریت آب، مقررات دولتی و انگیزه‌های اقتصادی برای اجرای برنامه‌های مدیریت تقاضا شناسایی و بحث شده‌اند. جدول (۵-۱)، مثال‌هایی از برنامه‌های بارز مدیریت تقاضا در هر استراتژی را ارائه می‌دهد.

این فهرست برنامه‌ها به هیچ وجه کامل نیست؛ بسیاری از روش‌های ابتکاری توسط نهادهای مختلف آزمایش شده‌اند. بخش‌های زیر جنبه‌های مهم هر استراتژی را به‌طور اجمالی مرور می‌کند.

تک تک این تدابیر که نقطه مقابل گزینه‌های بخش تامین‌اند، می‌توانند به‌عنوان عناصر بنیادی در فرمول‌بندی برنامه‌های «قابل اجرای» مدیریت تقاضا استفاده شوند. هر برنامه، اجزای زیر را در بر دارد:

- تدابیر ویژه (یعنی محتویات برنامه)،
- تعریف جمعیت هدف مصرف‌کنندگان آب (یعنی مشارکت‌کنندگان برنامه)،
- انگیزه‌های مشارکت،
- اسلوب‌های انتشار اطلاعات و تماس با مصرف‌کنندگان،
- زمان‌بندی و تداوم اجرای برنامه،
- تعیین شرکت‌هایی که مسوول اجرای برنامه‌اند و
- طرح ارزیابی برنامه.

۵-۷-۳- برنامه‌های مدیریتی آب

متصدیان سیستم‌های تامین آب، به ویژه سیستم‌های لوله‌کشی شهری، هیچ‌گونه کنترل مستقیمی بر مقدار آب برداشت شده از سیستم ندارند. نتیجتاً، تقاضای آب به‌عنوان مقدار معلومی که اجباراً باید با عرضه (تولید) آب تامین شود،

پنداشته می‌شود. در حالی که، خشک‌سالی‌های نیمه دهه ۱۹۷۰ در ایالات متحده و بریتانیا ثابت کرد که تقاضای آب، مقداری «معین و مسلم» نیست، بلکه می‌تواند از طریق مداخله مدیریت آب کاهش یا افزایش یابد. در آن خشک‌سالی‌ها، تامین‌کنندگان آب توانستند تقاضای آب را با ترغیب مصرف‌کنندگان آب به کاهش موقت مصرف آب مهار کنند، در حالی که سیستم‌های توزیع کاملاً پرفشار باقی ماندند. در نتیجه همکاری اکثریت مصرف‌کنندگان آب، تامین‌کنندگان آب از روش معمول قطع آب به‌منظور کاهش مصرف آب خودداری کردند.

۵-۸- راهنمایی برای کشور

- در آینده، نقش مدیریت تقاضای آب در کشور برای رفع کمبودهای بالقوه آب هر چه بیش‌تر مهم خواهد شد. با این وجود، برای بهره‌برداری خوب از پتانسیل کامل آن، مدیریت تقاضای آب باید کاملاً با دیگر اقدامات مدیریت آب آمیخته شود. پیشنهادات عمومی زیر با هدف شناسایی و پشتیبانی از نویدبخش‌ترین زمینه‌های پژوهش و توسعه خط مشی، ارائه می‌شوند:
- گرچه توسعه بیش‌تر شیوه‌های کارآمد آب در کشور امکان‌پذیر است و به ناچار ادامه خواهد یافت، لکن، پتانسیل‌های به‌سازی فنی و نوآوری به خاطر کارایی بالقوه کم سرمایه‌گذاری به‌طور کامل محقق نمی‌شود. هزینه کم تامین آب برای خانواده‌ها، صنایع و کشاورزان، چندان انگیزه اقتصادی برای نوآوری ایجاد نمی‌کند. یک نقش مهم دولت، تامین مالی توسعه پژوهش و فناوری است.
 - برنامه‌های ملی جمع‌آوری و انتشار داده‌های اعتمادپذیر مصرف آب، پیش‌نیاز مهمی برای توسعه سیاست‌ها و مقررات هدفمند مدیریت تقاضای آب است. در حال حاضر، داده‌های مصرف آب محدوداند و کیفیت ضعیفی دارند و معمولاً به برآوردهایی از برداشت‌های آب محدود می‌شوند. اندازه‌گیری‌های اعتمادپذیر حجم تحویل آب و نیز آب بازچرخش شده و بازیافت شده و جریان‌های برگشتی و داده‌های GIS مکان- مرجع، مهم‌اند و باید در ارزیابی‌های مصرف آب و برداشت‌های آب گنجانده شوند.
 - تلاش‌های پژوهشی علمی و جمع‌آوری داده‌ها جوابگوی نیازها جهت پشتیبانی و تایید کارهای حرفه‌ای و اجرای گزینه‌های مدیریت تقاضای آب نبوده است. تنها تعداد اندکی مطالعه علمی پیرامون برنامه‌های بزرگ مقیاس حفاظت و اثرات آن‌ها بر مصرف آب صورت گرفته است. تحقیقات بیش‌تری در زمینه «ارزیابی برنامه» مورد نیاز است تا از توسعه ابزارهای تحلیلی جهت افزایش توانایی برنامه‌ریزان و مدیران آب در طراحی و اجرای برنامه‌ها و سیاست‌های ارتقا دهنده سطوح فعلی بهره‌وری آب، پشتیبانی کنند.

۹-۵- راهنمای پیاده‌سازی مدیریت تقاضای آب

مدیریت تقاضای آب موضوعی است که می‌تواند به درستی از طریق «چرخه عمر دارایی»^۱ به آن پرداخته شود. از این‌رو، این بخش از راهنما قصد دارد تا راهنمایی برای کارشناسان دستگاه‌های خدمات تامین آب (WSP) کشور و مشاوران آن‌ها در فرآیندهای مربوط به تدوین و اجرای استراتژی‌ها و شیوه‌های کارآمد مدیریت تقاضای آب و مستندسازی آن ارائه کند.

۹-۵-۱- مرحله برنامه‌ریزی زیربنایی

برنامه‌ریزی هزینه کمینه^۲ یا مقرون به صرفگی، اصل کلیدی مدیریت کارآمد سرمایه است که در آن راه‌حل‌های غیرسرمایه‌ای از قبیل مدیریت تقاضا باید پیش از تصمیم‌گیری به سرمایه‌گذاری تاسیسات جدید یا جایگزینی در نظر گرفته شود. هدف برنامه‌ریزی مقرون به صرفگی (یا برنامه‌ریزی جامع منابع)، تعریف تعادل مناسب بین موارد زیر است:

- هزینه ساخت تاسیسات سرمایه‌های جدید برای افزایش ظرفیت و
- صرفه‌جویی‌های متربط بر راه‌حل‌های غیرسرمایه‌ای از قبیل برنامه‌های مدیریت تقاضا و افزایش کارایی مصرف آب.

۹-۵-۲- مرحله بهره‌برداری و خدمات

مدیریت تقاضا همچنین می‌تواند گزینه موثری برای چیره شدن بر مسایل بهره‌برداری (به‌طور مثال، مشکلات فشار کم در طی تقاضای پیک) باشد و پتانسیل دستیابی به صرفه‌جویی‌های قابل توجهی برای صنعت آب، صنعت برق، و بدین ترتیب جامعه به‌طور کلی دارد.

۹-۵-۳- مرحله تعویض / از کار افتادگی تاسیسات

مدیریت موثر تقاضا می‌تواند موجب عدم تعویض، یا تعویض کم‌تر تاسیساتی که به انتهای عمر اقتصادی‌شان می‌رسند شود.

۹-۵-۴- استفاده و تخصیص موثر آب

از نقطه نظر عملی، مدیریت تقاضای آب شامل دو فعالیت وابسته است:

- بهبود در کارایی^۳ فنی مصرف آب و
- تخصیص کارآمد آب موجود در میان مصارف رقیب.

1- Asset Life Cycle
2- Least Cost
3- Efficiency

کارایی مصرف در فصل ۶ این راهنما بحث می‌شود.

۵-۹-۴-۱- دستاوردها^۱

دستاوردهای اجرای استراتژی‌های مدیریت کارآمد تقاضای آب شهری در کشور می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

- کاهش مصرف آب. هم تقاضای پیک و هم متوسط
- کاهش نشت یا تلفات آب
- کاهش جریان فاضلاب
- بهبود عملکرد مالی، از طریق تعویق سرمایه‌گذاری زیربنایی و کاهش هزینه‌های بهره‌برداری
- افزایش آگاهی مشتریان از ارزش مالی و محیط‌زیستی آب
- افزایش تولید کشاورزی از طریق افزایش دسترسی آب ناشی از کارایی بیش‌تر مصرف آب شهری
- بهبود قابلیت سوددهی صنایع روستایی

۵-۹-۴-۲- محصولات^۲

- برنامه مدیریت تقاضای آب (زیر برنامه ای از برنامه جامع منابع آب) و اسناد تفصیلی پشتیبانی مقتضی، شامل:
 - برنامه‌های کار^۳ آب آشنا^۴،
 - گزارشات مدیریت تقاضای آب مربوط به موضوعات ویژه مدیریت تقاضای آب،
 - گزارشات تحلیل مصرف / محک زنی آب،
 - گزارشات ممیزی آب، و
 - گزارشات دقت / واسنجی کنتور

۵-۹-۴-۳- جمع‌بندی

مشکلات کنونی تامین آب در کشور، شامل مصرف بالا و در حال افزایش شهرها، محدودیت‌های زیرساختی در شمار روزافزونی از شهرها، تردیدهای مرتبط با تغییرات اقلیمی، و افزایش هزینه‌های سرمایه‌گذاری و اثرات محیط‌زیستی ناشی از ادامه استفاده از شیوه مدیریت تامین محور است. استراتژی‌های مدیریت تقاضا توان رسیدگی به این مشکلات را فراهم می‌کند و در نتیجه باید به‌طور گسترده پذیرفته شده و در برنامه‌ریزی‌های بلندمدت آب در نظر گرفته شوند.

در حال حاضر بخش قابل توجهی از تامین آب شهری کشور، از لحاظ کمیت، کیفیت، مالی و محیط‌زیستی ناپایدار است. مدیریت تقاضا می‌تواند سبب قرارگرفتن تامین آب در مسیری پایدارتر شود. مدیریت تقاضا سبب بسط ذخایر کنونی و به‌طور هم‌زمان، آزادسازی منابع برای پاسخ‌گویی به نیازهای بالقوه آتی شود. اگرچه DSM گزینه‌های متعددی جهت تصمیم‌گیری پیرامون مشکلات اشاره شده در این بخش را برای تصمیم‌گیران و مسوولان محلی فراهم می‌کند، اما در بیش‌تر کشورها از جمله ایران همچنان کمتر توسعه یافته باقی‌مانده است. درک این‌که چرا DSM هنوز همچنان به عنوان یک رویکرد مدیریت آب مورد غفلت قرار می‌گیرد، گام مهمی برای پیش‌برد استفاده گسترده آن در آینده خواهد بود.

- پیشرفت‌های بیش‌تر در کارایی مصرف آب، پتانسیل زیادی برای کمک به حل مشکلات حال و آینده کمیایی آب در مناطق مختلف کشور دارد. برنامه مدیریت تقاضای آب در چارچوب برنامه‌ریزی جامع منابع آب و با هدایت مناسب، می‌تواند به چنین پیشرفت‌هایی نایل شود.
- مدیریت تقاضای آب می‌تواند کران جدیدی بر راه دست‌یابی توازن درازمدت بین منابع و مصارف آب برای توسعه باشد. با این حال، نکات بسیاری در شاخه‌های اجتماعی، اقتصادی، قانونی، نهادی و سیاسی مدیریت تقاضای آب باید آموخته شود.

فصل ٦

مدیریت مصرف، حفاظت و کارایی
آب

۶-۱- مقدمه

کمبود آب باعث توجه و تلاش‌های روزافزون برای شتاب بخشی به مدیریت مصرف آب و افزایش کارایی مصرف شده است. کارایی مصرف آب به روش‌ها، محصولات و سیستم‌هایی اشاره می‌کند که بدون از دست دادن عملکرد، آب کم‌تری استفاده می‌کنند. امروزه، استراتژی‌های مقرون به صرفه زیادی وجود دارد که می‌توانند برای صرفه‌جویی قابل توجه در بخش‌های مختلف مصرف به کار گرفته شوند.

بهبود کارایی مصرف آب، معمولاً به عهده تامین‌کنندگان آب و مصرف‌کنندگان آب در بخش‌های شهری، صنعتی و کشاورزی است. مدیریت مصرف با برآوردن نیازهای موجود کاربران و کاربری‌ها با آب کم‌تر، می‌تواند مقدار قابل توجهی از آب را آزاد کند. اصطلاح «کارایی» از رویه مهندسی برگرفته شده است که در آن، این کلمه نوعاً برای توصیف کارایی فنی (یعنی نسبت برونداد^۱ به درونداد^۲) استفاده شده است. معیار کارایی فنی برای مقایسه فرآیندها و محصولات متنوع، مفید است. برای مثال، اگر یک نوع دوش حمام بتواند هدف مشابهی (یعنی، دوش گرفتن) را با آب کم‌تری یا دیگر درون‌دادها (مثلاً فشار آب کم‌تر) نسبت به نوع دیگری برآورده کند، کارآمدتر در نظر گرفته می‌شود. مزایای کارایی آب در آبیاری قطره‌ای در مقابل آبیاری شیاری یا توالتهای با حجم فلاش کم در برابر توالتهای سنتی می‌تواند بدون خلل در منظور اصلی آن‌ها، قابل توجه باشد. برای مثال، تحلیل داده‌های مصرف پایانی در دو شهر آمریکای شمالی با مصرف سرانه ۱۴۱۲ و ۸۰۶ لیتر به ازای هر نفر در روز نشان داد که کارایی در بخش‌های مشتری عمده در محدوده ۴۶ تا ۸۵ درصد می‌تواند تغییر کند. نتیجه می‌گیریم که هرگاه همه مشتری‌ها تدابیر کارایی را که پیش از این فقط توسط درصدی از مشتری‌ها در هر شهر استفاده می‌شد اجرا کنند، میانگین فعلی مصرف آب می‌توانست ۱۵ تا ۵۴ درصد کاهش یابد. به هر حال، مفهوم کارایی در تصمیم‌گیری‌های سرمایه‌گذاری نمی‌تواند مفید باشد، مگر این‌که ارزش دروندادها و مصرف‌کننده سنجیده شود.

اصطلاح کارایی، به کارایی اقتصادی^۳ اشاره دارد. آب صرفه‌جویی شده، در جهت توسعه برآورد تقاضاهای مشابه (توسط همان مصرف‌کننده یا مصرف‌کنندگان دیگر) به کار برده می‌شود، یا به دیگر باز-تخصیص می‌یابد. باز-تخصیص آب صرفه‌جویی شده و منابع موجود آب می‌تواند به عنوان سطح دوم مدیریت تقاضای آب دیده شود. زمانی که مصرف‌کنندگان و تامین‌کنندگان آب در مقابل باز-تخصیص آب به دلیل بیم ازدست دادن حقوق‌شان به تامین آب ایستادگی کنند، فرآیند باز-تخصیص می‌تواند ستیزه‌جو باشد. به هر حال، هنگامی که پتانسیل‌های صرفه‌جویی آب از

1- Output

2- Input

3- Economic Efficiency

طریق مصرف کارآمد، کاملاً استفاده شده باشد و همه آب موجود تخصیص یافته باشد، مصارف جدید تنها می‌توانند به بهای مصارف موجود تامین شوند.

آب آبیاری پتانسیل بزرگ و آشکاری برای باز-تخصیص به منظورهای صنعتی، خانگی، و محیط‌زیستی دارد، چرا که کشاورزی فاریاب سهم عمده برداشت‌های آب شیرین (در حدود ۸۵ درصد در مقیاس جهانی و بیش از ۹۰ درصد در ایران) دارد. نیازهای آب آبیاری برآورده نشده، حالت خاصی در برخی مناطق خشک جهان است، که در آن‌جا هزینه تامین آب از طریق انتقال دور یا نمک‌زدایی ممکن است بیش‌تر از هزینه واردات غذا از مناطق دیگر باشد. در این رابطه، مدیریت تقاضای آب می‌تواند گسترش یابد و شامل مدیریت آب «مجازی»^۱ که در غذاهای وارداتی و دیگر محصولات مصرف شده است، شود.

۶-۱-۱- تحلیل مصرف آب

مقدار آب تحویلی توسط سیستم تامین آب عمومی را می‌توان به نوع مصرف‌کننده و فصل سال تفکیک کرد. روش‌های تحلیل و تفکیک مصرف کل آب شهری در پی می‌آید.

۶-۱-۱-۱- بخش‌های مصرف‌کننده آب

از قبض‌های آب‌بهای مشترکان می‌توان برای تخمین مصرف کل اندازه‌گیری شده آب و تعیین توزیع مصرف کل آب بین چند گروه مشابه مصرف‌کننده استفاده کرد. تفکیک مصرف کل اندازه‌گیری شده به بخش‌های اصلی مصرف (مثل مسکونی، تجاری، و صنعتی) را می‌توان از قبض‌های آب‌بهای مشترکان با یکی از چهار روش زیر انجام داد: (۱) تحلیل دسته‌های نوع مصرف‌کننده، (۲) توزیع اندازه کنتورها، (۳) نمونه‌برداری از پرونده‌های صورت‌حساب‌ها، و (۴) ایجاد کد [۶۳].

اگر در پرونده هر مشتری، نوع مشترک مشخص شده باشد، از یک برنامه ساده کامپیوتری برای تهیه خلاصه صورت‌حساب سالانه بر حسب نوع مشترک می‌توان استفاده کرد. به یکی از بخش‌های هم‌جنس زیر از مصرف‌کنندگان آب، یک کد می‌تواند تخصیص یابد: (۱) مسکونی تک خانوار، (۲) مجتمع‌های چندخانواری و ساختمان‌های آپارتمانی، (۳) بخش تجاری، (۴) بخش عمومی و دولتی، (۵) بخش تولید (صنعتی)، و (۶) مصارف بدون درآمد. مصرف آب در این بخش‌ها می‌تواند در صورت لزوم به فصل و کاربردهای نهایی تفکیک شود.

۶-۱-۱-۲- مولفه‌های مصرف آب

در هر بخش مصرف، مصرف آب به دو مولفه فصلی و غیرفصلی تفکیک می‌شود.

- مصرف فصلی

مجموعه‌ای از مصارف پایانی^۱ آب، از قبیل آبیاری چمن و باغچه یا خنک کردن ساختمان است که از یک ماه به ماه دیگر بر اثر تغییر شرایط آب و هوایی، یا به علت عوامل دیگر فصلی، تغییر می‌کنند.

- مصرف غیرفصلی

مجموعه‌ای از مصارف پایانی آب، از قبیل مصرف ظرفشویی یا سیفون توالت‌اند که از یک ماه به ماه دیگر نسبتاً ثابت باقی می‌ماند، زیرا این مصارف به شرایط آب و هوایی یا عوامل فصلی دیگر حساس نیستند. مولفه‌های فصلی و غیرفصلی مصرف، اغلب مصارف آب به ترتیب در بیرون^۲ و درون^۳ ساختمان را نشان می‌دهند. البته چنین فرضی غیردقیق است، زیرا برخی مصارف درون ساختمان ممکن است فصلی باشند (مثلاً مصرف دستگاه رطوبت‌زا یا کولر تبخیری) و برخی مصارف بیرونی می‌توانند غیرفصلی باشند.

- مصارف پایانی آب

کارایی مصرف آب را نمی‌توان بدون تجزیه مصارف فصلی و غیرفصلی به مصارف پایانی ارزیابی کرد. سنجش دقیق مقدار آب مصرفی برای دوش گرفتن، سیفون توالت، و دیگر منظورها به نصب وسایل اندازه‌گیری جریان در هر خروجی آب در هر ساختمان نیاز دارد. از آن‌جا که این اندازه‌گیری‌ها خیلی گران است، اغلب از برآوردهای مهندسی استفاده می‌شود. به هر حال، چنین برآوردهایی اعتبار محدودی دارد، زیرا بر مبنای فرض‌های بسیاری‌اند و وضعیت‌های فیزیکی و رفتاری در مصرف آب را اغلب نادیده می‌گیرند. روش‌های تحلیلی برای تعیین معنی‌دار مقدار مصارف پایانی آب در بخش‌های بعدی توصیف شده‌اند.

۶-۱-۱-۳- روابط مصرف آب

مصرف آب را با دقت معقولی می‌توان با تفکیک^۴ مقدار آب تحویلی به نواحی شهری به دو یا چند دسته مصرف آب و تعیین مقدار متوسط مصرف آب به‌طور مجزا برای هر دسته برآورد کرد. برآورد تفکیکی مصرف آب برابر حاصلضرب تعداد مصرف‌کنندگان و مقدار متوسط مصرف است.

$$Q_t = \sum_c N_{t,c} q_c$$

-
- 1- End Uses
 - 2- Outdoor
 - 3- Indoor
 - 4- Disaggregating

که در آن، Nt,c تعداد مشترکان در بخش مصرف‌کننده همگن c در زمان t نشان و qc ضریب مصرف واحد (یا مقدار متوسط مصرف آب برای هر مشترک) در آن بخش است.

۶-۱-۱-۴- نرخ متوسط مصرف آب

اولین مرحله در تحلیل تقاضای آب در هر ناحیه خدماتی، تعیین نرخ متوسط سالانه مصرف آب است.

- مصرف ناخالص سرانه آب

ساده‌ترین نرخ است که از تقسیم مقدار کل سالانه آب تحویل داده شده به سیستم توزیع بر جمعیت برآورد شده تعیین می‌شود.

- نرخ‌های دیگر

با تقسیم مصرف آب اندازه‌گیری شده توسط بخش‌های مختلف شهری بر تعداد مصرف‌کنندگان یا مشترکان هر بخش به دست می‌آید.

علاوه بر مصرف متوسط سالانه، مقدار متوسط در فصل‌های کم مصرف و پر مصرف را نیز می‌توان برآورد کرد.

جدول ۶-۱- عوامل تعیین‌کننده تقاضای آب شهری

عوامل محرک تقاضا	عوامل تعیین‌کننده نرخ متوسط مصرف
- نرخ طبیعی تولد	- دمای هوا و بارش
- نرخ خالص مهاجرت	- نوع مناظر طبیعی شهری
- نرخ تشکیل خانواده	- تراکم خانه‌سازی (میانگین اندازه زمین)
- دسترسی مسکن کم هزینه	- کارایی مصرف آب
- رشد و کارایی اقتصادی	- ترکیب و اندازه خانوار
- نرخ مشارکت نیروی کارگری	- متوسط درآمد خانوار
- سیاست‌های توسعه شهری	- قیمت خدمات آب
	- قیمت دفع فاضلاب
	- بهره‌وری صنعتی

۶-۲- تحلیل صرفه‌جویی آب

سنجش دقیق صرفه‌جویی‌های آب که بتوان به برنامه‌های مختلف مدیریت تقاضا نسبت داد، دشوار است، زیرا مصرف آب اغلب تغییرپذیری بزرگی را در میان مصرف‌کنندگان مختلف نشان می‌دهد و همچنین به‌طور معنی‌داری نسبت به زمان برای یک مصرف‌کننده مشخص تغییر می‌کند. برای مثال، مقدار آب مصرف شده درون و بیرون یک خانوار در واقع ممکن است از ماهی به ماه دیگر و از خانوار به خانوار دیگر تغییر کند. این تغییرپذیری توسط بسیاری از عوامل شامل تدابیر حفاظت آب ایجاد می‌شود. به علت تغییرپذیری زیاد مصرف آب، تغییرات مشاهده شده در مصرف نسبت به زمان، یا اختلاف بین مصرف تک تک مشتری‌ها و یا مصرف گروه‌های مشتریان می‌تواند توسط عوامل غیروابسته به مشارکت

مشتری در برنامه حفاظت ایجاد شده باشد. بنابراین، مهم‌ترین ملاحظه در سنجش صرفه‌جویی‌های حفاظت آب، طراحی روش سنجشی است که قادر به اندازه‌گیری صحیح است نه فقط تغییرات در مصرف آب بلکه همچنین جداسازی این تغییرات به آن‌هایی که توسط برنامه و آن‌ها یی که توسط تغییرات در عوامل اقتصادی، قیمت‌ها، آب و هوا و دیگر عوامل ایجاد شده‌اند. دقت اندازه‌گیری‌های صرفه‌جویی آب به طرح مطالعه بستگی دارد که قادر به مجزا کردن و کنترل برای موارد زیر باشد: (۱) مشخصات برنامه حفاظت که می‌تواند به‌طور معنی‌داری بر نتایج برآورد صرفه‌جویی‌های آب تاثیرگذارد، (۲) مشخصات گروه‌های مشتری مورد هدف برنامه که می‌تواند همچنین بر نتایج تاثیرگذارد، و (۳) مشخصاتی که بیرون از طرح برنامه حفاظت و گروه‌های مشتری مورد هدف هستند.

۶-۳- کارایی مصرف آب^۱ در بخش‌های تجاری، صنعتی و نهادی CII^۲

دسترسی کافی و مطمئن به آب برای بنگاه‌ها و جوامع مجاور، اهمیت زیادی دارد. در کشورهای پیشرفته از جمله سراسر ایالات متحده، کمبود آب باعث توجه و تلاش‌های روزافزون برای شتاب بخشی به افزایش کارایی مصرف آب شده است. کارایی مصرف آب به روش‌ها، محصولات و سیستم‌هایی اشاره می‌کند که بدون از دست دادن عملکرد، آب کم‌تری استفاده می‌کنند. خوشبختانه، استراتژی‌های مقرون به صرفه زیادی وجود دارد که می‌توانند برای صرفه‌جویی قابل توجه در بخش‌های CII به کار گرفته شوند.

پذیرفتن تکنولوژی‌های کارا- مصرف آب و تدابیر کاهنده مصرف، پتانسیل‌های خوبی برای مصرف‌کننده‌گان تجاری، صنعتی و نهادی (CII) آب دارند. چنین تدابیری به بسط منابع محدود آب، صرفه‌جویی مالی برای بنگاه‌ها، کاهش مصرف انرژی، بهبود کیفیت آب و حفاظت اکوسیستم‌ها کمک می‌کنند.

در پیوست ۱ این راهنما، گستره‌ای از تدابیر و روش‌های بالقوه صرفه‌جویی آب و کاربرد آن‌ها در صنایع به‌خصوصی در کالیفرنیا بررسی شده است. به‌علاوه، مطالعات موردی از شرکت‌های آب و بنگاه‌ها در کالیفرنیا را بیان می‌کند تا از چگونگی اجرای برخی از این برنامه‌ها، مخارج و منافع برنامه‌ها، و برخی از موانع و چالش‌هایی که شرکت‌های آب و بنگاه‌ها با آن‌ها روبرو هستند آگاه شویم. در انتها پیشنهادهایی در خصوص کارهایی که شرکت‌های آب، بنگاه‌ها و دولت می‌توانند انجام دهند تا روش‌های هوشمند کارا- مصرف آب را پیشرفت داده و آب را در بخش‌های CII کشور صرفه‌جویی کنند، ارائه شده است.

1- Water-Use Efficiency

2- Commercial, Industrial, and Institutional (CII)

۴-۶- بررسی مبحث ۱۶ ساختمان در ایران

«مبحث شانزدهم- تاسیسات بهداشتی»، الزامات قانونی حداقل در مورد تاسیسات مکانیکی، (۱) لوله‌کشی آب مصرفی در ساختمان، (۲) لوله‌کشی فاضلاب بهداشتی در ساختمان، (۳) لوله‌کشی هواکش فاضلاب، (۴) لوازم بهداشتی و (۵) لوله‌کشی آب باران ساختمان در داخل ساختمان را بیان می‌کند. در این مبحث از مقررات ملی ساختمان، نکات فنی و مقررات طراحی، انتخاب مصالح، اجرای کار، تعمیر، تغییر و نگهداری بیان شده است.

مجموعه مقررات در مبحث شانزدهم با هدف منسجم‌سازی و یکنواخت‌سازی ضوابط لوله‌کشی ساختمان جهت اعطای مجوز ساخت و بهره‌برداری ساختمان تدوین شده است. حال آن که علاوه بر مسایل نظارتی ساختمان، تامین سلامت، امنیت و آسایش ساکنان ساختمان لازم است تا از این قوانین برای دستیابی به اهداف حفظ و مدیریت پایدار محیط‌زیست و منابع آب نیز بهره‌گرفت. باید سعی شود با استفاده از این قوانین اثرات مخرب وارده بر محیط‌زیست کمینه شود. در این بخش، پیشنهادهای جهت تکمیل و اجرایی شدن آن در طراحی، احداث و بهره‌برداری تاسیسات آب، فاضلاب، سامانه‌های سرمایش-گرمایش، آب باران و بهره‌گیری از آب خاکستری و به‌کارگیری شیرآلات کم مصرف ارائه شده است.

۴-۶-۱- پیشنهادات اصلاح مبحث شانزدهم

با توجه به مشکل کم‌آبی و معضلات کیفیت آب در بیش‌تر نقاط کشور به ویژه نواحی خشک و پرجمعیت، لازم است تا قانون‌گذاران و مدیران صنعت آب و شهرسازی کشور استفاده و تولید تجهیزات لوله‌کشی کارآمد از جهت میزان مصرف آب را ترویج و توسعه دهند تا به همراه کاهش میزان مصرف آب از میزان فاضلاب تولیدی نیز کاسته شود. لذا توجه به مفهوم پایداری منابع آب در مبحث شانزدهم می‌تواند تاثیر بسیار زیادی بر حفاظت از منابع آب و انرژی بگذارد. مبحث شانزدهم ساختمان باید چشم‌انداز درازمدت منابع آب و محیط‌زیست کشور را در نظر بگیرد و علاوه بر قوت بخشیدن به مسایل فنی و مکانیکی جهت کاهش مصرف آب و تولید فاضلاب، شرایط استفاده مجدد از آب خاکستری را نیز مهیا سازد. برای نمونه استفاده از آب بارندگی در به عنوان بخشی از برنامه طراحی آب مدار شهری^۱ در کشور استرالیا معرفی شده و امروزه در سطح جهانی در حال گسترش است. امروزه بهره‌گیری از ابزارهای کاهنده مصرف و استفاده مجدد از آب خاکستری در کاربری‌هایی مثل آبیاری و شست‌وشو در حال گسترش است و تحقیقات بسیار زیادی در این خصوص در کشورهای مثل ایالات متحده، استرالیا و آلمان به انجام رسیده است که در پی این تحقیقات، قانون‌گذاران مدیریت آب شهری در پی هماهنگ کردن قوانین مرتبط در خصوص لوله‌کشی ساختمان‌ها با نتایج تحقیقات هستند.

به‌هنگام‌سازی مبحث شانزدهم می‌تواند نقش موثری در تولید و مصرف محصولات کارآمدتر (از نظر مصرف آب) داشته باشد. متأسفانه تا به امروز تحقیقات جامع و مناسبی درخصوص تاثیر استفاده ابزارهای کاهنده مصرف در کشور به عمل نیامده است تا میزان کاهش مصرف و فاضلاب تولیدی با الگوی واقعی مصرف ساکنان نقاط مختلف کشور مشخص شود. روند اصلاح مقررات لوله‌کشی ساختمان برای دستیابی به سیستم کارآمد، مشکل است و مستلزم اقبال عمومی از سوی مردم است. به هرحال کارآمد کردن مصرف آب باید از مهم‌ترین اولویتهای مبحث شانزدهم ساختمان باشد. برای نمونه می‌توان علاوه بر توسعه ابزارهای کارآمدتر، سیستم‌های تامین آب خانگی برای مثال سیستم آب گرم و یا استفاده از آب خاکستری در کشور را گسترش داد. این اصلاحات، تولید و شرایط بازار محصولات کارآمد را نیز بهبود خواهد بخشید.

۶-۴-۲- رویکردهای اصلاح مبحث شانزدهم

اصلاح مبحث شانزدهم ساختمان می‌تواند با اهداف افزایش کارآمدی مصرف آب، کاهش تقاضای آب، کاهش مصرف انرژی و کاهش فاضلاب تولیدی در ساختمان و استفاده مجدد از آب خاکستری صورت گیرد. برای نمونه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ایجاد التزام برای استفاده از ابزارهای کاهنده مصرف مانند شیرهای کم مصرف، سردوشی‌های کم مصرف و فلاش تانک‌های ویژه.
- استفاده از کنتورهای خوشه‌ای یا فرعی^۱ (داخل و خارج واحدهای آپارتمانی). استفاده از این ابزار علاوه بر ایجاد انگیزه بیشتر برای کاهش مصرف، اطلاعات بیشتر را برای مصرف‌کننده و فروشنده آب فراهم می‌آورد.
- استفاده از سیستم‌های خنک‌کننده کارآمد. بدین ترتیب علاوه بر کاهش مصرف آب می‌توان از آب غیرآشامیدنی نیز استفاده کرد.
- استحصال آب بارندگی برای آبیاری باغچه و فضای سبز، سیستم خنک‌کننده ساختمان و فلاش تانک‌ها
- تقویت اصول دفع فاضلاب مناطقی که شبکه فاضلاب شهری ندارند

۶-۴-۳- کاستی‌های مبحث شانزدهم

اصول و تدابیر طراحی و اجرای لوله‌کشی ذکر شده در مبحث شانزدهم با استانداردهای معتبر در سطح بین‌المللی مانند International Plumbing Code (IPC) (ایالات متحده) مطابقت محسوسی دارد. با این حال برای دستیابی به اهداف اصلاح و به‌هنگام‌سازی مبحث شانزدهم لازم است در گام نخست کاستی‌های موضوعی مبحث شانزدهم مورد بررسی قرار گیرد. برای نمونه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

1- Submeter

- شفاف‌سازی و تقویت «نظام مدیریتی و نظارتی» بر اجرای ضوابط مبحث شانزدهم
- تقویت «مقررات کلی» مبحث شانزدهم و توجه به مسایل مرتبط با مجاری انتقال فاضلاب و شبکه فاضلاب شهری و کارآمدی تجهیزات پر مصرف مانند سیستم‌های خنک‌کننده
- تقویت مباحث مرتبط با استفاده از تجهیزات کاهنده مصرف
- اضافه کردن مباحث مرتبط با تامین آب آشامیدنی، آب گرم و دفع فاضلاب در ساختمان‌های با کاربری خاص مانند بیمارستان‌ها، درمانگاه‌ها، خانه سالمندان
- تقویت مباحث مرتبط با لوله‌کشی آب باران، ارتباط آن با شرایط هیدرولوژیکی منطقه، ارتباط با مجاری انتقال فاضلاب بهداشتی و زهکش‌های اضطراری
- تقویت مباحث مرتبط با بازچرخش آب خاکستری
- اضافه کردن مباحث مرتبط با استحصال آب باران^۱
- اضافه کردن مباحث مرتبط با سیستم دفع فاضلاب به صورت خصوصی (بدون انتقال به شبکه فاضلاب شهری)

۵-۶- فرهنگ و مدیریت آب: آب، فرهنگ و اسلام

بدون درک کردن و در نظر گرفتن جنبه‌های فرهنگی مسایل آبی، هیچ راه حل پایداری نمی‌توان یافت. هیچ تضادی بین آنچه که اسلام در مورد مدیریت آب گفته و اجماع نو ظهور جامعه بین‌المللی در این مورد، وجود ندارد. آب یک کالای اجتماعی است که مالک آن جامعه است. محیط زیست حقوق مستحکم و خاصی از آب دارد و همه انسان‌ها و سازمان‌ها، شهرها و استان‌ها در قبال آسیب‌هایی که به محیط زیست وارد می‌کنند، مسوول‌اند. این نکته در قانون «آلوده کننده باید بتواند بپردازد» منظور شده است. استفاده از آب بازیافتی مجاز است و استفاده از آن، هر جا که ضروری باشد تشویق شده است، به شرطی که آب به حدی تصفیه شود که برای مصارف مورد نظر سالم باشد و ضوابط شرعی لحاظ شده باشد.

در اسلام آب به عنوان یک هدیه و موهبت از طرف خداست که موجب حیات و پایداری آن شده و بشر و زمین را خالص و پاک می‌کند. نقش و مسوولیت انسان در دین اسلام به عنوان جانشین خدا، این‌گونه تعریف شده که هر شخصی باید مطمئن شود که همه منابع از جمله آب به شیوه‌ای معقولانه، منصفانه و به شکل پایدار مصرف می‌شود. قرآن مجید انسان را از مصرف مسرفانه و بی‌رویه کلیه منابع به شدت نهی می‌کند: «دوستداران خداوند کسانی‌اند که اسراف نمی‌کنند». ائتلاف آب به‌طور خاص به شدت نهی شده است.

1- Rainwater Harvesting
2- Polluter Pays

حفاظت از آب در ایران می‌تواند براساس تعالیم دینی برنامه‌ریزی شود. با تاکید ویژه بر نقش زنان، اصول دینی و علمی می‌تواند در یک برنامه آموزش عمومی و پروژه‌های آگاهی دهنده به منظور تشویق در حفاظت و بازیافت آب گنجانده و تلفیق شوند. بر این اساس روش‌هایی مبتنی بر آداب و رسوم و فناوری‌های سنتی و مذهبی برای بهبود کارایی و برابری استفاده از آب در مناطق روستایی می‌تواند کاوش شود.

