

یادداشت فنی

بررسی تأثیر منعقد کننده نانو در کاهش آلودگی میکربی آب‌های آشامیدنی (مطالعه موردی)

امیر باقی^۱، سعدیه باباخانیان^۲، محمد محمدی^۳

۱- کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، شرکت آب و فاضلاب شهری استان ایلام
(نویسنده مسئول) ۲۲۳۰۱۳۷ (۰۸۴۱) ani_baghi@yahoo.com
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست- منابع آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات ایلام
۳- کارشناسی ارشد مهندسی سازه‌های آبی، شرکت آب و فاضلاب شهری استان ایلام

(دریافت ۹۳/۱/۲۷ پذیرش ۹۳/۶/۲۷)

چکیده

استفاده از فناوری‌های نوین به‌خصوص فناوری نانو در راستای کاهش اثرات سوء آلودگی‌های محیط‌زیستی، به‌عنوان یکی از راهکارهای مدیریتی مطرح است. استفاده از این فناوری در ارتباط با منابع آب، با توجه به چالش‌های پیش‌رو ضروری به نظر می‌رسد. بر اساس این پژوهش میزان تأثیر مواد منعقد کننده نانو بر کاهش بار آلودگی میکربی آب‌های آشامیدنی به‌صورت موردی در شهر ایلام با آنالیز شاخص‌های کیفی میزان اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی (BOD_5)، سختی کل (TH) و میزان کلیفرم‌های گوارشی در نمونه‌های آب‌های آلوده مورد ارزیابی قرار گرفت. استفاده از این گونه مواد در دماهای بالا در حدود 40°C درجه سلسیوس، زمان ماند بیشتر از یک ساعت و pH برابر ۶ بیشترین تأثیر را در کاهش میزان بار آلودگی میکربی و BOD_5 داشته ولی بر میزان سختی کل هیچ‌گونه اثری نگذاشته است. این امر حاکی از آن است که کارایی این گونه مواد منعقد کننده نانو در شرایط دمای بالا و pH زیر حالت خنثی، بیشترین تأثیر خود را در کاهش میزان بار آلودگی میکربی دارد و استفاده از این مواد می‌تواند از مصرف بیش از حد سایر مواد متداول منعقد کننده و مواد گندزدا در تصفیه‌خانه‌های آب جلوگیری نموده و در سالم‌سازی آب آشامیدنی به‌کار رود و تا حد بسیار زیادی در جهت بهبود و بهینه‌سازی سیستم تصفیه مناسب آب‌های آلوده برای آشامیدن با توجه به محدودیت منابع آبی در جهان و ایران مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: آب آشامیدنی، آلودگی میکربی، نانوذرات منعقد کننده

۱- مقدمه

روی بشر است و به تدریج که مقدار مصرف آب بیشتر می‌شود، مواد آلاینده نیز به طرق مختلف باعث آلوده کردن منابع آبی می‌شوند و این مسئله در آینده بحرانی‌تر خواهد شد. پذیرش حق برخورداری از آب به‌عنوان یک حق برای بشر ممکن است مهم‌ترین گام در بر طرف کردن دشواری تأمین آب باشد. اهمیت کاربرد فناوری نانو در صنعت آب طی مدت کوتاهی که از ظهور آن می‌گذرد، کاربردهای مختلفی در صنایع گوناگون یافته است. فناوری نانو در بخش‌های مختلف، شامل ساخت سدها، حفاظت خطوط لوله انتقال آب، تصفیه آب و پساب، شیرین‌سازی آب و غیره، کاربرد یافته است.

با توجه به کمبود منابع آب زیرزمینی و عدم دسترسی مناسب به آب آشامیدنی سالم و کافی و ضرورت اهمیت تصفیه مناسب آب و مقرون به صرفه بودن فرایند تصفیه و اطمینان از منابع آب آشامیدنی برای مصرف و همچنین اهمیت ویژه کاهش آلودگی میکربی آب‌های موجود، یکی از روش‌های متداول تصفیه، روش انعقاد و لخته‌سازی است که منعقد کننده نانو با توجه به خصوصیات آن از جمله نداشتن اثرات جانبی و باقیمانده، روش مناسبی به نظر

آب مایه حیات و فراوان‌ترین ماده مرکب بر روی سطح کره زمین و بستر اولیه حیات است [۱]. بیش از $70/9$ درصد از سطح کره زمین را آب در بر گرفته است یعنی حدود 360 میلیون از 510 میلیون کیلومتر مکعب. حجم کل آب‌های موجود در کره زمین 1360 میلیون کیلومتر مکعب تخمین زده شده است که بیشترین مقدار آن در اقیانوس‌ها و دیگر پیکره‌های وسیع آبی و تنها حدود $1/6$ درصد در آب‌های زیرزمینی و $0/001$ درصد به شکل بخار آب و ابر در جو و بارش‌های جوی است [۲].

