

مروری بر کاربردهای فناوری نانو در

## صنعت آب و فاضلاب



آب، مایه حیات و فراوان‌ترین ماده مرکب بر روی سطح کره زمین و بستر اولیه حیات به‌شکلی است که امروزه مشاهده می‌کنیم. اهمیت آب و نقش حیاتی آن در زندگی انسان، حیوان، نبات و محیط زیست آنقدر روشن است که نیاز به دلیل و برهان ندارد. با وجود پیشرفت‌های شگفت‌آوری که در زمینه‌های مختلف حیات بشر صورت گرفته است، آب همچنان اهمیت خود را به‌عنوان منبع اصلی تامین انرژی و نیز تولید محصولات کشاورزی حفظ کرده است، به‌همین دلیل برخی از دانشمندان معتقدند که آب دلیل اصلی، اما پنهانی بسیاری از منازعات سیاسی یک منطقه محسوب می‌شود. تنها منبع آب شیرین، آب برف و باران سرازیر شده از کوه‌ها است که توسط نهرها و رودخانه‌های طبیعی به جریان می‌افتد و در امور آبیاری زمین‌ها برای کشاورزی و آشامیدن بکار می‌رود.

در کشورمان ایران، مسئله آب به‌ویژه آب شیرین با توجه به وضعیت جغرافیایی و قرارگرفتن آن در منطقه خشک و نیمه‌خشک از حساسیت بیشتری برخوردار است. همچنین اهمیت خود را به‌عنوان منبع اصلی تامین انرژی و نیز تولید محصولات کشاورزی حفظ کرده است، به‌همین دلیل برخی از دانشمندان معتقدند که آب دلیل اصلی، اما پنهانی بسیاری از منازعات سیاسی یک منطقه محسوب می‌شود. تنها منبع آب شیرین، آب برف و باران سرازیر شده از کوه‌ها است که توسط نهرها و رودخانه‌های طبیعی به جریان می‌افتد و در امور آبیاری زمین‌ها برای کشاورزی و آشامیدن بکار می‌رود. در کشورمان ایران، مسئله آب به‌ویژه آب شیرین با توجه به وضعیت جغرافیایی و قرارگرفتن آن در منطقه خشک و نیمه‌خشک از حساسیت

بیشتری برخوردار است. همچنین ذخایر آب کشور در حال کاهش و شور شدن است و آب‌های سطحی نیز با انواع ضایعات آلوده شده‌اند. بنابراین با نگاهی به مشکلات تامین آب در ایران و همچنین اهمیت تصفیه پساب‌های خانگی و صنعتی، استفاده از فناوری‌های نوین ضروری به نظر می‌رسد. با توسعه فناوری نانو در صنعت آب و فاضلاب، می‌توان تحولات عظیمی در تامین آب مصرفی و بخش‌های وابسته به آن به‌وجود آورد. کاربردهای فناوری نانو در تصفیه آب، گندزدایی، استفاده بهینه از آب سفره‌های زیرزمینی و بهبود سازه‌های آبی از جمله ویژگی‌هایی است که صنعت آب و فاضلاب با استفاده از فناوری نانو به‌دنبال تحقق آن‌ها است. در ادامه به معرفی کاربردهای فناوری نانو در صنعت آب و فاضلاب، در چهار بخش فرآیند تصفیه، پاک‌سازی سفره‌های آب زیرزمینی و بهبود سازه‌های آبی خواهیم پرداخت.

### فناوری نانو و تصفیه آب

در دسترس بودن آب سالم و پاک یکی از مهمترین مسائل پیش‌روی بشر است و به‌تدریج که مقدار مصرف آب بیشتر می‌شود مواد آلاینده نیز به‌طرق مختلف باعث آلوده کردن منابع آبی می‌گردند و این مساله در آینده بحرانی‌تر خواهد شد. توانایی تصفیه آب، این امکان را فراهم می‌کند تا منابع مناسب‌تری برای مصارف گوناگون به‌دست آوریم.

بهره‌گیری از فناوری نانو در فرآیند تصفیه آب، راه‌حل مناسبی است تا بتوان به‌سادگی آب آلوده را برای استفاده در کشاورزی و یا حتی برای مصارف خانگی بازیافت نمود. کاربردهای فناوری نانو در تصفیه آب را می‌توان در سه فرآیند زیر خلاصه کرد:

### فرآیند غربالی

در فرآیند غربالی، تصفیه آب به‌وسیله غشاهایی با منافذ درحد نانومتر صورت می‌پذیرد. فناوری تولید نانوغشاء یکی از فناوری‌های پرکاربرد در صنعت امروز است که حوزه کاربرد آن از

صنعت آب و فاضلاب تا صنایع غذایی، دارویی و همچنین صنایع نفت، گاز و انرژی گسترده شده است. در این روش، برحسب اندازه منافذ غشا، ترکیبات آلی و معدنی و یا مواد زیستی، به‌راحتی از آب جدا شده و در نهایت آبی تصفیه‌شده خواهیم داشت.