فصل ۷

مدیریت فشار برای کاهش تقاضا و

نشت آب

۷-۱- مقدمه

مدیریت فشار، راه موثری برای کنترل مقدار تلفات آب در یک سیستم است. این کار را می‌توان بدون اثرگذاری بر کیفیت خدمات آب، وقتی که مصرف آب پایین است مانند آخر شب و اول صبح، اجرا کرد. این روش همچنین می‌تواند در شبکه‌های بدون منبع ذخیره واسط، مصرف را کاهش دهد. کاهش اندک در فشار به معنای کاهش قابل توجه در تلفات واقعی آب از طریق سوراخ‌هاست. با این حال، ارزیابی جامع منطقه خدماتی و دست‌یابی به سابقه تلفات قبل از اعمال کنترل فشار و یا در حین اعمال آن حائز اهمیت است. بدین ترتیب، اثر کنترل فشار بر مقدار تلفات واقعی را می‌توان حساب کرد.

۷-۱-۱- چرا فشار را مدیریت کنیم؟

کنترل فشار می‌تواند:

- نشت را کاهش دهد، در منابع آب و هزینه‌های مربوط صرفه‌جویی کند.
- مصارف وابسته به فشار را کاهش دهد، مانند آبیاری باغچه. پس، در منابع صرفه‌جویی کند.
- تواتر ترکیدگی و خسارات ناشی از آن که هزینه تعمیرش زیاد است را کاهش می‌دهد. ترکیدگی‌ها سبب ایجاد اختلالاتی در تامین آب مصرف‌کنندگان و مخاطراتی در استفاده از جاده می‌شود.
- سرویس با ثبات‌تری به مشتریان عرضه می‌کند. تغییرات زیاد فشار ممکن است احساس سرویس‌دهی ضعیف را به متقاضی القا کند. همچنین فشارهای زیاد بی‌مورد، انتظارات و احساس متقاضی را از شرایط مکفی بالا می‌برد.
- در فشارهای پایین‌تر، یک شرکت می‌تواند طبق استاندارد از لوله‌ها و اتصالاتی که برای فشارهای پایین‌تری طرح شده و در نتیجه ارزان‌تراند استفاده کند.
- مدیریت خشک‌سالی

۷-۲- مدیریت فشار سیستم

۷-۲-۱- روش‌ها

به سه روش می‌توان فشار در شبکه را با استفاده از PRV's و کنترل‌کننده‌های هوشمند کنترل کرد.

۷-۲-۱-۱- شیر کاهش دهنده فشار^۱ (خروجی ثابت)

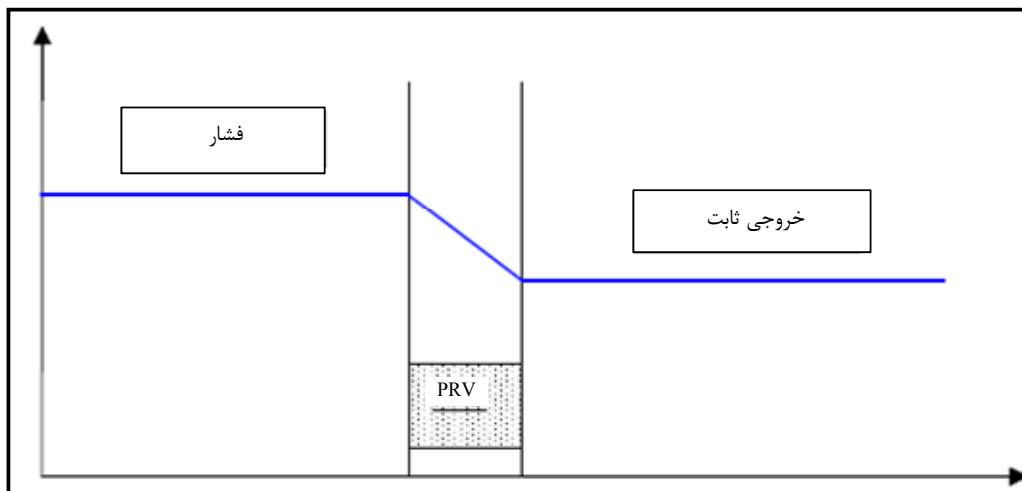
روش سنتی کنترل فشار از طریق شیر کنترل هیدرولیکی است. این روش در مناطق با افت فشار پایین، مناطقی که تقاضا زیاد با تغییر فصل تغییر نمی کند و مناطقی که مشخصات تامین ثابتی دارند، مناسب است. PRV's های خروجی ثابت، گسترده در بازار موجوداند. شیر، همان طوری که در شکل (۷-۱) نشان داده شده است، فشار آب ورودی را به یک مقدار خروجی از پیش تعیین شده ای کاهش می دهد. بنابراین با نوسان فشار بالادست بر روی شیر بنا به ضرورتهایی مثل تغییر تراز آب در مخزن، قطع و وصل پمپ و غیره، فشار پایین دست باقی می ماند.

۷-۲-۱-۲- شیر کاهش فشار مدولار (کنترل چند نقطه ای)

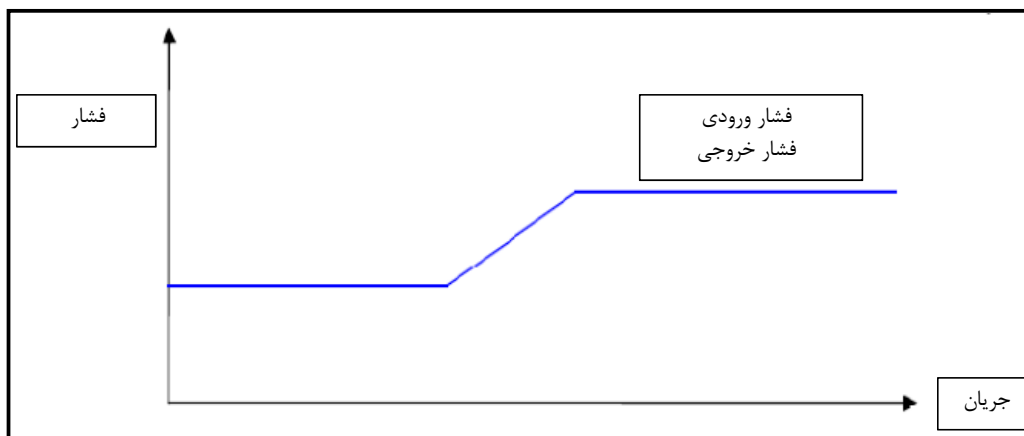
تنظیم مبتنی بر زمان ساده ترین شکل از کنترل فشار پیشرفته است و از یک کنترل کننده با یک زمان سنج داخلی استفاده می کند. فشار در بازهای زمانی خاصی با توجه به نمودار تقاضا کنترل می شود. این روش برای مناطقی با نمودارهای پایدار تقاضا و افت انرژی و معمولا در جایی که هزینه مورد توجه بوده ولی مدیریت پیشرفته فشار مد نظر باشد مناسب است.

۷-۲-۱-۳- شیر کاهش فشار مدولار جریانی (تعدیل پویای مبتنی بر جریان)

این روش کنترل، شامل کنترل کننده های پیچیده تری است (کنترل کننده مدولار جریانی) به طوری که انعطاف پذیری و کنترل بیش تری را نسبت به نوع کنترل کننده ساده تر مدولار زمانی فراهم می آورد. فشار تنظیم شونده توسط جریان، بهترین نوع کنترل برای مناطق با شرایط متغیر و به ویژه افت هد متغیر است. کاهش فشار با تنظیم جریان، کنترل پیشرفته ای از فشار خروجی مرتبط به تقاضا را فراهم می کند. شیر کنترلی، جریان را از یک دبی سنج می خواند و از آن برای تعیین موقعیت شیر استفاده می کند، هر چه جریان بیش تر باشد شیر بیش تر باز شده و نتیجتا فشار بیش تر خواهد شد. این کنترل کننده مجهز به یک دیپتالاگر است و می تواند دارای قابلیت کنترل از دور نیز باشد. فشار آب را می توان با استفاده از یک پروفیل از پیش تنظیم شده رابطه تغییرات تقاضا و افت انرژی در یک ناحیه کنترل کرد. مفاهیم کنترل کننده مدولار جریانی در شکل (۷-۲) نشان داده شده است.



شکل ۷-۱- مفهوم کنترل فشار از طریق شیر کنترل هیدرولیکی



شکل ۷-۲- مفهوم شیر کنترل کننده مدولار جریان

کنترل فشار موجب صرفه‌جویی قابل توجهی آب در یک منطقه می‌شود. در نواحی کوچک مجهز به کنترل، کاهش فشار به بهترین نحو انجام می‌شود. نصب شیر کاهش فشار، به ویژه آنهایی که با برق کار می‌کنند، توجه دقیقی را می‌طلبد.

۷-۲-۲- برنامه مدیریت فشار آب

۷-۲-۲-۱- فشار آب چیست؟

فشار آب سنجه نیروی لازم برای جابه‌جایی آب از لوله‌های اصلی به لوله‌های محل مصرف است. برای مثال اگر شما استخری به عمق ۱۰ متر دارید، ۱۰ متر هد، فشار آب در انتهای استخر است. در شهری مثل سیدنی استرالیا، بیش‌تر ساختمان‌ها میانگین فشار آبی بین ۱۵ متر تا ۶۵ متر را دریافت می‌کنند. بعضی از مشتریان فشار بسیار بیش‌تری از ۱۰۰ متر را دریافت می‌کنند. در حال حاضر به‌طور کلی فشار متوسط در سیدنی ۵۶ متر است.

۷-۲-۲-۲- مدیریت فشار آب چیست؟

مدیریت فشار آب، تنظیم فشار آب در سیستم تامین آب به منظور صرفه جویی در آب و بهبود سرویس دهی به مشتریان است.

۷-۲-۲-۳- چرا در شهرها برنامه مدیریت فشار آب لازم است؟

فشار آب بالا به ترکیبگی لوله‌های اصلی، نشت و هدر رفتن آب کمک می‌کند. با این برنامه می‌توان نشتی‌ها را کاهش داده، قابلیت اعتماد در تامین آب را بالا برده و آب صرفه جویی کرد. مدیریت فشار آب، استفاده از شیرهای تنظیم کننده فشار آب و نقاط پایش سیستم به منظور دستیابی به سطوح فشاری ثابت تر و پایین تر در طول شبکه تامین آب است.

۷-۲-۲-۴- چقدر آب قابل صرفه جویی است؟

مثال. تخمین زده شده است که مدیریت فشار و برنامه‌های کاهش نشت در مناطق شهری ایالت NSW استرالیا، سالانه ۳۳ میلیارد لیتر آب تا سال ۲۰۱۵ صرفه جویی خواهد کرد.

۷-۲-۲-۵- چرا بعضی نواحی فشار بیش تری نسبت به سایر نواحی دارند؟

آب از طریق شبکه‌ای متشکل از نواحی تامین آب در بین مشتریان توزیع می‌شود. در هر ناحیه تامین آب، مخازن آب در نقاطی مرتفع واقع شده‌اند. در این نواحی آب مخازن از طریق نیروی ثقل توزیع می‌گردد. بسته به فاصله مشتری تا مخزن و ارتفاع ملک مشتریان نسبت به مخزن، فشار آب در نقاط مختلف فرق می‌کند.

۷-۲-۲-۶- چگونه اثر می‌گذارد؟

بسیاری از ساکنان و بنگاه‌ها در نواحی مشخص به طور قابل ملاحظه ای متاثر نخواهند شد. کاهش فشار آب به این معنی نیست که مشتری آب کمتری خواهد داشت. شاید مجبور باشد شیر آب را بیش تر باز کند، و در این حالت ممکن است به مقدار جزئی زمان بیش تری طول کشد تا مثلاً یک وان حمام و یا یک ماشین لباسشویی از آب پر شود. بعضی از سیستم‌های تامین آب گرم آبی، لوله‌های گالوانیزه خورده شده، یا شیرهای موجود کاهش فشار ممکن است با کارایی مورد انتظار در زمانی که فشار کم است کار نکنند و سیستم‌های مشتریان باید ارتقا داده شوند. اگر مشتری یک سیستم اطفای حریق و یا بنگاهی که به فشار آب متکی است دارد، شاید هنگام کاهش فشار نیاز به تغییراتی در این سیستم‌ها باشد.

نرخ نشت در سیستم‌های توزیع آب تابعی از فشار اعمالی توسط پمپ‌ها یا فشار ناشی از هد ثقلی است. رابطه‌ای فیزیکی بین نرخ نشت جریان و فشار وجود دارد، که با استفاده از تست‌های آزمایشگاهی و تست‌های انجام شده بر سیستم‌های زیرزمینی این موضوع به اثبات رسیده است. نرخ ترکیبگی نیز تابعی از فشار است. میزان قوت این رابطه و تعریف آن به خوبی رابطه بین نرخ جریان و فشار شناخته نشده است. با این حال، هنوز شواهد قابل توجهی در دست است که نشان می‌دهد تواتر ترکیبگی خیلی حساس به تغییرات فشار است. شواهد نشان می‌دهند که نرخ افزایش

ترکیدگی بیش‌تر از تناسب خطی بین آن‌ها ست. در واقع پیشنهاد شده که رابطه بین این دو از درجه ۳ است، به بیانی دیگر تواتر ترکیدگی با توان سوم فشار متناسب است.

۷-۲-۳- منافع مدیریت فشار

این بخش، منافع مدیریت فشار، فاکتورهای موثر بر اقتصاد مدیریت فشار، مسایل سیاست‌گذاری برای سازمان، و ملاحظات طراحی، نصب و نگهداری سیستم‌های مدیریت فشار را بر می‌شمارد.

مدیریت فشار یکی از اجزای اساسی و جدایی‌ناپذیر استراتژی مدیریت نشت است، چرا که بر چندین جنبه دیگر نیز اثر می‌گذارد:

- نرخ افزایش نشت تابعی از فشار است. اگر فشار کاهش پیدا کند، نرخ افزایش نشت نیز کاهش پیدا می‌کند. بنابراین بر منابع مورد نیاز نشت‌یابی تأثیر دارد.
 - نرخ جریان از تمام مسیرهای نشت (ترکیدگی‌ها و نشت‌های پس‌زمینه) کاهش پیدا خواهد کرد. بنابراین تلفات کلی کاهش پیدا می‌کند.
 - داده‌های استفاده شده به منظور محاسبه نشان‌گاه‌های نشت و سطوح اقتصادی نشت، زمانی که مدیریت فشار اعمال می‌شود، باید مورد بازبینی قرار گیرند.
 - کم کردن فشار ممکن است پیدا کردن نشت‌های موجود را مشکل‌تر کند، چون صدای کم‌تری ایجاد می‌کنند یا این‌که به سطح نمی‌رسند. بنابراین، کاهش فشار باید با عملیات شناسایی نشت‌یابی و تعمیرات هماهنگ باشد.
- مدیریت خوب فشار، مستلزم کنترل‌گذاری در نواحی آب یا منطقه بندی شهر برای تامین آب است. بنابراین، بهتر است که در آغاز هر پروژه‌ای بخش‌بندی سیستم انجام گیرد تا دیرتر. علاوه بر کاهش فشار، مدیریت فشار خوب موجب تثبیت بیش‌تر فشار، کرنش کم‌تری در شبکه لوله‌ها و کم‌تر شدن احتمال آسیب دیدگی ناشی از خستگی در مفصل‌ها نیز می‌شود. تامین‌کنندگان آبی که اهمیت مدیریت فشار را درک کرده و اقدامات مناسبی به منظور کنترل فشار انجام می‌دهند منافعش را در درازمدت به‌دست خواهند آورد. این منافع می‌تواند با هزینه‌های اولیه و هزینه نگهداری درحین اجرا برابری کند. مانند تمام جنبه‌های مدیریت نشت، اقتصاد مدیریت فشار از قانون بازده نزولی پیروی می‌کند. با این حال اگر سرمایه‌گذاری در مقرون به صرفه‌ترین شکل خود انجام شود و هزینه‌های نگهداری آینده با در نظر گرفتن خدمات‌رسانی، قطعات یدکی، هزینه‌های درخواستی و غیره کمینه شوند، بنابراین مدیریت فشار گسترده می‌تواند در اغلب سیستم‌ها قابل توجیه باشد.

۷-۲-۴- منافع کاهش تلفات آب

منافع مالی کوتاه‌مدت مربوط به هزینه خرید آب از یک تامین‌کننده عمده، صرفه‌جویی در هزینه‌های تصفیه آب شامل هزینه‌های حاشیه‌ای مربوط به تامین مواد شیمیایی، هزینه‌های برق و دفع لجن و هزینه‌های لوله‌کشی آب. منافع

درازدت تر مرتبط با کل هزینه‌های دارایی‌های سرمایه‌ای شامل کاهش شکستن لوله‌ها (تواتر ترکیدن لوله‌ها)، افزایش عمر دارایی‌ها و صرفه‌جویی در هزینه تعمیرات لوله‌های اصلی ترکیده. منافع مالی غیرمستقیم همچنین از استفاده موثرتر از منابع آب موجود نتیجه می‌شوند. به طور خاص، کاهش تلفات آب می‌تواند تضمین کند که منابع آب موجود افزایش تقاضا در آینده را پاسخ‌گو باشد. این می‌تواند اجرای زیرساخت‌های آبی جدید مانند سد، ایستگاه‌های تصفیه، مخازن و لوله‌های اصلی آب را به تأخیر بیندازد.

با توجه به این که پایین تر بودن تقاضای آب به معنای امکان تامین آب برای مدت زمان طولانی تری است، حدی از امنیت خشک سالی نیز دور از انتظار نیست. علاوه بر این، ممیزی سیستم لوله کشی و سایر تجهیزات، دانش از سیستم توزیع را بهبود می‌بخشد. این دانش، آشنایی کارکنان را با سیستم، مثل موقعیت لوله‌های اصلی و شیرها، بیش تر می‌کند. کارکنان را در پاسخ هر چه سریع تر به موارد اضطراری مانند شکست لوله‌های اصلی کمک کرده و نیز نشان زود هنگامی از افزایش تلفات از محل‌های نشتی ارائه کند. با ارتقای روابط عمومی سازمان، می‌توان مشتریان را از تلاش‌ها برای حفاظت آب، صرفه‌جویی پولی و بهبود ارائه خدمات با شکست‌های ناخواسته کم‌تری در عرضه آب آگاه ساخت. همچنین تیم‌های صحرائی که وظیفه ممیزی آب، شناسایی نشت و کار نگهداری را به عهده دارند، شواهد بصری از این که سیستم خوب نگهداری می‌شود را فراهم می‌کنند.

۷-۳- تامین آب و تلفات آب

دسترسی به آب سالم عامل مهمی در رشد جمعیت جهان به خاطر تامین آب شرب و نیازهای بهداشتی بوده است. توانایی ایجاد سیستم‌های بزرگ تامین حیاتی آب با برداشت، تصفیه و انتقال آب به کل جوامع یکی از شگفتی‌های بزرگ تاریخ مهندسی است. با این حال، هنوز هم هشدارهای مهمی برای این داستان موفقیت‌آمیز وجود دارد. بسیاری از کشورهای در حال توسعه هنوز زیرساخت‌های تامین آب به منظور فراهم آوردن آب پاک برای مشتریان ندارند و یا قادر به تامین آن به صورت پیوسته نیستند. در چنین مکان‌هایی عدم وجود سیستم‌های مدرن تامین آب به خاطر همان پیچیدگی‌های اجتماعی، اقتصادی و سیاسی است که تمام جنبه‌های توسعه را در این سرزمین‌ها به چالش می‌کشد. در حالی که این جوامع تقلا می‌کنند که خدمات اولیه را داشته باشند، بسیاری از سیستم‌های بسیار پیشرفته آب در کشورهای توسعه یافته صنعتی از یک مشکل مودی که پایداری بلندمدت آینده منابع آب را تهدید می‌کند رنج می‌برند: تلفات آب. بسیاری از سیستم‌های آب دنیا در تحویل آب با کیفیت بالا به جمعیت‌های زیاد بسیار موفق بوده‌اند. اگرچه، بیش تر این سیستم‌ها در مراحل بهره‌برداری، میزانی از تلفات را متحمل می‌شوند. در سال‌های گذشته تامین به ظاهر نامحدود آب برای گسترش دنیای جدید، تلفات آب را تا حد زیادی نادیده گرفته است. با سهل الوصول و نسبتاً ارزان بودن آب، تلفات آب توسط خدمات آبی نادیده گرفته شده یا فرض شده که این تلفات یک خاصیت ذاتی سیستم تامین آب است. با تقاضای جمعیت در حال رشد و همچنین محدودیت‌های منابع طبیعی و افزایش هزینه استفاده از آب، مجاز دانستن تلفات آب غیرواقع‌بینانه است.

تلفات آب به دو طریق اصلی رخ می‌دهد:

– تلفات آب از سیستم توزیع از طریق نشت، سرریز مخازن، یا زهکش‌های باز یا شیرهای تخلیه نامناسب. به این

تلفات، تلفات واقعی^۱ گفته می‌شود.

– آبی که به یک متقاضی یا هر مصرف‌کننده پایانی دیگر می‌رسد، شامل استفاده مفید غیرمجاز، لکن به‌درستی

اندازه‌گیری و ثبت نشده است. به این تلفات، تلفات ظاهری^۲ اطلاق می‌شود.

در سراسر دنیا، تلفات آب هم در لوله‌های محل مصرف مشتری آب و هم در سیستم‌های تامین و توزیع آب رخ می‌دهد.

۷-۳-۱- وقوع تلفات و تبعات آن

سیستم‌های آب در دنیا تلفات آب را، حتی از همان اول که سیستم نو بوده، تجربه می‌کنند. تلفات آب را نمی‌توان کامل حذف کرد، لکن به گونه‌ای آن‌ها را می‌توان مدیریت کرد که اقتصادی باشند. مردم از همان دوران باستان تلاش کرده‌اند تا تلفات آب را محدود کنند، اما مشکلی که در رابطه با سیستم‌های توزیع، به‌خصوص در مواقعی که آب فراوان و ارزان باشد، وجود دارد این است که معمولاً علائم این بیماری دور از دید و دور از ذهن است.

مشکلات زیادی در رابطه با تلفات آب وجود دارد. تلفات زیاد به صورت غیرمستقیم تامین‌کنندگان را مجبور می‌کند که بیش از آنچه مصرف‌کنندگان نیاز دارند آب برداشت، تصفیه و منقل کنند. انرژی اضافی مورد نیاز برای تصفیه و انتقال بار سنگینی بر تاسیسات تولید انرژی، که اغلب وابسته به مقدار زیادی آب‌اند، تحمیل می‌کند. نشت، ترکیبگی و سرریز جریان اغلب موجب خسارات قابل ملاحظه‌ای می‌شود و مسوولیت تامین‌کننده آب را بالا می‌برد. بیش‌تر این نشت‌ها به درون سیستم‌های جمع‌آوری فاضلاب یا رواناب شهر راه می‌یابد و احتمالاً در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب تصفیه می‌شوند. دو مرحله تصفیه‌گران که هیچ سودی ندارد! برداشت‌های زیاد فاحش بدون هیچ نیازی بر حوضه‌های آبریز تحمیل می‌شوند. بنابراین، تلفات زیاد ممکن است رشد و توسعه در یک ناحیه را به دلیل محدودیت‌های دسترسی به منابع آب، محدود کند. اثرات کامل تلفات آب همچنان جای ارزیابی دارد. به هر حال، مباحث اقتصادی نشت نشان می‌دهد که اثرات آن قابل توجه است.

برخلاف تلفات واقعی، تلفات ظاهری اثرات فیزیکی به همراه ندارند. در عوض، آن‌ها اثر مالی قابل توجهی بر تامین‌کنندگان و مشتریان دارند. این تلفات، خدماتی را نشان می‌دهد که هیچ وجهی بابتش دریافت نشده است. اثرات اقتصادی تلفات ظاهری در سیستم‌های خصوصی اغلب نسبتاً خیلی بیش‌تر از تلفات واقعی است، چرا که هزینه‌های حاشیه‌ای تلفات ظاهری به نرخ خرده‌فروشی به مشترکان شارژ می‌شود، درحالی‌که هزینه‌های حاشیه‌ای پایه تلفات

1- Real Losses

2- Apparent Losses

واقعی، همان هزینه تولید است. برای تامین کننده آب، هزینه خرده فروشی برای مشتریان شاید بین ۱۰ تا ۴۰ برابر هزینه‌های حاشیه‌ای تولید برای تصفیه و تحویل آب است. هزینه‌های ظاهری از صندوق سازمان خدمات آب صورت می‌گیرد و مستقیماً روند درآمد تامین کننده را تحت تاثیر قرار می‌دهد. هنوز بسیاری از سیستم‌های خدماتی دارای چنین شیوه‌های حسابداری و مدیریت بی‌قاعده هستند و حتی نمی‌توانند نشان دهند که این تلفات اتفاق می‌افتد. کاهش تلفات آب نه تنها موجب بهبود عملیات تامین آب می‌شود، بلکه درآمدها را نیز افزایش می‌دهد. بنابراین مدیریت صحیح تلفات آب، موجب برگشت مستقیم و سریع هزینه‌ها به خدما ن آبی می‌شود.

۷-۳-۲- استاندارد بین‌المللی IWA

انجمن بین‌المللی آب^۱، IWA، روش‌های تعریف و بیان تلفات آب را استاندارد کرده است. به دلیل تنوع گسترده قالب و تعاریف موجود در سطح بین‌المللی برای محاسبات بیلان آبی (اغلب در همان کشور)، احتیاج مبرمی به اصطلاحات بین‌المللی متعارف وجود دارد.

اخیراً کار گروه‌های «تلفات آب و معیارهای عملکردی» IWA، با استفاده از بهترین تجربیات و روش‌ها در بسیاری از کشورها، بهترین شیوه استاندارد بین‌المللی برای محاسبات بیلان آبی (جدول ۶-۵) را با تعریف تمام واژه‌ها تولید کرده است.

۷-۳-۲-۱- آب بی درآمد^۲

حجم آب بی درآمد از کم کردن حجم مولفه‌های مصارف مجاز صورت حساب شده از حجم ورودی به سیستم محاسبه می‌شود. روند محاسبه باقی‌مانده در بیلان آب، به منظور ارزیابی مولفه‌های آب بی درآمد، شامل ارزیابی مصارف مجاز صورت حساب نشده و تلفات ظاهری، و کسر این‌ها از حجم آب بی درآمد برای به‌دست آوردن تلفات واقعی است.

۷-۳-۳- کاهش تلفات آب

بخش وسیعی از آب در سراسر جهان به علت نشت در شبکه‌های توزیع آب و تاسیسات خانگی یا از طریق انشعابات غیرقانونی در سیستم‌های تامین آب شهری از دست می‌رود. به این تلفات، «آب به حساب نیامده»^۳ اطلاق می‌شود و اغلب معیاری برای محاسبه کارایی سیستم تامین آب است. معمولاً تاسیسات آبی و مقدار کل آب به حساب آمده تعریف کرد. آب به حساب آمده شامل اجزای زیر است:

– مصارف آبی که توسط کنترلر مشترکان ثبت می‌شود؛

1- The International Water Association (IWA)

2- Non-Revenue Water

3- Unaccounted-for Water

- آب ذخیره شده در مخازن سرویس‌دهی و
- مصرف مجاز و رایگان برای شست‌وشو و گندزدایی لوله‌های اصلی و تمیز کردن روزمره مخازن سرویس‌دهی.
- در بسیاری از شهرها آب به حساب نیامده تا ۵۰ درصد آب تولید شده برآورد می‌شود. مقدار مشخصی از آن اجتناب‌ناپذیر است، اما طبق گزارش سازمان ملل، در بعضی شهرها مانند سنگاپور این مقدار به ۶ درصد کاهش پیدا کرده است.
- آب به حساب نیامده را می‌توان به صورت زیر دسته‌بندی کرد:
- تلفات ظاهری^۱ آب شامل خطاهای مرتبط با عدم دقت کنتور و محاسبه نادرست آب مصرفی در راه‌اندازی و پر کردن لوله‌های اصلی، اتصالات و مخازن سرویس‌دهی و برای تمیز کردن و شست‌وشوی سیستم توزیع آب در عملیات نگهداری و
- تلفات واقعی^۲ آب، شامل تلفات آب به علت نشت و برداشتهای غیرقانونی از سیستم انتقال و توزیع

۷-۳-۴- تدابیر کنترل کاهش میزان آب به حساب نیامده

- نشت‌یابی

برنامه ویژه‌ای برای شناسایی نشت لازم است. این برنامه شامل مواردی مانند بازرسی بصری نشت در طول خطوط لوله انتقال و توزیع و نیز آزمایشات نشت‌یابی در شب برای لوله‌های اصلی است. انتخاب شب به این خاطر است که در شب فشار در شبکه معمولاً بیش‌تر بوده که شناسایی نشت را راحت‌تر می‌کند و از طرفی کم‌ترین مزاحمت را برای مشترکان به همراه دارد. به منظور تعیین محل‌های نشت می‌توان از انواع ابزارهای مکانیکی، الکترونیکی و ابزارهای کامپیوتری صوتی از جمله گوشی ضربان‌سنج، ژئوفون، و نشت‌یاب‌های الکترونیکی استفاده کرد. تناوب زمانی این نشت‌یاب‌ها حائز اهمیت است. این موضوع به درصد آب به حساب نیامده و سهم نشت و اندازه سیستم توزیع آب بستگی دارد.

- کنترل نشت

از لوله‌ها و اتصالات با کیفیت بهتر برای کنترل نشت می‌توان استفاده کرد. به این منظور می‌توان از لوله با موادی بادوام‌تر و مقاوم در برابر خوردگی مانند لوله چدنی با پوشش داخلی با ملات سیمان، مس، فولاد ضد زنگ استفاده کرد. در طراحی شبکه توزیع آب کمینه کردن تعداد مفصل‌ها به منظور کاهش نشت‌های جزئی اهمیت دارد. استفاده از تفلون برای تعمیر نشتی شیر به دلیل ساینده‌گی و پارگی و همچنین استفاده از اتصالات برنجی برای کاهش نشت‌های جزئی در شبکه توزیع آب کاربرد دارد.

1- Apparent Loss

2- Real Loss

- سیاست‌های اندازه‌گیری کامل و دقیق

ابزارهایی با دقت کم‌تر مانند لوله‌های ونتوری می‌توانند با ابزارهای دقیق‌تری مانند کنتورهای الکترومغناطیسی جایگزین شوند.

۷-۳-۵- کنترل تلفات توزیع: حسابداری و متره آب

- حسابداری درست آب مصرف شده

در بسیاری از شبکه‌های توزیع آب در مناطق شهری مقدار قابل ملاحظه‌ای آب در راه‌اندازی و پر کردن مجاری اصلی جدید، برای مخازن سرویس‌دهی، تمیز کردن برای دوره نگهداری و برای اطفای حریق مصرف می‌شود. آب استفاده شده برای چنین مقاصدی به منظور حسابداری درست باید به دقت گزارش داده شود.

سیستم حسابداری دقیق آب به منظور شناسایی تلفات و نشت‌های بزرگ ضروری است. تلفات آب معمولاً به عنوان آب تلف شده از تصفیه‌خانه تا کنتورهای آب گزارش می‌شوند. این ارقام گمراه کننده اند، چراکه هم شامل تلفات واقعی می‌شوند (یعنی آب به حساب نیامده از تلفات و نشت‌ها) و هم شامل تلفات ظاهری می‌شوند (برای مثال کم اندازه‌گیری کنتورها، سرقت‌ها و ...). یک استراتژی مطلوب کنترل تلفات، قبل از هر چیز و واجب‌تر از هر موضوع دیگری، به یک ارزیابی دقیق و مکان‌یابی تلفات واقعی نیاز دارد.

اندیس نشت زیرساخت (ILI) که توسط گروه کاری آب به حساب نیامده (IWATF) انجمن بین‌المللی آب توسعه یافته است، شاخصی کاربردی برای بررسی عملکرد شبکه است که نشت ناشی از ضعف مدیریت را از نشت سیستماتیک (یا اجتناب‌ناپذیر) متمایز می‌سازد (WHO, 2001 کادر ۷-۱). عددی حدود ۴ برای ILI عددی رضایت‌بخش است. مقادیر کم‌تر از چهار نشانگر عملکرد خوب و مقادیر بیش‌تر از چهار نشانگر عملکرد ضعیف می‌باشند.

کادر ۷-۱- مثالی از محاسبه اندیس نشت زیرساخت (لامبرت و همکاران، ۲۰۰۰)

یک سیستم توزیع، ۱۵۰۰ کیلومتر خط اصلی دارد و ۶۰۰۰۰ انشعاب سرویس با کنتورهای مشتریان که به‌طور میانگین در ۶ متری از لبه خیابان قرار دارند. سیستم در ۹۰ درصد از زمان‌ها تحت فشار کار می‌کند و فشار میانگین (در زمان‌هایی که تحت فشار کار می‌کند) ۳۰ متر است. در سیستم فوق، تلفات واقعی کنونی سالانه که از بیلان سالانه آب به‌دست آمده است، $10^3 \times 4000$ متر مکعب در سال است.

شاخص فنی تلفات واقعی (TIRL)	$202 \text{ لیتر/هر انشعاب/روز} = 4,000 \cdot 10^3 / (60,000 * 0.9 * 365)$
تلفات واقعی اجتناب‌ناپذیر سالانه (UARL)	10^3 متر مکعب در سال
مولفه‌ها:	
خطوط اصلی	$266 = 181 \text{ km/d/m} * 1500 \text{ km} * (0.9 * 365) \text{ days} * 30 \text{ m} / 10^6$
انشعابات از بر خیابان	$473 = 0.81 \text{ conn/d/m} * 60,000 * (0.9 * 365) \text{ days} * 30 \text{ m} / 10^6$
از بر خیابان تا کنتور مشتری	$87 = 251 \text{ km/d/m} * (60,000 * 6 / 1000) * (0.9 * 365) \text{ days} * 30 \text{ m} / 10^6$
کل تلفات واقعی اجتناب‌ناپذیر سالانه	۴۲ لیتر / هر انشعاب / روز
اندیس نشت زیرساختی	$TIRL/UARL = 202/42 = 4.8$

علیرغم این که به طور نظری می توان نشت را تا یک مینیمم مطلق (یعنی در حدی که فقط اتلاف واقعی اجتناب ناپذیر داشته باشیم، $ILI=1$) کاهش داد، در اغلب موارد این کار از لحاظ اقتصادی ممکن نیست. ردیابی و تعمیر نشت می تواند بسیار گران تمام شود. در بسیاری از موارد، افزودن به منابع آب برای صنعت خدمات آب به صرفه تر از تعمیر نشتها تمام می شود. سطح اقتصادی نشت، میزان نشتی است که در آن هزینه حفاظت یک لیتر آب از طریق ارتقای بهبود شبکه توزیع، برابر با هزینه تولید یک لیتر آب از منبع می گردد. سطح اقتصادی نشت می تواند مورد استفاده شرکت های تامین کننده آب جهت مشخص کردن اهدافشان در کاهش نشت قرار گیرد. هزینه ها البته باید تا حد قابل قبولی بلندمدت در نظر گرفته شوند و همچنین شامل هزینه های خارجی اجتماعی بشود، نه فقط هزینه های خصوصی شرکت تامین کننده آب.

۷-۳-۶- قوانین سخت گیرانه در برداشت غیرقانونی آب

برداشت غیرقانونی آب باید شناسایی شده و هر شخصی که در این رابطه مسوول است باید مورد پیگرد قانونی قرار گیرد.

- آموزش: آموزش همگانی نقش مهمی در دست یافتن به اهداف مدیریت تقاضای آب دارد. روش های متعددی در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه به شرح زیر امتحان شده است:

- برنامه های آموزشی در رسانه های جمعی،
- بیلبردهای نصب شده در طول جاده ها و در وسایل نقلیه عمومی و
- بروشورهای آموزشی به همراه صورت حساب های آب

آموزش کودکان در مدارس، بالاترین اولویت در بسیاری از کشورها شده است. این برنامه اطلاعات پایه ای در مورد چرخه هیدرولوژیکی، هزینه های تامین آب، نگهداری شبکه های توزیع آب، آلودگی آب و هزینه های تصفیه فاضلاب ارائه می دهد. آموزش برای سایر استراتژی های مدیریت آب مانند تغییر تعرفه های آب و شارژ فاضلاب نیز می تواند مفید واقع شود. کارکنان شرکت های خدمات آب باید به درستی آموزش داده شوند. آموزش پرسنل به منظور داشتن فنون لازم و داشتن انگیزه خدمت به مشتریان باید به عنوان هدف مهمی در هنگام طراحی برنامه های آموزشی پرسنل مورد توجه قرار گیرد.

۷-۳-۷- انگیزه های اقتصادی و قیمت گذاری آب

قیمت گذاری ایزاری قوی برای کنترل مصرف آب شهری است. در بسیاری از کشورها آب و خدمات مربوط، به خصوص به مشتریان خانگی، تقریباً رایگان و یا با قیمت بسیار پایین عرضه می شود. تعرفه آب در بسیاری از نواحی شهری حتی هزینه اجرا و نگهداری سیستم تامین آب را پوشش نمی دهد؛ بنابراین، این سیستم ها به شدت یارانه ای اند. هنگام تعریف یارانه برای نواحی شهری باید گروه های با درآمد بالا، متوسط و پایین و همچنین محل زندگی آنها در نظر گرفته شود. ساختارهای متعدد تعرفه به منظور رعایت برابری نسبی در تخصیص هزینه های خدمات آب و کنترل نرخ مصرف آب خانگی، می توان تعریف کرد. افزایش تعرفه در صورتی می تواند مفید باشد که:

- تعرفه، هزینه های واقعی خدمات را برگرداند.