در آینده فاصله بین حجم منابع آب موجود در جهان و حجم آب مصرفی کاهش خواهد یافت که البته رشد جمعیت باعث تشدید این شرایط می‌شود، بنابراین واکنش فوری و قطعی مسئولان جوامع باید اکنون شروع شود، به دلیل اینکه بحران آب منطقه‌ای که می‌تواند هشدار دهنده بحرانی در مقیاس جهانی در قرن ۲۱ باشد، در طی ۳۰ سال آینده اجتناب ناپذیر است و الزاماً روش اولیه در این راهکار، تغییر وضعیت آینده آب است [۳].

در دسترس بودن آب سالم و پاک یکی از مهم‌ترین مسائل پیش

می‌رسد. در مجموع، کاربردهای متعددی را می‌توان در زمینه استفاده از فناوری نانو متصور بود که اهم آنها در زیر آمده است: ۱- استفاده از ذرات نانوساختار در تصفیه آلاینده‌ها؛ ۲- رنگ‌زدایی از آب آشامیدنی؛ ۳- نمک‌زدایی از آب؛ ۴- نانو پوشش‌ها؛ ۵- نانولوله‌های جاذب گازهای سمی؛ ۶- نانو پلیمرهای متخلخل؛ ۷- استفاده از نانو ذرات در تصفیه پساب‌ها؛ ۸- نانو فیلترها؛ ۹- حذف آرسنیک موجود در آب.

تصفیه آب با استفاده از فناوری نانو از دیرباز به منظور بهبود کیفیت آب از جمله طعم و ظاهر آب انجام می‌شد. با کشف این مطلب که بیماری‌هایی نظیر وبا و حصبه با آشامیدن آب آلوده، منتقل می‌شوند، مردم متوجه شدند که طعم و بو به تنهایی نمی‌تواند شاخصی برای سالم بودن آب باشد. در نتیجه ضرورت استفاده از فناوری‌های تصفیه تکمیلی از جمله فیلتراسیون مشخص شد. تجارب عملی در ایالات متحده نیز موجب گسترش استفاده از فیلترهای ماسه‌ای تند که کاهش میزان کدورت و باکتری‌های موجود (کلیفرم‌ها) را در پی خواهد داشت، شد. مرحله دیگر استفاده از مواد گندزدا و استفاده از مواد منعقدکننده و متعاقب آن ته‌نشینی و صاف‌سازی بود که تا اندازه زیادی کنترل ارگانسیم‌های کلیفرمی آب را موجب می‌شد. ولی با این وجود به دلیل اهمیت حذف کامل آلودگی میکربی آب آشامیدنی و سختگیر شدن استانداردهای آب شرب و اهمیت بهداشت و تندرستی موجب شد که روش‌های نانو با استفاده از نانو منعقدکننده و اختلاط با آب و بررسی تغییرات شرایط دمایی و pH و زمانی، سالم‌سازی آب مورد بررسی قرار گیرد و با انجام نمونه‌برداری‌های لحظه‌ای از آب‌های آلوده و انجام آنالیزهای مهم مانند اندازه‌گیری سختی کل، دما، BOD₅، pH و کلیفرم‌های شاخص و گوارشی پژوهش مورد نظر انجام شد و در نهایت نتایج مورد بحث و بررسی قرار گرفت.

