

به نام خدا

# فناوری‌های نوین تامین منابع آبی

مؤلف:

غلامحسین لکزائیان پور

انتشارات ارسطو

(چاپ و نشر ایران)

۱۴۰۱

سرشناسه: لکزائیان پور، غلامحسین، ۱۳۴۹-  
عنوان و نام پدیدآور: فناوری‌های نوین تامین منابع آبی / مولف غلامحسین لکزائیان پور.  
مشخصات نشر: ارسطو (سامانه اطلاع رسانی چاپ و نشر ایران)، ۱۴۰۱.  
مشخصات ظاهری: ۱۱۲ص.  
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۳۳۹-۰۰۹-۸-۸  
وضعیت فهرست نویسی: فیپا  
یادداشت: کتابنامه: ص. ۱۰۹-۱۱۲.  
موضوع: آب، منابع -- مدیریت  
Water-supply -- Management  
شبکه آب رسانی -- مدیریت  
Waterworks-- Management  
آب -- مدیریت کیفیت  
Water quality management  
رده بندی کنگره: TD۳۴۵  
رده بندی دیویی: ۶۲۸/۱  
شماره کتابشناسی ملی: ۹۰۵۰۱۲۲  
اطلاعات رکورد کتابشناسی: فیپا

نام کتاب: فناوری‌های نوین تامین منابع آبی  
مولف: غلامحسین لکزائیان پور  
ناشر: ارسطو (سامانه اطلاع رسانی چاپ و نشر ایران)  
صفحه آرای، تنظیم و طرح جلد: پروانه مهاجر  
تیراژ: ۱۰۰۰ جلد  
نوبت چاپ: اول - پاییز ۱۴۰۱  
چاپ: مدیران  
قیمت: ۷۹۰۰۰ تومان  
فروش نسخه الکترونیکی - کتاب رسان:  
<http://chaponashr.ir/ketabresan>  
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۳۳۹-۰۰۹-۸-۸  
تلفن مرکز پخش: ۰۹۱۲۰۲۳۹۲۵۵  
[www.chaponashr.ir](http://www.chaponashr.ir)



انتشارات ارسطو



# فهرست مطالب

عنوان	صفحه
سخن نویسنده.....	۷
فصل اول: مدیریت ناکارآمد منابع آبی.....	۱۱
وضعیت منابع آبی جهان.....	۱۱
چالش های مدیریت منابع آب.....	۱۲
روشهای جدید تامین منابع آبی.....	۱۵
نتیجه گیری.....	۱۷
فصل دوم: کاربرد نانوتکنولوژی در تامین آب شرب و بهداشتی و آب کشاورزی...۱۹	
نانوتکنولوژی چیست؟.....	۱۹
سابقه استفاده از نانوتکنولوژی در صنعت آب.....	۲۱
نقش فناوری نانو در صنعت آب.....	۲۴
کاربردهای نانو در تصفیه ی آب و ادوات توزیع آب.....	۲۶
ضد عفونی کردن و کنترل میکروبی آب.....	۲۸
شیرین سازی آب.....	۳۱
حوزه های نو در فیلتراسیون.....	۳۳
نانوحسگرها.....	۳۴
سابقه استفاده از نانوتکنولوژی در آب و آبیاری.....	۳۵
فناوری نانو در آب و آبیاری.....	۳۸
آب مورد نیاز بخش کشاورزی.....	۴۴
نتیجه گیری.....	۴۵

**فصل سوم: بارورسازی ابرها و نقش آن در مدیریت بحران آب.....۴۷**

۴۷..... بارورسازی ابرها

۵۱..... روش های باروری ابرها

۵۲..... اثرات زیست محیطی و بیولوژیکی بارورسازی ابرها:

۵۵..... بارورسازی ابرها در جهان

۵۶..... بارورسازی ابرها در ایران

۵۷..... خشکسالی و فرایند باروری ابرها

۵۹..... نتیجه گیری

**فصل چهارم: راهکارهای استفاده از آبهای ژرف.....۶۱**

۶۱..... آب ژرف چیست؟

۶۴..... انواع آبهای ژرف

۶۸..... منابع آب های ژرف در ایران

۷۰..... نتیجه گیری

**فصل پنجم: راهکارهای مدیریت آب پنهان(مجازی) در جهان.....۷۳**

۷۳..... آب مجازی چیست؟

۷۶..... اهمیت آب مجازی(پنهان)

۷۶..... میزان مصرف آب پنهان در ایران

۷۸..... تفاوت ردپای آب و آب مجازی(پنهان)

۷۹..... بازار آب و تاثیر آن بر مصرف آب پنهان

۸۰..... تحلیل نقش آب پنهان در جهان آینده

۸۳..... راهکارهای مدیریت آب پنهان

۸۵..... محاسبه مقدار آب مجازی(پنهان)

۸۵..... رابطه آب پنهان(مجازی)بابهره وری مصرف آب

نتیجه گیری.....	۸۶
<b>فصل ششم: چگونگی تولید آب از هوا.....</b>	<b>۸۹</b>
تولید آب از هوا.....	۸۹
تولید آب از مه.....	۹۰
تاریخچه تولید آب از هوا.....	۹۱
روش های تولید آب از هوا.....	۹۲
تراکم سرمایشی هوا.....	۹۲
رطوب گیر مرطوب.....	۹۳
تبدیل هوا به آب با دستگاه خورشیدی.....	۹۴
روش استخراج آب از هوا با فوم نانوکامپوزیتی گرافنی.....	۹۵
مزایای روش های تولید آب از هوا.....	۹۷
کاربردهای روش تبدیل هوا به آب.....	۹۷
فناوری نانو برای تولید آب آشامیدنی از هوا.....	۹۸
نتیجه گیری.....	۹۹
<b>فصل هفتم: استفاده از فاضلاب تصفیه شده وزه آبهای کشاورزی.....</b>	<b>۱۰۱</b>
پساب و فاضلاب تصفیه شده.....	۱۰۱
تکنولوژی های نوین در تصفیه فاضلاب.....	۱۰۲
تکنولوژی فیلتراسیون غشایی.....	۱۰۲
فن آوری نانو.....	۱۰۲
فن آوری فیلتراسیون با متغیرهای اتوماتیک.....	۱۰۳
استفاده از زه آب کشاورزی.....	۱۰۴
مدیریت زهاب ها.....	۱۰۵
اهمیت کیفیت زه آب.....	۱۰۶

۱۰۷.....روش های استفاده از زهاب کشاورزی

۱۰۸.....نتیجه گیری

۱۰۹.....منابع

## سخن نویسنده

صندوق جهانی طبیعت (WWF) بحران کم آبی را دومین بحران بزرگ دنیا طی ۱۰ سال آینده اعلام کرده است. این بحران در کشورهای قاره اروپا و آسیا بیش از دیگر کشورهای دنیا دیده می شود. پیش بینی می گردد، سهم خشکسالی ها در دنیا به دلیل تغییرات اقلیمی و جوی در سال های آینده ۱۰ درصد رشد داشته باشد. بر اساس تعریف بانک جهانی، کشوری که سالیانه کمتر از ۱۰۰۰ متر مکعب آب قابل شرب برای هر یک از شهروندانش داشته باشد با کمبود آب مواجه است؛ بر مبنای این تعریف، ایران تنها کشوری نیست که با بحران کم آبی مواجه است. از سوی دیگر ناسا نیز در گزارش های متعددی هشدار داده است که زمین به سمت کمبود آب پیش رفته و دریاچه های بزرگ جهان در حال ناپدید شدن هستند.