- به میزان مصرف ربط داشته باشد.
- نرخ افزایشی تعرفه باید به قدر کافی زیاد باشد که انگیزه برای صرفه‌جویی ایجاد کند.
- هرگونه تغییر در نرخ تعرفه باید با کمپین‌های اطلاع‌رسانی عمومی با سازمان‌دهی مناسب همراه باشد.

۷-۳-۸- تدابیر نهادی و قانون‌گذاری موثر

نایک‌پارچگی^۱ و همپوشانی مسوولیت‌ها بین موسسات درگیر در مدیریت منابع آب موانعی در مقابل کارایی آب در نواحی شهری‌اند. در بسیاری از کشورها، سازمان‌های مختلفی مسوولیت امور زیر را بر عهده دارند:

- برنامه‌ریزی توسعه منابع آب،
- تامین آب برای شبکه توزیع آب،
- جمع‌آوری فاضلاب،
- مدیریت رواناب‌های سطحی، و
- کنترل آلودگی آب

سطح مسوولیت‌پذیری این موسسات ممکن است در سطح ملی یا سطوح محدودتر استانی یا شهری تفاوت داشته باشد. این امور و مسوولیت‌ها ممکن است توسط تعدادی از این سازمان‌ها اداره شود، و تصمیم‌های گرفته شده در هر یک از آن‌ها ممکن است به طور قابل ملاحظه‌ای سایر سازمان‌های مسوول را تحت تاثیر قرار دهد. علاوه بر این بخش شهری با سایر بخش‌های اقتصادی به شکل تنگاتنگی در ارتباط است و به این دلیل اگر برنامه‌های حفاظت آب شهری اگر بخش تامین آب و بهداشت را مجزا از سایر بخش‌های شهری ببیند، به اهداف مورد نظرش نخواهد رسید. بنابراین، برای مصرف اقتصادی آب در بخش شهری، مستلزم سیاست‌های یکپارچه مدیریتی‌ست؛ اگرچه، این چنین سیاست‌هایی تنها در صورت تعهد و همکاری تنگاتنگ تمام سازمان‌ها و موسسات درگیر، عملی خواهد شد. بدین منظور، موضوعات حل مناقشه باید در توسعه سیاست‌گذاری‌های برنامه‌ریزی و مدیریت گنجانده شود.

کارایی اجرای پروژه‌های توسعه منابع آب و مدیریت خدمات عمومی بهبود می‌یابد، اگر مدیریت و اداره ریسک‌های مربوط را به بخش خصوصی واگذار کنیم، لکن شرکت‌های دولتی نقش کنترل کل را از طریق قانون‌گذاری و نظارت داشته باشند. تقویت کارایی و بهره‌وری بخش خصوصی، مخارج بخش عمومی را نیز کاهش می‌دهد.

فصل ۸

بهره‌برداری بهینه سیستم‌های تامین

آب

۸-۱- مقدمه

اغلب شبکه‌های توزیع آب در کشور به دلایلی از جمله عمر زیاد و نگهداری و تعمیرات ضعیف کهنه شده‌اند. از این‌رو، بازسازی یا نوسازی زیرساخت‌ها ضروری است. علاوه بر این، مقررات مربوط به کیفیت آب سخت‌گیرانه‌تر می‌شود و سرمایه‌گذاری بیش‌تری در تاسیسات آبی می‌طلبد. تا به حال، برنامه نوسازی با توجه به نرخ شکست و نسبت به برنامه‌ریزی تعمیرات معابر تصمیم گرفته می‌شده است. فرایند تصمیم‌گیری زمان حاضر در اصل علاج‌بخش است، از این‌رو باید روشی «پیش‌کنش‌گر» برای برنامه‌ریزی تصمیمات نوسازی پیش گرفته شود.

۸-۲- فرایند برنامه‌ریزی نوسازی

فرایند برنامه‌ریزی برای نوسازی را می‌توان به چهار مرحله تقسیم کرد:

گام ۱: تشخیص سالم بودن شبکه، که براساس مشخصات شبکه، محیط و تاریخ است. این گام، اطلاعاتی پیرامون کهنگی و دگرگونی شبکه به واسطه فاکتورهای فیزیکی (شکست‌ها، خوردگی، کیفیت آب و غیره) و محیط اطراف لوله می‌دهد.

گام ۲: نتایج گام اول به اضافه عوامل اقتصادی و جامعه‌شناسی را برای تعیین تاریخ نوسازی در نظر می‌گیرد. این بهینه‌سازی، بدون قید است. بنابراین از یک طرف به دسته‌بندی لوله‌ها و تشخیص خطرپذیرترین آن‌ها می‌انجامد و از طرف دیگر بودجه بهینه را تعیین می‌کند. هزینه‌های بالقوه احتمالاً بیش از منابع مالی سازمان و غیریکنواخت است.

گام ۳: قیود مالی را برای برنامه‌ریزی منابع مالی و هموار کردن هزینه‌ها به حساب می‌آورد. این گام، ابزار مناسبی برای برنامه‌ریزی بودجه است.

گام ۴: برنامه‌ریزی برای فعالیتهای نوسازی است. لوله‌ها، خیابان‌ها یا بخش‌هایی از شبکه برای نوسازی در یک زمان مشخص پس از به حساب آوردن نتایج سه مرحله گذشته و قیود عملیاتی از قبیل منطقه جغرافیایی، برنامه‌ریزی جاده، یا کارهایی که روی سایر شبکه‌ها انجام می‌شود، انتخاب می‌شوند تا نوسازی شوند.

۸-۲-۱- بهینه‌سازی برنامه زمان‌بندی نوسازی

این قسمت بر گام بهینه‌سازی از فرایند نوسازی تمرکز می‌کند و روشی برای ارزیابی بودجه که از نظر مالی بهینه باشد و فرایند کهنگی و نیز سایر موارد فنی، اجتماعی و اقتصادی را به حساب آورد ارائه می‌کند. برنامه‌ریزی پویا، فرایند تصمیم‌گیری سیستم را به مراحل تصمیم و مراحل مخاطره تقسیم می‌کند. هر مرحله، سیستم را از یک حالت به حالت دیگر تغییر می‌دهد. مرحله عدم قطعیت توسط احتمال انتقال توصیف می‌شود. در مدل RENCANA، هزینه تعمیر یا نوسازی، حالات متفاوت را

مشخص می‌کند و احتمالات انتقال، احتمال شکست بعدی است که توسط مدل‌های بقا براساس مشخصات لوله، محیط اطراف و تاریخچه شکست آن به دست می‌آیند. این احتمالات، فرایند کهنگی را نشان می‌دهند.

مدل RENCANA همچنین موارد زیر را در نظر می‌گیرد:

- تاثیر شکست بر نقطه مصرف با مقایسه مصرف آب مورد نیاز در یک نقطه معین مصرف آب با مصرف تحویل داده شده وقتی یک قطعه لوله شکسته شود. این، عملکرد هیدرولیکی^۱ لوله را نشان می‌دهد و نیاز به شبیه‌سازی هیدرولیکی با حذف قطعه لوله شکسته شده، دارد.
- خاص بودن مصرف‌کننده^۲، این نکته را می‌رساند که مصرف‌کننده‌ها نه تنها از نظر حجم مصرف متفاوت‌اند (خانگی، صنعتی، تجاری)، بلکه حساسیت آن‌ها نسبت به قطع تحویل آب متفاوت است (برای مثال بیمارستان، شخصی در حال دیالیز و ...).
- رابطه با محیط اطراف لوله

۸-۲-۱-۱- ارزش‌گذاری هزینه^۳

هزینه تعمیر و هزینه نوسازی را می‌توان با روش حسابداری هزینه تعیین کرد. از تحلیل داده‌ها می‌توان هزینه‌ها را با محیط یا مشخصات لوله مرتبط کرد. هزینه استاندارد را می‌توان براساس تعمیر استاندارد، برای مثال قرار دادن یک مفصل در جای خود، و بدینسان تمام هزینه‌های اصلی مطرح (مواد، کارکنان، ماشین‌آلات و غیره) را ارزش‌گذاری کرد. هزینه متوسط از تحلیل هزینه‌های تعمیر گذشته به دست می‌آید.

آثار اجتماعی شکست زمانی که هزینه‌های اجتماعی وارده به طرف‌های مختلف به حساب آید، آشکار می‌شود: خود سازمان اول از همه (تلفات آب، کیفیت خدمات، اعتبار و غیره)، مصرف‌کنندگان آب (ناراحتی، از دست رفتن فعالیت‌های اقتصادی، هزینه تحویل آب جایگزین، خسارات و غیره)، ساکنان (ناراحتی، آب گرفتگی، خسارات و غیره) و پیاده‌ها و سواره‌ها (اتلاف وقت، ناراحتی و غیره). این هزینه‌ها بر داده‌های نوسازی تاثیر دارند. روش‌های متعدد ارزیابی هزینه را می‌توان با استفاده از رویکردهای پیش‌آمد احتمالی^۴ و وارد کردن ارزش جایگزین‌ها و یا نتایج استعلام‌ها شناسایی کرد. آزمایشی که در پی می‌آید تمایز یک مصرف‌کننده در ارزش‌گذاری اثر از دست دادن فعالیت اقتصادی برای صنعت و تجارت و ناراحتی به وجود آمده برای یک مصرف‌کننده خانگی در اثر قطع آب طی مدت دو ساعت پس از قطعی را نمایش می‌دهد:

1- Hydraulic Function
2- Consumer Specificity
3- Cost Valuation
4- Contingency Approaches

- برای مصرف‌کنندگان خانگی، هر خانواده به اندازه ۱۵۰ فرانک - به اندازه هزینه یک وعده غذا در بیرون برای ۳ نفر عضو خانواده، ضرر خواهد کرد. روش مشابهی برای مدارس و کودکانها در نظر گرفته شده است.
- برای بنگاه‌ها و خدمات مثل سوپر مارکت‌های کوچک، دندانپزشکی، آرایشگاه یا آزمایشگاه، از نتایج مطالعه‌ای در مورد قطع آب آشامیدنی به مدت ۱۱۰ ساعت در شهر Tours در سال ۱۹۸۸ بر اثر آلودگی سیستم تامین آب، برای تبدیل به دو ساعت کاری استفاده شد.
- برای صنعت، ضرایبی توسط بانک فرانسه برای هر بخش فعالیت به خصوص منتشر شده که برای محاسبه کاهش سود اقتصادی، با توجه به تعداد کارکنان و هنگامی که کار برای دو ساعت متوقف شود، قابل استفاده است.
- برای مردم در بیمارستان یا دیالیز در خانه، قیمت یک تنک آب که جایگزین تحویل آب شده است را می‌توان محاسبه کرد.

۸-۳- مدیریت زیرساخت‌های آب: بررسی مدل‌ها و پایگاه‌های داده - تجربیات اروپا

۸-۳-۱- مقدمه: فعالیت‌ها و انتظارات در سازمان‌های آب اروپایی

به‌طور نظری، سیاست‌های بازسازی و نگهداری باید دو شیوه را با هم تلفیق کنند:

- شیوه واکنشی (انفعالی)^۱
- شیوه پیش‌گیرانه (پیش‌فعالانه)^۲.
- در سازمان‌های آب اروپا دو نوع سیاست مدیریت نگهداری مشاهده می‌شود:
- سیاست صرفاً مبتنی بر شیوه واکنشی (انفعالی) و
- سیاست‌هایی که از تلفیق دو شیوه واکنشی (انفعالی) و پیش‌گیرانه (پیش‌فعالانه) برای کاهش ریسک و مشکلات قابل پیش‌بینی و ارزیابی آینده، استفاده می‌کنند.

در شیوه اول، یک بسته مالی برای نوسازی یا بازسازی، بیش‌تر با توجه به شرایط مالی تعیین می‌شود. لوله‌های اصلی برای بازسازی با توجه به شرایط اضطراری گذشته مثل تعداد شکست‌ها و نیز با توجه به برنامه بازسازی و عملیات راهسازی تعیین می‌شوند. در این حالت سازمان آب به ندرت خصوصیات لوله یا محیط اطراف را به حساب می‌آورد. در شیوه انفعالی، امکان مدیریت ریسک وجود ندارد. همچنین شتاب قابل پیش‌بینی زوال شبکه، مشکلات اقتصادی شامل سرمایه‌گذاری زیاد و رو به رشد در چند سال آینده برای خدمات آب به وجود می‌آورد.

1- Reactive
2- Proactive

شیوه دوم، پیش فعالانه است. خدمات آب با در نظر گرفتن وضعیت لوله‌ها و پیش‌بینی زوال آن‌ها، تعیین می‌کند که پول و نیروی انسانی کجا باید صرف شود. این شیوه، بررسی می‌کند که سیستم باید به‌طور کامل بازسازی شود یا این که اجزای خاصی بازسازی شود.

به هر حال، این شیوه نیاز به وقوف کامل از محیط اطراف شبکه و شکست‌های آن دارد. این به معنای تشکیل پایگاه‌های داده کامپیوتری ترجیحاً به فرم سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) است. استفاده از این شیوه موارد زیر را ممکن می‌سازد:

- پیش‌بینی برنامه سرمایه‌گذاری تعیین جزییات و شبیه‌سازی یک استراتژی بلندمدت

- تجمیع مدیریت ریسک و مدیریت هزینه در برنامه‌های بازسازی

اهمیت نسبی اهداف اصلی بازسازی برای ۱۲ سازمان آب اروپایی در جدول ۱.۸ نشان داده شده است. در اکثر سازمان‌ها، دو هدف اصلی بر بقیه مقدم است: بهبود کیفیت آب و کاهش شکست در لوله‌های اصلی و پیامدهای آن‌ها (آسیب بر محیط شهر، اختلالات ترافیکی، قطعی‌ها، کمبود فشار و غیره). هدف اولی بیش‌تر از روش انفعالی تامین می‌شود. پایش، فرایندی ضروری است. ارزیابی شاخص‌های عملکردی، نواحی که ضعف کیفیت آب غیرقابل قبول است را مشخص می‌کند و مدل‌سازی هیدرولیکی، فرایندی تکمیلی است که لوله‌هایی که نیاز به بازسازی دارند را مشخص می‌کند.

دومین هدف مقدم، بهتر است با شیوه پیش‌گیرانه مدیریت شود. نرخ شکست‌ها را می‌توان تحلیل و پیش‌بینی کرد و در نتیجه ریسک آسیب‌ها و دیگر رویدادهای مخرب را ارزیابی و مدیریت کرد.

۸-۳-۲- بهبود پایگاه داده‌ها: ضرورتی برای بهبود تحلیل و پیش‌بینی شکست

بهبود پایگاه داده‌ها به معنای رسیدگی به داده‌های ناقص، غیردقیق و غیرقطعی است. این کار را باید هنگام برآورد هزینه‌ها در نظر داشت. این کار، اولین توصیه به سازمان‌های آب برای پیاده‌سازی یا بهبود پایگاه داده‌های تاسیسات زیربنایی آب جهت مدیریت نگهداری است.

۸-۴- تحلیل اعتمادپذیری و آمادگی^۱ سیستم‌های توزیع آب

۸-۴-۱- حالت‌های شکست^۲ سیستم‌های توزیع آب

برای اطمینان از رسیدن آب تصفیه شده به مصرف‌کننده، سیستم توزیع آب باید طوری طراحی شود که بتواند خود را با طیفی از شرایط اضطراری انتظاری بارگذاری تطبیق دهد. این شرایط به سه دسته کلی زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

۸-۴-۱-۱- شکست لوله، احتیاج آتش‌نشانی و قطع پمپ و برق

هر یک از این شرایط باید با توصیف اثراتشان بر سیستم، توسعه سنجش‌های عملکرد سیستم و طراحی با ظرفیت‌های لازم برای اداره شرایط اضطراری با سنجش قابل قبولی از اعتمادپذیری، بررسی شوند. اعتمادپذیری به‌طور معمول به عنوان احتمال این‌که سیستم مأموریت خود را در حد معینی در دوره زمانی و محیط مشخصی انجام دهد، تعریف می‌شود.

مرور ادبیات علمی نشان می‌دهد که تعریف و یا سنجش همه‌پذیری برای اعتمادپذیری سیستم‌های توزیع آب وجود ندارد. در سیستم‌های چند لایه با زیر سیستم‌های اندرکنشی، بسیار مشکل است که اعتمادپذیری ریاضی را به صورت تحلیلی به دست آورد. محاسبه دقیق اعتمادپذیری ریاضی سیستم‌های توزیع آب، مستلزم دانستن دقیق اعتمادپذیری زیر سیستم‌ها یا اجزای اساسی آن و تاثیر هر شکست ممکن مجموعه زیر سیستم‌ها بر عملکرد مطلوب سیستم است.

بسیاری از محققان، مهندسان شهری، برنامه‌ریزان شهری، موسسات، شرکت‌های دولتی و غیره ضرورت توسعه سنجش‌ها دقیق و روش‌های صریح ارزیابی کارایی و اعتمادپذیری سیستم‌های توزیع آب تحت شرایط بارگذاری اضطراری را مطرح کرده‌اند. برخی از محققان روش‌هایی را با استفاده از مفاهیم فاکتورهای اعتمادپذیری، توابع زیان اقتصادی و افزونگی‌های احتمالی در طراحی‌ها و مانند آن پیشنهاد کرده‌اند. تمام این روش‌ها در فرمول‌بندی مساله و یا روش حل، محدودیت‌هایی دارند. برخی محققان نیاز به گنجاندن صریح سنجش‌های اعتمادپذیری در مدل‌های بهینه‌سازی را برای برآورد عملکرد سیستم تحت شرایط بارگذاری اضطراری، مطرح می‌کنند. لکن، در حال حاضر هیچ‌گونه روش ارزیابی یا طراحی مبتنی بر مدل‌های «بهینه‌سازی-اعتمادپذیری» با کاربرد عمومی، توسعه نیافته است.

تحویل مطمئن آب به مصرف‌کننده مستلزم این است که سیستم توزیع آب طوری طراحی شود که بتواند گستره انتظاری از شرایط بارگذاری اضطراری را اداره کند.

این شرایط اضطراری را می‌توان به صورت زیر طبقه‌بندی کرد:

- تقاضای آتش‌نشانی

1- Reliability and Availability Analysis

2- Failure Modes

- شکست شاخه رابطها
- خرابی پمپ
- قطع برق
- خرابی شیر کنترل
- ناکافی بودن توان ذخیره‌سازی

یک روش با کاربرد عمومی که جنبه‌های هزینه کمینه و اعتمادپذیری را در نظر می‌گیرد، باید هر یک از این شرایط اضطراری را لحاظ کند. در بررسی این شرایط، این روش‌ها باید:

- اهمیت آن‌ها را برای سیستم توصیف کنند.
- سنجش‌های مرتبط با کارایی سیستم را توسعه دهند.
- ظرفیت لازم برای شرایط بارگذاری اضطراری بایک سنجش قابل قبول اعتمادپذیری را در سیستم طراحی کنند.

۸-۴-۲- تعریف تعمیر سیستم توزیع

ناهمنواختی در تعریف نشت و شکست توسط سازمان‌های خدماتی، دشواری‌هایی به هنگام مقایسه وضعیت سیستم توزیع آب به وجود می‌آورد. واژه عمومی «نشت» می‌تواند هم شامل شکست سازه‌ای و هم تلفات آب از مفاصل خوب آب بندی نشده، شیرهای معیوب آب و سوراخ‌های ناشی از خوردگی، باشد. از طرف دیگر، «شکست» به شکست سازه‌ای خطوط اصلی آبرسانی که می‌تواند به ترک یا قطع کامل آن منجر شود، اطلاق می‌شود. شکست، موجب نشت آب و اتلاف آب می‌شود و در نتیجه می‌توان گفت که شکست فرم خاصی از نشت است.

تعمیرات سیستم توزیع آب را می‌توان براساس اجزایی که تعمیر می‌شوند (خطوط اصلی، انشعابات، شیرآلات)، ماهیت نشت (نشت از مفصل، شکست)، و نوع تعمیر تقسیم‌بندی کرد. تاریخچه تعمیرات سیستم باید موارد تعمیری را مشخص کند. اجزای سیستم توزیع آب شامل خطوط اصلی، شیرآتش‌نشانی، شیر خطوط، و انشعابات مصرف‌کنندگان است.

مجموعه تعریف‌هایی برای استانداردسازی گزارش‌دهی و ثبت تعمیرات سیستم توزیع ارائه شده است:

- **تعمیر نشت:** تمامی فعالیت‌هایی است که برای تعمیر نشت آب در خطوط اصلی، شیرهای خطوط، انشعابات آتش‌نشانی و خطوط انشعابات مصرف‌کنندگان انجام می‌شود.
- **نشت خطوط اصلی:** تمامی مسایلی که سبب نشت از خطوط اصلی می‌شود را شامل می‌شود. این موارد شامل نشت از مفصل‌ها، سوراخ‌ها، شکست‌های پیرامونی، شکست‌های طولی، و شیرهای معیوب آب می‌شود.
- **نشت از مفصل:** نشت از مفصل، تلفات آب از محل اتصال قسمت‌های خطوط اصلی است. این مورد سازه‌ای نیست، بلکه مربوط به جدا شدگی دو بخش خطوط اصلی ناشی از انقباض و انقباض، نشست، جابه‌جایی یا جابه‌جایی مفصل بر اثر فشار یا خمش لوله است.

- شکست خطوط اصلی: شکست خطوط اصلی، شکست سازه‌های لوله بر اثر بارگذاری بیش از حد، آب شستگی بستر، برخورد با سایر سازه‌ها، خوردگی، یا ترکیبی از این شرایط است.
- تعمیرات نشت شیر آتش‌نشانی: کلیه اقدامات برای تعمیر خطوط، شیرها و سیلندرهای آتش‌نشانی
- تعمیرات نشت خطوط سرویس: کلیه اقدامات برای تعمیر نشت شیرهای آب، لوله‌های سرویس و اجزای آنها
- تعمیرات نشت شیرآلات: کلیه اقدامات برای تعمیر نشت از لبه شیرها، کلاهک، یا بدنه شیر

۸-۴-۳- حالت‌های شکست^۱

گرچه شبکه‌های توزیع آب ویژگی‌های مشترک زیادی با دیگر انواع شبکه‌ها دارند، لکن از نظر شالوده شکست، تفاوت‌های معناداری دارند. این تفاوت‌ها اساساً از راه‌هایی که شبکه‌های توزیع آب می‌توانند شکست بخورند، ناشی می‌شوند. در اصل، شکست شبکه توزیع آب می‌تواند به عنوان این‌که فشار و یا جریان در یک یا چند گره در شبکه پایین‌تر از مقادیر مشخص بیفتد، تعریف شود.

طبق این تعریف دو نوع اصلی شکست در شبکه‌های توزیع آب وجود دارد:

- شکست عملکردی^۲: زمانی که تقاضای سیستم بالاتر از مقدار طراحی باشد.
- شکست اجزا (مکانیکی)^۳: شامل شکست هر یک از اجزای شبکه است، به‌طور مثال لوله‌ها، پمپ‌ها و شیرها. هر دوی این حالت‌های شکست، اساس احتمالاتی دارند که باید در تحلیل اعتمادپذیری شبکه وارد شوند.

۸-۵- اندیس‌های اعتمادپذیری^۴

چندین معیار برای اندیس‌های اعتمادپذیری پیشنهاد شده‌اند، لکن هیچ‌کدام به تنهایی مقبولیت جهانی ندارند. هر یک از آنها با توجه به اهداف تحلیل می‌توانند در تحلیل اعتمادپذیری مفید باشند. اعتمادپذیری اغلب به عنوان توانایی سیستم برای تامین تقاضا تحت احتمالات مشخص تعریف می‌شود. یک سیستم در صورتی که برای مثال تقاضا را در یک دوره خشک‌سالی یا علی‌رغم شکست یک قطعه مهم آن تامین کند، ممکن است به عنوان سیستم اعتمادپذیر قضاوت شود. ضوابط قدیمی طراحی براساس چنین قوانین سرانگشتی به جای اندیس‌های کمی بوده‌اند. تدابیر احتیاطی به خاطر انتخاب دلخواهانه و در نتیجه ناهمسانی شرایط احتیاطی مشکل دارد، زیرا طراحی‌های متفاوت که در شرایط احتیاطی یکسانی تاب می‌آورند، می‌توانند احتمالات شکست متفاوتی داشته باشند.

1- Failure Modes
2- Performance Failure
3- Component (Mechanical) Failure
4- Reliability Indices

آمادگی یا دسترس پذیری^۱ به عنوان احتمال این که سیستم در حالتی باشد که تقاضا از منابع موجود یا ظرفیت بیش تر نباشد یا شرایط بهره برداری، غیرمطلوب (مثل فشار کم آب) نباشد، تعریف می شود.

دسترس پذیری متوسط، احتمال متوسط در طول دوره زمانی است که سیستم دسترس پذیر باشد. احتمال شکست سیستم برخی اوقات به صورت ۱ منهای دسترس پذیری تعریف می شود.

اندیس های شدت^۲ اندازه شکست را بیان می کنند. در مطالعات تامین آب، اعتمادپذیری به عنوان نسبت تامین آب به تقاضای سالانه تعریف می شود.

اندیس های فراوانی و تداوم^۳ نشان می دهند که هر چند وقت یک بار شکست با شدت معین رخ می دهد و چقدر طول می کشند. این قبیل اندیس ها در مطالعات برنامه ریزی خدمات الکتریکی زیاد استفاده می شوند.

اندیس های اقتصادی^۴، اندیس هایی اند که به پیامدهای اقتصادی کمبود می پردازند و به آن ها آسیب پذیری^۵ هم گفته می شود.

اگر S_u ، مقدار تامین آب و Q ، مقدار تقاضا بر حسب مترمکعب بر ساعت باشد، این اندیس ها را می توان به صورت زیر نوشت:

— معادلات احتیاطی: سیستم، در صورتی اعتمادپذیر است که $P(S_u - Q - contingency) = 0$

— دسترس پذیری: در دسترس بودن سیستم $P(S_u = 0)$ است.

— احتمال و شدت شکست: احتمال شکست به صورت زیر در یک دوره زمانی خاص تعریف شود که s نشان دهنده سطح شدت شکست است.

$P(S_u - Q - s)$

— فراوانی و تداوم شکست: رابطه فراوانی انتظاری $E(F)$ یک پدیده شکست با سطح شدت و تداوم انتظاری به صورت مقابل است.

$(F)E(D) - P(S_u - Q - s)$

— پیامدهای اقتصادی با فراوانی، تداوم و شدت پدیده شکست رابطه غیرخطی دارد.

1- Availability
 2- Severity Indices
 3- Frequency and Duration Indices
 4- Economic Indices
 5- Vulnerability

فصل ۹

مدیریت ریسک تامین آب

ریسک و عدم قطعیت، جزو لاینفک برنامه‌ریزی است. طبیعت ذاتی برنامه‌ریزی درازمدت (تا ۵۰ ساله) ایجاب می‌کند که برنامه‌ها و استراتژی‌ها از نظر سناریوهای محتمل آتی توسعه اجتماعی-اقتصادی-فنی و نیز سناریوهای اقلیمی، منعطف باشند. از طرف دیگر عواملی مثل نوسانات اقلیمی (مثل خشک‌سالی‌ها) موجب عدم قطعیت در برنامه‌ریزی‌های کوتاه‌مدت و میان‌مدت می‌شود. این بخش، برخی از عدم قطعیت‌های اصلی برنامه‌ریزی منابع آب و اقدامات لازم برای مدیریت آن‌ها را بیان می‌کند.

۹-۱- عدم قطعیت و ریسک در تقاضا

- پیش‌بینی تقاضای آب باید براساس اطلاعات منطقه‌ای و محلی به‌روز، انجام و هر سال بازنگری شود.
- پیش‌بینی دقیق‌تر تقاضای آب با تقسیم‌بندی مصرف به سه بخش مصرف مسکونی، غیرمسکونی و مشتریان ممتاز صورت می‌گیرد. سپس، میزان صرفه‌جویی آب و آب به‌حساب نیامده در پیش‌بینی کل تقاضا لحاظ می‌شود.
- گرچه مسلم می‌پنداریم که تقاضا خود را با مقدار قابل تامین آب، تنظیم می‌کند، لکن قطعیت ندارد.
- تقاضا، اساساً یک متغیر است و ممکن است که با وجود افزایش قیمت با مقدار قابل تامین آب مطابقت نکند.
- تقاضای آینده تصادفی است، چون به آب و هوا، سلیقه و ترجیح مصرف‌کننده، درآمد خانوار، نرخ آب و سطح پیشرفت اقتصادی بستگی دارد. این عوامل به‌طور طبیعی سبب می‌شوند که توزیع احتمال تقاضا چولگی مثبت داشته باشد. توزیع‌های احتمال متفاوتی برای تقاضا استفاده می‌شود (مثل توزیع گاما برای تقاضای آب شهر سیاتل آمریکا).

۹-۲- اثرات تغییر اقلیم

- تغییر اقلیم ممکن است اثراتی بر الزامات سیستم تامین آب شهری داشته باشد. از این‌رو، باید تغییرات اقلیم را در مقیاس محلی پایش و براساس بهترین اطلاعات علمی و راهنمایی‌های ملی، برای مواجهه و سازگاری با آن برنامه‌ریزی کرد.
- شیوه مناسب برنامه‌ریزی، داشتن برنامه‌های انعطاف‌پذیر و سازگار با بدترین سناریوی تغییر اقلیم است. ویژگی اصلی این استراتژی برنامه‌ریزی، پایش مداوم توازن بین تامین و تقاضا و بازنگری آن ترجیحاً هر ۵ سال یک‌بار است [۶۸].

۹-۳- مدیریت خشک‌سالی

- اثرات خشک‌سالی ناشی از تغییرپذیری کوتاه‌مدت متغیرهای آب و هوایی، ریسکی ذاتی در مدیریت منابع آب است.

- برنامه‌ریزی درازمدت منابع آب با مدیریت خشک‌سالی از طریق پذیرش استاندارد خدمات برای سیستم تامین آب شهری، مرتبط است (مثلا ۹۰ درصد استاندارد خدمات).
- مدیریت کوتاه‌مدت شرایط خشک‌سالی در برنامه واکنش خشک‌سالی^۱ یا DRP صورت می‌گیرد. DRP، برنامه زنجیره‌ای واکنش‌های موثری است که در شرایط خشک، اجرای تدابیر کنترلی را تسهیل کند.

۹-۳-۱- درس‌هایی از مطالعه خشک‌سالی‌ها در آمریکا (۱۹۳۲ - ۱۹۹۲)

- خشک‌سالی بزرگ، وضعیت فراگیری است که علاوه بر اکثر بخش‌های محیط فیزیکی بر ساختار اجتماعی-اقتصادی نیز تاثیر می‌گذارد.
- خشک‌سالی، بخش بزرگی، لکن غیر قابل پیش‌بینی از آب و هوای همه مناطق است.
- خشک‌سالی، چون گه‌گاه اتفاق می‌افتد، توجه به آمادگی برای مواجهه با خشک‌سالی و کاهش آثار آن کم می‌شود.

واکنش به مسایل خشک‌سالی و سازگاری با آن به دو دسته تقسیم می‌شود:

الف- ترمیم کوتاه‌مدت

ب- به‌سازی یا بهبود شرایط بلندمدت

- گرچه برنامه‌های سازگاری درازمدت بسیاری بر اثر خشک‌سالی‌های بزرگ در ۶۰ سال اخیر اجراء شده است، لکن عوامل بسیاری سبب می‌شوند که جامعه امروزی نسبت به خشک‌سالی آسیب‌پذیرتر از گذشته باشد.
- در کشاورزی حتی اگر از نژادهای سالم استفاده شود و شرایط آبیاری هم بهبود یابد، کلا گریزی از خسارات خشک‌سالی نیست.
- فرصت‌های بهبود مدیریت منابع آب وجود دارد و می‌توان منابع ملی آب را نسبت به خشک‌سالی، کم‌تر تاثیرپذیر کرد.
- کمبود تامین آب خانگی در برخی خشک‌سالی‌ها، بحرانی بوده است و در نتیجه تدابیر نیمه‌تجربی تا تجربی مختلفی برای تعیین روش‌های کاهش تقاضای آب در طول خشک‌سالی توسط شرکت‌های تامین آب پیشنهاد شده است، شامل:
 - اندازه‌گیری آب (نصب کنتور)،
 - تشخیص و تعمیر نشت آب،
 - ساختار مناسب تعرفه آب،
 - مقررات مصرف،

- برنامه‌های آموزشی،
- برنامه‌ریزی احتیاطی خشک‌سالی،
- بازچرخش و بازیافت آب و
- کاهش فشار.

این فعالیت‌ها به‌طور کلی «حفاظت آب»^۱ نامیده می‌شود، اگر چه این تعریف واحدی توسط تمام نویسندگان نیست. از طرف دیگر، محققان سعی کرده‌اند روش‌های علمی تری برای حفاظت آب در دوران خشک‌سالی توسعه دهند. جهت‌گیری حفاظتی این روش‌ها از طریق افزایش قیمت تامین آب برای مصرف‌کننده است. نتایج این تحقیقات این حقیقت را روشن می‌کند که آب بیش‌تر از این که یک منبع عمومی^۲ باشد یک کالای مصرفی^۳ است.

با این وجود، مدل‌های بسیاری توسعه یافته‌اند که کاهش تقاضای آب را به افزایش قیمت آن از طریق حساسیت قیمت مربوط می‌کند و از پارمترهای متفاوتی از جمله درآمد مصرف‌کننده تا شرایط هیدرولوژیکی استفاده می‌کنند. این روابط از تحلیل رگرسیون به دست آمده‌اند. تنوع و تغییرپذیری متغیرهای در نظر گرفته شده موجب می‌شود تا تقاضای برآورد شده عدم قطعی باشد؛ از این رو، بهتر است که تقاضا با مقدار برآورد شده و توزیع احتمال آن بیان شود.

۹-۳-۲- تدابیر مدیریت خشک‌سالی

تجربیات خشک‌سالی‌های گذشته نشان داده که اقدامات مدیریتی منابع آب می‌تواند تاثیر زیادی بر خسارات مادی و غیرمادی خشک‌سالی بگذارد. انواع تدابیر مدیریت خشک‌سالی، با توجه به پیش‌بینی کمبود آب، وجود دارد که می‌توان آن‌ها را به سه دسته زیر تقسیم کرد:

- تدابیر کاهش تقاضا
- بهبود کارایی سیستم تامین و توزیع آب و
- منابع تامین اضطراری آب

نه تنها حفاظت آب در طول دوره‌های خشک‌سالی ضروری است، بلکه باید به مزیت‌های اقتصادی آن‌ها نیز توجه شود. در آمریکا، فرصت‌های حفاظت آب در ارزیابی اقتصادی پروژه‌های پیشنهادی تامین آب دیده می‌شود. حفاظت آب از فعالیت‌های مختلفی حاصل شود. این فعالیت‌ها شامل موارد زیر ولی محدود به آن‌ها نمی‌شود:

1- Water Conservation
2- Public Resource
3- Commodity

- کاهش میزان و یا تغییر الگوی زمانی تقاضا از طریق اندازه‌گیری، تشخیص و تعمیر نشت، تغییرات ساختار آب بها، مقررات مصرف (مثل کدهای لوله‌کشی)، برنامه‌های آموزشی، برنامه‌ریزی احتیاطی خشک‌سالی
- اصلاح مدیریت منابع موجود آب موجود از طریق باز چرخش^۱ و بازیافت^۲ آب، و کاهش فشار
- بهبود مدیریت حوضه بالادست و ترویج استفاده تلفیقی از آب زیرزمینی و سطحی

۹-۳-۳- توپولوژی تدابیر مدیریت خشک‌سالی

الف- تدابیر کاهش تقاضای آب

- ۱- تشکیل تشکلهای آموزشی به صورت توأمان با افزایش جاذبه صرفه‌جویی داوطلبانه
- ۲- توزیع و یا نصب رایگان وسایل صرفه‌جویی آب
 - سردوش‌های کاهنده جریان
 - محدود کننده‌های جریان حمام
 - شیرهای کاهنده فشار
- ۳- محدودیت برای استفاده‌های غیرضروری
 - پر کردن استخر شنا
 - شست‌وشوی اتومبیل
 - آب‌دهی به چمن
 - آب‌پاشی سنگفرش
 - مصرف آب در کولر آبی بدون بازچرخش
 - شست‌وشوی خیابان
 - فواره‌های عمومی
 - آبیاری پارک‌ها
 - آبیاری زمین‌های گلف
- ۴- ممنوعیت برخی کاربری‌های موسسات و تجاری
 - ماشین‌شویی
 - دوش در مدارس

- ۵- قیمت‌گذاری شرایط اضطراری خشک‌سالی
- اضافه کردن مبلغی به قبض‌های آب در هنگام خشک‌سالی
- نرخ ویژه خشک‌سالی
- ۶- برنامه‌های جیره‌بندی
- تخصیص آب به نسبت جمعیت برای استفاده خانگی
- تخصیص آب به نسبت خانوار برای استفاده خانگی
- تخصیص آب به نسبت مصرف گذشته برای استفاده خانگی
- کاهش درصدی از مصارف موسسات یا تجاری
- کاهش درصدی از مصارف صنعتی
- بستن واحدهای صنعتی یا بخش‌های تجاری پر مصرف

ب- بهبود کارایی سیستم تامین و توزیع آب

- ۷- منابع آب خام
- ۸- تصفیه‌خانه آب
- ۹- سیستم توزیع آب
- کاهش فشار سیستم به حداقل ممکن
- استفاده از سیستم تشخیص و تعمیر نشت
- جدا سازی شیرهای آتش‌نشانی و شست‌وشوی لوله‌های اصلی

ج- منابع تامین اضطراری آب

- ۱۰- انتقال آب بین نواحی
- اتصالات اضطراری بین نواحی
- انتقال آب با کامیون و قطار
- ۱۱- افزایش تخصیص به آب شهری از طریق:
- کاهش تخلیه آب از سد برای تولید برق
- کاهش تخلیه آب از سد برای کنترل سیل
- برداشت آب از توده‌های آبی تفریحی
- کم کردن تامین حداقل جریان محیط‌زیستی
- ۱۲- منابع اضطراری کمکی

- استفاده از جویبارها و تالاب‌های دست نخورده
- استفاده از حجم مرده مخزن
- ساخت خط لوله موقتی برای برداشت از منبع پر آب (رودخانه اصلی)
- فعال کردن چاه‌های نیمه کاره
- حفر چاه‌های جدید
- باروری ابر

۹-۴- مدیریت بهره‌برداری

- مدیریت تامین آب شهری در دوره‌های خشک‌سالی پایدار، نیازمند آمادگی دستگاه‌های تامین آب است.
- روش‌های صحیح آمادگی، مستلزم استفاده از استراتژی‌های خوب است. بیش از همه، جمع‌آوری داده‌های کافی از عوامل موثر بر تامین آب در دوره زمانی نزدیک کمک می‌کند تا دستگاه‌های تامین برای تسکین اثرات خشک‌سالی پیش‌بینی شده آمادگی بیش‌تری پیدا کنند.
 - سیستم‌های تامین آب شهری در خشک‌سالی‌های پایدار را می‌توان براساس پیش‌بینی کوتاه‌مدت (مثلاً ماه آینده) شرایط آب و هوایی و هیدرولوژیکی و تقاضا بهتر بهره‌برداری کرد.
 - پیش‌بینی یک ماهه آب قابل تامین به مدیران کمک می‌کند تا با تمهیداتی، تقاضاهای انتظاری را از پیش با آب قابل تامین پیش‌بینی شده تنظیم کنند.
 - با تاثیر محتمل قیمت بر تقاضای کاربران، قیمت می‌تواند برای تنظیم تقاضا با آب قابل تامین استفاده شود. عامل اصلی در تصمیم‌گیری، مقدار خسارتی است که در صورت عدم تنظیم رخ خواهد داد.