در این تحقیق از نانو ذرات سیلیس^۱ با قطر کوچک‌تر از ۵۰ نانومتر استفاده شد که حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد از ذرات بین ۲۰ تا ۵۰ نانومتر و ۱۰ درصد از آنها کمتر از ۲۰ نانومتر قطر داشتند. سنتز این ذرات به صورت کاملاً طبیعی بود و برای نخستین بار در جهان با استفاده از حرارت و برقراری شرایط مناسب برای رسوب‌دهی محلول شیمیایی^۲ و برقراری جریان الکتریسیته از خاک تولید شدند. نانو ذرات سیلیس به دلیل دارا بودن خصوصیات ویژه و همچنین اقتصادی بودن آن نسبت به سایر مواد منعقدکننده، در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت که این خصوصیات عبارت‌اند از:

۱- سیکل سنتز بسیار ساده که تنها به ایجاد حرارت هموزن و محیط

مناسب برای رسوب‌دهی شیمیایی نیاز دارد؛

۲- هزینه تولید بسیار کم؛

۳- نیاز به تجهیزات بسیار کم شامل یک استخر یا مخزن که اندازه آن بستگی به مقیاس کار دارد و پمپ چرخشی برای ایجاد کدورت و تغذیه کننده منعقدکننده به داخل مخزن؛

۴- عدم نیاز به پایش قبل و بعد از افزودن مواد نانو ذرات سیلیس به عنوان منعقدکننده؛

۵- عدم نیاز به به افزودن مواد کمکی به منظور افزایش میزان اثر؛

۶- عدم نیاز به آماده‌سازی نانوذرات نانو سیلیس برای افزودن به محلول مورد نظر و امکان افزودن این ماده به طور مستقیم؛

۷- دز مصرف بسیار پایین؛

۸- قابل استفاده بودن در دزهای مختلف؛

۹- حذف کامل سیستم فیلتراسیون و در نتیجه حذف هزینه‌های مربوط به تعویض فیلترها و صرفه‌جویی در زمان؛

۱۰- کارایی ماده در محدوده وسیعی از دما و اسیدیته؛

۱۱- عدم تأثیر مواد معلق موجود در آب در کیفیت عملکرد این ماده [۴].

۲- مواد و روش‌ها

روش انجام این تحقیق با توجه به ماهیت آن بر اساس مطالعات توصیفی و مقطعی بود. در این مطالعه سعی شد تا با توجه به اهداف مورد نظر تحقیق، اطلاعات لازم و کافی به منظور بررسی جنبه‌های مختلف ارائه شود.

به منظور پوشش دادن و تأثیر شرایط دمای هوا، نمونه‌برداری در طول انجام تحقیق صورت گرفت و برای تعیین میزان اثر منعقدکننده نانو، بررسی آلودگی میکربی آب‌های آشامیدنی با استفاده از فرایند انعقاد و لخته‌سازی و ته‌نشینی و آزمایش‌های لازم از نوع میکربی و شیمیایی و استفاده از دستگاه‌های آنالایزر pH متر و دماسنج انجام شد. در مرحله نخست بعد از نمونه‌برداری که به روش لحظه‌ای و اتفافی از منابع تأمین آب آلوده در سطح شهرستان ایلام انجام گرفت، نمونه‌ها با رعایت زنجیره سرد و تحت دمای ۴ درجه سلسیوس توسط Coll Box به آزمایشگاه مرکز بهداشت شهرستان منتقل شدند و سپس پارامترهای pH، دما، سختی کل و میزان آلودگی کلیفرمی و گوارشی اولیه در ظروف ارلن ۲۵۰ سی‌سی با استفاده از شیر آزمایشگاهی توسط ۱۰۰۰ سی‌سی از نمونه آب آلوده مطابق روش‌های اشاره شده در کتاب استاندارد متد قبل از استفاده از نانو منعقد کننده‌ها اندازه‌گیری شده است [۵]. در مرحله بعد با اضافه نمودن میزان یک گرم از منعقدکننده نانو سیلیس به ۱۰۰۰ میلی‌لیتر از نمونه آب در دمای اتاق و pH طبیعی در سه

¹ Silica Nano -Particles

² Sol -Gel

جدول ۱- روش و منابع آزمایش‌های انجام شده در انجام تحقیق

منبع مورد استفاده	روش آزمایش	پارامتر
[۵]	با دماسنج	دما (درجه سلسیوس)
کاتالوگ های مربوط به دستگاه	pH متر	pH
[۵]	با روش وینکلر	BOD ₅ (mg/L)
[۵]	تیتراسیون با EDTA	سختی کل
[۵]	۱۵ لوله‌ای	کل کلیفرم‌های گوارشی (تعداد/ ۱۰۰ ml)
[۵]	۱۵ لوله‌ای	کلیفرم‌های گوارشی (تعداد/ ۱۰۰ ml)