ایران از جمله کشورهایی است که در گروه کشورهای مواجه با کمبود فیزیکی آب قرار دارد. این گروه شامل کشورهاییست که در سال ۲۰۲۵ با کمبود فیزیکی آب مواجه هستند. این بدان معناست که حتی با بالاترین راندمان و بهره‌وری ممکن در مصرف آب، برای تامین نیازهایشان آب کافی در اختیار نخواهند داشت. حدود ۲۵ درصد مردم جهان از جمله ایران مشمول این گروه می‌باشند. براساس شاخص فالکن مارک، کشور ایران در آستانه قرار گرفتن در بحران آبی است. براساس شاخص سازمان ملل، ایران نیز اکنون در وضعیت بحران شدید آبی قرار دارد. بر اساس شاخص مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب

نیز، ایران در وضعیت بحران شدید آبی قرار دارد. بنا بر شاخص‌های ذکر شده، کشور ایران برای حفظ وضع موجود خود تا سال ۲۰۲۵ باید بتواند ۱۱۲ درصد به منابع آب قابل استحصال خود بیفزاید، که این مقدار با توجه به امکانات و منابع آب موجود غیرممکن به نظر می‌رسد. عواملی همچون افزایش چشمگیر جمعیت کره زمین و بهره برداری بی رویه از منابع محیط زیست برای تامین نیازهای اقتصادی، تأثیر خود را بر محیط زیست و از جمله منابع آب بر جای گذاشته است. به گفته آب شناسان، آب دیگر یک کالای فراوان و فاقد ارزش اقتصادی نیست، بلکه یک کالای بدون جایگزین و با ارزش اقتصادی زیاد در همه زمینه‌های مصرف می‌باشد.

اهمیت این عنصر حیاتی را مردمان ساکن در نواحی خشک و نیمه خشک بهتر می‌دانند؛ آنجا که یک قطره از آب، ارزشی برابر با زندگی دارد. کم آبی و بی آبی مصیبتی است که حدی برای آن متصور نیست، به گونه ای که با کاهش منابع آبی، گذشته از مسائل بهداشتی و بیماری‌هایی که حادث خواهد شد، بخش‌های کشاورزی و صنعت نیز مختل شده، تولیدات کاهش یافته، معادن بسیاری تعطیل و فاجعه ای ایجاد خواهد شد که حتی بیان آن بسی مشکل می‌نماید. امروزه آب شناسان و حتی سیاست مداران کشور های مختلف جهان یقین دارند که نحوه استفاده از منابع آب دنیا و چگونگی مصرف بهینه و مشترک از منابع آب شیرین موجود در جهان که هم محدود و آسیب پذیر و هم عامل اصلی زندگی، توسعه و محیط است، می‌تواند تعیین کننده وضعیت جنگ یا صلح در عصر حاضر باشد.

کمبود منابع آب شیرین در جهان، باعث گردیده است که بشر به دنبال روش‌ها و فناوریهای جدید جهت تامین منابع آبی برود. امروزه کاهش منابع آبی باعث گردیده است که تصفیه و استفاده از پساب‌ها و زهاب‌های کشاورزی مدنظر قرار گیرد. استفاده



از نانو تکنولوژی در تامین آب آشامیدنی و بهداشتی، استفاده از منابع آب جوی، استفاده از منابع آب ژرف زیرزمینی و استفاده از منابع آبی پنهان از جمله روش های نوین تامین منابع آبی بشمار می آیند. هر یک از فصول این کتاب یک مقاله مستقل می باشد که به یکی از روشهای تامین آب و فناوریهای نوین تولید آب اشاره می کند. به همین دلیل در پایان هر فصل، در خصوص موضوع مورد بحث، نتیجه گیری صورت می گیرد.