۹-۴-۱- کشش تقاضا و کشش قیمت^۱

- مفهوم کشش، بیش‌تر با کشش قیمت بیان می‌شود که به صورت درصد تغییر در مصرف بر اثر یک درصد تغییر قیمت تعریف می‌شود.
- کشش قیمت آب نشان می‌دهد که با بالا رفتن قیمت، چقدر مصرف‌کننده از مصرف آب دست بر می‌دارد؛ یا بر اثر کاهش قیمت، چقدر تمایل به مصرف بیش‌تر دارد.

- دو روش متفاوت برای فرموله کردن کشت قیمت تقاضای آب استفاده می‌شود: براساس قیمت متوسط^۱ و براساس قیمت حاشیه‌ای^۲. تحقیقات نشان می‌دهد که استفاده از قیمت متوسط نتایج را دست بالا برآورد می‌کند. بنابر این توصیه می‌شود که از قیمت حاشیه‌ای استفاده شود.

۹-۴-۲- شدت خشک‌سالی و ریسک

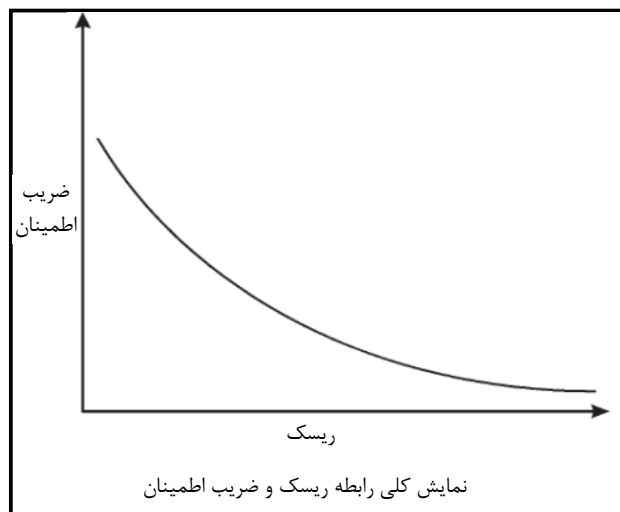
- هر پدیده طبیعی زیان بار باید بررسی شود که چگونه و چه زمانی رخ می‌دهد. متأسفانه پیش‌بینی شدت برخی از این پدیده‌ها از جمله خشک‌سالی، دشوار است.
- استدلال و توضیح قاطعی برای مکانیزم خشک‌سالی وجود ندارد و با وجود روابط تجربی مستند، اصولی که چرا و چه زمانی این روابط می‌توانند خشک‌سالی را اعلام کنند، شناخته نیست. از این رو، بهتر است که میزان ریسک خشک‌سالی، براساس شاخص‌هایی بررسی شود.
- طبق یک تعریف، ریسک، احتمال بیش‌تر شدن بارگذاری از مقاومت است. با این تعریف، ریسک در سیستم‌های توزیع آب، احتمال بیش‌تر شدن تقاضا از تامین است.
- شدت خشک‌سالی منعکس‌کننده میزان ریسک است. خشک‌سالی‌های شدید، سبب کمبود نسبی تامین آب می‌شوند که با میزان ریسک معینی که تقاضا تامین نشود، بیان می‌شود. بنابراین شدت خشک‌سالی، میزان ریسک را غیرمستقیم تعیین می‌کند.
- معلوم و قطعی نیست که خشک‌سالی با ریسک مشخص چه زمانی رخ خواهد داد. از این رو، برای برنامه‌ریزی پروژه‌های تامین آب شهری، تابع توزیع احتمال تقاضا و تامین باید برآورد شود.
- زمانی که بتوان وضعیت تامین آب و شرایط آب و هوایی در پریود زمانی آینده (مثلاً یک ماه) را از پیش برآورد کرد، سیستم‌های توزیع آب را می‌توان با شیوه تحلیل ریسک بهتر بهره‌برداری و مدیریت کرد.
- توصیه می‌شود که تعادل بخشی بین تامین و تقاضا و زمان‌بندی اجرای پروژه‌های جدید با ضریب اطمینان یا حائل ایمنی^۳ که معادل هفت سال رشد تدریجی است، اعمال شود (شکل ۹-۱). این روش تضمین می‌کند که در شرایط رشد غیرمنتظره، تغییر اقلیم شدید یا دیگر حالاتی که اثر منفی بر آبدهی حوضه دارند، کسری رخ نمی‌دهد.

۹-۴-۳- گزینه‌های بدیل در آینده

- گزینه‌های بدیل در آینده، صرفاً فرصت‌های بالقوه برای افزایش آبدهی حوضه‌اند.

1- Average Price
2- Marginal Price
3- Safety Buffer

- پیش‌برد این گزینه‌ها به پیشرفت تکنولوژی، تغییر نگرش‌ها و تغییر سیاست‌های دولت بستگی دارد و برنامه‌ریزی مفهومی آن‌ها باید انعطاف‌پذیر باشد.
- تمامی گزینه‌های آینده باید با سیاست‌های دولت سازگار باشند.



شکل ۹-۱- نمایش کلی رابطه ریسک و ضریب اطمینان

۹-۵- مدیریت عدم قطعیت و ریسک - مطالعه موردی شهر ملبورن استرالیا

- احتمال این‌که تقاضا بیش‌تر از مقدار پیش‌بینی شده باشد
- کمیابی فزاینده آب ناشی از تغییر اقلیم و رشد جمعیت نشان می‌دهد که ساکنان شهر ملبورن نمی‌توانند به عادات گذشته اتلاف آب برگردند. در نتیجه، اداره خدمات آب شهری ملبورن مصمم است که با حفظ صرفه‌جویی‌های فعلی، با اقدامات جدید این صرفه‌جویی‌ها افزایش یابد. اگر مشاهدات نشان دهد که صرفه‌جویی کم شده است، باید اقداماتی کرد. برای مثال، تدابیر دائمی سخت‌تری برای صرفه‌جویی وضع شود، مقررات استفاده از وسایل کم مصرف روی کار آید و قیمت آب افزایش یابد تا در مورد کمبود آب و افزایش هزینه تامین آب از دیگر منابع، فکری شده باشد.

- احتمال این‌که آب کم‌تری در دسترس باشد

- این تهدیدی جدی برای ملبورن و دیگر مصرف‌کننده‌های آب، مخصوصاً به دلیل عدم قطعیت‌های موجود در شدت تغییر اقلیم است. تحت بدترین سناریوهای تغییر اقلیم، ملبورن ممکن است در درازمدت حداقل ۱۰۰ میلیارد لیتر آب کم‌تر از مقدار پیش‌بینی شده داشته باشد. این امر ممکن است به دلایل دیگری نیز از جمله آتش‌سوزی جنگل‌ها یا قطع درختان در حوضه آبریز رخ دهد.

- احتمال این که آب بیش تری در دسترس باشد

داشتن آب بیش تر از مقدار پیش بینی شده به این معنی است که توسعه منابع آب در درازمدت می تواند به تاخیر افتد یا کلاً متوقف شود. برای مثال، اگر به دلیل وقوع سناریوی تغییر کم اقلیم یا سایر عوامل، ملبورن ۷۵ میلیارد لیتر آب بیش تر در دسترس می داشت، استفاده از دیگر گزینه های تامین آب در ۵۰ سال آینده نیاز نمی بود. پایش مداوم تولید و تقاضای آب برای اطمینان از کافی بودن منابع برای شهر ملبورن در آینده و در نتیجه عدم سرمایه گذاری بیش تر یا کم تر از حد مطلوب در حفاظت آب و توسعه منابع آب، لازم است.

فصل ۱۰

مدیریت وضعیت اضطراری و بحرانی

آب

۱-۱۰- تعاریف و مفاهیم

۱-۱-۱۰- تعریف وضعیت اضطراری

در تدوین برنامه واکنش^۱، واژه اضطراری^۲ ترجیحا باید با توجه به تغییر درجه وضعیت هشدار^۳ یا اضطراری تعریف شود. در این رابطه، چهار سطح شدت را می‌توان تعریف کرد:

۱- بهره‌برداری عادی/ اضطرار جزئی^۴ واکنش‌های ضروری از سازمان آب بالاتر نمی‌رود و واکنش اضطراری را حکم نمی‌کند.

۲- وضعیت هشدار^۵ در شرایطی که در شرف اضطرار باشیم، مدیر سیستم اعلام وضعیت هشدار می‌کند. وضعیت هشدار سبب می‌شود که تصمیم‌گیران اصلی و پرسنل بهره‌برداری موقعیت را ارزیابی و پایش کنند.

۳- وضعیت اضطراری^۶: در وضعیتی که آلودگی یا شکست (قطع شبکه) قریب الوقوع باشد یا رخ داده باشد و در زمانی که تمامی منابع انسانی سیستم به‌علاوه منابع خارجی (برای مثال پلیس، آتش‌نشانی و بهداشت عمومی) برای واکنش مناسب مورد نیاز باشند، مدیر سیستم باید اعلام وضعیت اضطراری کند. در این وضعیت، برنامه واکنش کاملی اجراء می‌شود.

۴- حالت اضطرار^۷: در جدی‌ترین سطح که جامعه را به‌طور وسیعی تحت تاثیر قرار می‌دهد، اعلام حالت اضطراری ضروری است. به‌طور معمول تنها شخص استاندار می‌تواند اعلام چنین حالتی کند و در این حالت بیش‌ترین منابع موجود برای حل مساله به‌کار خواهد رفت.

۱-۱۰-۲- تدوین برنامه واکنش اضطراری

در این بخش، نه مرحله کلی که برای تدوین برنامه واکنش برای سیستم آب شرب عمومی باید در نظر گرفته شود، تشریح می‌شود. زمانی که برنامه واکنش برای تاسیسات آبی مشخصی تدوین می‌شود، باید هر یک از این گام‌ها به دقت ارزیابی شوند، ارتباط بین هر یک از این گام‌ها با تاسیسات مورد نظر بررسی شود و اطلاعات مفید دیگر هم تهیه شود.

گام ۱: جمع‌آوری گروه فرمان در محل اعلام شده

گام ۲: ارزیابی اولیه برای تعیین طبیعت، وسعت و شدت اختلال

-
- 1- Response Plan
 - 2- Emergency
 - 3- Alert Status
 - 4- Normal Operations/Minor Emergencies
 - 5- Alert Condition
 - 6- Emergency Condition
 - 7- State of Emergency

- گام ۳: جمع کردن گروه‌های متخصص
- گام ۴: هشدار دادن به سایر مقامات رسمی
- گام ۵: ارتباطات با رسانه‌ها
- گام ۶: رسیدگی به سلامت جامعه
- گام ۷: تعیین منابع جایگزین برای تامین اضطراری آب
- گام ۸: برقراری ارتباط با سازمان‌های آب و نهادهای پشتیبان نزدیک
- گام ۹: برنامه‌ریزی و اجرای اقدامات مقابله و تدابیر ترمیم

۱۰-۲-۱- ارتباطات حین بحران

- در زمان بحران‌های شدید (مانند حادثه ۱۱ سپتامبر ۲۰۰۱) مردم به دولت‌ها بیش‌تر اعتماد پیدا می‌کنند.
- آن‌ها به رسانه‌های گروهی نگاه می‌کنند، به ویژه تلویزیون، تا بتوانند اطلاعات حیاتی برای چگونه رفتار کردن و حفاظت از خود، را به دست آورند. بنابراین ضروری است که سازمان‌های خدمات آبی برنامه‌کارا و موثری برای هدایت ارتباطات با رسانه‌ها و در نتیجه با عموم مردم در وقایع بحران آماده داشته باشند.
- سازمان‌های خدمات آبی نباید به سیاسیون برای ارتباط بحران تکیه کنند، بلکه باید شرکت‌های محلی، منطقه‌ای و استانی را به‌طور مداوم در جریان وضعیت بحران قرار دهند.
- سازمان خدمات آبی باید به گونه‌ای ارتباط برقرار کند که ایجاد اطمینان و اعتماد کند.
- سازمان خدمات آبی باید اولین مرجعی باشد که اطلاعات مربوط به این‌که آب آشامیدنی چگونه در بحران تحت تاثیر قرار گرفته است را بیرون می‌دهد.
- تاخیر در اطلاع‌رسانی می‌تواند منجر به از دست رفتن جان انسان، اتهام مخفی کردن حقیقت و از دست دادن اعتماد عمومی شود.
- در وضعیت بحران، سازمان‌های خدمات آبی باید این اصل را که «اولین باشید که خبرهای بد را می‌دهد» مد نظر داشته باشند.
- در ارتباطات موثر در زمان بحران، جای تصورات ذهنی و شخصی و خیالات نیست، بلکه تنها نجات جان افراد و حفاظت از سلامت جامعه مطرح است.
- هنگام تدوین برنامه ارتباطات در زمان بحران، محتوا و جهت آن باید توسط عموم مردم بررسی و بازبینی شود (در همایش‌های عمومی، بحث‌های گروهی، همایش‌های کانون‌های اجتماعی، کتابخانه‌های عمومی و غیره) تا بتوان مطمئن شد که اطلاعات مورد نیاز عموم مردم را تامین می‌کند. هر بخش از جامعه نیاز به اطلاعات و اطلاع‌رسانی مخصوص به خود دارد و باید حداکثر سعی به عمل آید که این نیازها تامین شود. برای مثال:
- سالمندان نگرانی‌های خاص خود را از بحران دارند،

- زنان باردار به نوعی دیگر و کودکان و نوزادان باز هم نوعی دیگر.
- سازمان خدمات آبی باید لیست ذینفعان حساس، شماره تلفن و آدرس آن‌ها را از نتایج مطالعات اجتماعی تهیه کند و این لیست باید مرتب به‌روز شود.

۱۰-۲-۲- آمادگی برای بحران

جهت آماده‌سازی برای بحران، قدم‌های زیر باید برداشته شود:

- ۱- تدوین سیاست ارتباطات و طرح عملیات برای استفاده در بحران
- ۲- تشکیل تیم بحران و تعریف وظایف و مسوولیت اعضا. تیم باید شامل نمایندگان از مدیران رده بالا، بهره‌برداری، روابط عمومی، روابط دولتی، حقوقی، بیمه، منابع انسانی، مالی و دیگر بخش‌ها تشکیل شود.
- ۳- جمع‌آوری لیست تماس هر یک از اعضای تیم و همه مدیران رده بالا (امکانات ایمیل ممکن است در بحران در دسترس نباشد).
- ۴- تعیین سخنگوی اصلی و جانشین برای سازمان. سخنگو باید مقتدر ولی بی‌تکبر و غرور باشد.
- ۵- به تمام پرسنل سازمان گوشزد شود که تنها شخص سخنگو باید با رسانه‌ها صحبت کند.
- ۶- اگر از بنگاه‌های روابط عمومی خارج از سازمان استفاده می‌کند، باید نقش و وظایفشان تعریف شود.
- ۷- زمان رخداد بحران، کارکنان روابط عمومی در سازمان بسیار درگیر خواهند بود. از این‌رو، این کارکنان باید از قبل ابزار اساسی مثل متن سناریوهای مختلف بحران، لیستی از سوالات متداول، بسته‌های رسانه‌ای و معلومات قبلی در مورد انواع تهدیدات ممکن بحران (مثل انواع اجزای بیولوژیکی) آماده و در دسترس داشته باشند.
- ۸- تدوین اطلاعات تماس با رسانه‌ها (تلویزیون، رادیو و روزنامه)، جامعه و دولت (فاکس، تلفن و نام افراد کلیدی) و به‌روز کردن آن‌ها
- ۹- دفتر رسانه‌ها
- محلی برای دفتر رسانه‌ها و محلی پشتیبان و جایگزین برای آن در نظر بگیرید.
- وسایل مورد نیاز دفتر برای ارتباط مناسب با جامعه از جمله وسایل ارتباط الکترونیکی، فاکس، تلفن و پست شبانه‌روزی تامین کنید.
- همچنین تلویزیون، رادیو و ویدئو برای مشاهده و پوشش رسانه‌ای و ضبط آن باید تهیه شود.
- تدابیر امنیتی و حق ورود و خروج افراد در حالات اضطراری و غیراضطراری باید تعیین شود.
- برای برپایی تریبون با پشت صحنه مناسب آمادگی داشته باشید.
- مکانی با تلفن برای کار خبرنگاران در نظر بگیرید.
- ۱۰- جامعه را می‌توان برای تعیین گروه‌هایی که نیاز به اطلاعات مستقیم دارند درگیر کرد، تا برنامه بتواند بهترین خدمات را در بحران به نیازهای بهداشتی و ایمنی مصرف‌کنندگان ارائه کند.

۱۰-۲-۳- اقدامات حین بحران

این اقدامات باید در حین بحران انجام شود:

- ۱- فعال سازی دفتر رسانه‌ها. برقراری ارتباط با حراست و اجرای مقررات مناسب دسترسی
- ۲- جمع‌آوری تمامی معلومات در مورد وضعیت بحران و نوشتن آن‌ها در گزارشی برای مطالعه تیم بحران و به‌روز رسانی مرتب گزارش
- ۳- تماس با بنگاه‌های خارجی روابط عمومی
- ۴- بلافاصله پس از بازبینی گزارش (حداکثر ۱ ساعت پس از حادثه)، اولین بیانیه رسانه‌ای تهیه و توزیع شود. به سرعت صفحه اینترنتی سازمان با این مطالب و مطالب مطبوعاتی جدید به‌روز شود. به تمامی رسانه‌ها اطلاعات تماس و نام سخنگو برای جلوگیری از پخش شایعات و اطلاعات غیردقیق داده شود.
- ۵- برقراری ارتباط جداگانه با گروه‌های خاصی از ذینفعان سازمان، مثل:
 - ذینفعان (مشتریان)
 - مشتریان بر حسب مقدار مصرف آب و میزان وابستگی کارکردشان به تامین آب آشامیدنی در چند گروه قرار می‌گیرند. مثال‌هایی از مشتریان پر مصرف با وابستگی حیاتی به تامین آب، بیمارستان‌ها، مدارس و سازمان‌های آتش‌نشانی هستند.
 - گروه‌های مشاور
 - موسسات دولتی و مقامات رسمی انتخاب شده
 - شورای شهر
 - جامعه پزشکی
 - دیگر افرادی که در کار درگیر کردن عموم شناسایی شده‌اند.
- ۶- تمامی پرونده‌های کاغذی، الکترونیکی، رسانه‌ای و ویدئویی ارتباطات در طول بحران نگهداری شود.
- ۷- به کارکنان دفتر واکنش بحران لیست شماره تلفن‌ها و آدرس تماس داده شود.
- ۸- به‌طور مرتب به کارکنان سازمان نسخه‌های به‌روز شده‌ای از حادثه بحران، واکنش‌های سازمان و گزارش‌های داده شده به رسانه‌ها داده شود. لیست شماره تلفن‌ها برای اطلاع اعضای تیم بحران در تابلو اعلانات نصب شود.
- ۹- از تمام کارکنان خواسته شود که درخواست‌های رسانه‌ها را به سخنگو ارجاع دهند.
- ۱۰- تعیین برنامه نشست‌های اعضای تیم بحران (صبح و بعدازظهر) تا اطلاعات به‌روز شود و پاسخ به رسانه‌ها و کارکنان صادر شود.
- ۱۱- سوابق اطلاعاتی از جمله نحوه حفاظت سازمان از سلامت و ایمنی جامعه در اختیار رسانه‌ها قرار گیرد.
- ۱۲- در خواست حمایت از سازمان‌های ذیربط کشوری، منطقه‌ای و محلی

۱۳- کار با شرکای از پیش تعیین شده در جامعه پزشکی برای صدور بیانیه مشترک و گزارشات به رسانه‌ها و حضور با هم در تلویزیون

۱۰-۲-۴- برخی توصیه‌های کلی برای تعامل با رسانه‌ها

- سخنگو باید بتواند بر احساسات خود مسلط باشد، آرامش خود را حفظ کند، مقتدر و نه مغرور ظاهر شود و بسیار مودب باشد.
- سوال‌های محتمل پیش‌بینی شود. ادراک و ترس جامعه درک شود. با هراس‌ها با ارائه حقایق و نه با حدس و گمان برخورد شود. سوال‌های «چه خواهد شد اگر^۱» پاسخ داده نشود. از عبارات عاطفی یا اصطلاحات تخصصی استفاده نشود.
- ممکن است لازم باشد که پیش از روشن شدن تمام حقایق با مردم صحبت شود. متواضع باید بود، اولویت‌ها باید بیان شوند (به‌طور مثال تحت کنترل در آوردن وضعیت) و به مخاطب اطمینان داد که کارکنان سازمان هر چه در توان دارند، انجام می‌دهند.
- فرض شود که هیچ چیزی محرمانه نیست.
- از حدس و گمان و تعیین مقصر باید پرهیز کرد. هر دوی آن‌ها می‌تواند به شایعات، شرمندگی برای سازمان و تعقیب قضائی در آینده علیه سازمان منجر شود.
- محاوره به صورت مختصر و مفید باشد تا پیام اصلی را مغشوش یا کمرنگ نسازد.
- اعتماد عمومی، یک سرمایه حیاتی برای سازمان است، به آن توجه کنید.

۱۰-۲-۵- اقدامات متقابل^۲

اقدامات متعددی می‌تواند سیستم را در مقابل آلودگی‌های عمدی محافظت کند. برخی از این اقدامات عبارت اند از:

- اقدامات متقابل فیزیکی
- اقدامات متقابل شیمیایی

۱۰-۲-۶- عملیات تسکین

- عملیات تسکین یا عملیات حذف یا کاهش خسارات فاجعه موجب می‌شوند تا اجزای آسیب‌پذیر سیستم تامین آب، کم‌تر در معرض خسارت قرار گیرند.

1- What If

2- Countermeasures

- عملیات تسکین، انواع زیادی از فعالیت‌ها را شامل می‌شود؛ می‌تواند به پیچیدگی بازسازی تصفیه‌خانه فاضلاب، یا به سادگی نصب پرچین یا تعویض قفل و کلمه عبور پس از خاتمه کار یک کارمند باشد.
- تحلیل مخاطره و تحلیل آسیب‌پذیری، نوع عملیات مناسب تسکین را تعیین می‌کنند.

۱۰-۳- تداوم برنامه واکنش

- بسته به خصوصیات آسیب‌پذیری سازمان خدماتی آب، برنامه واکنش باید تدابیری تعریف کند که بتوانند احتمال یک رویداد نامطلوب را کمینه کنند یا اثرات آن را کاهش دهند.
- تغییر در سیستم حفاظتی و اقدامات پایش تاسیسات فیزیکی و بهره‌برداری سیستم به طبیعت تهدید بستگی دارد.
- یکی از اجزای اصلی تمام برنامه‌های واکنش، برنامه واکنش اضطراری است که مسوولیت‌ها و منابع داخل سازمان و بیرون سازمان را توصیف می‌کند.
- منابع خارج از سازمان ممکن است محلی (پلیس، آتش‌نشانی، تیم‌های واکنش اضطراری، شرکت‌ها و امکانات پزشکی و بهداشت عمومی و غیره)، منطقه‌ای با استانی (سازمان‌های تنظیمی، ادارات بهداشت، دفاتر آمادگی اضطراری) یا ملی (سازمان حفاظت محیط‌زیست، سازمان مدیریت بحران) باشند.

۱۰-۳-۱- ارزیابی مخاطره

- سه مشخصه برای مصرف‌کنندگان آب حائز اهمیت است:
 - ۱- باید مقدار آب کافی بر حسب تقاضا موجود باشد.
 - ۲- باید آب سالم باشد.
 - ۳- باید با فشار مناسب آب تحویل داده شود.
- فعالیت‌هایی که هر یک از این سه مشخصه را تحت تاثیر قرار دهد، می‌تواند تاسیسات زیربنایی را ضعیف کند.
- دو مشخصه اول و دوم مستقیماً تاثیرپذیر از آسیب‌های فیزیکی‌اند.
- مشخصه سوم- کیفیت آب- حساس به پدیده‌های فیزیکی، میکرواورگانیزم‌ها، مواد سمی، شیمیایی یا مواد رادیواکتیو است.

۱۰-۳-۲- انواع تهدیدها

این بخش به دو نوع تهدید تاسیسات آبی اشاره می‌کند.

۱- تهدید فیزیکی

بسیاری از ناظران بر این باوراند که پدیده‌های فیزیکی که موجب تخریب یا اختلال اجزای یک سیستم آب می‌شود، سناریوی محتمل تری از پدیده‌های آلودگی است. برای مثال، مواد منفجره به سهولت در دسترس قرار دارند و نیاز به سطح دانش پایین تری نسبت به به‌کارگیری آلاینده هستند. انواع بالقوه این تهدیدهای فیزیکی عبارت‌اند از:

- حملات هوایی
- تروریسم سایبری
- انفجار
- آتش‌سوزی

۲- آلاینده‌ها

- آلاینده‌ها شامل مواد سمی بیوشیمیایی، عوامل میکروبی، مواد شیمیایی صنعتی، عوامل اعصاب، خون و تاول، و مواد رادیواکتیو اند که می‌توانند آب آشامیدنی را آلوده کنند.
- هر ماده سمی، عامل شیمیایی و عامل میکروبی، ویژگی شیمیایی خاصی دارد. برخی از آن‌ها با کلر خنثی می‌شوند، برخی با فعالیت‌هایی در فرایند تصفیه آب شرب به‌طور موثر از بین می‌روند و تمام آن‌ها آستانه متفاوتی برای پیدایش علائم بیماری، عفونت و کشندگی دارند.

۱۰-۳-۳- ارزیابی آسیب‌پذیری^۱

با ارزیابی آسیب‌پذیری و ایمنی، اولویت‌ها برای اقدامات واکنشی را می‌توان تعریف کرد. آسیب‌پذیری تمامی عناصر ضروری برای تولید آب سالم و کافی در برابر اختلال باید ارزیابی شود. این عناصر سیستم تامین آب به‌طور کلی به دسته‌های زیر تقسیم می‌شوند:

- تاسیسات تامین آب خام
- تاسیسات تصفیه آب
- تاسیسات توزیع
- تاسیسات و سیستم‌های بهره‌برداری و کنترل
- سیستم‌های نیروی انسانی
- سیستم‌های پشتیبان شامل سیستم‌های شیمیایی، انرژی و ارتباطات

تاکید ویژه بر آسیب‌پذیری از نظر آلودگی‌های بیولوژیکی یا شیمیایی آب و شرکت‌هایی است که با این آلودگی‌ها مرتبط‌اند. سازمان باید پیامدهای آلودگی عمدی شیمیایی یا بیولوژیکی آب، صدمات به تاسیسات، کارکنان یا خسارت به سیستم را در نظر گیرد.

ملاحظات بیش‌تر برای عملیات تروریستی، چهار گام اصلی زیر را به ارزیابی آسیب‌پذیری اضافه می‌کند:

- ۱- تشخیص و توصیف تک تک اجزای کل سیستم تامین آب
- ۲- تخمین اثرات بالقوه مخاطرات یک فاجعه محتمل بر هر یک از اجزای سیستم
- ۳- تعیین اهداف عملکردی و سطوح قابل قبول خدمت‌رسانی سیستم
- ۴- اگر سیستم نتواند تحت شرایط بالقوه فاجعه در سطح قابل قبولی کار کند، اجزای اصلی و کلیدی سیستم مسوول این وضعیت را مشخص کنید.

فصل ۱۱

داده‌های مورد نیاز برای مدیریت

یکپارچه آب شهری

۱۱-۱- مقدمه

مدیریت یکپارچه آب شهری (IUWM) به چرخه آب شهری به صورت یک «سیستم کل^۱» می‌نگرد و تاکید زیادی بر اندرکنش مولفه‌های چرخه آب دارد. این نگرش نسبتاً جدید در مدیریت آب شهری، مستلزم تغییرات قابل توجهی در روش جمع‌آوری و استفاده داده‌های آب شهری است. برای مثال، داده‌ها باید فراتر از فقط یک مساله و یک سیستم خاص و به منظور تامین اطلاعات در رابطه با اندرکنش‌ها و چرخه‌های بازخوردی در سیستم فراهم شوند. از این رو، به مجموعه داده‌های بیش‌تر و پیچیده‌تری نیاز است.

بدین منظور برنامه بین‌المللی هیدرولوژیکی یونسکو^۲، کارگروهی برای تدوین راهنما برای داده‌های مورد نیاز IUWM، شامل موارد زیر، تشکیل داد:

- تعریف اهداف و کاربردهای برنامه‌های پایش برای پشتیبانی از IUWM
 - طراحی پایش و انتخاب متغیرها برای اندازه‌گیری
 - مقیاس مناسب مکانی و زمانی
 - انتخاب تجهیزات پایش
 - اعتبارسنجی، داده گردانی و ذخیره‌سازی داده‌ها
 - درک و برآورد عدم قطعیت‌ها
 - به‌کارگیری داده‌ها و تبدیل به اطلاعات و دانش
 - ملاحظات خاص برای مولفه‌های چرخه آب شهری و اندرکنش‌های آنها
- این بخش، به برخی از اصول کلی راهنمای مزبور اشاره می‌کند. تدوین راهنمای اختصاصی برای داده‌های مورد نیاز IUWM ضروری است.

۱۱-۲- پایش

تعریف اهداف پایش:

- تعریف اهداف به صورت روشن و مشخص، مهم‌ترین مرحله طراحی برنامه پایش است.
- بدون اهداف روشن، احتمال موفقیت پروژه کم است و حتی توانایی برآورد میزان موفقیت برنامه کم می‌شود.

– با توجه به این که پایش تعاملات و اندرکنش بین مولفه‌های چرخه آب شهری بسیار مهم است، به تخصص‌های متنوعی در فرمول‌بندی اهداف پایش نیاز است.

۱۱-۲-۱- انتخاب متغیرها

- انتخاب متغیرهای پایش کاملاً به اهداف برنامه پایش بستگی دارد.
- مشخصات مولفه‌های سیستمی که قرار است پایش شود و نیز نحوه استفاده داده‌های جمع‌آوری شده مربوط به یک مولفه برای تحلیل دیگر مولفه‌های سیستم IUWM بر انتخاب این متغیرها موثراند.
- این مورد آخر، تفاوت اساسی با روش‌هایی است که معمولاً در پایش سیستم‌های مدیریت غیریکپارچه آب استفاده می‌شوند.

۱۱-۲-۲- ملاحظات زمانی و مکانی

- گام بعد از تعریف اهداف برنامه پایش و تعیین متغیرهای پایش، تعیین مقیاس مکانی و زمانی پایش این متغیرهاست.
- مقیاس مکانی شامل دو بعد است: یکی اندازه ناحیه‌ای که باید پایش شود (مثلاً، ۱ مترمربع یا ۱۰۰۰ کیلومترمربع) و دیگری رزولوشن یا وضوح پایش است (یعنی ریز یا درشت بودن تراکم سایت‌های پایش).
- مقیاس زمانی نیز دو مولفه دارد: مدت پایش (برای مثال ۶ ساعت یا ۲۰ سال) و فراوانی نمونه‌گیری (بازه زمانی بین نمونه‌گیری‌ها از چند ثانیه تا چند ماه). ترکیب‌های متفاوت از این ابعاد، الزامات پایش کاملاً متفاوتی را نتیجه می‌دهد.

۱۱-۲-۳- شناخت و مدیریت عدم قطعیت

دستورالعمل‌های UNESCO، چارچوبی برای لحاظ کردن و حسابرسی عدم قطعیت ارائه می‌کند. از آنجایی که عدم قطعیت در تعامل مولفه‌های سیستم‌های IUWM نیز وجود دارد، تحلیل این سیستم‌ها پیچیده‌تر می‌شود.

۱۱-۲-۴- انتخاب تجهیزات پایش

انتخاب تجهیزات پایش، کار آسانی نیست. این امر مستلزم آگاهی در زمینه‌هایی از قبیل اصول و فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی و نیز شناخت تکنیک‌های مختلف حس‌گری است.

۱۱-۲-۵- اعتبارسنجی داده‌ها

- نتایج اندازه‌گیری‌ها با هر ابزار پیچیده‌ای که باشد، اغلب نمی‌تواند آنچه که انتظار است را با اطمینان برآورده کند.
- چرا که ابزارهای اندازه‌گیری در معرض مشکلات عدیده‌ای از جمله اختلال (نویز)، از دست دادن داده و نیز برداشت داده پرت قرار دارند.

- نتیجتاً این ابزارها قبل از هر نوع استفاده یا کار باید مورد آزمایش قرار گرفته و اعتبارسنجی شوند.
- به عنوان حکم اصلی در اعتبارسازی داده‌ها، باید چنین پنداشت که مقادیر اندازه‌گیری شده و داده‌ها اشتباه‌اند، مگر آنکه دلایلی کافی عینی برای قابل اعتماد بودن آن‌ها ارائه شود. بنابراین تمام مقادیر اندازه‌گیری شده و داده‌ها باید روند اعتبارسنجی را طی کنند.

۱۱-۲-۶- داده گردانی و ذخیره داده‌ها

داده گردانی و ذخیره داده‌ها برای استفاده طولانی مدت هر برنامه پایش ضروری است.

۱۱-۳- نتیجه‌گیری

تفاوت‌های اساسی بین برنامه متداول پایش داده‌های شهری و برنامه‌ای که قرار است تامین کننده اهداف IUWM باشد، این است که علاوه بر پایش درست هر مولفه، تمام مولفه‌ها (یا متغیرها) باید به طریقی پایش شوند که هر مولفه در جهت پدید آوردن انتقال اطلاعات برای مولفه‌های دیگر مورد استفاده قرار گیرند یا این که به صورت سازگار در چارچوب بزرگ‌تری قرار گیرند.

فصل ۱۲

برنامه‌ریزی جامع منابع

۱۲-۱- مقدمه

برنامه‌ریزی جامع منابع (IRP)^۱ فرایندی است که در آن، همه اجزای برنامه‌ریزی منابع به همدیگر پیوند می‌خورند.