دما، pH، سختی کل، میزان اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD₅) و میزان آلودگی میکروبی (شمارش کلیفرم‌های گوارشی) نمونه‌های آب‌های آلوده پیش از اضافه کردن منعقدکننده نانو و همچنین نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقدار هریک از پارامترهای مذکور پس از اضافه کردن مواد منعقد کننده نانو در جدول‌های ۲ تا ۵ آورده شده است. مقایسه نتایج به دست آمده با یکدیگر، میزان

مرحله زمانی به ترتیب ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه زمان ته‌نشینی، اندازه‌گیری پارامترهای سختی و BOD₅ و میزان کل کلیفرم‌ها و کلیفرم‌های گوارشی انجام شد و سپس در مرحله بعد با اضافه نمودن میزان یک گرم از منعقدکننده نانو (نانوسیلیس) به ۱۰۰۰ میلی‌لیتر از نمونه آب در دمای اتاق و pH طبیعی در سه مرحله زمانی به ترتیب ۱۰، ۲۴ و ۴۸ ساعت، زمان ته‌نشینی اندازه‌گیری پارامترهای سختی و BOD₅ و میزان کل کلیفرم‌ها و کلیفرم‌های گوارشی انجام شد. سپس در مراحل بعد، بررسی میزان تغییرات دمایی و pH‌های مختلف در دمای ۴۰ درجه سلسیوس و pH زیر حالت خنثی (تقریباً ۶) جداگانه انجام شد. اندازه‌گیری پارامترهای سختی برحسب میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم، میزان اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD₅) برحسب میلی‌گرم در لیتر و میزان MPN کل کلیفرم‌ها و کلیفرم‌های گوارشی نیز انجام شد و سپس داده‌های استخراج شده بر اساس اهداف تحقیق توسط نرم‌افزار اکسل تحلیل شد (جدول ۱).

۳- نتایج و بحث

یافته‌های این تحقیق شامل نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان

جدول ۲- غلظت پارامترهای مورد مطالعه در نمونه‌های آب آشامیدنی

محل نمونه برداری										واحد	علامت اختصاری	پارامترهای مورد مطالعه
رودخانه رودخانه کلم ۳	رودخانه رودخانه کلم ۲	رودخانه رودخانه نه کلم ۱	روستای موسی	دریاچه سد ایلام ۳	دریاچه سد ایلام ۲	دریاچه سد ایلام ۱	روستای چم سارد	روستای ابوالحسن	روستای ابو الحسن			
۳	۲/۴	۱/۲	۱	۲	۳	۲	۱/۵	۴/۸	۴/۸	mg/L	BOD ₅	میزان اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی
۲۴۸	۲۵۶	۲۴۸	۹۶۰	۲۳۰	۲۳۸	۲۳۲	۲۸۸	۳۰۰	۳۰۰	mg/L	T.H	سختی کل
۲۲	۲۲	۲۲	۲۲	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	درجه سلسیوس	T	دما
۷/۹	۷/۸	۷/۸	۷/۹	۷/۴	۷/۴	۷/۶	۷/۳۵	۷/۶	۷/۶	-	pH	اسیدیته
۱۱۰۰	۷۵	۴۶۰	۱۱۰۰	۹۳	۱۴۰	۱۵۰	۱۱۰۰	۴۶۰	۴۶۰	MPN/100	FC	میزان آلودگی کلیفرمی

جدول ۳- غلظت پارامترهای مورد مطالعه پس از اضافه کردن مواد منعقد کننده نانو در

فواصل زمانی ۱۰، ۲۰، ۳۰ دقیقه در نمونه‌های آب آشامیدنی

محل نمونه برداری (مقدار)					واحد	علامت اختصاری	پارامترهای مورد مطالعه
دریاچه سد ایلام ۳	دریاچه سد ایلام ۲	دریاچه سد ایلام ۱	روستای چم سارد	روستای ابوالحسن			
.	mg/L	BOD ₅	میزان اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی
۲۳۰	۲۳۸	۲۳۲	۲۸۸	۳۰۰	mg/L	T.H	سختی کل
۴۳	۸۲	۹۳	۱۱۰۰	۴۶۰	MPN/100	FC	بعد از ۱۰ دقیقه
۴۳	۵۰	۷۵	۱۱۰۰	۴۶۰	MPN/100	FC	بعد از ۲۰ دقیقه
۲۳	۲۷	۴۳	۱۱۰۰	۴۶۰	MPN/100	FC	بعد از ۳۰ دقیقه