امید است مطالب این کتاب برای پژوهشگران و محققینی که در خصوص منابع آبی و فناوریهای نوین تامین آب، کارهای تحقیقاتی و پژوهشی انجام می دهند، مفید واقع شود. مطمئناً در تدوین این کتاب نواقص و ایراداتی مشاهده خواهد شد که پیشاپیش از محققین محترم پوزش طلبیده می شود و ان شاء الله باراهنمایی و همکاری شما بزرگواران در مراحل بعدی این نواقص نیز برطرف خواهند گردید. از همه اساتید و کسانی که به نوعی در این راه کمک و یاری و راهنمایی و تشویق نمودند، نظیر آقای دکتر محمد مهدی چاری از اساتید دانشگاه زابل و سرکار خانم دکتر مهسا واعظ تهرانی رئیس گروه بهره برداری آب شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، دکتر فریبرز عباسی استاد پژوهش موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سرکار خانم مریم رستمی دانشجوی دکترای مدیریت محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران و سرکار خانم فتنه رستمی دانشجوی دکترای اقتصاد محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، سپاسگزارم و همچنین از سرکار خانم فاطمه رستمی کارشناس ارشد زبان و ادبیات فارسی و همسر گرامی ام، که در ویراستاری این کتاب، حقیر را یاری نموده اند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

غلامحسین لکزائیان پور

پائیز ۱۴۰۱



## فصل اول:

# مدیریت ناکارآمد منابع آبی

### وضعیت منابع آبی جهان

حدود ۹۷ درصد از آب زمین در اقیانوس‌هاست و مقدار آب شیرین در کره زمین کمتر از سه درصد است. همچنین از این میزان نیز تنها یک سوم آن قابل مصرف می‌باشد و ما بقی به صورت برف و یخ در نواحی قطبی و یخچال‌های طبیعی وجود داشته و غیر قابل استفاده است. این میزان اندک آب، همان چیز است که ما برای شرب، شستشو، صنعت، کشاورزی، دامداری و تمام جنبه‌های زندگی‌مان از آن بهره می‌گیریم. با توجه به همین آمار اهمیت این عنصر حیاتی بدیهی به نظر می‌رسد. اکوسیستم آب‌های شیرین (Freshwaters) در مقابل آب‌های شور با مقدار کم نمک (کمتر از ۱ درصد) تعریف می‌گردد. گیاهان و حیواناتی که در مناطق آب شیرین زندگی می‌کنند با این شرایط سازگارند و امکان حیات در آب‌های شور را ندارند. کانادا حدود ۲۰ درصد آب شیرین جهان را در خود دارد. البته تمامی این آب تجدید پذیر نیست و بخش عمده آن به صورت یخ‌های قطبی است. با این حال کانادا حدود ۷ درصد از آب‌های تجدیدپذیر شیرین جهان را در اختیار دارد. برای مشخص شدن اهمیت آب‌های زیرزمینی کافی است

تا کل منابع آب شیرین کره زمین که زندگی تمامی موجودات زنده به آنها وابسته است، مورد ارزیابی قرار گیرد. اقیانوسها تقریباً ۹۷/۲ درصد از کل آبهای کره زمین را تشکیل می‌دهند. در حال حاضر، آب اقیانوسها به دلیل خصوصیات شیمیایی‌شان قابل استفاده برای مصارف آشامیدنی و همچنین کشاورزی نیست. البته در پاره‌ای از مناطق با شیرین‌سازی آب اقیانوسها، امکان استفاده از آنها فراهم شده است، اما هزینه تولید آب شیرین و قابل استفاده بسیار بالا است. بعد از اقیانوسها، بیشترین حجم آبهای کره زمین مربوط به آبهای منجمد می‌شود. آبهای منجمد ۲/۱ درصد از کل آبهای کره زمین را تشکیل می‌دهند.

بعد از آبهای منجمد، آبهای زیرزمینی با ۰/۶ درصد، بخش از آبهای قابل توجهی زمین را به خود اختصاص می‌دهند. حتی اگر تنها آبهای قابل دسترس و فعال در محاسبات منظور شوند، آبهای زیرزمینی ۹۵ درصد از کل آبهای شیرین جهان را به خود اختصاص می‌دهند. دریاچه‌ها، مردابها، مخازن و رودخانه‌ها تقریباً ۳/۵ درصد و محتوای رطوبتی خاک ۱/۵ درصد از کل آب شیرین جهان را تشکیل می‌دهند (علی پور و همکاران، ۱۳۹۹).