۱۲-۱-۱- تفاوت‌های عمده برنامه‌ریزی منابع آب در عرف و برنامه‌ریزی جامع

- توجه برابر به مدیریت تقاضا و توسعه منابع جدید،
 - در نظر گرفتن ریسک و اطمینان‌پذیری به همراه مدیریت کسری آب به عنوان یک گزینه،
 - مشارکت عمومی، و
 - مد نظر قرار دادن کارایی هزینه^۲، اطمینان‌پذیری منبع، اثرات محیط‌زیستی، تامین اعتبار و مقبولیت عمومی در انتخاب یک برنامه جامع
 - اجزای برنامه‌ریزی جامع منابع سال‌های زیادی است که در بیش‌تر کارهای آبی استفاده می‌شود، لکن IRP مفهوم نسبتاً جدیدی است.
- این بخش با نشان دادن تفاوت بین IRP و شیوه مرسوم برنامه‌ریزی، طرز کار IRP را بیان کرده و روش‌ها و معیارهایی برای مقایسه گزینه‌ها و انتخاب یک برنامه ارائه می‌کند.

۱۲-۲- تعریف برنامه‌ریزی جامع منابع

- در واقع هیچ تعریفی از IRP به‌طور کامل پذیرفته نشده، لکن تعریف آن در این راهنما مطابق گزارش AWWA است.
- IRP، فرم جامعی از برنامه‌ریزی است که در تحلیل کارایی هزینه، گزینه‌های مختلف از هر دو جنبه مدیریت تقاضا و مدیریت تامین آب لحاظ می‌شود.
 - فرایندی مشارکتی و شفاف برای توسعه گزینه‌ها و تصمیم‌سازی است به‌طوری که کیفیت زندگی به همراه مسایل محیط‌زیستی متاثر از تصمیمات نهایی در آن گزینه‌ها در نظر گرفته می‌شود و در آن نهادهای چندگانه مرتبط با منابع آب و اهداف رقابتی آن‌ها شناسایی و در برنامه گنجانده می‌شود.
 - برنامه جامع منابع آب، با در نظر گرفتن کلیه هزینه‌ها و منافع مستقیم و غیرمستقیم مدیریت تقاضا و تامین و توسعه منابع آب، با تحلیل چند رشته‌ای سناریوهای بدیل و با مشارکت جامعه در فرایند برنامه‌ریزی، تصمیم‌گیری و اجرا تهیه می‌شود.

1- Integrated Resource Management
2- Cost-Effectiveness

– IRP، روش‌های برنامه‌ریزی برای تعیین کارآمدترین راه‌های رسیدن به اهداف، ضمن در نظر گرفتن هزینه‌های اثرات اجرای پروژه بر دیگر اهداف جامعه و آرمان‌های مدیریت محیط‌زیستی است. این روش‌های برنامه‌ریزی مستلزم ارزیابی کلیه منافع و هزینه‌ها شامل هزینه‌های اجتنابی^۱ و هزینه‌های چرخه عمر^۲ است.

۱۲-۳- تجربه بخش‌های خدماتی آب آمریکا [۶۶]

شماری از بخش‌های خدمات آبی، IRP را از دهه ۱۹۹۰ آغاز کردند. اجزای معمول برنامه‌ها شامل برنامه حفاظت^۳، احیای فاضلاب^۴ و در برخی موارد توسعه منبع جدید آب با معیار کارایی هزینه^۵ است. جالب توجه، افق برنامه‌ریزی درازمدت ۲۵ تا ۵۰ ساله آن‌هاست.

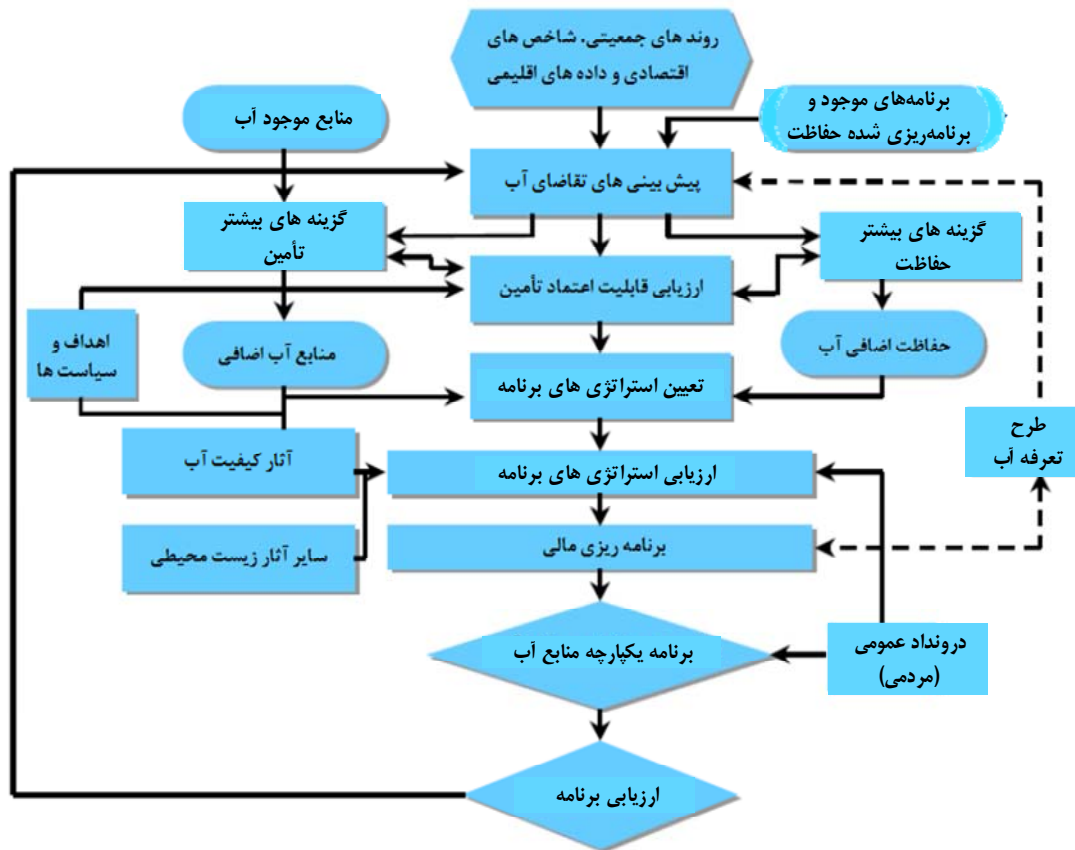
۱۲-۴- فرایند IRP

طبق تعریف AWWA، فاکتورهای بسیاری باید در تدوین IRP منظور شود. هر فرایند IRP ویژگی‌های یکتایی دارد که آن را متفاوت از یک «فرایند نمونه» می‌سازد. در این بخش یک فرایند نمونه ارائه شده و برخی تفاوت‌ها نشان داده می‌شود.

۱۲-۴-۱- فرایند نمونه‌وار IRP

شکل (۱-۱۲)، یک فرایند نمونه حاوی کلیه اجزای معمول یک IRP است. توضیح این اجزای در پی می‌آید.

-
- 1- Avoided Costs
 - 2- Life Cycle Costs
 - 3- Conservation Program
 - 4- Wastewater Reclamation
 - 5- Cost-Effective
 - 6- Model Process



شکل ۱۲-۱- فرایند IRP نمونه [۶۶]

- روند گذشته جمعیت و مصرف آب، شاخص‌های اقتصادی و داده‌های هواشناختی برای پیش‌بینی تقاضای آب لازم است.
- برنامه‌های موجود و برنامه‌ریزی شده حفاظت، مانند دستورالعمل‌های لوله‌کشی، مقررات فضای سبز، و برنامه‌های استرداد وجه^۱، باید در پیش‌بینی‌ها مورد توجه قرار گیرد.
- پیش‌بینی برای شرایط نرمال، سال‌های خشک و سال‌های خشک بحرانی و سال‌های پر آب در سال‌های آینده نیاز است.
- برنامه‌ریزی بخش تامین از بده ایمن منابع موجود آغاز می‌شود و در صورت عدم کفایت برای سال‌های آینده، گزینه‌های دیگری از منابع زیرزمینی یا سطحی برای تامین همه یا بخشی از نیازهای آینده بررسی می‌شود.

- برنامه‌ریزی بخش تقاضا: روش‌های حفاظتی و پروژه‌های احیای فاضلاب را برای کاهش تقاضا معرفی کرده و مقدار هزینه‌ها و صرفه‌جویی آن‌ها را تعیین می‌کند. امکان کاهش تقاضا در کوتاه مدت برای سال‌های خشک بحرانی بررسی و کمی‌سازی می‌شود.
- ارزیابی اطمینان‌پذیری بخش تامین: احتمال کمبود تامین و کاهش تقاضاها در کوتاه مدت که می‌تواند برای ایجاد تعادل بین تامین و تقاضا در خشک‌سالی‌ها اجرا شود را با هم‌گره می‌زند. نتیجه آن تنظیم جدول میزان کاهش تقاضا و تناوب اعمال برنامه‌های اجباری است.
- استراتژی‌های منبع: گزینه‌هایی‌اند که در آن‌ها گزینه‌های منابع جدید و کاهش تقاضا با هدف ساختن تعدادی گزینه دست‌یافتنی، با یکدیگر ترکیب می‌شوند.
- ارزیابی استراتژی‌های منبع شامل تحلیل اقتصادی با لحاظ کردن کیفیت آب و دیگر اثرات محیط‌زیستی است.
- برنامه‌ریزی مالی به منظور اطمینان از قابلیت سرمایه‌گذاری در پروژه‌های IRP: معمولاً طرح تعرفه آب، ممکن است آنقدر تند باشد که موجب کاهش تقاضای آب شود و لازم باشد در اینجا لحاظ شود.
- درون‌داد عمومی (مردمی) در تعدادی از نقاط کلیدی نشان داده شده است، لکن باید به صورت پیوسته در سراسر فرایند وارد شود.
- ارزیابی نتایج، در واقع حلقه بازخوردی برای به‌روز نگه داشتن برنامه است.

۱۲-۴-۲- ویژگی‌ها و اجزای اصلی IRP

- آرمان‌ها و اهداف سیاستی شفاف پذیرفته شده توسط مدیریت خدمات آبرسانی
- افق برنامه‌ریزی معین
- یک فرایند چند رشته‌ای، با در نظر گرفتن نه تنها جزییات مهندسی بلکه گستره‌ای از اهداف سیاستی کلیدی
- برخورد مساوی با گزینه‌های بخش تامین و بخش تقاضا
- در نظر گرفتن اطمینان‌پذیری تامین
- لحاظ کردن صریح عدم قطعیت‌ها
- یک فرایند باز با مشارکت گسترده مردمی

۱۲-۴-۳- ترکیب کردن گزینه‌ها

- برنامه‌ریزان آب معمولاً گزینه‌های زیادی برای برآورده کردن نیازهای آینده دارند. برای مثال:
- کاهش تقاضای آب با صرفه‌جویی آب،
 - تهاتر برخی مصارف خاص آب شرب با فاضلاب احیا شده،
 - حفر چاه‌های جدید و ساخت مخزن جدید، و

- خرید حقایبه.

ارزیابی همه گزینه‌ها امری زمان بر و خسته کننده است. از این رو، باید تعدادی از گزینه‌های دست یافتنی یا ترکیبی از منابع برای رسیدن به اهداف و معیارهای مشخص که به نوعی جوابگوی تقاضاهای آتی باشند، تعیین شود. این بخش چگونه جمع کردن گزینه‌ها را در ترکیب منابع نشان می‌دهد.

۱۲-۴-۳-۱- مدیریت بخش تقاضا

گزینه‌های در دسترس برای کاهش تقاضا در سال‌های نرمال شامل حفاظت بلندمدت آب و بازیافت فاضلاب است. در خشک‌سالی‌ها، برنامه‌های کوتاه مدت حفاظت آب می‌تواند در تعادل بخشی تامین و تقاضا کمک کند.

- حفاظت بلندمدت

تدابیر حفاظتی باید در سه، چهار برنامه یکپارچه شوند به نحوی که با گزینه‌های تامین قابل ترکیب بوده و جوابگوی تقاضای آینده باشند. هر برنامه متشکل از تعدادی تدبیر (تا ۱۰ یا ۱۵) است. گروه‌های پیشنهادی این برنامه‌ها در زیر آمده است:

- مقررات و دستورالعمل‌های موجود- برای مثال، قانون سیاست انرژی^۱ و قوانین فضای سبز در ایالات متحده. اثرات این مقررات جدید در تقاضای پایه آب^۲ نباید لحاظ شود. بلکه می‌توان در تولید برنامه‌هایی که «تقاضای خالص^۳» را پیش‌بینی می‌کنند، استفاده کرد. تقاضای خالص یعنی تقاضای پایه منهای تاثیر برنامه‌های حفاظتی اجرا شده.
- برنامه حداقل- شامل برنامه‌های فایده مند حفاظت آب است که در حال حاضر برای ده سال آینده برنامه‌ریزی می‌شود.
- برنامه متوسط- شامل برنامه‌های فایده مند حفاظت آب است که آبی بیش از برنامه حداقل ذخیره می‌کند.
- برنامه حداکثر- شامل برنامه بسیار شدید و غالب‌گر حفاظتی است که برنامه متوسط را پشت سر گذاشته و متشکل از تدابیری است که بیش‌تر صرفه‌جویی می‌کنند.
- هریک از این برنامه‌ها، جریان زمانی^۴ برای هزینه‌ها و صرفه‌جویی‌های آب دارند که می‌تواند با گزینه‌های متعدد تامین آب تجمیع شوند.

1- U.S. Energy Policy Act

2- Base Water Demand

3- Net Demand

4- Time Stream

- حفاظت کوتاه مدت

- با مرور تاریخچه خشک‌سالی‌ها، میزان کارآیی برنامه‌های کوتاه مدت را می‌توان بررسی کرد.
- برنامه‌های مختلف از سطح داوطلبانه تا اجباری باید برای مواجهه با کمبودهای احتمالی آب تدوین کرد.
- با کمبودها نیز به شکل یک «منبع آب» می‌توان برخورد کرد، چرا که کمبودهای مدیریت شده یک راه برآورده کردن تقاضا هستند.

جدول (۱۲-۱)، نمونه‌ای از برنامه‌های مدیریت کوتاه مدت کمبود است. این برنامه‌ها برای کاهش کمبود ۵ تا ۳۵ درصدی چند ماهه تا چندین ساله بسته به شدت خشک‌سالی، موقعیت و الگوهای مصرف در سیستم به کار رفته‌اند.

جدول ۱۲-۱- مدل برنامه مدیریت تقاضا در خشک‌سالی [۶۶]

فاز خشک‌سالی	ذخیره آب	اقدامات	حدود مورد انتظار کاهش مصرف (%)
۱	متوسط	داوطلبانه/آموزش عمومی	۵ - ۱۰
۲	شدید	محدودیت استفاده	۱۰ - ۲۰
۳	بحرانی	تخصیص/جیره‌بندی	۲۰ - ۳۵

۱۲-۴-۳-۲- منابع بخش تامین

منابع تامین آب شامل گزینه‌ها در فصل ۴ است که طیف وسیعی از منابع آب زیرزمینی تا سطحی تا استفاده تلفیقی را در بر می‌گیرد.

- افزایش ذخیره آب سطحی

- احداث مخازن جدید برای ذخیره‌سازی و افزایش بده آب‌های سطحی یا ذخیره اضطراری برای شرایط خشک‌سالی
- افزایش ارتفاع سدی موجود یا ساخت مخزن فراساحلی رودخانه

- آب زیرزمینی

- احداث میدان چاه جدید در محدوده خدماتی سازمان یا دشت‌های مجاور
 - افزایش بده چاه‌های موجود با افزایش عمق یا بازسازی
 - استفاده از یک آبخوان پاکسازی شده
- توسعه آب زیرزمینی در مناطق ساحلی به علت پیشروی آب شور در آب شیرین، محدود است.

- استفاده تلفیقی

- ترکیب منابع آب سطحی و زیرزمینی را استفاده تلفیقی گویند.
- آب سطحی منبع اصلی بوده و آب زیرزمینی برای مصرف در دوره‌های خشک ذخیره می‌شود.
 - تغذیه آب زیرزمینی با آب سطحی اضافی و استخراج در مواقع نیاز

- استفاده تلفیقی مانند داشتن دو منبع تامین آب است، یکی بسیار وابسته به شرایط آب و هوایی (آب سطحی) و دیگری کم‌تر (آب زیرزمینی)

- منبع تکمیلی

- خرید حقابه، به ویژه از کشاورزان
- منابع محلی آب. گرچه اغلب کوچک‌اند، لکن می‌توانند در جبران کمبود آب برای چند سال کافی باشند.

- انتقال‌ها و تبادلات آبی^۱

- در مناطقی که شبکه‌های منطقه‌ای انتقال آب وجود داشته باشد، انتقال آب از سازمانی با آب اضافی به سازمانی با کمبود آب قابل بررسی است.
- گاهی کشاورزان مایل به فروش حقابه خود در سال‌های خشک هستند.
- این انتقال‌ها مستلزم ایجاد راهی فیزیکی برای انتقال آب است.
- این تبادلات معمولاً مراحل و کارهای قانونی زیادی دارد، لکن حداقل ساخت و ساز را دارد.

- افزایش ظرفیت تصفیه

- گاهی فقط با افزایش ظرفیت تصفیه، آب بیش‌تری فراهم می‌شود
- توسعه مرحله‌ای بهینه ظرفیت

- احیای آب

- فاضلاب تصفیه شده به عنوان منبع آب برای تهاثر تقاضای آب شرب. مثال، آبیاری کشاورزی یا زمین‌های گلف با آب بازیافتی
- تاسیس سیستم‌های دوگانه آب در ساخت و سازها و توسعه‌های جدید

- خصوصیات پروژه‌های موفق استفاده مجدد

- محل خروجی فاضلاب تصفیه شده باید به مناطق پر مصرف، نزدیک باشد.
- استفاده برای تقاضاهای زیاد در آبیاری یا صنایعی که می‌توانند خود را با کیفیت آب احیا شده وفق دهند (این آب معمولاً دارای غلظت زیاد TDS و دیگر مواد معدنی و آلی است).

- سهولت احداث خط لوله
- هزینه آب بازیافتی باید قابل رقابت با هزینه منابع جدید، یعنی برابر یا کم‌تر از هزینه حاشیه‌ای^۱ منابع جدید باشد.

- مزیت‌های پروژه‌های بازیافت آب

- جایگزین آب آشامیدنی در حد میلیون‌ها گالون در روز،
 - هزینه کم‌تر آب تولیدی. هزینه کم‌تر اجرا و بهره‌برداری.
- در برخی موارد این پروژه‌ها باید با پروژه‌های حفاظت آب با کاربری نهایی یکسان تلفیق شوند.

۱۲-۴-۴- غربالگری اولیه

غربالگری در این مرحله، بیش‌تر براساس امکان‌پذیری فنی و عوامل نهادی (سازمانی و قانونی) است. معیارها شامل موارد زیر است:

- اطمینان‌پذیری فنی. آیا تکنولوژی آن وجود دارد؟ آیا این گزینه در جایی دیگر با داده‌های بهره‌برداری و کارکردی اثبات شده است؟
 - اثرات محیطی زیستی. آیا اثرات شناخته شده‌ای که کاهش آن‌ها مشکل باشد، وجود دارد؟
 - امکان‌پذیری نهادی. آیا این سازمان حقا به برای اجرای این پروژه را دارد یا نیاز به هماهنگی با دیگر سازمان‌ها دارد؟
 - آیا پیاده‌سازی این گزینه مستلزم تغییرات بزرگ نهادی یا مدیریتی است؟
- هدف از غربالگری اولیه، حذف گزینه‌هایی است که عیب‌های اساسی دارند. تا حد امکان در این مرحله باید گزینه‌ها حذف شوند، زیرا فاز بعد که ارزیابی تفصیلی است (مانند تهیه گزارش اثرات محیط‌زیستی مخزن جدید)، هزینه‌بر است. فرایند ارزیابی تفصیلی گزینه‌هایی که از مرحله غربالگری اولیه عبور کرده‌اند در پی می‌آید.

۱۲-۴-۵- ارزیابی ترکیب منابع (گزینه‌ها)

- ترکیب منابع، شامل سناریوهای تامین آب و کاهش تقاضا و یا گزینه‌هایی است که اطمینان‌پذیری منبع آب را با مقداری هزینه بالا می‌برند و ممکن است اثرات محیط‌زیستی یا اثرات دیگری نیز در پی داشته باشند.
- فرایند ارزیابی، به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند که تعامل بین برآورده کردن تقاضاها و بهبود اطمینان‌پذیری و هزینه‌های آن‌ها را درک کنند.

- فرایند ارزیابی باید سخت و منصفانه باشد و همه مسایل منطقی مطرح شده توسط عموم مردم، اعضای کمیته مشاوران فنی و دیگر ذینفعان را در نظر گیرد.
- این فرایند با انتخاب اهداف و معیارهای ارزیابی و سپس تحلیل گزینه‌ها با توجه به اهداف و معیارها آغاز می‌شود.
- در نهایت، نتایج ارزیابی باید به‌طور واضح و بی‌طرفانه ارائه شود، چرا که توسط عموم مردم مورد بررسی و تحقیق دقیق قرار خواهند گرفت و ممکن است درونداد مردمی درجه‌بندی گزینه‌ها را تغییر دهد.

۱۲-۴-۵-۱- انتخاب اهداف یا معیارهای ارزیابی

- اولین مرحله، تعیین معیارهای مناسب کارآمدی است.
- ارزیابی، به معنای حداقل سازی هزینه‌ها یا حداکثر شدن کارآیی نیست، بلکه نوعی تعادل مناسب باید بین آن‌ها به وجود آید. این تعادل در عرصه عمومی و از طریق مذاکره با ذینفعان ایجاد می‌شود.
- معیارهای ارزیابی باید شامل سنجش‌های گوناگون عملکردی یا کارآیی، اثرات محیط‌زیستی و همچنین پذیرش عمومی باشد.
- برخی از معیارهای پیشنهادی که به پروژه‌های خاص می‌توان وفق داد عبارت‌اند از:
 - هزینه
 - ریسک و اطمینان‌پذیری
 - اثرات محیط‌زیستی
 - مقبولیت عمومی
- راهنمایی‌های کلی در استفاده از معیارها:

۱۲-۴-۵-۲- تحلیل اقتصادی

- تحلیل اقتصادی براساس ارزش حال^۱ صورت می‌گیرد. ارزش حال، روشی برای برابرسازی گزینه‌هایی است که جریان زمانی هزینه‌ها و منافعتشان متفاوت است.
- انواع هزینه‌ها شامل سرمایه‌ای (طراحی و اجرا) و مخارج بهره‌برداری و نگهداری است.
- مسایل اصلی در تحلیل ارزش حال، شامل طول افق برنامه‌ریزی و نرخ تنزیل است. معمولاً در تحلیل پروژه‌های منابع آب ۲۰ تا ۵۰ سال در نظر گرفته می‌شود، زیرا عمر مفید طولانی دارند. نرخ تنزیل، هزینه یا

- ارزش واقعی پول است. معمولاً هزینه قرض گرفتن پول (توسط سازمان خدماتی عمومی) منهای نرخ تورم، برای انعکاس هزینه واقعی پول اعمال می‌شود.
- در برخی موارد، تحلیل سود- هزینه روش مناسبی برای مقایسه گزینه‌هاست. اگر بتوان سودها را کمی‌سازی کرد، ارزش حال جریان زمانی آن‌ها قابل محاسبه است.
 - بسیاری از سدها در ایالات متحده با تحلیل سود- هزینه توجیه شده‌اند. این مستلزم ارزش‌گذاری منافی مثل حفاظت در برابر سیل، فرصت‌های تفریحی، تامین منابع آب و همچنین اثرات منفی مانند صدمات محیط‌زیستی است.
 - در بیش‌تر IRP ها از تحلیل سود- هزینه استفاده نشده است، بلکه به جای آن نمایش هزینه‌ها، ویژگی‌های پروژه و اثرات آن به صورت عبارتهای کیفی یا عددی ارائه شده است که به مردم در رابطه با ارزش نسبی پروژه و قضاوت در باره ارزش و تبعات آن مانند افزایش سطح اطمینان‌پذیری دید می‌دهد.
 - اگر تحلیل سود- هزینه انجام شود، انتخاب نرخ تنزیل و دوره ارزیابی مهم است. در دوره‌های بلندتر می‌توان از گزینه‌های چند مرحله‌ای و با هزینه‌های معوقه یا سودهای افزایشی طی زمان بهره گرفت. دوره‌های کوتاه‌تر، گزینه‌هایی با منافع اولیه زیاد را توجیه می‌کند.

۱۲-۴-۵-۳- اطمینان‌پذیری تامین

- یکی از اهداف IRP، بهبود اطمینان‌پذیری تامین آب برای مشتریان آب است. اطمینان‌پذیری، درجه‌ای است که مشتریان، آب دلخواه خود را با کیفیت و استانداردهای خدماتی قابل قبول دریافت می‌کنند. اعتماد‌پذیری تامین آب را می‌توان به سه راه زیر تعریف کرد:
- اعتماد‌پذیری برای مواجهه با شرایط اضطراری کوتاه مدت محلی. این اضطرارها شامل بلایای ناگهانی مانند شکست لوله اصلی یا آتش‌سوزی بزرگ است. عموماً در این مواقع هدف، ذخیره محلی آب برای ۱ تا ۱۰ روز است.
 - اعتماد‌پذیری برای مواجهه با شرایط اضطراری میان‌مدت در سیستم تحویل. برخی سازمان‌ها ذخیره محلی برای تامین تقاضا در دوره طولانی‌تری را تدارک می‌بینند. اختلال در سیستم تحویل ممکن است بر اثر زلزله، واقعه نشت و سرریز بزرگ^۱ و یا قطع تامین آب وارداتی باشد. در این شرایط، ۲ تا ۷ ماه ذخیره محلی با فرض کاهش مثلاً ۲۵ درصدی مصرف آب در نظر گرفته می‌شود.

- اعتمادپذیری تامین تقاضاها در بلندمدت. در این مورد باید هدف را بر تعادل بخشی بین تامین و تقاضای طی سال‌های زیر حد نرمال تامین قرار داد. اهداف کمی شامل حداکثر ۱۵ تا ۲۵ درصد کمبود در دوره‌های خشک و حداکثر ۲۵ تا ۳۰ درصد کمبود در بدترین شرایط خشک‌سالی است.
- اگر گزینه مورد ارزیابی دارای ذخیره محلی کافی باشد، اولین هدف برآورده می‌شود.
 - رسیدن به هدف دوم مستلزم تحلیل شکست‌های محتمل سیستم و تداوم قطع جریان برای تامین تقاضاهای حال و آینده است.
 - منابع جایگزین یا محدودیت‌های اجباری برای رسیدن به سومین هدف ممکن است کافی باشد، در غیر این صورت امتیاز گزینه باید پایین آورده شود. برآورده شدن هدف سوم را می‌توان با شبیه‌سازی هیدرولوژیکی ارزیابی کرد. چنین مدلی داده‌های تاریخی تامین آب را به صورت ماهانه (یا بازه کوتاه‌تر) شبیه‌سازی کرده و تامین آب را با تقاضای ماهانه آب در آینده مقایسه می‌کند. کمبود آب در دوره‌های خشک را ثبت کرده و احتمال کسری آب با مقدار و تداوم مشخص محاسبه می‌شود. گزینه‌ها براساس قابلیتشان در رسیدن به اهداف امتیازدهی می‌شوند و بسته به فراوانی و اندازه کمبودهای بیش‌تر از حد برنامه‌ریزی، در رتبه پایین‌تری قرار می‌گیرند.
 - روش ساده‌تر، ارزیابی عملکرد سیستم طی یک «خشک‌سالی طراحی»^۱ است که از داده‌های تاریخی یا بازسازی شده انتخاب می‌شود.
- کادر (۱۲-۱)، مثالی در این زمینه را در کالیفرنیا توضیح می‌دهد.

کادر ۱۲-۱- مثال خشک‌سالی طراحی در کالیفرنیا

در کالیفرنیا، سدهای متعددی که در دوره ۱۹۷۰-۱۹۵۰ ساخته شده برای تقاضا در بدترین شرایط خشک‌سالی تاریخی که دوره خشک سال‌های ۱۹۳۴-۱۹۲۸ بود، طراحی شده بودند. همیشه این طور به نظر می‌رسد که بدترین خشک‌سالی، همان است که قبلاً اتفاق افتاده است. نتیجه آن شد که بده بسیاری مخازن در دوره خشک‌سالی دوره ۱۹۹۲-۱۹۸۷ جوابگوی نیاز نبوده و کمبودهای جدی وجود داشت. یک راه برای ارزیابی بده مخازن موجود و جدید، در نظر گرفتن خشک‌سالی طراحی فرضی شامل دوره ۱۹۹۲-۱۹۸۷ است که تا مثلاً دو سال بیش‌تر ادامه یافته باشد. مقایسه بده طی خشک‌سالی طراحی با تقاضاهای آینده، کمبودی را تولید می‌کند که اطمینان‌پذیری سیستم را تحت بدترین سناریو پایه‌ریزی می‌کند. مقایسه نحوه عملکرد گزینه‌ها طی دوره خشک‌سالی طراحی، راه دیگری برای کمی‌سازی و مقایسه اطمینان‌پذیری است.

۱۲-۴-۵-۴- اثرات محیط‌زیستی

اثرات محیط‌زیستی می‌تواند مثبت و یا منفی بوده و گاهی به صورت «پیامدهای خارجی محیط‌زیستی»^۲ تلقی شوند. اثرات خارجی به صورت هزینه‌ها (یا سودها) بی‌تعریف می‌شوند که به ارائه خدمات آبرسانی مرتبط‌اند، لکن بیرون از

1- Design Drought

2- Environmental Externalities

سازمان بوده و در هزینه‌های خدماتی سازمان منظور نمی‌شوند؛ مانند استفاده از منبعی مثل رودخانه که برای آن هزینه‌ای پرداخت نمی‌شود، بلکه افراد یا چیزهای دیگر (مانند ماهی‌ها و حیات وحش) هزینه آن را می‌پردازند. هزینه‌ها و سودهای خارجی زیادی را می‌توان شناسایی کرد، مانند تاثیر بر کیفیت خور یا رودخانه و یا تاثیر بر منابع تامین، زیبایی شناختی، کیفیت هوا، تفریح، حیات وحش، مشاغل، و مصرف یا صرفه‌جویی انرژی. روند تهیه گزارش اثرات محیط‌زیستی شامل عواملی است که می‌توان برای امتیازدهی یک گزینه استفاده کرد. اگر نتوان اثرات محیط‌زیستی را کمی‌سازی کرد و نتوان به صورت پیامدهای خارجی در نظر گرفت، حداقل باید آن‌ها را در یک ماتریس و براساس اطلاعات کیفی امتیازدهی کرد.

۱۲-۴-۵-۵- مقبولیت عمومی

سنجش مقبولیت عمومی هر گزینه بدون پرسش از آن‌ها کار سختی است. برای دریافت بازخورد مردم در مورد گزینه‌ها می‌توان از کمیته‌های مشورتی و گروه‌هایی عمومی استفاده کرد. این بازخورد را می‌توان به صورت معیارهای غربالگری برای حذف گزینه‌هایی که مسایل جدی نهادی و یا اثرات غیرقابل قبول عمومی دارند، تفسیر کرد.

۱۲-۴-۵-۶- رتبه‌بندی سناریوها

عملکرد یک سناریو را می‌توان در مقابل یک معیار یا هدف امتیازدهی کرد و سپس در فرم ماتریسی مقایسه کرد. از ماتریس ارزیابی وقتی که سناریوهای ترکیب منابع را بتوان با یک معیار در مقیاس ترتیبی، مثل ۱ تا ۳، امتیازدهی کرد، می‌توان استفاده کرد. شماره‌های کوچک‌تر ترجیح داده می‌شوند.

راه دیگر آن، امتیازدهی ترکیب منابع در مقابل هر هدف IRP است. این کار با اختصاص عملکرد بالا، متوسط و پایین و با مثبت و منفی دادن در هر سطح انجام می‌شود. نظرات ذینفعان را می‌توان در رتبه‌بندی‌ها منعکس کرد. در برخی موارد می‌توان هزینه‌ها را در برابر رتبه‌ها رسم کرد. در این حالت، معیارها باید وزن‌دهی شده و مجموع وزنی همه امتیازها در برابر هزینه رسم شود.

۱۲-۴-۶- انتخاب و اجرای برنامه

معمولاً با تعیین استراتژی ارجح، انتخاب برنامه از بین گزینه‌های بررسی شده انجام می‌شود. ممکن است به نظر رسد که این انتخاب، انتهای فرایند IRP است، لکن این در حقیقت شروع فاز اجرا است. IRP به گونه‌ای طراحی می‌شود که یک سند پویا باشد، به طوری که نسبت به تغییرات زمانی واکنش نشان داده و به صورت دوره‌ای به روز رسانی شود.

۱۲-۴-۶-۱- توجه به هزینه - کارایی

در برنامه‌ریزی به شیوه هزینه کارا، انتخاب برنامه ارجح نسبتاً ساده است. برنامه‌ای که هدف یا قید اطمینان‌پذیری و دیگر قیود را با کم‌ترین هزینه برآورده می‌سازد، انتخاب می‌شود. هزینه کل شامل مجموع هزینه منابع جدید و هزینه‌های

مشتری یا «تمایل به پرداخت»^۱ است. «تمایل به پرداخت»، معکوس هزینه‌های مشتری به خاطر نداشتن اطمینان‌پذیری کافی است. با کاهش سطح اطمینان‌پذیری، مشتریان باید برای تسکین کمبودها و زیان‌های وارده، هزینه پرداخت کنند. داده‌های مربوط به تمایل مشتری به پرداخت را می‌توان از طریق درونداد مردمی و یا مطالعه ارزش‌گذاری شرایط پیش‌بینی نشده به دست آورد.

در دنیای واقعی، برنامه‌ریزی هزینه-کارا آنقدر خبره نیست تا بتوان از آن گزینه ارجح را پیدا کرد. اثرات محیط‌زیستی و هزینه‌های تسکین آن، فرایند انتخاب را پیچیده می‌کند. هزینه‌های کاهش صدمات محیط‌زیستی به هزینه‌های تامین آب اضافه شده و ترکیب بهینه را تغییر می‌دهد و احتمالاً به هزینه بیشتر با سطح اطمینان‌پذیری جدید منتج می‌شود.

۱۲-۴-۶-۲- تعیین برنامه عمل برای آینده نزدیک

برای این که گزینه ارجح در یک چشم‌انداز بلندمدت تنظیم بماند، برنامه باید هر سه تا پنج سال با تغییر شرایط به‌روز شود. آنچه هم اکنون حائز اهمیت است، تعیین برنامه عمل یا همان کارهایی است که باید در آینده نزدیک انجام شود، شامل:

- اطمینان از معتبر ماندن فرض‌های مرجع
- وضع بودجه و برنامه زمان‌بندی برای پیاده‌سازی اجزای استراتژی ترجیحی
- تدوین برنامه شرایط پیش‌بینی نشده
- مستندسازی محیط‌زیستی برای پیاده‌سازی استراتژی ارجح
- پایش تقاضاهای آب
- پایش دسترس‌پذیری و کیفیت منابع جدید تامین آب
- ادامه تماس با جامعه و مشارکت عمومی برای مصوبه‌های بعدی مورد نیاز

۱۲-۴-۶-۳- برنامه عمل برای شرایط پیش‌بینی نشده^۲

برای حفظ انعطاف‌پذیری برنامه و پاسخ‌دهی به شرایط متغیر، برنامه عمل برای شرایط پیش‌بینی نشده باید در نظر گرفته شود. این عملیات با وقوع رویدادهای محرک^۳ که تأثیرات چشمگیری بر شرایط فرضی مرجع یا بر قابلیت سازمان در پیاده‌سازی استراتژی ارجح دارند، فعال می‌شوند. این رویدادها، مستلزم ارزیابی مجدد IRP یا تعدیل استراتژی ارجح‌اند. نمونه‌هایی از این محرک‌های بالقوه عبارت‌اند از:

- حل یا تغییر مناقشات آبی منطقه‌ای یا استانی

1- Willingness to Pay
2- Contingency Actions
3- Trigger Events

- شکست در عملکرد مورد انتظار مولفه‌های از برنامه
- تغییرات غیرمنتظرانه در تقاضای آب (افزایش یا کاهش سریع‌تر از انتظار)
- افت کیفیت آب منبع
- عملکرد مولفه‌های فراتر از انتظارات
- مشارکت با دیگر سازمان‌ها
- شکست در اخذ مجوزی مهم
- تکنولوژی‌های نوظهور

۱۲-۴-۴-۴- تامین اعتبار

- IRP دارای یک بخش مالی است. گزینه‌های مالی برای هزینه‌ها عبارت‌اند از:
- اوراق قرضه که معمولاً برای پروژه‌های با سرمایه بزرگ استفاده می‌شود.
 - گرفتن وام که اغلب برای پروژه‌های با سرمایه کم‌تر استفاده می‌شود.
 - عوارض وصل انشعاب و دیگر درآمدهای جدید که اغلب به عنوان سرمایه ذخیره برای پرداخت هزینه توسعه‌های مرحله‌ای سیستم آب استفاده می‌شود.
 - تعرفه آب که معمولاً به منظور پرداخت هزینه‌های جاری مدیریتی، بهره‌برداری، نگهداری و بازپرداخت وام استفاده می‌شود.