جدول ۴- غلظت پارامترهای مورد مطالعه پس از اضافه کردن مواد منعقدکننده نانو در فواصل زمانی ۲۴،۱۰،۱ ساعت تحت شرایط pH طبیعی و دمای اتاق در نمونه‌های آب آشامیدنی

محل نمونه برداری (مقدار)									واحد	علامت اختصاری	پارامترهای مورد مطالعه
رودخانه کلم ۳	رودخانه کلم ۲	رودخانه کلم ۱	روستای موسی	دریاچه سد ایلام ۳	دریاچه سد ایلام ۲	دریاچه سد ایلام ۱	روستای چم سارد	روستای ابوالحسن			
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	mg/L	BOD ₅	میزان اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی
۲۴۸	۲۵۶	۲۴۸	۹۶۰	۲۳۰	۲۳۸	۲۳۲	۲۸۸	۳۰۰	mg/L	T.H	سختی کل
۱۱۰۰	۷۵	۴۶۰	۱۱۰۰	۴۳	۸۲	۹۳	۴۶۰	۲۴۰	MPN/100	F.C	میزان آلودگی کلیفرمی بعد از ۱ ساعت
۱۱۰۰	۹۳	۲۹۰	۱۱۰۰	۲۷	۵۰	۷۵	۴۶۰	۱۷۵	MPN/100	F.C	میزان آلودگی کلیفرمی بعد از ۱۰ ساعت
۱۱۰۰	۹۳	۲۴۰	۱۱۰۰	۲۳	۲۷	۴۳	۴۶۰	۱۷۲	MPN/100	F.C	میزان آلودگی کلیفرمی بعد از ۲۴ ساعت

جدول ۵- غلظت پارامترهای مورد مطالعه پس از اضافه کردن مواد منعقد کننده نانو در فواصل زمانی ۲۴،۱۰،۱ ساعت تحت شرایط pH=6 و دمای ۴۰ درجه سلسیوس در نمونه‌های آب آشامیدنی

محل نمونه برداری (مقدار)									واحد	علامت اختصاری	پارامترهای مورد مطالعه
رودخانه کلم ۳	رودخانه کلم ۲	رودخانه کلم ۱	روستای موسی	دریاچه سد ایلام ۳	دریاچه سد ایلام ۲	دریاچه سد ایلام ۱	روستای چم سارد	روستای ابوالحسن			
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	mg/L	BOD ₅	میزان اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی
۲۴۸	۲۵۶	۲۴۸	۹۶۰	۲۳۰	۲۳۸	۲۳۲	۲۸۸	۳۰۰	mg/L	T.H	سختی کل
۱۱۰۰	۹	۲۳	۱۱۰۰	۲۱	۴۳	۴۶	۲۳	۲۳	MPN/100	F.C	میزان آلودگی کلیفرمی بعد از ۱ ساعت
۲۴۰	۰	۹	۱۵۰	۱۷	۳۱	۳۳	۲۳	۲۳	MPN/100	F.C	میزان آلودگی کلیفرمی بعد از ۱۰ ساعت
۱۵۰	۰	۷	۴۳	۱۴	۱۷	۲۲	۲۳	۲۳	MPN/100	F.C	میزان آلودگی کلیفرمی بعد از ۲۴ ساعت

(BOD₅) را به میزان قابل توجهی البته با شرایط مختلف کاهش داده است که این امر نشان دهنده میزان توانایی نانوذرات منعقدکننده است.