### چالش‌های مدیریت منابع آب

اگر ماهیت کاهنده‌ی منابع آب، تعارضات گسترده منافع ملی کشور های خاورمیانه و شمال آفریقا، رقابت های سنتی، رشد فزاینده شهرنشینی، صنعتی شدن شتابان، افزایش جمعیت، بالا رفتن استاندارد های فرهنگی را در این کشورها در نظر بگیریم، دیری نخواهد پایید که منطقه درگیر جنگ های ویرانگر شود. این در حالی است که ضعف سیاست های ملی اکثر کشورهای منطقه در بهره برداری از منابع آبی، نگرانی های

امنیتی، اختلافات و تعارضات تاریخی، سیاسی، قومی و مذهبی، افزون طلبی ها و رقابت های اقتصادی، منجر به تشدید بحران و وخامت اوضاع در این منطقه خواهد شد.

از سال ها پیش، به طور پنهانی، کشمکش بر سر منابع آب در میان بسیاری از کشورهای منطقه در جریان است. در حال حاضر کشورهای زیادی در منطقه ی خاورمیانه با بحران آب مواجه اند، کشورهایی همچون قطر، امارات متحده عربی، عربستان سعودی، لیبی، یمن، کویت، سوریه، ایران، پاکستان و افغانستان. همین امر ممکن است در آینده در این منطقه از جهان، به عنوان عامل مهمی در شعله ور شدن جنگ های تمام عیار محسوب گردد و شاید برای مدت ها موتور اصلی اما پشت پرده نزاع های منطقه ای شود. منطقه مذکور به دلیل عبور کمربند بیابانی و اقلیم حساس و شکننده، یکی از حساس ترین مناطق جهان به لحاظ منابع آبی است. منابع آب در کشورهای خاورمیانه به دلیل سوء مدیریت ها و عدم توجه به نیاز های آینده و همچنین شرایط نامساعد ناشی از وضعیت طبیعی این منطقه با چالش های فراوانی مواجه اند که از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱. بهره برداری نامطلوب از سازه های آبی و تلفات زیاد آب؛
۲. بهره برداری بی رویه از منابع آب زیرزمینی؛
۳. عدم توجه به مدیریت مصرف و فشار بیشتر از توان تولید بر منابع آب؛
۴. پایین بودن راندمان در کلیه مراحل تامین، انتقال و توزیع و تحویل آب؛
۵. آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی توسط پساب ها و فاضلاب تصفیه نشده؛
۶. فقدان تصفیه خانه های شهری و صنعتی کافی؛

۷. عدم رعایت استاندارد های زیست محیطی مناسب برای کیفیت پساب های خروجی و پایش دائمی میزان آلاینده ها؛
۸. تلفات زیاد آب در شبکه های آبرسانی شهری؛
۹. وجود مدیریت بحران به جای مدیریت ریسک؛
۱۰. عدم هماهنگی در اجرا و بهره‌برداری همزمان پروژه های تأمین و انتقال آب و شبکه های آبیاری و زهکشی؛
۱۱. عدم هماهنگی در اجرا و بهره‌برداری شبکه های اصلی و فرعی؛
۱۲. عدم مشارکت ذی نفعان در بهره‌برداری و حفاظت از منابع آب؛
۱۳. عدم برنامه ریزی اجرایی جهت استفاده از آب های مرزی و مشترک که از کشور خارج می شود
- تمام این موارد به نوعی ریشه در مدیریت و نحوه استفاده از منابع آب دارد همچنین تهدید هایی نیز بصورت بالقوه و بالفعل در رابطه با منابع آب موجود در منطقه خاورمیانه وجود دارد. این تهدید ها که ناشی از شرایط طبیعی و عملکرد های انسانی می باشد، شامل موارد ذیل خواهند بود:
۱. کاهش نزولات جوی و پراکنش ناهمگون آن؛
  ۲. وقوع پدیده تغییر اقلیم و به تبع آن وقوع سیل و خشکسالی های پی در پی؛
  ۳. افت کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی؛
  ۴. آلودگی منابع آب سطحی، زیرزمینی و سواحل توسط پساب های صنعتی، فاضلاب های انسانی تصفیه نشده و زه آب کشاورزی؛