۱۲-۴-۷- راهنمایی به سمت یک فرایند موفق

- علاوه بر حفظ جو باز و صادقانه برای فاز مشارکت عمومی در IRP، برخی رئوس کلی برای تضمین موفقیت عبارت‌اند از:
- هدف‌گذاری واقع‌گرایانه. سازمان‌ها و شرکت‌کنندگان باید اهداف واقع‌گرایانه‌ای بر سر میز مذاکره بیاورند. این فرایند، مسایل همه را حل نمی‌کند. از این‌رو، بر مسایل کلیدی که توافق عامه را می‌طلبد تکیه کرده و دیگر مسایل را رها کنید.
 - بهینه‌سازی مشارکت. تنها ذینفعانی که ضرورت به درگیر شدن دارند، باید وارد شوند. گروه‌های ۲۵ نفره یا کم‌تر در تصمیم‌گیری موثرتراند.
 - از دستور جلسات پنهان و مخرب جلوگیری کنید. گاهی اوقات گروه‌های ذینفع خاصی از فرایند برنامه‌ریزی برای پیش‌برد مقاصدشان استفاده می‌کنند که این امر فرایند را خدشه‌دار می‌کند.
 - فضای باز و امکان دسترسی ایجاد کنید. بسیاری از افرادی که مایل به شرکت‌اند، انتظار دارند فرایند باز باشد. نیروهای مثل کارمندان اصلی، در حین و بین همایش‌ها در دسترس باشد. همچنین اطلاعات مربوط به فرایند نباید سری باشد. شرکت‌کنندگان نباید احساس کنند که در گزارش مذاکرات نادیده گرفته شده‌اند.

- اجازه دادرسی بدهید. همه گروه‌های تاثیرپذیر حق دارند که صحبت کنند و حرف آن‌ها شنیده شود.
- وقت خاتمه مذاکرت را حس کنید. بدانید هر وقتی که واکنش‌ها کم می‌شود، باید تعطیل کنید. اگر لازم شد با اجماع نظر روی تعداد محدودی از مسایل بحث کرده و بقیه را به جلسه عادی موکول کنید. در برخی موارد وقتی راه‌حل‌های رقابتی در دست است، اجماع عمومی مطلوب نیست. عدم توافق نسبت به برخی مسایل قابل قبول است. مواضع را روشن بیان کنید تا تصمیم‌گیران نهایی بتوانند نقطه نظرهای متفاوت را برای متعادل کردن مسایل IRP درک کنند.

۱۲-۵- جمع‌بندی

- مشارکت عمومی و به ویژه اجماع نظر یکی از ویژگی‌های کلیدی IRP است.
- برنامه‌ها را نمی‌توان از این پس تنها توسط مهندسان در پشت صحنه ایجاد و در لحظه آخر برای تایید مطرح کرد.
- مردم حق دارند بدانند و ایده‌های خوبی هم دارند که منجر به برنامه بهتر می‌شود.
- بیش‌تر پروژه‌های منابع آب از این پس بحث برانگیز خواهند بود.
- گفت و گو بر سر اختلافات در فرایند مشارکت، بهتر از تحمیل آن‌ها در فرایندهای بعدی اخذ مجوز است.
- نمونه‌های بسیاری از برنامه‌های شکست خورده یا معوقه در سازمان‌ها وجود دارد که فکر می‌کرده‌اند می‌توانند برای مشتریان خود و نه به همراه آن‌ها برنامه‌ریزی کنند.
- اجرای برنامه‌های IRP ها در سال‌های اخیر موفق‌تر بوده‌است، زیرا آن‌ها از درونداد مردمی برای تعیین توازن مناسب بین توسعه منابع آب، مدیریت تقاضا و محیط‌زیست استفاده کرده‌اند.

پیوست ۱

مطالعات موردی از تجربیات جهانی

- هدف

مطالعات موردی از تجربیات جهانی برای تاکید وضعیت و سیمای مختلف مدیریت آب شهری در مناطق خشک و نیمه خشک در نقاط مختلف جهان است. گر چه برخی از آن‌ها ممکن است منحصر به فرد باشند، لکن بسیاری از آن‌ها در ایران نیز صادق‌اند. از این رو، هم شناخت وضعیت و مسایل آن‌ها و هم راه‌حل‌های پیشنهاد شده یا اجراء شده می‌تواند برای ایران آموزنده باشد.

پ.۱-۱- مدیریت جامع آب شهری

پ.۱-۱-۱- مدیریت آب و فاضلاب در مکزیک^۱، چالش‌ها و گزینه‌ها برای مدیریت جامع [۱]

مکزیکوسیتی، پایتخت مکزیک و مهم‌ترین کلان‌شهر در این کشور با ۲۱ میلیون نفر جمعیت، به علت فعالیت‌های تجاری، صنعتی و سیاسی، ۲۱ درصد GDP^۲ ملی را تولید می‌کند. این شهر واقع در یک حوضه بسته و بالاتر از سطح دریا، مسایل تامین آب و دفع فاضلاب پیچیده خاصی دارد. میزان مصرف آب در این شهر $۸۵/۷ \text{ m}^3/\text{s}$ است (مصارف شهری، کشاورزی و صنعتی) که $۷۸ \text{ m}^3/\text{s}$ آن آب تازه (از رودخانه‌ها و آبخوان‌ها) و بقیه آن آب بازیافتی است.

- مشکلات بی‌همتای مدیریت آب شهری

- انتقال آب بین حوضه‌ای باعث ایجاد مشکل در حوضه‌های دهنده شده است.
- بهره‌برداری بیش از حد از آب زیرزمینی آبخوان دره مکزیکوسیتی ($۳۰ \text{ m}^3/\text{s}$ برداشت بیش از حد) باعث نشست کلان زمین و در نتیجه باعث کاهش ظرفیت زهکش‌ها و فاضلاب‌روها، نشست در سیستم توزیع آب و شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب، افت کیفیت آب زیرزمینی و مشکلات دیگری مثل مسایل جدی سازه‌ای در ساختمان‌ها و ضرورت تراز کردن مجدد خطوط مترو شده است.
- حجم عظیمی از آب در سیستم توزیع به علت نشست تلف می‌شود. این مقدار در حدود ۳۷-۴۰ درصد آب انتقالی (حدود $۲۳ \text{ m}^3/\text{s}$) است.
- از کل فاضلاب تولیدی ($۶۷/۷ \text{ m}^3/\text{s}$) تنها حدود ۱۱ درصد ($۷/۷ \text{ m}^3/\text{s}$) تصفیه می‌شود. فاضلاب تصفیه نشده به دره Tula در ۱۰۰ کیلومتری شمال مکزیک برای آبیاری منتقل می‌شود که مشکلات جدی در سلامت افراد آفریده است.

1- Mexico City
2- Gross Domestic Product

- به علت تغذیه حجم زیاد فاضلاب تصفیه نشده (۱۳ برابر تغذیه طبیعی) در دره Tula، تراز آب زیرزمینی بالا آمده و حجم آب رودخانه Tula به شدت افزایش یافته است. بی خطر بودن کیفیت فاضلاب تغذیه شده در حدی منطقی است، گر چه کلرزنی بهترین گزینه گندزدایی کردن نیست.
- تخلیه فاضلاب باعث ایجاد یک نهر جدید و تغییر کامل اکولوژی دره Tula از نیمه خشک بیابانی به منطقه‌ای با چشمه‌ها و تالاب‌ها شده است.

- راه حل: مدیریت جامع آب

آب در ناحیه مرکزی (مکزیکوسیتی) هم به صورت دولتی و هم به صورت خصوصی مدیریت می‌شود، در حالی که در ۳۷ شهر در ایالت مکزیک، با جمعیتی ۱۵ درصد بیش‌تر از ناحیه مرکزی، آب به صورت دولتی و مستقل از هم مدیریت می‌شود که برای «مدیریت جامع آب» مساله‌ساز است.

- به علت پیچیدگی مسایل آبی در مکزیکوسیتی، یک «مرجع جدید ذیصلاح آب پایتخت»^۱ با مشارکت مناطق مختلف سیاسی، سطوح و بخش‌های مختلف دولتی (مرکزی، منطقه‌ای و محلی) برای «مدیریت جامع آب شهری» پیشنهاد شده است. این مرجع، باید ظرفیت برای تمامی تصمیم‌گیری‌های مربوط به مدیریت آب و نیز بودجه کافی برای این عملیات داشته باشد.
- وظیفه اصلی این مرجع تدوین دقیق برنامه کوتاه‌مدت و درازمدت «مدیریت جامع منابع آب» است، که نه تنها جنبه فنی بلکه جنبه‌های اقتصادی و اجتماعی را نیز در نظر بگیرد.

- برخی از فعالیت‌های این برنامه

کنترل نشست زمین، حفاظت کیفیت آب زیرزمینی، کاهش نشست زیاد در سیستم توزیع آب، استفاده دوباره از فاضلاب، برنامه‌های نوین و جامع آموزشی، بهبود ابزارهای اقتصادی، استحصال آب باران، اجرای برنامه‌های حرفه‌ای مشارکت مردمی.

پ.۱-۲- مدیریت جامع آب شهری در شهر توسان، ناحیه مرکز ایالت آریزونا

- شهری با رشد بسیار سریع با زیرساخت‌های آبی و عرصه مدیریت آب منحصر به فرد
- تا پیش از سال ۲۰۰۱، نیاز آب شرب در شهر توسان به‌طور کامل از آب زیرزمینی تامین می‌شد. به علت کیفیت عالی آن، تنها نیاز به گندزدایی داشت.

- تکیه کامل بر آب زیرزمینی باعث افت قابل توجه سطح آب زیرزمینی شد، به طوری که تا حدود ۱/۲ متر در سال در مهم‌ترین چاه‌های توسان گزارش شده است.
- بعد از تصویب قانون مدیریت آب زیرزمینی در آریزونا (GMA^۱)، بخش منابع آب آریزونا (ADWR^۲) پنج منطقه مدیریتی فعال (AMAs^۳) شامل مناطق پرجمعیت و پرتنش در ایالت دایر کرد. اهداف مدیریتی آب زیرزمینی مشخصی برای هر کدام از این مناطق منطبق بر شرایط محلیشان، در نظر گرفته شد.
- قانون مدیریت آب زیرزمینی، دستیابی به «بده مطمئن»^۴ را در آریزونا الزامی کرده است، که منظور از آن ایجاد تعادل بین برداشت و تغذیه آب زیرزمینی تا سال ۲۰۲۵ است. به علاوه، توسعه اراضی باید همراه با تضمین منابع آب باشد.
- با توجه به این که تقاضای آب از میزان منابع آب زیرزمینی تجدید شونده بیش‌تر شده، دریافت آب از رودخانه کلرادو توسط «پروژه آریزونای مرکزی»^۵ CAP تنها امکان برای «رشد پایدار» است. لکن، آریزونا کم‌ترین اولویت را در استفاده از آب CAP دارد؛ از این رو از نظر کمبود آب در خشک‌سالی‌ها آسیب‌پذیر است.
- آب CAP قبل از استفاده توسط مردم، «تغذیه و بازیافت» می‌شود. مخزن زیرزمینی آب CAP، شامل پروژه «ذخیره و بازیافت، SAR^۶» در دره Avra مرکزی است. این پروژه شامل حوضچه‌های تغذیه، چاه‌های بازیافت، یک ایستگاه پمپاژ و یک مخزن و شبکه لوله‌کشی آن است.

- درس‌ها

- ضرورت تدوین قانون مدیریت منابع آب زیرزمینی
- ترویج استفاده از شیوه SAR در شرایط مناسب کشور

پ.۱-۳- سیستم رودخانه‌ای Awash علیا، اتیوپی

- ارزیابی سیستم رودخانه‌ای Awash علیا، و چشم‌اندازهای مدیریت جامع منابع آب
- منابع آب این منطقه تحت تاثیر دوره‌های خشک طولانی مدت و باران‌های شدید کوتاه‌مدت قرار دارد که عوامل مهمی در بهره‌برداری کارای مخازن (سدها) برای تخصیص آب شهری و کشاورزی می‌باشند.

1- Groundwater Management Act
 2- Arizona Department of Water Resources
 3- Active Management Areas
 4- Safe Yield
 5- Central Arizona Project
 6- Recharge and Recovery
 7- Storage And Recovery

- تغییرات فصلی و نوسانات استثنایی مکانی و زمانی بارش همراه با زیرساخت‌های محدود برای ذخیره آب و حفاظت ضعیف حوضه‌های آبریز، میلیون‌ها انسان را در معرض تهدید سیل و خشک‌سالی قرار داده است.
- مطالعات کافی پیرامون منابع آب زیرزمینی در این منطقه به عمل نیامده است؛ با این حال، رسوبات غنی از نمک و آتش فشان‌های فعال این منابع را برای منظورهای شهری و کشاورزی نامناسب می‌سازد.
- شهرهای این منطقه عبارت‌اند از Adama، Wanji و Matahara که همه آب خود را از رودخانه Awash می‌گیرند. Adama، یکی از بزرگ‌ترین شهرهای اتیوپی، آب خود را از سد Koko دریافت می‌کند.
- به علت مهاجرت جمعیت از روستا به شهر، تقاضای آب شهری به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است. شرکت مدیریت منابع آب حوضه Awash، امور هماهنگی، اداره، تخصیص و نظارت منابع آب سطحی حوضه را عهده دارد.
- منابع آب شیرین این منطقه از منابع آلودگی نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای ناشی از خصوصیات خاک رودخانه‌ای، استقرار نامناسب صنایع کشور در این حوضه و فعالیت‌های آتش فشان‌ی آلوده شده است. همچنین به علت میزان تبخیر و تعرق بیش‌تر از بارش، نمک‌های آب زیرزمینی روی سطح خاک انباشته شده است.
- سیستم‌های جمع‌آوری، تصفیه و دفع فاضلاب در این منطقه در وضع بحرانی قرار دارد. سیستم تصفیه فاضلاب تقریباً وجود ندارد که این مساله باعث شیوع امراضی مانند امراض انگلی می‌شود. سیستم جمع‌آوری رواناب سطحی به غیر از جویچه وجود ندارد و آنهم برای تخلیه فاضلاب‌خانه‌ها استفاده می‌شود. از این رو بارندگی موجب آبگرفتگی زیاد معابر می‌شود.
- ظرفیت‌سازی نهادی برای «مدیریت جامع منابع آب» آغاز شده است. تغییر اقلیم، مدیریت منابع آب را در این منطقه مشکل‌تر خواهد کرد.

پ.۱-۴- رشد سریع شهرنشینی و مشکلات مدیریت آب شهری در چین

- مساله کمبود آب در چین به علت آلودگی و روش‌های معمول و یا پیشرفته‌ی تصفیه آب
- قسمت‌های شمالی چین با ۲۰ درصد از منابع آب چین، بیش از نیمی از جمعیت چین را دارد. بیش از ۸۰ درصد منابع آب چین که در جنوب شرقی کشور است، آلوده بوده و دچار پدیده تغذیه‌گرایی است.
- آلودگی رودخانه‌های چین بسیار جدی است، کیفیت محیط‌زیست در معرض تخریب سریع است و مساله کمبود آب در این کشور به علت آلودگی مشهود است. کمبود منابع آب، عاملی محدود کننده برای توسعه بیش‌تر در چین شده است. از این رو. برای رفع این مشکل، از روش‌های معمول و یا پیشرفته تصفیه آب، بسته به کیفیت آب استفاده می‌شود.

- رشد سریع شهرنشینی باعث پیچیده‌تر شدن این مشکلات شده و کمیابی آب، اختلاف فاحشی بین تامین و تقاضا و در نتیجه مناقشات آبی به وجود آورده تا جایی که تامین آب یک عامل محدود کننده برای فرایند شهرنشینی و نیز توسعه اقتصادی-اجتماعی شده است.
- تولید حجم عظیم فاضلاب شهری باعث شده است تا توجه بیش‌تری به تصفیه فاضلاب شود.

پ.۱-۵- تجارب جهانی بازیافت آب [۳۳]

پ.۱-۵-۱- استرالیا

- جنوب استرالیا

- طرح آبیاری ویرجینیا در جنوب استرالیا بزرگ‌ترین طرح بازیافت آب در نیم کره جنوبی است (با مشارکت دولتی - خصوصی).
- پساب خروجی از تصفیه‌خانه شهر آدلاید فیلتر شده و توسط شبکه ۱۰۰ کیلومتری در دشت‌های شمالی آدلاید توزیع می‌شود.
- ۶۰۰۰ هکتار از زمین‌های کشاورزی با بیش از ۱۱۰ میلیون لیتر در روز آب بازیافتی با کیفیتی در سطح کلاس A آبیاری می‌شوند.
- تغذیه و بازیافت در آبخوان‌ها (SAR) همراه با مدیریت شوری، مولفه‌های اصلی این پروژه است.

- کوینزلند

- پساب تصفیه‌خانه فاضلاب صنعتی در «بریسبین»، طی فرایند دوگانه میکروفیلتراسیون، در مصارف صنعتی استفاده می‌شود.
- منطقه مسکونی در «اسپرینگ فیلد» از سیستم شبکه دوگانه برای جمعیت ۶۰۰۰۰ نفری استفاده می‌کند.
- پروژه‌ای ابتکاری در زمینه توسعه منابع آب و بازیافت آب وجود دارد که به «پروژه آب آینده» معروف است. این پروژه که جمعیت ۱۵۰ هزار نفری شهر را پوشش می‌دهد، از شبکه تلفیقی دوگانه و شبکه فاضلاب هوشمند استفاده می‌کند، به طوری که نیاز به واردات آب شرب را تا ۸۵ درصد کاهش می‌دهد.

- غرب استرالیا

- در منطقه صنعتی جنوب پرس در غرب استرالیا، تکنولوژی ممبرین‌های دوگانه جهت بازیافت سالانه ۶ گیگا لیتر پساب تصفیه‌خانه فاضلاب برای صنایع پر مصرف منطقه، استفاده می‌شود. این تصفیه‌خانه که در نوع خود بزرگ‌ترین تصفیه‌خانه بازیافت استرالیا است، فاضلاب صنعتی را نیز تصفیه کرده و پساب اضافی را به نقطه مناسبی در دریا تخلیه می‌کند.

- جایگزینی آب آشامیدنی با آب بازیافتی که در حال حاضر در بسیاری از صنایع استفاده می‌شود، راهکار بسیار مناسبی برای حفاظت منابع آب شرب پرس است.
- با پساب تصفیه‌خانه فاضلاب سابی‌کو شهر پرس، پارک‌ها و زمین‌های گلف آبیاری می‌شوند.

پ.۱-۵-۲- خاورمیانه

- خاورمیانه از جمله مناطقی است که با مشکلات زیادی در زمینه منابع آب روبروست، به طوری که کیفیت آب در این منطقه روز به روز در حال بدتر شدن و منابع آب در حال زوال و کم شدن است.
- کشورهای با تکنولوژی بالا در این منطقه مثل فلسطین اشغالی، سرمایه‌گذاری زیادی جهت افزایش بازیافت و بازچرخش آب به ویژه در بخش کشاورزی می‌کند و بازچرخش آب به بیش از ۷۰ درصد رسیده است.

پ.۱-۵-۳- آفریقا

- در سال ۱۹۶۹، ساکنان پایتخت نامیبیا اولین کسانی بودند که استفاده از آب بازیافتی را برای شرب تجربه کردند.
- فرایندهای تصفیه فاضلاب به طور چشمگیری در این منطقه کم آب آفریقا پیشرفت کرده است و آب بازیافتی نقش مکمل منابع محدود سطحی و زیرزمینی را برای شرب در این منطقه کم باران دارد.

پ.۱-۵-۴- سنگاپور

- اخیرا پروژه NEWater در سنگاپور در سطح بین‌المللی مورد توجه قرار گرفته است.
- پساب پنج تصفیه‌خانه فاضلاب در حد کیفیت آب شرب تصفیه می‌شود و آب بازیافتی به عنوان مکمل دیگر منابع تامین آب این کشور به شمار می‌آید.
- در حالی که بخش بسیار کمی از آب بازیافتی (۱ تا ۲/۵ درصد) به مصرف شرب می‌رسد، عمده آب بازیافتی در فرایندهای با کیفیت بالای صنعتی مصرف می‌شود.
- ویژگی مهم این پروژه، توجه بین‌المللی و مقبولیت در بین مردم سنگاپور به خاطر اجرای برنامه‌های جامع مشورت با مردم و ارزیابی پروژه است.

پ.۱-۵-۵- کالیفرنیا

- کالیفرنیا با داشتن آب و هوایی مشابه استرالیا، جلودار صنعت بازیافت آب در آمریکا است.

- بخش آب و بهداشت «اورنج کانتی»^۱ در سال ۱۹۷۶، مسوول پروژه‌ای به نام «کارخانه آب ۲۱» به عنوان یکی از اولین تصفیه‌خانه‌های بازیافت آب شد.
- با توجه به کاهش منابع آب سطحی و ضرورت حفاظت آبخوان‌ها از پیشروی آب شور^۲، «سیستم تجدید ذخایر آب زیرزمینی»^۳ با ظرفیت تصفیه بیش‌تری جایگزین پروژه اولیه «کارخانه آب ۲۱» شده است. این پروژه تا ظرفیت نهایی ۲۶۵ میلیون لیتر در روز به صورت مرحله‌ای در حال توسعه است.
- در این سیستم از پیشرفته‌ترین فرایندهای تصفیه فاضلاب استفاده می‌شود. آب تصفیه شده به حوضچه‌های پخش برای تغذیه آبخوان‌ها و نیز به چاه‌های تزریق برای ممانعت از آب شور دریا پمپاژ می‌شود.

پ.۱-۵-۶- اروپا

- در حال حاضر بیش از ۲۰۰ پروژه بازیافت آب در اروپا در حال اجراست که مهم‌ترین آن‌ها در مناطق ساحلی و جزایر نیمه خشک جنوب اروپا هستند.
- در جنوب اروپا، آب بازیافتی بیش‌تر در کشاورزی مصرف می‌شود. این در حالی است که در شمال اروپا، بیش‌تر برای مصارف شهری، صنعتی و محیط‌زیستی استفاده می‌شود [۳۳].

پ.۱-۶- کارایی مصرف آب^۴ در بخش‌های تجاری، صنعتی و نهادی CII^۵

- تکنولوژی‌های کارا- مصرف آب و تدابیر کاهش مصرف آب. تجربیات کالیفرنیا
 - دسترسی کافی و مطمئن به آب برای بنگاه‌ها^۶ و جوامع مجاور، خیلی مهم است.
 - در سراسر ایالات متحده، کمبود آب باعث توجه و تلاش روزافزون برای افزایش کارایی مصرف آب شده است. توسعه تکنولوژی‌های کارا- مصرف آب^۷ و تدابیر کاهش مصرف آب، فرصت خوبی برای مصرف‌کنندگان تجاری، صنعتی و نهادی (CII) آب است.
 - چنین تدابیری به بسط منابع محدود آب، صرفه‌جویی مالی برای بنگاه‌ها، کاهش مصرف انرژی، بهبود کیفیت آب و حفاظت اکوسیستم‌ها کمک می‌کند.

1- Orange County
 2- Sea Water Intrusion
 3- Groundwater Replenishment System
 4- Water-Use Efficiency
 5- Commercial, Industrial, and Institutional (CII)
 6- Business
 7- Water-Efficient Technologies

این بخش، گستره‌ای از تدابیر و روش‌های بالقوه صرفه‌جویی آب در صنایع کالیفرنیا را بررسی می‌کند. به‌علاوه، مطالعات موردی از شرکت‌های آب و بنگاه‌ها در کالیفرنیا را بیان می‌کند تا از چگونگی اجرای این برنامه‌ها و مخارج و منافع آن‌ها و برخی از موانع و چالش‌های آن‌ها آگاه شویم. در انتها پیشنهادهایی در خصوص کارهایی که شرکت‌های آب، بنگاه‌ها و دولت در ایران می‌توانند انجام دهند تا روش‌های هوشمند کارا- مصرف آب را توسعه داده و آب را در بخش‌های CII کشور صرفه‌جویی کنند، ارائه می‌شود.

- افزایش کارایی (بازدهی) آب در CII، هزینه-کارا^۱ است

- مصرف-کارا به روش‌ها، محصولات و سیستم‌هایی اشاره می‌کند که بدون از دست دادن عملکرد، آب کم‌تری استفاده می‌کنند.
- استراتژی‌های هزینه-کارا برای صرفه‌جویی قابل توجه در بخش‌های CII وجود.
- حفاظت آب از طریق کارایی بیشتر مصرف در بخش‌های CII تاثیر چشم‌گیری بر مصرف آب دارد و منافع اقتصادی و محیط‌زیستی به همراه دارد.
- بنگاه‌ها می‌توانند با سرمایه‌گذاری در تکنولوژی و تدابیر مصرف- کارا آب، صرفه‌جویی مالی کنند. این صرفه‌جویی‌ها شامل موارد زیر می‌شود:
 - کاهش صورت حساب آب
 - کاهش شارژ فاضلاب
 - کاهش هزینه انرژی
 - کاهش هزینه برای مواد شیمیایی و خالص‌سازی آب

- بسط ذخایر محدود آب

کارایی مصرف آب به بسط منابع محدود آب، که در شرایط خشک‌سالی اهمیت زیادی دارد، کمک می‌کند.

- صرفه‌جویی انرژی

- برداشت، تصفیه، تحویل و مصرف آب، انرژی زیادی نیاز دارد و برای مدیریت فاضلاب، انرژی بیش‌تری نیاز است.
- کارایی مصرف آب در بخش‌های CII و استفاده از آب بازچرخش شده باعث صرفه‌جویی چشم‌گیر انرژی می‌شود و در نتیجه فشار بر شبکه انرژی کاهش می‌یابد.

- طبق برآورد کمیسیون انرژی کالیفرنیا (CEC)^۱، حدود ۲۰ درصد برق مصرفی کالیفرنیا و بیش از ۳۰ درصد مصرف گاز (به غیر از نیروگاهها) مربوط به مصرف آب است.
- کاهش آلودگی گرمای جهانی
- اکثر منابع تولید انرژی، گازهای گلخانه‌ای تولید می‌کنند.
- کاهش مصرف آب و به‌خصوص آب داغ، نیاز به انرژی را کاهش می‌دهد و در نتیجه باعث کاهش آلودگی گرمایی جهانی می‌شود.
- بخش آب دشت سانتاکلارا (SCVWD) نشان داد که از سال ۲۰۰۳ تنها با جایگزینی شیرهای افشانک پیش-شست‌وشو در فرایندهای صنایع غذایی، باعث کاهش بیش از ۱۴۰۰۰ تن (متریک) دی‌اکسیدکربن شده است.
- سازگاری با اثرات گرمای جهانی
- افزایش کارایی مصرف آب در بخش‌های CII به بنگاه‌ها کمک می‌کند که در مقابل خشک‌سالی و اثرات تغییرات آب و هوا تاب آورند.
- سرمایه‌گذاری در حفاظت و کارایی آب، انعطاف‌پذیری بیشتری برای بنگاه‌ها در مقابل این عدم قطعیت‌های آب و هوایی فراهم می‌کند.
- بازسازی شیلات و سایر اکوسیستم‌ها
- کاهش مصرف آب در بخش‌های CII باعث کاهش فشار بر رودخانه‌هایی می‌شود که بیش از حد بهره‌برداری شده‌اند.
- مصرف کم‌تر آب آشامیدنی از سیستم رودخانه‌ها می‌تواند به ترمیم اکوسیستم دلتای ساکرامنتو- سن واکین کمک کند.
- بهبود کیفیت آب
- بهبود کارایی مصرف آب فضای سبز در بخش CII می‌تواند باعث کاهش رواناب شهری و جاری شدن مواد شیمیایی و کود پارک‌ها و چمنزارها به خلیج‌ها، رودخانه‌ها و انهار شود.
- بازچرخش آب در محل باعث کاهش حجم تخلیه فاضلاب، شامل آلاینده‌های تحت نظارت و سایر مواد، می‌شود که در غیر این صورت باید به تاسیسات تصفیه فاضلاب فرستاده شوند.

- توصیه‌هایی برای بهبود کارایی آب در CII

- با وجود پیشرفت‌هایی که در دهه اخیر برای بهبود کارایی مصرف آب در بخش‌های CII، از مدارس تا هتل‌ها و سازندگان ریزتراشه، صورت گرفته است، هنوز هم پتانسیل‌های زیادی برای بهبود وجود دارد.
- تحقق بخشیدن به این پتانسیل، نیازمند تطابق و تناسب بین سطح جدیت شرکت‌های آب و مشتریان از بخش CII برای افزایش کارایی آب، با بودجه مورد نیاز برای تحقیق و کمک‌های اجرایی است.
- استفاده کنندگان آب در بخش CII، نمایندگان اجرایی و قانون‌گذاری کالیفرنیا باید با هم همکاری کنند تا از طریق کارایی مصرف آب به پتانسیل‌های وسیع صرفه‌جویی آب دست یابند.

- پیشنهاد‌های NRDC برای بهبود کارایی مصرف آب در بخش‌های CII

- تدوین استانداردهای کارایی مصرف آب برای محصولاتی که از آب استفاده می‌کنند.
- تنظیم اهداف عملکرد محور صرفه‌جویی آب برای فراهم کردن انعطاف‌پذیری برای شرکت‌های آب
- در اولویت قرار دادن صرفه‌جویی آب نسبت به افزایش تامین (تولید)
- گرفتن عوارض فروش آب برای تامین یک منبع بودجه اختصاصی برای برنامه‌های کارایی آب، شامل کمک‌های گسترده فنی و مالی
 - تشویق شراکت و حمایت مالی نمایندگان شرکت‌های فاضلاب و خدمات انرژی
 - سازماندهی فرایندی مناسب برای استفاده از آب بازچرخشی
 - قیمت‌گذاری حجمی برای خدمات فاضلاب
 - قطع ارتباط فروش شرکت‌های آب از درآمد آن‌ها
 - بهبود جمع‌آوری و مدیریت داده‌های مصرف آب

- تکنولوژی موجود برای افزایش کارایی آب CII

تامین آب کافی برای اقتصادی ستبر، جامعه‌ای پیشرو و محیط‌زیستی سالم ضروری است. در سرتاسر ایالات متحده، کمبود آب موجب توجه و شتاب‌گیری تلاش‌ها برای افزایش کارایی مصرف آب شده است.

- با فضای سبز کارا-مصرف، آن را سبز نگاه دارید

- در کالیفرنیا، نزدیک یک میلیون ایکر- فوت آب در سال، بیش از یک سوم آبی که در بخش‌های CII استفاده می‌شود، برای فضای سبز ساختمان‌ها مانند دفاتر، مدارس، پارک‌ها و وسط خیابان‌ها استفاده می‌شود.
- بنگاه‌ها و نهادها می‌توانند مقدار قابل توجهی آب و پول، با سرمایه‌گذاری در طراحی، نصب و نگهداری از فضای سبز کارا مصرف، صرفه‌جویی کنند.

- تقریباً همه مشتریان CII می‌توانند با جایگزینی چمن هایشان با پوشش گیاهی کم مصرف یا با سرمایه‌گذاری در وسایل بدیعی مانند کنترل کننده‌های هوشمند و حسگرهای رطوبت، آب را صرفه‌جویی کنند.
- زروسکیپ^۱ به فضای سبزی اطلاق می‌شود که نیاز به آبیاری تکمیلی کم‌تری دارد و می‌تواند مصرف آب را تا ۵۰ درصد یا بیش‌تر کاهش دهد.

- افزایش کارایی سیستم‌های خنک‌کننده آبی پر مصرف

- برج‌های خنک‌کننده به عنوان بخشی از سیستم خنک‌کننده مرکزی ساختمان‌های بزرگ و برای خنک کردن، سردخانه، خشک‌شویی، تجهیزات طبی، صنعت و سایر وسایل صنعتی به کار می‌روند.
- با وجود این‌که نسبت به خیلی سیستم‌های خنک‌کننده دیگر، کارایی انرژی بالاتری دارند، ولی همچنین جزء بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان آب در بخش‌های CII هستند. برج‌های خنک‌کننده ۲۰ تا ۵۰ درصد از آب مصرفی تاسیسات را تشکیل می‌دهند. در بخش‌های CII کالیفرنیا، خنک‌کننده‌ها تقریباً ۱۵ درصد (۳۷۵۰۰۰۰۰ گالون-فوت) از مصرف سالانه آب را به خود اختصاص می‌دهند.
- برج‌های خنک‌کننده پر مصرف آب‌اند، زیرا در چرخه خنک کردن، آب تبخیر می‌شود- فرایندی که رانش^۲ نام دارد. هنگامی که آب تبخیر می‌شود، جامدات محلول طبیعی در آب در سیستم خنک‌کننده جمع می‌شوند. برای جلوگیری از این تجمع، آب برای دورریزی این مواد از سیستم رها می‌شود- فرایندی که زیرآب^۳ نام دارد و آب جدید برای تامین آب مورد نیاز به سیستم خنک‌کننده اضافه می‌شود.
- صرفه‌جویی انرژی، بار برق برج‌های خنک‌کننده نیروگاه‌ها را کاهش داده و بنابراین مقدار کل آبی که در برج‌های خنک‌کننده مصرف می‌شود را کاهش می‌دهد.
- کارایی آب در برج‌های خنک‌کننده را می‌توان با کمینه‌سازی تلفات آب در چرخه خنک‌سازی، بهبود بخشید.
- بهترین راه برای کارا ساختن برج‌های خنک‌کننده، نصب سنجشگر رسانایی الکتریکی و نصب کنترل کننده‌ها در برج‌های خنک‌کننده است. این وسایل مقدار کل جامدات محلول آب را با اندازه‌گیری رسانایی الکتریکی در سیستم خنک‌کننده تبخیری اندازه‌گیری و به صورت مداوم پایش می‌کند و نصب کنترل کننده PH، به جلوگیری از تجمع جامدات کمک می‌کند. کنترل کننده‌های رسانایی و PH علاوه بر صرفه‌جویی آب، به صرفه‌جویی انرژی نیز کمک می‌کنند.

1- Xeriscape
2- Drift
3- Blow Down

- صرفه‌جویی آب با شیرهای کم مصرف آب

- شیرهای آب اغلب در آشپزخانه و سرویس‌های بهداشتی هستند. استانداردها و کدهای لوله‌کشی فعلی ایالات متحده، بالاترین نرخ جریان در شیرآلات تجاری را ۲/۲ گالن در دقیقه تعیین کرده است. در سرویس‌های عمومی، بالاترین نرخ جریان در شیر آلات به ۰/۵ گالن در دقیقه محدود شده است.
- نصب هوادهنده شیر آلات، مصرف آب را با مخلوط کردن هوا و آب هنگام خروج آب از شیر، کاهش می‌دهد. نرخ‌های معمول جریان در هوا دهنده‌ها ۰/۵، ۱/۰ و ۲/۲ گالن بر دقیقه است. بسته به استفاده از شیر آلات و هوادهنده‌ها، نصب هوادهنده شیرآلات تجاری با جریان کم، می‌تواند جریان آب خروجی از شیر را ۳۰ تا ۵۰ درصد کاهش دهد، بدون این‌که بر فشار آب یا عملکرد تاثیر داشته باشد.
- هوادهنده‌های جریان کم، همچنین هزینه انرژی شیرهای آب گرم را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهند.

- کاهش مصرف آب در دوش

- دوش در تاسیسات CHI مانند هتل، بیمارستان، باشگاه، و خوابگاه‌های دانشجویی وجود دارد.
- با وجود استانداردهای جدید که در سال ۱۹۹۲ تصویب شد و بالاترین نرخ جریان در دوش‌ها را ۲/۵ گالن بر دقیقه تعیین کرده بود، بسیاری از دوش‌های غیرکارا با نرخ جریان بالای ۵ گالن بر دقیقه، هنوز مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- در برخی تاسیسات، جایگزین کردن دوش‌های غیرکار

- کاهش اتلاف آب در سرویس‌های بهداشتی

- تقریباً هر بنگاهی، صرف‌نظر از این‌که چه محصولی تولید می‌کند، به چه کسی سرویس می‌دهد یا در کجا قرار دارد، می‌تواند از طریق نصب سرویس‌های بهداشتی که از نظر مصرف آب کارا هستند، در مصرف آب صرفه‌جویی کنند.
- توالت‌های قدیمی پر مصرف، بیش از ۵ گالن به ازای هر سیفون آب مصرف می‌کنند. استانداردهای فدرال برای توالت‌های جدید ۱/۶ گالون است و براساس قانون‌گذاری کالیفرنیا (سال ۲۰۰۸)، این مقدار تا سال ۲۰۱۴ به ۱/۳ گالون کاهش می‌یابد.

- با استفاده از ماشین‌های ظرف‌شویی با کارایی بالا و افشانک‌های پیش-آبکشی، با آب کم‌تر تمیز کنید.

- معمولاً، شستن ظروف بیش از دو سوم کل آبی که در رستوران‌ها مصرف می‌شود را به خود اختصاص می‌دهد.
- راحت‌ترین و مقرون به‌صرفه‌ترین راه برای کاهش مصرف آب رستوران‌ها، بهبود کارایی ظرف‌شویی‌ها و افشانک‌های پیش-آبکشی است.

- بهبود کارایی آب و انرژی در لباس شویی ها

- هزینه آب، فاضلاب و انرژی بالاترین هزینه‌های بهره‌برداری لباس شویی هاست.
- متاسفانه، بیش تر آب مصرف شده در ماشین‌های لباس شویی نه تصفیه می‌شود و نه بازچرخش، بلکه درست وارد زهکش فاضلاب می‌شود.
- پتانسیل کارایی آب در این عرصه نسبتا دست نخورده مانده است و فرصت‌های خوبی برای سرمایه‌گذاری در به‌کارگیری روش‌های کارا مصرف در لباس شویی‌ها وجود دارد.