### فرآیند جذبی

از جاذب‌ها می‌توان به‌عنوان جداساز محیطی، در تصفیه آب و حذف آلاینده‌های آلی بهره برد. از جمله نانوجاذب‌های پرکاربرد در تصفیه آب می‌توان به مزوپوره‌های نانوحفره‌ای اشاره کرد. مزوپوره‌ها مواد متخلخلی‌اند که در ابعاد میکرون بوده و تنها حفرات تشکیل‌دهنده آنها در اندازه‌های نانومتری است. پوشش‌دادن این حفرات با نانوذراتی که قدرت پیوند با مواد آلاینده را دارند باعث بهبود عملکرد نانوجاذب‌ها خواهد شد.

### فرآیند تجزیه

استفاده از صفحات لایه‌نشانی‌شده با دی‌اکسید

تیتانیوم در فرآیند تصفیه آب، این امکان را فراهم می‌کند تا تابش اشعه UV، مواد آلاینده موجود در آب، به ترکیباتی غیر مضر تجزیه شوند. در این روش، دی‌اکسید تیتانیوم به‌عنوان یک فتوکاتالیست عمل کرده و شرایط موردنیاز برای انجام واکنش تجزیه را فراهم خواهد کرد.

از جمله آلاینده‌های موجود در آب‌های صنعتی که دی‌اکسید تیتانیوم آن‌ها را به آب و دی‌اکسید کربن تبدیل می‌کند عبارتند از: آلکان‌ها، آلکن‌ها، آلکین‌ها، اترها، آلدئیدها، الکل‌ها، ترکیبات آمینی، ترکیبات سیانیدی، استرها و ترکیبات آمیدی.

### خط قرمز برای گسترش آلاینده‌های بیولوژیکی

آشکار نمودن آلودگی‌ها و مواد آلاینده موجود در آب، هدفی است که دستیابی به آن در فرآیند تصفیه آب، مستلزم بهره‌گیری از فناوری‌های نوین است. امروزه حسگرها، نقش عمده‌ای در تعیین میزان دما، مواد محلول

## ← ارتقای مقاومت سازه‌های آبی با استفاده از فناوری نانو

امروزه پیشرفت‌های چشمگیر در صنعت و فناوری بتن و نوپا بودن فناوری نانو ایجاب می‌کند تا در زمینه مصالح و روش‌های ساختمانی، امکان تولید و دستیابی به بتن‌های مبتنی بر فناوری نانو، به صورت کاربردی فراهم شود. بهره‌گیری از فناوری نانو در مواد سازنده سازه‌های آبی همچون سدها می‌تواند تاثیر قابل ملاحظه‌ای در افزایش مقاومت و طول عمر سازه‌ها داشته باشد. به کارگیری برخی نانوذرات از جمله نانوذرات سیلیس در سازه‌های آبی، افزایش سرعت حرکت سیال و بهبود خواص مکانیکی بتن حاوی این نانوذرات نسبت به نمونه‌های بتنی دیگر را به دنبال خواهد داشت.

بزرگی در شناسایی آلاینده های آب، به وجود آورده‌اند.

## ← سفره‌های آب زیرزمینی؛ سرمایه‌های پنهان شده در خاک

تزریق برخی نانوذرات به سفره‌های آب زیرزمینی، یک راه حل عملیاتی با استفاده از فناوری نانو برای تصفیه آب سفره‌ها خواهد بود. تزریق نانوذرات باعث پیوند مواد آلاینده به یکدیگر شده و آنها را از حالت منفرد به حالت کمپلکس تبدیل خواهد کرد. کمپلکس‌های حاصله، نه تنها قادر به عبور از لایه‌های خاک نیستند بلکه به دلیل افزایش وزن، در ته سفره‌های زیرزمینی رسوب خواهند کرد.

در آب، شناسایی پاتوژن و فلزات سنگین ایفا می‌کنند. اگر چه حسگرهای مختلفی برای آشکار نمودن آلودگی‌ها و مواد آلوده وجود دارند ولی فناوری نانو امکان ایجاد نسل‌های جدیدی از حسگرهای با توانایی بالا را فراهم می‌نماید که مواد آلاینده در مقادیر و غلظت‌های کم را آشکار می‌نمایند.

با ظهور فناوری نانو، حساسیت حسگرها ارتقا یافته و سرعت عملکرد بالاتری پیدا کرده‌اند. تصور اینکه یک نانوحسگر می‌تواند با سرعتی باورنکردنی، حضور یک ذره ویروسی را قبل از تکثیر ویروس و بروز علائم بیماری، شناسایی کند شاید تا قبل از ظهور این فناوری ممکن نبوده اما اکنون نانوحسگرها انقلاب

## ↓ فناوری نانو در صنعت آب و فاضلاب کشور

در ایران نیز، همگام با ظهور فناوری نانو، گام‌های زیادی در جهت همگام‌سازی صنعت آب و فاضلاب با این فناوری صورت پذیرفته است. از شاخص‌ترین آنها می‌توان به امضای سندی ما بین ایران و یونیدو (سازمان توسعه صنعتی ملل متحد)، مبنی بر ایجاد مرکز بین‌المللی فناوری نانو در ایران اشاره کرد. طبق این سند، ایران برای مدت ۴ سال از سوی یونیدو به عنوان حوزه تمرکز تحقیقات فناوری نانو در آب انتخاب شده است. با تشکیل این مرکز، مدیریت پروژه‌های تحقیقاتی یونیدو که در تباط با کاربرد نانو در صنعت آب و پساب باشند به ایران سپرده خواهد شد. پروژه‌های گوناگونی توسط ستاد ویژه توسعه فناوری نانو و بخش خصوصی در این زمینه انجام شده است که در ادامه به معرفی برخی از آنها می‌پردازیم.