۵. عدم تأمین به موقع منابع مالی مورد نیاز برای اجرای پروژه های آبی؛
۶. عدم وجود الگوهای کشت بهینه و همچنین عدم وجود سند توسعه آب؛
۷. استفاده آب برای محصولات پر مصرف؛
۸. تنش های ناشی از تشدید رقابت بین متقاضیان آب؛
۹. فرسایش شدید خاک در حوضه های آبریز و روند فزاینده رسوبگذاری پشت سدها؛
۱۰. پایین بودن بهره‌وری آب کشاورزی و راندمان آبیاری؛

### روشهای جدید تامین منابع آبی

حدود ۸۵ درصد کل مصارف آب در ایران، مربوط به بخش کشاورزی است در حالی که بخش صنعت حدود ۷ درصد و آب شرب حدود ۸ درصد کل مصارف آب را تشکیل می‌دهند (بعضی از منابع، ۹۱ درصد مصارف کشاورزی، ۲ درصد مصارف صنعتی و ۷ درصد مصارف شرب را اعلام کرده‌اند). در بیشتر کشورهای پیشرفته صنعتی، مصارف کشاورزی درصد کمی از کل مصارف آب آن کشورها را تشکیل می‌دهد؛ به‌عنوان مثال در ایالات متحده آمریکا مصارف کشاورزی حدود ۴۱ درصد، مصارف صنعتی حدود ۴۶ درصد و مصارف شرب حدود ۱۳ درصد کل مصارف آب را تشکیل می‌دهد؛ بنابراین لزوم مکانیزه کردن مصرف آب کشاورزی و تجدیدنظر در کشت نوع محصولات کشاورزی در ایران بیش از گذشته احساس می‌شود. محدودیت منابع آب، تغییرات اقلیمی و بروز خشکسالی، توزیع نامتوازن آب در سطح کشور، افزایش روزافزون جمعیت، توسعه کشاورزی و صنعتی و اجتماعی، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی، رسیدن کشور به مرحله تنش آبی و کاهش سرانه آبی، تأکیدی بر ضرورت استفاده از منابع غیرمتعارف

آب همچون پساب‌هاست. در واقع با توجه به مشکلات و کمبود منابع آب در ایران، بازیابی فاضلاب می‌تواند راهکاری برای تأمین کمبودها از طریق استفاده از پساب تصفیه شده به جای آب بهداشتی باشد؛ به‌عنوان مثال از پساب‌های تصفیه شده می‌توان در بخش کشاورزی، آبیاری فضای سبز و... استفاده کرد. اگرچه بشر از گذشته دوارزشهای مختلفی برای تامین آب از منابع سطحی و زیرزمینی استفاده می‌کرده است ولی مهمترین روش های تامین منابع آبی با استفاده از فناوریهای نوین عبارتند از:

۱. استفاده از فاضلاب تصفیه شده و پساب ها جهت آبیاری اراضی کشاورزی و فضای سبز.
۲. استفاده از منابع آب جوی (بارورسازی ابرها) جهت افزایش میزان بارندگی در بعضی نقاط مدنظر.
۳. استفاده از منابع آب زیرزمینی عمیق (آب های ژرف) در مناطقی که بشدت دچار کمبود آب می باشند.
۴. استفاده از منابع آب مجازی (آب پنهان) و اعمال تجارت آب مجازی در بین کشورهای صادرکننده و واردکننده آب مجازی.
۵. استفاده از نانو تکنولوژی جهت تامین منابع آبی برای استفاده در بخش های مختلف شرب، صنعت و کشاورزی و بهینه سازی مصرف آب.
۶. استفاده از منابع آب شور اقیانوس ها و دریاها و شیرین سازی آبهای شور با استفاده از انواع آب شیرین کن ها.
۷. استفاده از آب موجود در هوا جهت تامین آب مصارف شرب در نقاط شرجی و مناطقی که دچار کمبود شدید منابع آب شیرین می باشند.
۸. استفاده از پساب و زهاب کشاورزی جهت مصارف کشاورزی.