۴- نتیجه گیری

با توجه به شرایط اختلاط و فواصل زمان ماند تماس با نمونه‌های حاوی مواد منعقدکننده نانو و تغییرات دمایی تا حد ۴۰ درجه سلسیوس و pH از حالت طبیعی تا حد زیر نرمال و شرایط نسبتاً

تأثیر مواد منعقدکننده نانو بر کاهش میزان آلودگی میکربی و غیره را نشان داد. تاکنون مطالعه‌ای در داخل و خارج از کشور به صورت عملی انجام نشده است که نتایج این پژوهش با نتایج آنها مقایسه شود. ولی نتایج این تحقیق با مطالعات مربوط به توانایی نانوذرات در حذف ناخالصی‌های نیکل، کادمیم و سرب تا اندازه قابل قبولی مطابقت دارد [۶]. یافته‌های این تحقیق بیانگر این است که مقدار ۱ گرم در لیتر منعقدکننده نانو، میزان بار آلودگی میکربی (میزان کلیفرم‌های گوارشی) و میزان اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی

۵- پیشنهادات

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که با استفاده از نانو ذرات منعقدکننده امکان کاهش بار آلودگی میکربی آب‌های آشامیدنی وجود دارد، ولی با این وجود نیاز به بررسی بیشتر در این زمینه دیده می‌شود لذا موارد زیر برای انجام پژوهش‌های بعدی پیشنهاد می‌شود:

۱- استفاده از این گونه مواد منعقدکننده نانو در تصفیه‌خانه‌های آب باید با بررسی سازگاری با سایر مواد منعقدکننده دیگر در فرایند تصفیه مورد بررسی قرار گیرد.

۲- با انجام آنالیز کیفیت مناسب و انجام آزمایش دقیق جار، دامنه غلظت و pH بهینه در استفاده از این گونه مواد تعیین و ارزیابی شود.

۳- میزان آلودگی ناشی از ناخالصی و زائدات استفاده از این گونه مواد نانو به محیط زیست مورد توجه و بررسی قرار داده شود.

۴- میزان سایر پارامترهای شیمیایی (کاتیونی و آنیونی) در آب خروجی از فرایند اختلاط با مواد منعقدکننده نانو مورد آزمایش دقیق قرار داده شود تا از عوارض احتمالی ایجاد شده و اثرگذار بر سلامتی مصرف‌کننده جلوگیری شود.

آسیدی، نتایج نشان داد که اثر زمان ماند در زمان‌های کم تا ۳۰ دقیقه کمتر تأثیر گذار بوده است ولی در زمان‌های طولانی تا حدود ۲۴ ساعت نتایج مطلوبی داشته است.

همچنین با توجه به تغییرات pH نمونه و رساندن آن به زیر ۶ و افزایش شرایط دمایی تا حدود ۴۰ درجه سلسیوس و تعیین اثرات آن، نتایج نشان داد که میزان کاهش بار آلودگی میکربی به میزان قابل ملاحظه‌ای تقلیل یافته است که این امر حاکی از آن است که کارایی این گونه مواد منعقدکننده نانو در شرایط دمای بالا و pH زیر حالت خنثی بیشترین تأثیر خود را در کاهش میزان بار آلودگی میکربی دارد و این گونه مواد می‌توانند از مصرف بیش از حد مواد منعقدکننده دیگر و مواد گندزدا در تصفیه‌خانه‌های آب جلوگیری کنند و در سالم‌سازی آب آشامیدنی مورد استفاده قرار گیرند. ولی این مواد هیچ‌گونه تأثیری در کاهش میزان سختی کل نشان ندادند که این امر نیاز به بررسی ویژه و مناسب دارد. این تحقیق و موارد مشابه آن می‌تواند تا حد بسیار زیادی در جهت بهبود و بهینه‌سازی سیستم تصفیه مناسب آب‌های آشامیدنی آلوده برای با توجه به محدودیت منابع آبی در جهان و ایران مورد استفاده قرار گیرد.

۶- مراجع

1. Kardavani, C. (2004). *Resource and water issues in Iran*, Tehran University Press, Tehran. (In Persian)
2. UNEP. (1995). *Water vapor in the climate system*, Special Report, American Geophysical Union, Washington, DC.
3. Razeghi, N., and Mansuri, R. (2003). *Application of conventional water treatemnt process*, Water and Wastewater Eng. Co., Tehran. (In Persian)
4. Darwish, N. (2011). "Desalination of sea water by nano-coagulant for industrial, agricultural." MSc Thesis, Tehran University, Tehran, Iran. (In Persian)
5. APHA., AWW. WEF. (1992). *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 18th Ed., Ammerican Public Health, Washington DC.
6. Heidari, A., Younesi, H., and Mehraban, Z. (2005). "Removel of Ni, Cd, and Pb from aterinary aqueous soluation by amino funcationalized mesoprous and nano mesoprous silica." *Chemical Engineering Journal*, 153 (1-3), 70-79.