در ایران نیز، همگام با ظهور فناوری نانو، گام‌های زیادی در جهت همگام‌سازی صنعت آب و فاضلاب با این فناوری صورت پذیرفته است. از شاخص‌ترین آنها می‌توان به امضای سندی ما بین ایران و یونیدو (سازمان توسعه صنعتی ملل متحد)، مبنی بر ایجاد مرکز بین‌المللی فناوری نانو در ایران اشاره کرد. طبق این سند، ایران برای مدت ۴ سال از سوی یونیدو به عنوان حوزه تمرکز تحقیقات فناوری نانو در آب انتخاب شده است. با تشکیل این مرکز، مدیریت پروژه‌های تحقیقاتی یونیدو که در تباط با کاربرد نانو در صنعت آب و پساب باشند به ایران سپرده خواهد شد. پروژه‌های گوناگونی توسط ستاد ویژه توسعه فناوری نانو و بخش خصوصی در این زمینه انجام شده است که در ادامه به معرفی برخی از آنها می‌پردازیم.

پارامترها	ورودی تصفیه‌خانه	خروجی تصفیه‌خانه
	مقدار	مقدار
قابلیت الکتریکی ms/cm	۲۲۵۷	۱۸۴
PH	۷/۵۹	۷
کدورت NTu	۱۸/۹	۰/۲
کربنات mg/lit	۵	۵
بی کربنات mg/lit	۲۳۷/۹	۵۲
سختی کل caco <sub>3</sub> mg/lit	۷۷۰	۵۰
کلسیم mg/lit	۲۰۲	۲۵/۸
منیزیم mg/lit	۶۳/۶	۸/۳
سدیم mg/lit	۱۳۶	۲۰
آمونیاک mg/lit	۰/۱	۰/۰۳
نیتریت mg/lit	۰/۰۴۱	۰/۰۴
نیترات mg/lit	۲۴	۱۶
فلوئوراید mg/lit	۰/۹	۰/۲
فسفات mg/lit	۰/۱۷۴	۰/۱۲
پتاسیم mg/lit	۲	۰/۳

طرح آب‌رسانی شهر مرزی خمارلو به منظور آب‌رسانی به شهر مرزی خمارلو از توابع استان آذربایجان شرقی، در سال ۱۳۸۵، طرح تصفیه‌خانه نانوفیلتراسیون در مجاورت رود ارس احداث شد و آب تصفیه‌شده از طریق خط انتقال به مخزن ۱۰۰۰ مترمکعبی شهر تخلیه و سپس به شبکه توزیع و انشعابات خانه‌ها رسید. تا پیش از سال ۱۳۸۵ منبع اصلی تامین آب شرب شهر خمارلو چشمه‌های بالادست شهر با دبی ۱/۵ تا ۴ لیتر در ثانیه بوده است و دو حلقه چاه داخل شهر نیز به علت کیفیت نامناسب و سختی و سولفات و منیزیم بالا از مدار خارج شده بود. لذا به علت توسعه شهر و مطالعات جهت بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی در مجاورت رودخانه ارس، طرح کاربرد فناوری نانو برای تصفیه آب به میزان ۵۰۰ مترمکعب در روز و انتقال و پمپاژ ۱۰۰۰ متر مکعبی آب به مخازن موجود با خط انتقال به طول ۲/۱ کیلومتر به اجرا درآمد.

به گزارش کارشناسان شرکت آب و فاضلاب استان آذربایجان شرقی، با توجه به ورودی تصفیه‌خانه آب شهر خمارلو و غلظت نمونه اندازه‌گیری شده از چاه و مقایسه آن بعد از تصفیه آب با استفاده از طرح نانوفیلتراسیون، نکته قابل توجه در این طرح کاهش چشمگیر مواد شیمیایی، فلزات سنگین و ترکیبات میکروبی بوده است. مقایسه پارامترهای ورودی و خروجی تصفیه‌خانه از لحظه به اجرا درآمدن این طرح در جدول شماره ۱ آمده است. طبق نظرسنجی از اهالی شهر خمارلو در زمینه کیفیت آب شرب بعد از تصفیه، تمام جامعه آماری در خصوص مزه، طعم، رنگ و بو آب شرب اظهار رضایت کامل داشتند. به گفته مسئولین شرکت آب و فاضلاب استان آذربایجان شرقی، اجرای طرح تصفیه آب بر پایه فناوری نانوفیلتراسیون، از نظر فنی و