۹. مدیریت سیلاب با استفاده از راهکارها و فناوریهای نوین جهت تامین منابع آبی در مناطقی که مستعد بارندگی های شدید موسمی می باشند.

۱۰. استفاده از فناوریهای نوین در جهت افزایش بهره وری و کاهش و مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی و به عبارتی مصرف بهینه آب در بخش کشاورزی.

۱۱. استفاده از فناوریهای نوین در جهت کاهش هدررفت آب در بخش های شرب و صنعت.

۱۲. استفاده از فناوریهای نوین جهت کاهش تبخیر از منابع آبی سطحی. متاسفانه حجم زیادی از آبهای سطحی و رطوبت موجود در خاک از طریق تبخیر، از دسترس مستقیم ما خارج می شوند.

امروزه روش ها و فناوریهای جدیدی جهت تامین آب در بخش های مختلف کشاورزی، صنعت، شرب و محیط زیست مورد استفاده قرار می گیرند. نیاز شدید بشر به آب شیرین باعث گردیده است که فناوریهای نوین را در این راه به خدمت گیرد. در آینده کمبود منابع آب شیرین خیلی از کشورهای جهان را دچار مشکل خواهد نمود و اینکه گفته اند در آینده، جنگ آب در بین کشورها اتفاق خواهد افتاد، موضوع دور از انتظاری نخواهد بود. استفاده از نانو تکنولوژی، بارور سازی ابرها (منابع جوی)، منابع آبی عمیق زیرزمینی (آب ژرف) و آب مجازی از جمله روشهای نوین تامین منابع آبی بشمار می آیند که در فصول قبل بطور مفصل مورد بررسی و تحلیل قرار گرفتند.

## نتیجه گیری

معمولاً راهکارهایی مانند بهینه سازی مصرف، انتقال آب بین حوزه ای و شیرین سازی آب دریاها در شرایط کم آبی مورد توجه قرار می گیرند. در کنار این راهکارها، روش های

دیگری نیز وجود دارند که مهمترین آن ها فناوری بارورسازی ابرها به عنوان شاخه ای از علم تعدیل وضع هوا، منابع آب های نامتعارف نظیر زهاب های کشاورزی و فاضلاب های صنعتی و خانگی، آب ژرف و آب مجازی می باشند. بررسی و مقایسه انواع روش های تامین آب، نشان می دهد که تولید آب با استفاده از فناوری بارورسازی ابرها، کم هزینه ترین روش تامین آب است. بنابراین، بین راهکارهای طبیعی مقابله با خشکسالی، بارورسازی ابرها مقرون به صرفه ترین راهکار در سالهای آتی خواهد بود. فناوری استفاده از آب های ژرف به دلیل گران بودن این روش تامین آب، به عنوان آخرین گزینه مطرح می باشد. زمانی که هیچ گزینه ی دیگری برای تامین آب نداریم. در واقع استخراج آبهای ژرف فقط برای شرب قابل توجیه است. تجارت مجازی آب به عنوان وسیله ای برای دستیابی به امنیت آبی و مصرف بهینه آب و صرفه جویی در مصرف آب در مقیاس جهانی توصیه می شود.