- سازگار کردن فرایندهای صنعتی برای کاهش مصرف آب

- از فراوری غذایی که می‌خوریم گرفته تا استرلیزه کردن تجهیزات اشعه ایکس در بیمارستان‌ها، آب برای انواع مختلفی از فرایندها ضروری است.
- واژه «آب فرایندی» شامل همه مصارف آب منحصر به یک صنعت خاص برای فراهم کردن سرویس یا محصول است. این می‌تواند شامل آبی باشد که برای دیگ‌های بخار صنعتی، سیستم‌های گرمایشی، سیستم‌های سرمایشی، سیستم‌های اسمز معکوس، رقیق کردن شیمیایی و استرلیزه یا تمیز کردن کردن محصولات مصرف می‌شود.
- تدابیر کارایی آب که برای کاهش آب فرایندی اتخاذ می‌شوند باید مخصوص هر سایت و فرایند مشخص باشند. بهترین راه برای مشخص کردن روش‌های بالقوه بهبود کارایی آب در یک سایت به‌خصوص، انجام ممیزی در محل است.

- چند تدبیر کارایی آب فرایندی

- تنظیم چرخه‌های شست‌وشو در صنایع فراوری مواد غذایی. این کار می‌تواند موجب صرفه‌جویی در آب شود. کاهش زمان شست‌وشو، تعداد چرخه‌های شست‌وشو، نرخ جریان آب و استفاده دوباره آب شست‌وشو در محل، تکنولوژی معمول برای بهینه‌سازی کارایی فرایندهای شست‌وشو است.
- استفاده از فاضلاب برای اسکرابرها. صنایع مختلفی از اسکرابرها هوا برای از بین بردن آلودگی از جریان‌های انتشار گاز استفاده می‌کنند. به جای استفاده از آب آشامیدنی برای اسکرابرها، کارخانه‌ها می‌توانند از فاضلاب فرایندهای تولید، هر زمان که وجود داشته باشد، استفاده کنند.
- ضد عفونی کردن محصولات در طول فراوری مواد غذایی و نوشابه با اوزن، به جای آب. اوزن با توجه به قدرت اکسید کنندگی بالایش، یکی از پربازده‌ترین راه‌های تمیز کردن است. به‌علاوه، پاک کردن با اوزن نیاز به مواد شیمیایی یا فرایندهای ضد عفونی با دمای بالا را کاهش می‌دهد یا حذف می‌کند. هر دوی این عملیات به آب نیاز دارند، بنابراین هزینه مواد شیمیایی و آب کاهش می‌یابد.

- استفاده از شیرهایی قطع و وصل خودکار برای کاهش مصرف آب. برخی تجهیزات فرایندها به‌طور مداوم در طول شبانه روز کار می‌کنند. نصب این شیرها روی آن‌ها، جریان آب را هنگامی که تولید متوقف می‌شود، قطع می‌کند.

- بازیافت و بازچرخش آب در محل^۱

- در برخی از موارد، آب از یک فرایند در فرایند دیگری در همان محل می‌تواند دوباره استفاده شود. برای مثال، آب مصرف شده در شست‌وشوی نهایی میوه و سبزیجات می‌تواند در شست‌وشوی اولیه محموله بعدی استفاده شود. آب فرایندی می‌تواند در محل تصفیه شده و برای آبیاری فضای سبز استفاده شود.
- با وجود این‌که قدری تصفیه برای کاهش کل جامدات محلول و محتوای آلی یا شیمیایی لازم است و این تصفیه می‌تواند هزینه انرژی را افزایش دهد، لکن این مخارج استفاده دوباره از آب نسبت به مخارج تامین آب جدید و تصفیه فاضلاب به مراتب کمتر است.
- در بسیاری از صنایع و بنگاه‌های تجاری، آب می‌تواند تصفیه و بازیافت شود، به‌خصوص در فرایندهایی که چندین مرحله شست‌وشو دارند. شرکت الکترونیکی بین‌المللی مارسل^۲، یک سازنده کوچک صفحه مدار در اورنج کانتی^۳ کالیفرنیا است که از آب فرایندی دوباره استفاده می‌کند. MEI با استفاده از کمک دولتی از بخش آب شهرداری اورنج کانتی، توانسته است که تمام مسیرهای فاضلاب را در کارگاه کالیفرنیا شناسایی کند. آن‌ها یک سیستم بازچرخش بسته فاضلاب دایر کرده‌اند که جریان فاضلاب خروجی از هر قسمت را به مکان‌هایی در سایت می‌برد که بتواند مجدداً استفاده شود. از سال ۲۰۰۷ که پروژه اجرا شد، MEI بیش از ۴۰ درصد کاهش مصرف آب را مشاهده کرده است.

- به‌روز رسانی تجهیزات پزشکی برای بهبود کارایی آب

- در ایالات متحده، بیمارستان‌ها به‌طور متوسط حدود ۱۴۰۰۰۰ گالن در روز آب مصرف می‌کنند. بین ۴ تا ۱۵ درصد از این آب برای تجهیزات پزشکی نظیر پردازش‌گر اشعه ایکس، ضدعفونی کننده‌ها و آسپیراتورهای آزمایشگاه‌ها استفاده می‌شود که همه این‌ها برای عملکرد خوب مراکز بهداشتی حیاتی‌اند. بسیاری از این ماشین‌ها در تمام مدت روز و شب در حال کاراند و مقدار زیادی آب مصرف می‌کنند.
- راه‌های زیادی برای کاهش مقدار آبی که تجهیزات پزشکی مصرف می‌کنند وجود دارد که می‌توانند باعث صرفه‌جویی در قبض‌های آب و انرژی شوند. برای دستیابی به بالاترین صرفه‌جویی آب، تمام تجهیزاتی که از

1- On-Site Water Reuse and Recycling
2- Marcel Electronics International (MEI)
3- Orange County

خنک‌کننده آب تک‌گذری استفاده می‌کنند باید با تجهیزاتی که یک چرخه بسته برای سیستم خنک‌کننده دارند جایگزین گردند. برای مثال، پردازش‌گرهای فیلم اشعه ایکس به‌طور متوسط ۸۰۰۰۰۰ گالن آب در سال مصرف می‌کند. استقرار تجهیزات بازچرخش آب برای پردازش‌گر فیلم اشعه ایکس می‌تواند مصرف آب سالانه را تا ۹۸ درصد کاهش دهد و سالانه ۶۰۰ دلار در قبض آب بیمارستان صرفه‌جویی کند. شایان توجه است که صنعت پزشکی انتظار دارد تا ۱۰ سال آینده تصویربرداری دیجیتال در مراکز بزرگ بهداشتی، جایگزین پردازش‌گرهای فیلم اشعه ایکس شوند. گرچه این تحول، عمر سیستم‌های بازچرخش آب اشعه ایکس را به‌طور بالقوه محدود می‌کند، ولی این تکنولوژی هنوز توسط شرکت‌های آب مقرون به صرفه پنداشته می‌شود.

- ضدعفونی‌کننده‌های بخاری که سهم تقریباً ۱۰ درصد آب مصرفی در بیمارستان‌ها را دارند نیز برای ارتقای کارایی جای کار دارند. ضدعفونی‌کننده‌های قدیمی بین ۱ تا ۵ گالن بر دقیقه آب سرد به‌طور مداوم استفاده می‌کنند تا ماده چگال داغ تولید شده در فرایند ضدعفونی را قبل از فرستادن به زهکش‌ها خنک کند.

- توسعه منابع بدیل آب

- علاوه بر تدابیر سنتی کارایی آب، استفاده از تکنولوژی بازچرخش و احیای آب و توسعه کم‌برخورد^۱ می‌تواند به تامین تقاضای کنونی و آینده آب بخش‌های CII کمک کند.
- توسعه کم‌برخورد و بازچرخش آب، هر دو راه‌های مقرون به صرفه ای اند که می‌توانند آلودگی آب را کاهش داده و بسان رودخانه‌ای واقعی فشار وارد بر منابع آبی و اکوسیستم‌هایی که در حال حاضر بیش از حد مورد بهره‌برداری قرار گرفته اند را تخفیف دهند.

- انتفاع بنگاه‌ها و محیط‌زیست از بازچرخش (بازیافت)

- آب احیا شده شهری که آب بازیافتی (بازچرخشی) گفته می‌شود، فاضلاب تصفیه شده است که برای منظورهای مانند آبیاری، فرایندهای صنعتی، سیفون دستشویی، و تغذیه آب‌های زیرزمینی استفاده می‌شود. پتانسیل استفاده‌های آب بازچرخشی تحقیق می‌شود.
- آب بازیافتی (بازچرخشی) یک منبع بی‌خدشه مقابله با خشک‌سالی است، عمدتاً به دلیل این‌که از تصفیه یک منبع پایدار یعنی فاضلاب و اغلب ارزان‌تر از آب آشامیدنی و تازه به دست می‌آید. در برخی شهرها نرخ مصرف آب بازیافتی ۵۰ درصد آب شرب است و هزینه اتصال هم شارژ نمی‌شود و بالقوه هزاران دلار برای یک بنگاه صرفه‌جویی می‌شود.

- ضمن توجه به چالش غلبه بر احساس عمومی نسبت به استفاده از آب بازیافتی، این منبع می‌تواند در مقایسه با پروژه‌های گران‌تر سدسازی، گزینه جالبی باشد. بخش آب اورنج کانتی، پتانسیل آب بازیافتی را در سیستم‌های بازپرسازی^۱ آبخوان‌ها، ثابت کرده است. این سیستم، فاضلاب تصفیه پیشرفته شده را گرفته و فراتر از استانداردهای ایالتی و فدرال برای آب آشامیدنی تصفیه می‌کند و به عنوان موانع گسترده پیشروی آب شور دریا در طول ساحل تزریق می‌کند تا آب اقیانوس را از حوزه‌های آب زیرزمینی جدا نگه دارد. آب تصفیه شده به آبخوان‌های عمیق تراوش می‌کند و در نهایت جزئی از ذخایر طبیعی آب آشامیدنی می‌شوند. این سیستم به اندازه کافی آب خالص تولید می‌کند که می‌تواند پاسخ‌گوی نیاز ۵۰۰۰۰۰ نفر باشد. شرکت‌های آب، استفاده از آب بازیافتی را در بخش‌های CII و به‌خصوص در آبیاری فضای سبز و نیز برای فرایندهای صنعتی و برای سیفون سرویس‌های بهداشتی تشویق می‌کنند.
- مدیریت این منطقه بزرگ شهری، انگیزه‌های چشم‌گیری (بیش از ۵۰۰ دلار به ازای هر ایکرفوت استفاده از آب بازیافتی) برای مشترکان تجاری و سازمان‌های دولتی مانند شهر، کانتی، ایالت یا اماکن فدرال که از بودجه عمومی استفاده می‌کنند، عرضه می‌کند.

- گسترش توسعه کم‌برخورد

- مصرف آب را کاهش داده، کیفیت آب را بهبود می‌بخشد و باعث صرفه‌جویی انرژی می‌شود
- توسعه کم‌برخورد از حس عام و تکنولوژی ساده، مثل بسترسازی با گیاهان بومی، سطوح متخلخل پارکینگ‌ها و جاده‌ها و سایر ابزارها، برای نگهداری بارش در محل و اجازه رسوخ آن به داخل زمین استفاده می‌کند.
 - شیوه‌های توسعه کم‌برخورد، پتانسیل زیادی برای تقویت منابع آب، حفظ کیفیت آب و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای دارند.

- بررسی موفقیت‌ها در افزایش کارایی آب CII و پتانسیل آن: کالیفرنیا

برخی از صنایع و نهادها در کالیفرنیا موفقیت قابل توجهی در اجرای تکنولوژی و فرایندهای مقرون به صرفه برای افزایش کارایی آب داشته‌اند در سراسر ایالت، موسسات آموزشی و بنگاه‌ها از تولید کننده‌های نوشیدنی گرفته تا سازندگان ریزتراشه‌ها تا خمیر کاغذ، از راه‌های ابتکاری برای صرفه‌جویی آب استفاده می‌کنند.

- پیشینه کردن کارایی آب در واحدهای نوشابه‌سازی

- تاسیسات فراوری نوشابه در اموری مثل خنک‌سازی، فضای سبز و سرویس‌های بهداشتی و در فازهای مختلف عملیات تولید نوشابه، شامل ضدعفونی کردن ظروف، روغن‌کاری نوار نقاله‌ها و در خود نوشابه، از آب استفاده می‌کنند.
- یک واحد صنعتی تولید نوشابه در San Leandro در کالیفرنیا با موفقیت از تکنولوژی نوین برای کاهش مصرف آب و هزینه‌های انرژی استفاده می‌کند. این واحد، شست‌وشو دهنده‌های آبی که برای شستن ظروف نوشابه استفاده می‌شد را با شست‌وشو کننده‌های هوای یون زدوده جایگزین کرده‌اند. آب مصرفی در محل که بعد از یک بار استفاده دور ریخته می‌شد، اکنون تصفیه شده و برای خنک کردن و فضای سبز استفاده می‌شود. ظروف نوشابه با تسمه نقاله‌هایی که از روغن‌کاری خشک به جای روغن‌کاری‌های قدیمی آب و صابون استفاده می‌کنند، جا به جا می‌شوند. این به‌روز سازی‌ها، میلیون‌ها گالن آب در سال در این کارخانه صرفه‌جویی می‌کند.

- افزایش بازچرخش آب در پالایشگاه‌های نفت

- در کالیفرنیا بیش از ۲۰ پالایشگاه نفت وجود دارد. به‌طور متوسط ۱۸۵۱ گالن آب برای تصفیه یک بشکه نفت خام استفاده می‌شود. پالایشگاه‌های کالیفرنیا ۶۷۴ میلیون بشکه نفت در سال پالایش کرده و ۳/۸ میلیون ایکر-فوت آب در این فرایند استفاده می‌کنند.
- پالایش نفت، صنعتی است که بالاترین پتانسیل صرفه‌جویی آب را دارد. برآورد شده است که پالایشگاه‌های نفت در کالیفرنیا می‌توانند با استفاده از تکنولوژی و روش‌های کارا، مصرف آب را ۳۹۰۰۰ تا ۷۸۰۰۰ ایکر-فوت در سال کاهش دهند.

- تامین تقاضای تکنولوژی پیشرفته برای آب با کیفیت بالا

- ساخت نیمه رساناها که برای صنایع کامپیوتر، تلفن همراه، و سایر مصارف الکترونیکی لازم است، فرایندی است که مقدار زیادی آب مصرف می‌کند. تولید یک نیمه رسانا تا ۲۴۰۰ گالن آب شرب نیاز دارد بیش‌تر آب لازم برای تمیز کردن و فراوری نیمه رساناها باید بدون یون و یا آب فوق خالص باشد.
- کارخانه‌های بزرگ تا ۳ میلیون گالن در روز آب فوق خالص مصرف می‌کنند. تولید آب فوق خالص توسط شرکت‌های خصوصی و یا عمومی آب به دلیل نیاز به تصفیه زیاد، گران است. خوشبختانه ۶۰ تا ۷۰ درصد آب فوق خالص استفاده شده در تولید می‌تواند در محل بازچرخش شود.
 - برای مثال، سیستم بازچرخش اسمز معکوس، مقدار آب مصرفی در فرایند تولید تراشه را کاهش می‌دهد.
 - پسمانده آب فرایند تولید تراشه می‌تواند به سایر تجهیزات مانند اسکرابرها، زهکش‌های فاضلاب و برج‌های خنک‌کننده فرستاده شود.

- کاهش مصرف آب در ورزش‌های پرمصرف آب

- میدان‌های گلف به‌خصوص در بخش‌های غربی ایالات متحده، مقدار عظیمی آب مصرف می‌کنند.
- کالیفرنیا بیش از ۹۰۰ میدان دارد که در سال حدود ۷ میلیارد دلار سودآوری دارند.
 - در کالیفرنیا ۸۰ درصد میدان‌های گلف در مکان‌هایی قرار دارند که در سال‌های پیش رو مناقشه تامین آب خواهند داشت.
- پتانسیل مصرف آب بازیافتی و کارایی دستگاه‌های موجود مانند سرآبپاش‌ها از نظر مثلا یکنواختی پخش آب و نیز کارایی کنترل‌کننده‌هایی که براساس آب و هوا کار می‌کنند را می‌توان با ممیزی آب میدان گلف ارزیابی کرد.

- صرفه‌جویی آب در بخش تکنولوژی پیشرفته

- هنگامی که Gordon Moore، شرکت اینتل را در Mountain View کالیفرنیا در سال ۱۹۶۸ آغاز کرد، به دنبال این بود که یک شرکت خلاق با کم‌ترین «ردپای محیط‌زیستی»^۱ تاسیس کند. با ساختن واحدهای صنعتی در سراسر جهان که بسیاری از آن‌ها در مناطق خشک بودند، Intel مجبور بود در زمینه مصرف آب هوشمندانه عمل کند.
- از سال ۱۹۹۵، Intel ۱۰۰ میلیون دلار برای استفاده بهینه از آب سرمایه‌گذاری کرده و در مقابل بیش از ۹۰۰۰۰۰ ایگر فوت آب در سال - معادل مقدار آب لازم برای ۱۸۰۰۰۰ خانوار در سال - صرفه‌جویی کرده است.
 - تلاش آن‌ها پاسخ داده شد، به طوری که از اینتل با فضای ۱۰۰۰ ایگری در آریزونا اخیرا توسط USEEA به عنوان پیشتاز در مصرف بهینه آب تقدیر شد.
 - اینتل تجهیزات اینتل طوری طراحی شده که نسبت به متوسط صنایع، ۷۵ درصد آب کم‌تری استفاده کند. به جای ۸ میلیون گالن، واحد صنعتی آریزونا فقط ۲/۵ میلیون گالن آب در روز مصرف می‌کند.
 - به‌علاوه، با تصفیه آب استفاده شده در واحدهای صنعتی، آن را به آبخوان محلی تزریق می‌کند. از آغاز آن در سال ۲۰۰۰، این سیستم بیش از ۳/۵ میلیارد گالن آب با کیفیت شرب تصفیه و به آبخوان تزریق کرده است.
 - اینتل در برنامه‌های کارایی آب، علاوه بر مهندسان خود از کمک شرکت‌های محلی آب استفاده می‌کند.

- اینتل چگونه کارایی مصرف آب را ارتقا داد؟

- اولین کار، ممیزی کامل بود که نشان داد اسکراب‌های هوا و برج‌های خنک‌کننده بزرگ‌ترین استفاده‌کنندگان آب در تاسیسات بودند.

- سپس اینتل یک سیستم بازچرخش و بازیافت دایر کرد تا پساب فرایند تولید آب فوق خالص را گرفته و برای خنک کردن و نیز فضای سبز سایت استفاده مجدد کند.

- به جای آب در اسکراب‌های هوا برای حذف ذرات و گازها

اینتل روشی طراحی کرد که از ماده سوزآور برای کاهش انتشار گاز استفاده می‌کند. برای این فرایندهای به‌سازی، اینتل ۱۷۵۰۰۰ دلار از SCVWD و شهر سن حوزه وام بلندمدت گرفت.

- استفاده آب بازچرخشی در کارخانه‌های کاغذسازی

- صنایع خمیر کاغذ و کاغذ در آمریکا میلیون‌ها گالن در روز آب مصرف می‌کنند. برای تولید یک تن کاغذ از خمیر کاغذ، بیش از ۱۷۰۰۰ گالن آب مورد نیاز است.
- این فرآیند، آب و انرژی زیادی مصرف می‌کند. در کالیفرنیا هر سال ۲۲۰۰۰۰ ایگر فوت آب مصرف می‌کند.
- یکی از بهترین راه‌ها برای صرفه‌جویی آب و پول در صنعت کاغذ، بازچرخش آب است.
- برآوردها نشان می‌دهد که از طریق بازچرخش، بیش از نیمی از آب صرفه‌جویی می‌شود.
- بازچرخش، فرایند نسبتاً ساده‌ای است. پساب خروجی از اولین مرحله آبیگری در فرایند خمیرسازی، در مراحل بعدی آبیگری استفاده مجدد می‌شود.

- آموزش و اجرای استراتژی‌های حفاظت آب در مدارس و دانشگاه‌ها

- مدارس کالیفرنیا سالانه بیش از ۲۵۰۰۰۰۰ ایگر فوت آب در سرویس‌های بهداشتی، خوابگاه‌ها، کافه تریا و آشپزخانه‌ها، ورزشگاه‌ها، آزمایشگاه‌ها و آبیاری فضای سبز مصرف می‌کنند.
- نصب ابزارهای حفاظت آب و بهینه‌سازی کارایی می‌تواند آب مصرفی مدارس و دانشگاه‌ها را تا ۴۴ درصد کاهش دهد که معادل پتانسیل صرفه‌جویی آب ۹۲۰۰۰ تا ۱۲۴۰۰۰ ایگر فوت در سال است.
- برای صرفه‌جویی چشم‌گیر، کمیته‌های برنامه‌ریزی می‌توانند با تغییر روش، بهبود تاسیسات زیربنایی، و آگاهی‌رسانی، کارایی مصرف را در بین دانش‌آموزان، استادان و کارمندان ارتقا دهند.
- بهبود سرویس بهداشتی ساختمان‌ها و خوابگاه‌ها و استفاده از توالت‌های مصرف-کارای آب، استفاده از دوش‌های با جریان کم، و شیرهای با کارایی بالا بسیار مقرون به صرفه است.
- نصب شیرهای اسپری پیش آبکشی و ظرف‌شویی به‌جای سیستم قدیمی سرلوله افشانکی در آشپزخانه‌ها
- بهبود سیستم‌های آبیاری می‌تواند مقدار کل آب مصرفی آبیاری فضای سبز وسیع مدارس و دانشگاه‌ها را تا ۵۰ درصد کاهش دهد.
- تخفیف هزینه‌ها برای تشویق اجرای تدابیر مصرف-کارای آب در مدارس و دانشگاه‌ها

- نتیجه‌گیری

- علی‌رغم پیشرفت مهم در بخش‌های CII برای بهبود کارایی آب، پتانسیل‌های بسیاری هنوز وجود دارد.
- NRDC بسیاری از موانع کلیدی برای افزایش کارایی CII را شناسایی کرده و پیشنهادهای برای شرکت‌های آب و دولت فدرال، ایالت‌ها و سطوح محلی تهیه کرده تا بر آن موانع غلبه کنند. با اجرای این پیشنهادات، می‌توان منابع محدود آب را بسط داد، در هزینه‌های تجاری صرفه‌جویی کرد، مصرف انرژی را کاهش داد، کیفیت آب را افزایش داد و اکوسیستم محلی را حفظ کرد.

- موانع

- کمبود بودجه و اطلاعات و قیمت نسبتاً کم آب، هزینه واقعی آب و ارزش افزایش کارایی را ناپیدا می‌کند.
 - کمبود سرمایه مشتری‌ها یا ناآگاهی از کمک‌های مالی
 - برخی از کسب و کارها واقعا سرمایه کافی برای به‌سازی ندارند،
 - نصب سیستم‌های یون‌زدایی یا اسمز معکوس که به تولید کننده‌های سیلیکون امکان دهد آب را بازیافت کنند، میلیون‌ها دلار هزینه دارد، و
 - تغییر فضای سبز موجود به گزینه‌های کارا- مصرف آب، ده‌ها هزار دلار هزینه دارد.
 - در برخی موارد، شرکت‌های آب برنامه‌هایی برای پرداخت بخشی از بدهی^۱ مشتریان دارند، لکن مشتریان خبر ندارند و لذا از هزینه‌های مقرون به صرفه بهبود سیستم تجهیزات پر مصرف بی‌اطلاع می‌مانند.
- کمبود کمک‌های فنی و کمبود کارکنان کارآزموده
 - کمبود کارکنان کارآزموده در شرکت‌های آب با تخصص فنی لازم برای نصب و نگهداری فناوری‌های کارا- مصرف آب، به صورت یک مانع مهمی پابرجاست. تعداد کم کارکنان مسوول نگهداری در شرکت‌های کوچک آب، پتانسیل شرکت‌های آب را برای همکاری با مشتریان CII محدود می‌کند.
- کمبود اطلاعات
 - اطلاعات خوب، پایه و اساس برنامه‌ریزی و مدیریت منابع است. برای رسیدن به اهداف حفاظت آب در بخش‌های CII و سایر بخش‌ها، کالیفرنیا باید گزارش‌های الکترونیکی مصرف آب در کل ایالت را تهیه و همه این اطلاعات را در یک پایگاه داده مرکزی قابل اشتراک جمع کند.
- مستاجر ثالث و بی‌انگیزگی

مستاجر ثالث معمولاً مسوول هزینه‌های بهره‌برداری تجهیزات اجاره ای نیست و اغلب اوقات انگیزه‌ای برای بهبود کارایی تجهیزات ندارند. ایجاد انگیزه برای پذیرفتن تکنولوژیی کارای آب و انرژی ضروری است.

- هزینه نسبتاً کم آب

هزینه نسبتاً کم آب و دفع فاضلاب در کالیفرنیا باعث شده است که خیلی از بنگاه‌ها از منافع بسیار افزایش کارایی آب چشم‌پوشی کنند. با توجه به پرداخت تنها بخش کوچکی از هزینه‌های بهره‌برداری آب، اکثر بنگاه‌ها انگیزه برای بهبود کارایی ندارند، حتی اگر تدابیر، مقرون به صرفه و با دوره برگشت سرمایه کوتاه باشند.

- انتظارات نامناسب برای برگشت سرمایه
- بنگاه‌ها معمولاً انتظار برگشت کوتاه‌مدت سرمایه را دارند، درحالی‌که برگشت سرمایه برای برنامه‌های بر پایه تسهیلات، معمولاً طی سال‌ها صورت می‌گیرد.

- پیشنهادات برای بهبود کارایی آب CII

- تدوین استانداردهای کارایی برای محصولاتی که آب مصرف می‌کنند. استانداردهای قوی، نقش حیاتی در ترغیب توسعه تکنولوژیی ابتکاری کارا- مصرف آب و معرفی به بازار و تسریع پذیرفته شدن در بخش‌های CII دارد.

- در اولویت قرار دادن حفاظت نسبت به توسعه منابع آب

الزاماتی باید وضع شود که بهبود کارایی مصرف آب مقدم بر توسعه منابع جدید باشد، تا در نتیجه شرکت‌های آب منتظر توسعه سنتی منابع آب نباشند و به سرمایه‌گذاری در کارایی مصرف آب و بازچرخش آب روی آورند.

- شارژ عوارض خدمات عمومی بر فروش آب برای تامین منبع بودجه اختصاصی مطمئنی برای اجرای برنامه‌های کارایی آب

- تشویق مشارکت با بخش خدمات انرژی و شرکت‌های فاضلاب و جلب کمک مالی از آنها

این مشارکت‌ها می‌توانند منابع بیش‌تری را به برنامه‌های کارایی هدایت کنند. به‌علاوه، ممیزی جامع انرژی و آب می‌تواند تدابیر کارایی را مشخص کند.

- ساده و موثر کردن فرایند استفاده از آب بازچرخشی

- شارژ هزینه به صورت حجمی برای خدمات فاضلاب

نرخ حجمی برای خدمات فاضلاب می‌تواند تقاضای آب و دفع فاضلاب را به‌طور چشم‌گیری کاهش دهد.

- قطع ارتباط فروش از درآمد شرکت‌ها

شرکت‌های آب نباید برای ثبات مالی خود به فروش آب متکی باشند. در عوض باید ساختاری را برگزینند که به آنها امکان دهد در صورتی که فروش به صورت چشم‌گیری پایین‌تر از مقدار پیش‌بینی شد، پول بیش‌تری از مشتریان بازیافت کنند. این مکانیزم تنظیم درآمد، شرکت‌های آب را قادر می‌سازد که برای افزایش کارایی تکاپو کرده و سیگنال ارزش حفاظت آب را نزد مشتریان بیشینه کند.

• بهبود مدیریت اطلاعات مصرف آب

داده‌ها باید با جزئیات کافی جمع‌آوری شوند تا به ارزیابی کارایی و تشخیص و هدف‌گیری بخش‌های مستعد بهبود، کمک کند.

پ.۱-۷- مسایل پیش آمده در دریاچه‌های اونز و مونو

- طی صد سال اخیر شهر لس آنجلس اکوسیستم طبیعی صحرای نوادا را به هم زده است

با بررسی تاریخچه برداشت آب از این دو دریاچه اونز و مونو برای شهر لس آنجلس چند مساله روشن می‌شود:

- برداشت بی‌رویه و تغییر کاربری آب برداشت شده
- تخریب اکوسیستم دریاچه و شور شدن آب
- تخریب فیزیولوژی منطقه و از بین رفتن منظره سیاحت پذیر ساحل این دریاچه‌ها و تبدیل ساحل خشک به بزرگ‌ترین آلوده کننده هوا و تهدید کننده سلامت انسان‌ها و دیگر جانداران

میانگین آب مصرفی مردم امریکا ۵۰ الی ۷۵ گالن در روز است که از این مقدار تنها ۲ الی ۴ گالن صرف نیازهای حیاتی انسان همچون شرب و غذا می‌شود. تحقیقات نشان داده که ۵۰ الی ۷۰ درصد از آب مصرفی در خارج از خانه صرف آبیاری چمن و باغچه می‌شود.

با توجه به نیاز به منبع جدید برای آب این شهر، گزینه مناسب دریاچه اونز^۱ در فاصله ۲۳۴ مایلی و در ارتفاع ۴۰۰۰ فوتی سطح دریا بود که برای انتقال آب به شهر از هد کافی برخوردار است. این دریاچه بعد از چند سال به خشکی گرایید و نیاز این شهر را نتوانست به تنهایی تامین کند. این امر باعث شد که سازمان تامین آب شهر لس آنجلس به فکر تامین آب از منبعی دیگر باشد. آن‌ها شروع به استخراج آب از آبخوان‌های عمیق دشت اونز کردند. آن‌ها با اغفال دامداران و کشاورزان منطقه مبنی بر این‌که این آب و زمین‌های تصرف شده برای حاصلخیز کردن همان دشت می‌باشد، اقدام به برداشت آب می‌کردند ولی در عمل تمام آن آب به شهری که ۲۳۵ مایل در پایین‌دست قرار داشت انتقال داده می‌شد. این کار تبعات بسیار بدی بر اقتصاد و تجارت آن منطقه داشت، چرا که آبخوان‌ها شروع به خشک شدن کردند و بسیاری از تجارتهای محلی را نابود کرد.

این شهر همچنان با کمبود آب مواجه بود. گزینه بعدی دریاچه مونو^۲ در رشته‌کوه‌های نوادا^۳ بود. این دریاچه که از لحاظ اکوسیستمی بسیار مهم بود، در سال ۱۹۴۱ با برداشت بی‌رویه لس آنجلس به‌طور کامل خالی شد. با کاهش سریع

1- Owens Lake
2- Mono Lake
3- Sierra Nevada

سطح آب دریاچه مونو، طبیعت منفعل شده و پاسخ تلخی داد. هزاران پرنده به علت پیدا نکردن غذا مردند و آب به شدت شور شد. در سال ۱۹۴۱ طوفان گرد و خاک سهمگینی تشکیل شد. با وجود اخطارهای محیط‌زیستی شدید در مورد دریاچه اونز و خصوصاً دریاچه مونو، شهر لس آنجلس ضمن تلاش برای پیدا کردن منبعی جدید، همچنان به پمپاژ آب ادامه داد.

بدترین خسارت‌های وارده تا کنون از طوفان‌های گرد و غبار بوده که دره اونز و حوضه مونو را در بر می‌گیرد. این طوفان‌ها حاوی مقدار زیادی آرسنیک نیز می‌باشند که ماده شیمیایی سمی است. طوفان‌های گرد و غبار در دشت اونز در گذشته نادر بود، لکن خشکی دریاچه اونز موجب شد که طوفان‌های شدیدی تشکیل شود.

مشکلات گرد و غبار تنها محدود به خود دشت نیست و این دریاچه بیش از ۸۰ سال است که در مناطق اطراف خود گرد و غبار منتشر می‌کند که منجر به ایجاد بیماری‌های بسیاری شده است. خشک شدن این دریاچه و همچنین دریاچه مونو علاوه بر تخریب اکوسیستم و زیبایی منطقه باعث شده است که زندگی مردم این مناطق نیز تخریب شود. این روند ادامه داشت تا این که در سال ۱۹۸۹ طی فشارهای ناشی از فعالان حوضه‌های مختلف، لس آنجلس مجبور به توقف پمپاژ آب از دریاچه اونز شد. همچنین ملزم به غرقاب کردن بخش‌های خاصی از بستر این دریاچه که حاوی مواد خطرناک بود، شد. فرایند احیای این دریاچه با هزینه‌ای بالغ بر ۴۰۰ میلیون دلار در حال انجام است.

گزینه بعدی دریاچه سالتون^۱ بود. این دریاچه هیچ‌گونه خروجی نداشته و آب آن شور است. با این حال میزان شوری با کاهش سطح آب بیش‌تر شده و باعث تشکیل طوفان گرد و غبار می‌شد. در حقیقت دریاچه سالتون می‌تواند وضعی بدتر از دو دریاچه دیگر داشته باشد، زیرا گرد و غبار از آن می‌تواند تمامی لس آنجلس، سن دیگو، پالم اسپرینگز و برخی شهرهای آریزونا و مکزیک را تحت تاثیر قرار دهد و سلامتی افراد بی‌شماری را در معرض خطر قرار دهد.

شهر لس آنجلس با لایه‌ای ضخیم و تاریکی از گرد و غبار پوشیده شده بود. باید سیاست‌های جدیدی در مصرف آب و تهیه آن اعمال می‌شد. لس آنجلس شهری صحرايي است، لذا با تمهیداتی مثل افزایش هزینه مشترکان آب، آن‌ها را مجبور به اصلاح الگوی مصرف و حذف بخش زیادی از فضای سبز غیرضروری منازل کرد. همچنین با اصلاح تعرفه‌های برق مصرفی، رشد شدید تقاضای آن که منجر به تقاضای آب می‌شد را کنترل کرد.

پیوست ۲

مدیریت بهتر تامین آب و برنامه جامع

مدیریت تقاضای آب

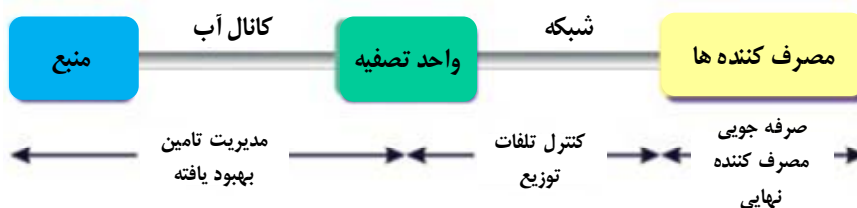
پ.۲-۱- مدیریت بهتر تامین آب

بهینه‌سازی استفاده از منابع موجود آب، جایگزینی جدی برای توسعه منابع آب جدید است. در برخی شهرها، مدیریت ناهماهنگ منابع و سیستم‌های مختلف تامین آب شهر، منجر به اتلاف آب می‌گردد. مدل‌ها و سیستم‌های تصمیم‌یار در این‌گونه مواقع که از منابع چندگانه استفاده می‌شود، مفید است؛ علی‌الخصوص وقتی منابع آب زیرزمینی را هم شامل شود.

سهم قابل توجهی از آب (در برخی مواقع بیش از ۱۰ درصد از آب مصرفی) در مخازن ذخیره، خطوط انتقال آب و تصفیه‌خانه‌ها هدر می‌رود. تبخیر در مخازن و خطوط انتقال، عامل مهمی است. اقداماتی جهت کاهش چنین تلفاتی می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

- پوشش‌دار کردن مخازن از داخل
- استفاده از اندود و پوشش برای مخازن یا استفاده از مخازن قسمت‌بندی شده
- استفاده از آبخوان‌ها به عنوان ذخیره کننده (تغذیه آبخوان)
- پوشش‌دار کردن، تعمیر و یا تعویض کانال‌های انتقال
- تغییر فرایندهای تصفیه
- بازچرخش آب فرایندی در تصفیه

مدیریت هماهنگ سیستم تامین آب شامل مخازن، خطوط انتقال و تصفیه‌خانه‌ها، تلفات تبخیر و دیگر تلفات را کاهش می‌دهد (برای مثال اطمینان از این‌که جریان آب از ظرفیت کانال تجاوز نمی‌کند، از سرریز شدن و اتلاف آب جلوگیری می‌شود). استفاده از منابع ثانویه یا غیرمتمرکز (محلی) آب برای استفاده‌های گوناگون نیز می‌تواند مصرف آب منابع اصلی را کاهش دهد.



شکل پ.۲-۱- صرفه‌جویی در زنجیره تامین آب [۷۳]

مثال موردی استفاده بهتر از منبع آب: یک سیستم تصمیم‌یار برای مدیریت آب در شهر آتن، یونان (کالیس و کوکوسیس، ۲۰۰۳)

آب شهر آتن از دو منبع اصلی تامین می‌شود (یک دریاچه طبیعی و یک مخزن سد). آب از دریاچه طبیعی به دلیل مصرف انرژی پمپاژ خیلی گران‌تر تمام می‌شود. از طرف دیگر، بخش قابل توجهی از ذخیره دریاچه سد (حدود ۵۰ درصد) از نشت از کف از دست می‌رود که با بیش‌تر پر شدن سد تشدید می‌شود. در بازه زمانی ۱۹۸۰ تا ۱۹۸۹ و در

راستای کاهش هزینه انرژی، سیستم آب رسانی، اول آب از سد برداشت کرد. حدود ۸۰۰ میلیون مترمکعب آب از این طریق از دست رفت. اگر این تلفات نبود، خشک‌سالی‌های شدید ۱۹۹۰ و ۱۹۹۲ قابل اجتناب می‌بود.

اداره خدمات آب شهر آتن تصمیم گرفت که مدیریت منابع خود را بهبود بخشد تا بده تامین آب را افزایش و ریسک خشک‌سالی‌های آینده را کاهش دهد. بده-بستان اصلی، بین هزینه انرژی و تلفات آب از سیستم بود. دانشگاه فنی ملی (NTU)، مدلی شبیه ساز بر مبنای اطلاعات تاریخی هیدرولوژیکی تهیه کرد. مدل به محض تعیین تراز آب مخزن، به اداره آب شهری امکان می‌دهد تصمیم بگیرد چگونه میزان برداشت‌ها از دو منبع اصلی را تعیین کند و به‌طور بهینه تلفات، تضمین تامین تقاضاها، و هزینه‌ها را متعادل سازد.

پ.۲-۲- برنامه جامع مدیریت تقاضای آب

استفاده از تمهیدات مدیریت تقاضای آب به تنهایی، اثری محدود دارد. به‌کارگیری ترکیبی از انواع فناوری‌ها با فعالیت‌ها و تبلیغات و اطلاعات آگاهی بخش، همراه با مشوق‌های مقرراتی و اقتصادی در یک برنامه جامع مدیریت تقاضای آب شهری توصیه می‌شود.

- اطلاعات، آموزش و مشارکت اجتماعی

یک قبض آب قابل فهم و آگاهی بخش، هوشیاری در مورد هزینه آب، تغییرات قیمت و فرصت‌های کاهش مصرف آب را افزایش می‌دهد. قبض آب باید از حد ارائه اطلاعات حداقلی (حجم مصرف، نرخ‌ها و هزینه‌ها) فراتر رفته تا اطلاعاتی که به مصرف‌کنندگان کمک می‌کند که آگاهانه انتخاب کنند را در برداشته باشد. اطلاعاتی مانند [۷۵]:

- مقایسه‌ای با قبض‌های قبلی
- ملاحظات الگوهای مصرف آب
- راهنمایی صرفه‌جویی در مصرف آب

برنامه‌های تخصصی کارآموزی برای مجموعه‌های حرفه‌ای نیز موثر است، مثل:

- کارگران و مهندسان
- لوله‌کش‌ها
- تهیه‌کنندگان و فروشندگان لوازم بهداشتی
- سازندگان و مدیران در صنعت ساختمان
- مستخدمان عمومی متصدی پارک‌ها، فضاهای باز و منظرسازی شهری
- تامین‌کنندگان سرویس آبیاری و منظرسازی

- مقررات

در راستای اهداف مدیریت تقاضای آب شهری (UWDM)، از تنظیم مقررات مصرف آب می‌توان استفاده کرد [۷۴ و ۷۵].
از جمله:

- محدودیت‌هایی برای کارواش‌های تجاری، پرورشگاه‌ها، هتل‌ها و رستوران‌ها
- ممنوعیت‌ها (یا محدودیت‌ها) برای کاربردهای غیرضروری نظیر آبیاری چمن، شست‌وشوی ماشین، تمیز کردن خیابان یا آبیاری زمین گلف، خنک‌سازی یک‌بار مصرف آب در کاربری‌های صنعتی، استخرهای شنای بدون بازچرخش، لباس‌شویی‌ها و فواره‌های زینتی.
- استانداردهایی برای لوازم و ابزار مصرف‌کننده آب
- الزاماتی برای توسعه جدید شهری در رابطه با روش‌های نماسازی، زهکشی، آبیاری یا لوله‌کشی

- قیمت‌گذاری

- ایجاد مشوق‌های اقتصادی برای مصرف‌کنندگان در جهت کاهش مصرف آب
- افزایش عمومی قیمت به تنهایی کفایت نمی‌کند. تعرفه‌ها باید به‌نحوی با دقت طراحی شوند تا انگیزه لازم را برای صرفه‌جویی آب توسط مصرف‌کنندگان فراهم آورند (تعرفه‌های تشویقی).
- مصرف‌کنندگان مختلف، الگوهای مصرف آب متفاوتی دارند. مطالعه تفصیلی الگوهای مختلف مصرف آب باید پیش از طراحی ساختار قیمت‌گذاری (بلوک‌های مصرف و نقاط انفصال، هزینه‌های ثابت و متغیر، حداقل قبض) صورت گیرد.

- مفاد یک برنامه جامع مدیریت تقاضای آب (EPA, 1998)

- ۱- مشخص کردن اهداف برنامه‌ریزی صرفه‌جویی آب
 - لیست اهداف برنامه‌ریزی صرفه‌جویی آب و ارتباطشان با برنامه‌ریزی تقاضا
 - تعریف مشارکت جمعی در فرآیند توسعه اهداف
- ۲- تدوین طرح کلی سیستم آبی
 - فهرست امکانات موجود، مشخصات تولید و مصرف آب
 - بازنگری شرایطی که می‌تواند بر سیستم آب و برنامه‌ریزی مدیریت تقاضا موثر باشد.
- ۳- پیش‌بینی تقاضا
 - پیش‌بینی تقاضای مورد انتظار آب
 - تحلیل و پیش‌بینی تقاضای آب باید مبتنی بر داده‌ها و اطلاعات صحیح مصرف گذشته آب باشد.
 - تعدیل تقاضا براساس فاکتورهای معلوم و قابل اندازه‌گیری

- بررسی عدم قطعیت‌ها و تحلیل سناریوهای «چه می‌شود اگر» (تحلیل حساسیت)
 - ۴- شناسایی تمهیدات مدیریت تقاضای آب
 - بررسی تمهیدات مدیریت تقاضای آب
 - بررسی موانع قانونی یا دیگر مسایل برای اجرای اقدامات توصیه شده
 - شناسایی روش‌های تحلیل آینده
 - ۵- تحلیل هزینه‌ها و فایده‌ها
 - برآورد هزینه‌های اجرایی و صرفه‌جویی انتظاری
 - ارزیابی سودمندی اقدامات توصیه شده
 - مقایسه هزینه‌های اجرایی با هزینه‌های صرفه‌جویی شده در بخش تامین
 - ۶- انتخاب اقدامات مناسب
 - انتخاب معیارهای گزینش اقدامات مناسب
 - تعیین اقدامات منتخب
 - شرح علت استفاده نکردن از سایر اقدامات توصیه شده
 - استراتژی و جدول زمانی اجرای اقدامات
 - ۷- یکپارچه‌سازی منابع و اصلاح پیش‌بینی‌ها
 - تصحیح پیش‌بینی‌های ظرفیت تامین و تقاضای آب جهت اعمال اثرات انتظاری صرفه‌جویی بر مصرف
 - بررسی اثرات صرفه‌جویی در خریداری، به‌سازی و افزایش برنامه‌ریزی شده آب
 - بررسی آثار تمهیدات برنامه‌ریزی شده مدیریت تقاضای آب بر درآمدهای مصرف آب
 - ۸- ارائه استراتژی اجرا و ارزیابی
 - راهکارهای اجرا و ارزیابی برنامه مدیریت تقاضای آب
 - تایید برنامه مدیریت تقاضای آب توسط مدیران
- این برنامه باید به لیستی از تمهیدات پیشنهادی جهت برنامه UWDM منتهی شود. گزینه‌های قابل استفاده در جدول (پ. ۲-۱) به اختصار آمده است.

جدول پ.۲-۱- تمهیدات مدیریت تقاضای آب [۷۵] (USEPA، ۱۹۹۸)

اقدامات	اقدامات پایه‌ای	اقدامات متوسط	اقدامات پیشرفته
کنتورهای یونیورسال	- سنجش منبع-آب - سنجش و خواندن سرویس-انشعاب - سنجش مصرف آب عمومی	- خواندن کنتور در فواصل زمانی ثابت - تحلیل دقت سنجش‌ها	- تست، کالیبره کردن، تعمیر و تعویض کنتورها
محاسبه آب و کنترل تلفات	- محاسبه آب تلف شده - تعمیر نشت‌های شناسایی شده	- تحلیل آب به حساب نیامده - بازرسی سیستم آب - نشت‌یابی و استراتژی تعمیر - سنسورهای اتوماتیک/ دورسنجی	- پیش‌گیری از اتلاف و برنامه نوسازی/تعویض پیشگیرانه
هزینه بایی و قیمت‌گذاری	- محاسبه هزینه سرویس - هزینه مصرف‌کننده - هزینه محاسباتی	- تحلیل بهای آب - تعرفه‌های تشویقی	- روش‌های پیشرفته قیمت‌گذاری - کنتورهای هوشمند
آموزش و اطلاع‌رسانی	- قبض آب قابل فهم - فراهم آوردن اطلاعات درباره صرفه‌جویی در مصرف آب برای مشتری‌ها	- قبض آب آگاهی دهنده - درج اطلاعات در قبض آب - دستور کار مدارس - آموزش همگانی	- کارگاه‌های صرفه‌جویی در مصرف آب همگانی/افراد ذینفع - کمیته مشورتی صرفه‌جویی آب
بازرسی‌های مصرف آب		- بازرسی مصرف‌کنندگان پرمصرف - بازرسی در مقیاس وسیع	- بازرسی کاربر نهایی انتخابی
به‌روز رسانی سیستم		- فراهم آوردن کیت‌های به‌روز رسانی برای مصرف‌کنندگان	- توزیع کیت‌های به‌روز رسانی - برنامه‌های هدفمند برای گروه‌های مصرفی منتخب
مدیریت فشار		- مدیریت فشار در کل سیستم	- استفاده انتخابی از شیرهای فشارشکن
کارایی منظر سازی		- ارتقای کارایی منظر سازی - اندازه‌گیری انتخابی آبیاری	- طرح و نوسازی منظر سازی - مدیریت آبیاری
ارتقای تکنولوژی			- تخفیف‌ها و مشوق‌ها (کاربری‌های غیرمسکونی) - تخفیف‌ها و مشوق‌ها (کاربری‌های مسکونی) - تکنولوژی نوین
استفاده مجدد و بازچرخش			- کاربردهای صنعتی - آبیاری در مقیاس گسترده - کاربردهای مسکونی منتخب
تنظیم مقررات مصرف آب			- استانداردها و قوانین مصرف آب - الزامات توسعه‌های جدید
مدیریت پیشرفته تامین			- مدل سازی- بهبود زمان بندی/ تخصیص برداشت آب - کاهش تلفات در مخازن، کانال‌ها و غیره.

پیوست ۳

واژه‌نامه

Water Value	ارزش آب
ارزش آب از جنبه‌های مختلف در زندگی انسان قابل بحث است از جمله اقتصادی، سیاسی و	
Climate Change	تغییرات اقلیم
هر تغییر مشخص در الگوهای مورد انتظار برای وضعیت میانگین آب و هوایی، که در طولانی مدت در یک منطقه خاص یا برای کل اقلیم جهانی، رخ بدهد.	
Full Cost Recovery	برگشت کامل هزینه
عبارت‌ست از روش تغییر قیمت برای اجناس یا خدمات به نحوی که تمامی هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری برای آن اجناس یا خدمات تامین گردد.	
Performance and progress indicators	شاخص‌های عملکردی و پیشرفت
شاخص‌هایی که عملکرد و پیشرفت یک سیستم را به کمک مقایسه آن‌ها در زمان‌ها و حالات مختلف می‌سنجند.	
Integrated Water resources Management	مدیریت جامع منابع آب
مدیریت منابع آب به نحوی که یکپارچگی بین عناصر سیستم و فعل و انفعالات فیزیکی و ساختاری آن حفظ گردد.	
Augmentation	تقویت
روش‌هایی که سبب ازدیاد منابع آب در دسترس می‌شوند مانند: راه‌حل‌های مهندسی مثل احداث سد و سپس انتقال آب بین حوضه‌ای	
Demand Management	مدیریت تقاضا
مدیریت کلیه منابع با در نظر گرفتن نیاز و تقاضاهای مصرف‌کنندگان و برنامه‌ریزی براساس این تقاضا	
Sustainability	پایداری
در مدیریت منابع آب به این معناست که بتوان از کلیه منابع به نحوی استفاده کرد که همواره قابل بهره‌برداری باشد.	
Approach	رویکرد
Plan	طرح یا برنامه
Goals	آرمان‌ها
Sectoral	بخشی‌نگری
Fragmented	چندپاره
Urban Water Cycle Management	مدیریت چرخه آب شهری
مدیریت منابع آب موجود در یک شهر با در نظر گرفتن سیکل گردش آب در تصفیه‌خانه‌ها،	
Holistic	کل‌نگر

Enabling Environment	محیط تواناسازی
River Basin	حوضه‌ای
مدیریت و برنامه‌ریزی برای منابع آب موجود در یک حوضه	
Global Water Partnership	مشارکت جهانی آب
اتحادیه‌ای که متشکل از کشورهای مختلف جهان است تا با کلی دیدن تمامی منابع آب موجود در جهان با کمبود آب در جهان مبارزه کنند.	
Water is everybody's business	آب به همه مربوط است.
آب به همه مربوط است.	
Objective	هدف
Integrity	جامعیت
همان معنای مدیریت جامع منابع آب را می‌دهد.	
Sustainable Development	توسعه پایدار
توسعه پایدار فرایند تغییری است در استفاده از منابع، هدایت سرمایه‌گذاری‌ها، سمت‌گیری توسعه تکنولوژی و تغییری نهادی است که با نیازهای حال و آینده سازگار باشد.	
Urbanization	شهری‌سازی یا شهری‌گرایی
رشد فیزیکی شهرها به دلیل مهاجرت مردم از روستاها به شهرها در پی صنعتی شدن جوامع	
Peri-urban	حاشیه شهر
محدوده پیرامون شهرها تا روستاها که تحت تاثیر شهرها هستند.	
Illegal squatter communities	اجتماعات مقیم (اقامت‌گزین در زمین غیر معمول) غیرقانونی
جمعیتی که در اطراف شهرهای بزرگ سکنی می‌گزینند و به دلیل نبودن مجوزهای قانونی ناگزیر می‌شوند که در زمین‌هایی ساکن شوند که از امکانات مناسبی برخوردار نیستند.	
Excess Water Management	مدیریت آب اضافی
مدیریت و برنامه‌ریزی برای مقدار آبی در حوضه که مورد مصرف قرار نمی‌گیرد. این مقدار آب می‌تواند به حوضه‌های دیگر انتقال یابد یا توسط بندها و سدها ذخیره شود تا در زمان‌های دیگر مورد بهره‌برداری قرار گیرد.	
Water Sensitive Urban design, WSUD	طراحی شهری حساس به آب
مدیریت جامع رواناب شهری، منابع آب زیرزمینی و سطحی و فاضلاب برای دستیابی به اهداف مختلف اعم از اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و زیباسازی	

Environmental Flow	جریان محیط‌زیستی
حداقل مقدار مشخصی از جریان که باید در رودخانه جریان داشته باشد تا محیط‌زیست بتواند به فعالیت حداقلی خود ادامه دهد.	
Recycling	بازچرخش
چرخش آب در داخل حوضه به‌نحوی که آب پس از مصرف تصفیه شود و مجدداً مورد استفاده قرار گیرد.	
Participatory	مشارکتی
مدلی از مدیریت که مشارکت کلیه ذینفعان در حوضه را در بر گیرد.	
Cost recovery	برگشت هزینه
مدل برنامه‌ریزی اقتصادی که در آن فرض بر این است که تمامی هزینه‌های انجام شده پس از بهره‌برداری به سرمایه‌گذار برگشت داده شود.	
Safe yield	بده مطمئن
حداکثر مقدار دبی که باید از چاه کشیده شود تا بین برداشت و تغذیه آب زیرزمینی تعادل ایجاد گردد.	
Recharge and Recovery	تغذیه و بازیافت
تغذیه آب زیرزمینی برای بالا آمدن آب در چاه‌هایی که به دلیل برداشت زیاد آب دچار پایین رفتن سطح آب شده‌اند و نیاز به بازیابی دارند.	
Grey water	آب خاکستری
آب استفاده شده ایست که بر خلاف آب سیاه (فاضلاب توالت) به راحتی قابل بازیافت و استفاده مجدد است	
Leachate	شیرابه
مایعی که از داخل زباله عبور کرده و به بیرون زایدات جامد نشت می‌کند و شامل مواد قابل حل (Soluble)، معلق یا ذرات مخلوطی از اجزای همان زباله باشد.	
Landfill	مدفن‌ها
محلی در اطراف شهرها که برای دپوی زباله مورد استفاده قرار می‌گیرند.	
Septic tank	سپتیک تانک
سپتیک تانک نوعی تصفیه‌خانه تک واحدی است که تصفیه فیزیکی (ته نشینی) و تصفیه زیستی (بیولوژیکی) در آن با کمک باکتری‌های بی‌هوازی هم‌زمان انجام می‌گردد.	
Geopolitical	جغرافیای سیاسی
شاخه‌ای از علم جغرافیا است که تأثیرپذیری و تأثیرگذاری سیاست و قدرت در محیط جغرافیایی و به بیان دیگر، تأثیر تصمیمات سیاسی بر محیط جغرافیایی را مورد کاوش و بررسی قرار می‌دهد.	

Water Quality Criteria	معیارهای کیفیت آب
معیارهایی که به کمک آن می‌توان کیفیت آب را سنجید و رده های مختلف کیفی آب را تعیین کرد.	
Narrative Criteria	معیار توصیفی
معیارهایی که کیفیت مطلوب آب را به صورت یک عبارت توصیفی بیان می‌کنند.	
Numeric Criteria	معیار عددی
معیارهایی که کیفیت مطلوب آب را به صورت یک کمیت عددی بیان می‌کنند و دسته‌بندی کیفیت آب بر مبنای آن‌ها صورت می‌پذیرد.	
Reclaimed municipal wastewater	فاضلاب‌های شهری تصفیه شده
فاضلاب‌هایی که برای منظورهای متعدد اعم از آبیاری فضای سبز و ... توسط تصفیه‌خانه‌های شهری تصفیه می‌شوند.	
Clean Water Act	قانون آب پاک
قانون ایالتی است که در آمریکا پیرامون جلوگیری از آلودگی آب در سال ۱۹۷۲ تصویب شده است.	
Water Reclamation and Reuse	تصفیه و استفاده مجدد از آب
استفاده از فاضلاب برای منظورهای متعدد اعم از آبیاری فضای سبز و ... که به‌وسیله تصفیه‌خانه‌های شهری تصفیه می‌شوند.	
Managed Aquifer Recharge	تغذیه مدیریت شده آبخوان
تغذیه آبخوان‌ها به صورت مدیریت شده به‌نحوی که در کلیه فصول سال و طی زمان طولانی قابل بهره‌برداری باشد.	
Desalination	نمک‌زدایی از آب دریا
نمک‌زدایی یا آب شیرین کردن، اشاره به هر یک از چند فرآیندی است که مقداری نمک و سایر مواد معدنی را از آب شور جدا می‌کند.	
Water transfers	انتقال آب
انتقال آب بین حوضه‌ها	
Rainfall Harvesting	استحصال آب باران
استحصال آب باران یکی از شاخص‌ترین تکنیک‌های مدیریت بهره‌برداری از آب باران برای مقابله با کم‌آبی می‌باشد که در مناطق مواجه با کمبود آب بسرعت در حال توسعه می‌باشد.	
Cloud Seeding	باروری ابر
باروری ابرها در واقع یک روند طبیعی است که در آن ابرها به بخار آب تبدیل شده و سپس به باران مبدل می‌شوند.	
Watershed Management	مدیریت حوضه آبریز
مدیریت و برنامه ریز آب موجود در حوضه آبریز با در نظر گرفتن نیاز تمامی ذینفعان	

Agroforestry practices (e.g. alley cropping, Agrosilvopastoral systems)	سیستم توامان کشت، چرا، جنگل
Strip cropping	کشت نواری
Mulching or cover crops	پوشش با مالچ یا گیاه
Vegetation to stabilize structur	پوشش گیاهی جهت پایداری سازه
Terraces (bench, broad based)	ایجاد نهر و شیار بر روی خطوط تراز
Conjunctive use of surface water and groundwater	استفاده تلفیقی آب سطحی و زیرزمینی
استفاده بهینه هم‌زمان از آب زیرزمینی و آب سطحی به نحویکه به هیچ یک از این منابع آسیب وارد نشود.	
On-Stream Reservoirs	مخزن روی رودخانه
مخازنی که مستقیماً در مسیر رودخانه قرار داده می‌شود.	
Pumped-Storage Reservoirs	مخازن پمپاژ-ذخیره
تغذیه مخزن توسط انحراف آب از بیرون حوضه آبریز طبیعی مخزن و	
Collector pump	چاه جمع‌کننده
چاهی که جریان زیرسطحی در تشکیلات تراوا را قطع می‌کنند یا آب سطحی تراوش‌کننده و تخلیه‌ها به گودال‌هایی که کف آن‌ها زیر کف توری و لوله جدار گالری است را جمع می‌کنند.	
Infiltration galleries	گالری‌های نفوذ
گالری‌هایی که اغلب در معرض سطح‌اند، لکن آب زیرزمینی را قطع می‌کنند.	
Adaptive management	مدیریت انطباقی
مدیریت انطباقی یک فرایند آزمون و خطا نیست بلکه یادگیری در حین عمل است.	
Artificial Recharge	تغذیه مصنوعی
به مجموعه عملیاتی که در جهت افزایش آب ورودی (جریان ورودی) به آبخوان (سطح آب زیرزمینی) انجام می‌شود، تغذیه می‌گویند. در بیلان (Artificial Recharge) مصنوعی آب‌های زیرزمینی عمل تغذیه به‌صورت طبیعی انجام می‌شود، لیکن در شرایطی نیاز به تغذیه بیش‌تر آبخوان می‌باشد و این عمل با کمک در تغذیه بیش‌تر از طرق خاص صورت می‌پذیرد.	
Soil-Aquifer Treatment (SAT)	تصفیه خاک-آبخوان
در عبور آب از محیط زیرسطحی آب تصفیه می‌شود.	
Water quality monitoring	سیستم پایش کیفیت آب
مجموعه عملیات لازم جهت شناخت از کیفیت آب متناسب با مصارف مختلف	

Sea Water Intrusion	پیشروی آب شور
پیشروی آب دریا در آب زیرزمینی به دلیل ارتباط هیدرولیکی بین آب دریا با آب زیرزمینی	
Recharge Area	ناحیه تغذیه چاه
آن قسمت از زمین که آب درون آن از طریق تراوش و حرکت وارد چاه یا چشمه می‌شود.	
Well Head Protection Area (WHPA)	ناحیه حفاظتی مظهر چاه
این ناحیه، تمامی نواحی سطحی و زیرسطحی اطراف چاه را در بر دارد به طوری که آلودگی در آن حرکت می‌کند و به منبع آب (چاه یا چشمه) می‌رسد.	
Vulnerability Zone	محدوده آسیب‌پذیری
محدوده‌ای در اطراف چاه که ممکن است وجود آلودگی در آن به کیفیت آب چاه آسیب برساند.	
Protection Zone	محدوده حفاظت
Zone of Influence	محدوده تاثیر
اگر آب در داخل چاه پمپاژ شود، افت سطح آب در اطراف چاه «محدوده تاثیر» گفته می‌شود	
Well field	میدان چاه
Setback/buffer zones	ناحیه حائل/میانگیر
Nested watershed area	حوضه آبریز تو در تو
Floodplain	سیلاب‌دشت
سیلاب‌هایی که به صورت متفاوت روی می‌دهد منطقه‌ای به نام سیلاب‌دشت را در اطراف رودخانه به وجود می‌آورند.	
detention pond	حوضچه‌های نگهداشت
محدوده‌ای است خاک‌برداری شده در اطراف رودخانه یا دریاچه که به جهت کاهش شدت سیل به کار گرفته می‌شود.	
Retention ponds	مخازن کند کننده
مخازنی مصنوعی که جهت کاستن از شدت سیل به کار می‌رود.	
Laminar flow	جریان آرام
جریان ماده‌ای سیال است، به طوری که اجزا آن ماده به صورت خطوط موازی نسبت به هم در حال حرکت باشند.	
Total Dissolved Solids	TDS
عبارت است از مقدار یا اندازه تمامی مواد آلی یا غیر آلی ترکیب شده در درون یک مایع، که این مواد می‌توانند به شکل مولکولی، یونیزه و یا دانه‌های بسیار ریز در مقیاس میکرون و به شکل معلق در آن مایع وجود داشته باشند.	
Conventional source	منابع متداول آب
منابع سطحی: دریاچه، رودخانه و انهار، مخازن سطحی و ... منابع زیرسطحی: چشمه، گالری‌های نفوذ، چاه‌های نفوذ، چاه، قنات	

Quality protection area	محدوده حریم کیفی منابع آب
محدوده حریم کیفی منابع آب، محدوده‌ای در سطح یا زیرزمین است که احتمال رخداد آلودگی در آن و یا انتقال آلودگی از مسیر آن به سمت منبع آب وجود دارد.	
Water tinkering (water trucking)	توزیع آب تانکری
انتقال و توزیع آب توسط تانکر	
Water abundance	وفور آب
Water scarcity	کمبود آب
Structurally-induced water abundance	وفور آب القایی سازه‌ای
Footprints	ردپا

منابع و مراجع

- 1- Integrated urban water management: arid and semi-arid regions, Urban water Series-UNESCO-IHP, edited by LARRY W.MAYS, 2009.
- 2- In search of sustainability, CSIRO PUBLISHING, edited by Jenny Goldie, Bob Douglas and Bryan Furnass, 2005.
- 3- Integrated water resources management, Published by the Global water partnership, March 2000.
- 4- Report 4, Regional water needs and IUWM Opportunities report, prepared by: MWH; January 2007.
- 5- ToT Manual on Integrated Urban Water Management, RCUWM, Tehran, Iran.
- 6- Clean water (An Introduction to Water Quality and Water Pollution Control); Oregon State University Press (Corvallis); Kenneth M. Vigil, P.E.; 2003.
- 7- Climate change and water; INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (WMO – UNEP); Edited by Zbigniew W. Kundzewicz, Bryson Bates, Shaohong Wu, Jean Palutikof, June 2008.
- 8- Regional Water Needs and Integrated Urban Water Management Opportunities Report, Report 4, South East Queensland Regional Water Supply Strategy, January 2007.
- 9- Issues in potable reuse (The Viability of Augmenting Drinking Water Supplies with Reclaimed Water); NATIONAL ACADEMY PRESS; Washington, D.C. 1998.
- 10- California water plan (volume 2-resource management strategies); chapter24-Land use planning and management, update2009.
- 11- <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs256/en/>
- 12- WHO, technical Note, NO12, 2007.
- 13- WHO, technical Note for emergencies, cleaning and disinfecting water storage tanks and tankers.
- 14- WHO, technical note, final draft of NO12, 2009.
- 15- Nabin Khanal et al, Integrated Planning for Dual Distribution Systems, World Environmental and Water Resources Congress, (Great Rivers © 2009 ASCE) 2009.
- 16- R. Cheel et al, DESIGN OF DUAL WATER SUPPLY SYSTEMS, World Environmental and Water Resources Congress, (Great Rivers © 2009 ASCE) 2009.
- 17- California water plan(volume 1-resource management strategies); chapter 24-Land use planning and management, update2009.
- 18- Report 67, Practical Guide Reservoir Management. Water quality research Australia, 2008.
- 19- Urban water and sanitation Services; An IWRM Approach.No11, Published by Global Water Partnership Technical Committee (TEC), JUDITH A. REES. June 2006.
- 20- Strategy Paper on Preparation of Training Manual for Trainers on Integrated Urban Water Management in Asia, RCUWM, Tehran, Iran.
- ۲۱- ضوابط ملی آمایش سرزمین، مصوب جلسه مورخ ۱۳۸۳/۸/۶ هیئت وزیران، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- ۲۲- راهبردهای توسعه بلندمدت منابع آب کشور، مصوب جلسه مورخ ۱۳۸۲/۷/۲۷ هیئت وزیران.
- 23- Land and water integration and river basin management, Natural Resources Management and Environment Department, FAO Corporate Document Repository.
- 24- Water education Foundation, California Water, Pollution Prevention.
- 25- UNESCO-IHE, UN World Water Development Report 2003.

- ۲۶- مجموعه قوانین و مقررات حفاظت محیط‌زیست ایران، ۱۳۸۳. دفتر حقوقی و امور مجلس سازمان حفاظت محیط‌زیست.
- 27- The Los Angeles Aqueduct and the Owens and Mono Lakes, TED Case Studies, CASE NUMBER: 379.
- 28- PLANNING GUIDELINES FOR WATER SUPPLY & SEWERAGE, DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES & MINES, GPO Box 2454 Brisbane Q 4000, 2005.
- ۲۹- استاندارد کیفیت آب آشامیدنی، ۱۳۷۱، نشریه‌ی شماره ۳-۱۱۶، سازمان برنامه و بودجه - وزارت نیرو، دفتر تحقیقات و معیارهای فنی، استاندارد مهندسی آب.
- ۳۰- استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۵۳:۱۳۸۸، تجدید نظر پنجم، آب آشامیدنی - ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و اصلاحیه آن.
- ۳۱- استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۱۱:۱۳۸۶، تجدید نظر ششم، آب آشامیدنی - ویژگی‌های میکروبیولوژی.
- 32- Urban Water Security: Managing Risks, Urban Water Series – UNESCO-IHP, ISSN 1749-0790, 2009.
- 33- Research into access to recycled water and impediments to recycled water investment, Prepared for the Australian Government Department of Agriculture, Fisheries and Forestry on behalf of the Natural Resource Policy And Programs Committee, June 2005.
- 34- Climate Change and Urban Water Utilities: Challenges & Opportunities, Water Sector Board of the Sustainable Development Network of the World Bank Group, Note No. 24, April 2010.
- 35- National Water Program Strategy: Response to Climate Change, U.S. Environmental Protection Agency Office of Water (4101M), EPA 800-R-08-001, <http://www.epa.gov/water/climatechange>, September 2008.
- 36- <http://www.crrw.utexas.edu/gis/gishyd98/atlas/Atlas.htm>
- 37- Global Environment Outlook 2000, WMO, Geneva, 1996.
- ۳۸- قانون تعاریف و ضوابط تقسیمات کشوری.
- ۳۹- ضوابط محیط‌زیستی استفاده مجدد از آب‌های برگشتی و پساب‌ها؛ ۱۳۸۹، نشریه‌ی شماره ۵۳۵، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- ۴۰- راهنمای طبقه‌بندی کیفیت آب خام، پساب‌ها و آب‌های برگشتی برای مصارف صنعتی و تفریحی؛ ۱۳۸۷، نشریه‌ی شماره ۴۶۲، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور.
- ۴۱- راهنمای ارزیابی کیفی منابع آب؛ ۱۳۶۶، نشریه‌ی شماره ۶۶-الف، طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور، وزارت نیرو.
- ۴۲- راهنمای تعیین آب مورد نیاز اکوسیستم‌های آبی. ۱۳۹۰، نشریه‌ی شماره ۵۵۷، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- 43- Water, Water Everywhere, but Not a Drop to Drink, RBC Wealth Management, a division of RBC Capital Markets Corporation, Member NYSE/FINRA/SIPC, 2008.

- 44- CHALLENGES TO IMPLEMENTING DRINKING WATER TECHNOLOGIES IN DEVELOPING WORLD COUNTRIES, Environmental Engineer: Applied Research and Practice, Vol. 1, Winter 2007.
- 45- "Will there be enough water?" Revenga, C., EarthTrends, October 2000, www.earthtrends.wri.org
- 46- The United Nations World Water Development Report 3: WATER IN A CHANGING WORLD, 2008.
- 47- Canadian Guidelines for Domestic Reclaimed Water for Use in Toilet and Urinal Flushing. Prepared by the Working Group on Domestic Reclaimed Water of the Federal-Provincial-Territorial Committee on Health and the Environment, Ottawa, Ontario, January 2010.
- 48- Food for the Cities - Multidisciplinary Area, FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, www.fao.org/fcit/index.asp
- 49- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Aquastat Database, http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm
- 50- Figuères C. and Gharavi S., Problem assessment and strategic urban planning on Urban water management in the Middle East and Central Asia: some preliminary results of this UNESCO study, RCUWM, Tehran, Iran, 2003.
- 51- 2004 IDA Worldwide desalting Plants Inventory Report No. 18.
- 52- AWWA Streamliner, Vol. 1, No. 23, 2009.
- ۵۳- راهنمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها مراحل (شناسایی- توجیهی - طراحی تفصیلی)؛ ۱۳۸۳، نشریه‌ی شماره ۲۷۲، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- ۵۴- دستورالعمل ارزیابی اثرات طرح‌های سدسازی بر محیط‌زیست (مرحله اجمالی)؛ ۱۳۸۴، نشریه‌ی شماره ۲۸۶-الف، طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور، وزارت نیرو.
- ۵۵- ضوابط طراحی سامانه‌های انتقال و توزیع آب شهری و روستایی، ۱۳۹۲، شماره ۲۱ - ۳-۱۱۷ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- ۵۶- راهنمای حریم کیفی منابع آب جهت بسته‌بندی با هدف شرب، ۱۳۹۱، نشریه‌ی شماره ۴۰۴-الف، طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور.
- ۵۷- مبانی و ضوابط طراحی شبکه‌های فاضلاب و آب‌های سطحی، ۱۳۹۳، نشریه‌ی شماره ۴۲۵، طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور.
- ۵۸- راهنمای حفاظت کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی و تجهیزات بهره‌برداری از آن‌ها، ۱۳۷۹، نشریه شماره ۱۸۲، سازمان برنامه و بودجه - وزارت نیرو.
- ۵۹- دستورالعمل رفتارسنجی کیفی آب‌های زیرزمینی، ۱۳۷۸، نشریه، شماره ۱۸۷، سازمان برنامه و بودجه - وزارت نیرو.
- ۶۰- راهنمای کنترل کیفیت در مراحل مختلف تصفیه آب آشامیدنی؛ ۱۳۷۷، نشریه شماره ۱۷۹، سازمان برنامه و بودجه - وزارت نیرو.

۶۱- ضوابط فنی بررسی و تصویب طرح‌های تصفیه فاضلاب شهری؛ ۱۳۷۲، نشریه شماره ۳-۱۲۹، سازمان برنامه و بودجه - وزارت نیرو.

- 62- Note No. 24, April 2010, CLIMATE CHANGE AND URBAN WATER UTILITIES: CHALLENGES & OPPORTUNITIES, Water Sector Board of the Sustainable Development Network of the World Bank Group. Alexander Danilenko, Eric Dickson, Michael Jacobsen
- 63- Research into access to recycled water and impediments to recycled water investment Prepared for the Australian Government Department of Agriculture, Fisheries and Forestry on behalf of the Natural Resource Policy And Programs Committee, June 2005
- 64- Khatri. K.B., Vairavamoorthy. K. " Water Demand Forecasting for the City of the Future against the Uncertainties and the Global Change Pressures: Case of Birmingham", EWRI/ASCE.2009.
- 65- NATIONAL ACADEMY PRESS Washington, D.C. (Book), Integrated Watershed Management Connecting People to Their Land and Water (Book)
- 66- Water Resources Planning: Manual of Water Supply Practices, M50, Ch. 13, Integrated Resource Planning, Second Edition, American Water Works Association, 2007.
- 67- Water Resources Planning: Manual of Water Supply Practices, M50, Ch. 5, Evaluation of Surface Water and Groundwater Sources, Second Edition, American Water Works Association, 2007.
- 68- Climate Ready Water Utilities Adaptation Strategies Guide for Water Utilities, EPA 817-K-11-003 January 2012
- 69- Greenhouse Gas and Energy: Co-Benefits of Water Conservation, POLIS POLIS PROJECT ON ECOLOGICAL GOVERNANCE, Polis Research Report 09-01, March 2009.
- 70- Emergency Response Plan Guidance for Small and Medium Community Water Systems to Comply with the Public Health Security and Bioterrorism, preparedness and Response Act of 2002. Office of Water (4601M), EPA 816-R-04-002, April 2004, www.epa.gov/safewater/security.
- 71- Growing Toward More Efficient Water Use: Linking Development, Infrastructure, and Drinking Water Policies, <www.epa.gov/smartgrowth>
- 72- Waste and Climate Change: Global trends and strategy framework, United Nations Environmental Programme, Division of Technology, Industry and Economics, International Environmental Technology Centre, Osaka/Shiga, 2010.
- 73- Better Urban Water Management, State of Western Australia, Western Australian Planning Commission, October 2008.
- 74- Integrated Coastal Urban Water System Planning in Coastal Areas of the Mediterranean, VOLUME II Tools and Instruments, UNEP and MAP.
- 75- USEPA – U.S. Environmental Protection Agency (1998) Water Conservation Plan Guidelines. Available in: <http://www.epa.gov/own>.