## فصل دوم:

### کاربرد نانوتکنولوژی در تامین آب شرب و بهداشتی و آب کشاورزی

#### نانوتکنولوژی چیست؟

نانوتکنولوژی یکی از جدیدترین علوم در حال توسعه می باشد که ماحصل پژوهش های فراوان در رابطه با جا به جایی ذرات ریزاتمی می باشد، ابعاد ذرات مورد مطالعه در نانو بین ۱ تا اندازه ۱۰۰ نانومتر می باشد (توجه هر نانومتر برابر با ۱۰ به توان منفی ۹ متر می باشد). در واقع نانو تکنولوژی فهم و به کارگیری خواص جدیدی از مواد و سیستمهایی در این ابعاد است که اثرات فیزیکی جدیدی - عمدتاً متأثر از غلبه خواص کوانتومی بر خواص کلاسیک - از خود نشان می دهند. نانوفناوری یک دانش به شدت میان رشته ای است و به رشته هایی چون مهندسی مواد، پزشکی، داروسازی و طراحی دارو، دامپزشکی، زیست شناسی، فیزیک کاربردی، ابزارهای نیم رسانا، شیمی ابرمولکول و حتی مهندسی مکانیک، مهندسی برق و مهندسی شیمی نیز مربوط می شود. تحلیل گران براین باورند که فناوری نانو، فناوری زیستی (Biotechnology) و فناوری اطلاعات (IT) سه قلمرو علمی هستند که انقلاب سوم صنعتی را شکل می دهند. نانو تکنولوژی می تواند به عنوان ادامه دانش کنونی به ابعاد نانو یا طرح ریزی دانش کنونی بر پایه هایی

جدیدتر و امروزی تر باشد. نانوتکنولوژی، توانمندی تولید مواد، ابزارها و سیستمهای جدید با در دست گرفتن کنترل در سطوح ملکولی و اتمی و استفاده از خواص است که در آن سطوح ظاهر می شود. از همین تعریف ساده برمی آید که نانوتکنولوژی یک رشته جدید نیست، بلکه رویکردی جدید در تمام رشته هاست. برای نانوتکنولوژی کاربردهایی را در حوزه های مختلف از غذا، دارو، کشاورزی، تشخیص پزشکی و بیوتکنولوژی تا الکترونیک، کامپیوتر، ارتباطات، حمل و نقل، انرژی، محیط زیست، مواد، هوافضا و امنیت ملی برشمرده اند. کاربردهای وسیع این عرصه به همراه پیامدهای اجتماعی، سیاسی و حقوقی آن، این فناوری را به عنوان یک زمینه فرا رشته ای و فرابخش مطرح نموده است.

در حال حاضر، حدود ۲۰۰ شرکت در سراسر جهان در زمینه تحقیقات فناوری نانو فعال هستند و انتظار می رود که تعداد آنها بسرعت افزایش یابد و به موازات آن، کاربردهای بیشتر، جدیدتر و پیچیده تری از این فناوری پدیدار شود. نانو ریشه یونانی "نانس" به معنی کوتوله می باشد. فناوری نانو موج چهارم انقلاب صنعتی، پدیده ای عظیم می باشد که در تمامی گرایش های علمی راه یافته است. ماهیت فناوری نانو توانایی کارکردن در تراز اتمی، مولکولی و فراتر از آن در ابعاد بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر، با هدف ساخت و دخل و تصرف در چگونگی آرایش اتم ها یا مولکول ها با استفاده از مواد، وسایل و سیستم هایی با توانایی های جدید و با تغییر این ساختارها و رسیدن به بازدهی بیشتر مواد می باشد. فناوری نانو فرایند دستکاری مواد در مقیاس اتمی و تولید مواد و ابزار، به وسیله کنترل آنها در سطح اتم ها و مولکولهاست.

در واقع اگر همه مواد و سیستم ها ساختار زیربنایی خود را در مقیاس نانو ترتیب دهند؛ آنگاه تمام واکنش ها سریع تر و بهینه تر صورت می گیرد و توسعه پایدار پیش گرفته می شود. طبق گزارش مرجع آماری فنانوری نانو در دنیا (statnano)، ایران از ابتدای سال