



## مشکلات و زیانهای ناشی از فناوری نانو

افشین خلیلی دهدزی<sup>۱</sup>، فریدون کیانی قلعه سردی<sup>۲</sup>، مجتبی کیانی قلعه سردی<sup>۳</sup> علیرضا کرمی  
کلمتی<sup>۴</sup>

۱- کارشناس ارشد مطالعات اروپا

۲- کارشناس ارشد مهندسی کشاورزی-زراعت

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیای شهری

۴- کارشناس ارشد حقوق جزا و جرم شناسی

Akhalili76@yahoo.com

### چکیده

هر چند که گفته می شود نانوفناوری قابلیت تولید و کاربرد فناوری های تمیزتر را دارا است؛ اما در کاربرد نانومواد یا ریزمواد باید احتیاط لازم را به عمل آورد. مطالعات نشان می دهد افرادی که در معرض انتشار نانومواد قرار دارند ممکن است به عارضه هایی دچار شوند و همچنین تخلیه نانوذرات به آب نیز سبب آلودگی های سمی زیست محیطی میشود. ویژگی بارز نانوفناوری استفاده آن از ذرات بسیار کوچکی است که حداقل یکی از ابعاد آنها کمتر از ۱۰۰ نانومتر باشد. گفته شده است که نانوفناوری می تواند مواد زائد و آلودگی ها را از محیط حذف کند حتی می تواند به طور فزاینده ای از مصرف و هدر رفتن منابع جلوگیری کند که این خود می تواند سبب شود قیمت تمام شده بسیاری از محصولات و فرآیندها کاهش یابد. از سوی دیگر نانوفناوری این قابلیت را دارد که با فراهم آوردن امکان انتخاب گری بالا در واکنش های شیمیایی، بهره وری در مصرف انرژی و کاهش تولید مواد زائد را موجب شود. با این وجود مطالعات نشان می دهد که این فناوری نوظهور آنچنان که گفته می شود بی خطر نیست. اصولاً ما با سه دسته نانومواد سروکار داریم. دسته اول که مهم ترین و قدیمی ترین آنها کربن سیاه یا کربن بلاک است که در ساختن لاستیک و نیز در صنایع چاپ به کار می رود. کاربردهای جدید این نانوماده در صنایع دیگری چون صنایع پوششی، نساجی، سرامیک، شیشه و... گزارش شده است. تنها افرادی که در این صنایع کار می کنند می توانند در معرض این دسته از نانومواد قرار بگیرند. دسته دوم شامل نانوذراتی است که در مواد دارویی و آرایشی بهداشتی به کار می روند که بالنسبه عموم افراد ممکن است از آنها استفاده کنند. دسته سوم نانوذراتی هستند که به صورت ناخواسته به عنوان محصول فرعی بعضی از فرآیندها- مانند سوختن سوخت های دیزلی، گداختن فلزات و حرارت دادن پلیمرها تولید

1

2

3

4



می شوند، که به این دسته نانوذرات غیرتولیدی نیز گفته می شود. امروزه بیشتر نانوذرات تولیدی از اکسیدهای فلزی، سیلیکون و کربن ساخته می شوند. بیشتر نانوذرات دارو رسان از چربی ها و ساختارهایی با پایه پلی اتیلن گلیکول ساخته شده اند.

کلمات کلیدی: نانو، مضرات، محیط زیست

## مقدمه:

فناوری نانو، چنانکه از نام آن برمی آید با اجسامی به ابعاد نانومتر سروکار دارد. فناوری نانو در سه سطح قابل بررسی است: مواد، ابزارها و سیستمها. در حال حاضر در سطح مواد، پیشرفتهای بیشتری نسبت به دو سطح دیگر حاصل شده است. موادی را که در فناوری نانو بکار می برند، نانو ذره نیز می نامند. برای آنکه تصویری از ریزی نانو ذرها داشته باشیم بهتر است آن را با ابعاد سلول مقایسه کنیم. اندازه متوسط سلول یوکاریوتی ده میکرومتر است. اندازه متوسط یک پروتئین پنج نانومتر است که با ابعاد ریزترین جسم ساخت بشر قابل مقایسه است. بنابراین می توان با بکارگیری نانو ذرها نوعی مامور مخفی به درون سلول فرستاد و به کمک آن از بعضی رازهای نهفته در سلول پرده برداری کرد.

این ذرات آنقدر ریزند که تداخل عمده ای در کار سلول بوجود نمی آورند. پیشرفت در زمینه نانو فن آوری نیازمند درک وقایع زیستی در سطح نانو است. از میان خواص فیزیکی وابسته به اندازه ذرات نانو، خواص نوری (Optical) و مغناطیسی این ذرات، بیشترین کاربردهای زیستی را دارند. استفاده از فناوری نانو در علوم زیستی به تولد گرایش جدیدی از این فناوری منجر شده است یعنی نانویوتکنولوژی. کاربردهای نانو ذرها در زیست شناسی و پزشکی عبارتند از: نشانگرهای زیستی فلورسنت، ترابری دارو و ژن، تشخیص زیستی پاتوژنها، تشخیص پروتئینها، جستجو در ساختار DNA، مهندسی بافت، تخریب تومور از طریق گرمادهی به آن و بهبود تباین (کنتراست).

یکی از راه های ورود نانومواد به داخل بدن موجودات زنده استنشاق است. این امر یکی از موضوعاتی بوده است که بسیار مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. مدارک معتبری وجود دارد که ثابت می کند ذرات پایدار با اندازه کمتر از ۱۰۰ نانومتر پس از استنشاق می توانند مسمومیت اساسی ایجاد کنند. ذرات استنشاق شده تمایل زیادی به رسوب کردن در مجاری تنفسی و ریه ها دارند که این تمایل در افراد مبتلا به آسم و سایر عارضه های تنفسی بیشتر است. التهاب ریه که از استنشاق نانوذرات حاصل می شود در حیواناتی مانند موش مشاهده شده و اثر آن در حیوانات پیر بیشتر است. مطالعه اثر نانوذرات کربن و اکسید تیتانیم با اندازه های بین ۲۲۰-۱۲ نانومتر روی موش ها نشان داده است که قدرت دفاعی را در شش های آنها پایین می آورد. تماس مداوم و زیاد با نانوذرات ممکن است سبب تصلب بافت ها شود. کار در مکان هایی که در آنجا از کربن سیاه استفاده می شود به مرور زمان سبب بروز بیماری های تنفسی از قبیل برونشیت و یا حتی سرطان ریه می شود. این بیماری ها در حیواناتی که در تماس دائم با نانوذرات بوده اند مشاهده شده است. شواهد زیادی وجود دارد که نشان می دهد سطح فعال و تعداد نانوذرات استنشاق شده در اثرات مخربی که ایجاد می کنند نقش تعیین کننده دارند. طبیعت شیمیایی و بار الکتریکی نانوذرات نیز از دیگر عوامل تعیین کننده در میزان خطرناک بودن آنها در صورت استنشاق است.



نانوذرات علاوه بر بیماری های تنفسی که ایجاد می کنند، می توانند بروز بیماری هایی را در سیستم قلبی عروقی انسان ایجاد کنند. اثر مخرب این ذرات روی سیستم قلبی حیوانات با آزمایشاتی که انجام شده به اثبات رسیده است. این بیماری های قلبی ممکن است از تغییر در عملکرد شش ها نشات گرفته باشد و یا به نفوذ نانوذرات به بافت ریه مرتبط باشد. در مورد احتمال دوم شواهد نشان داده اند که نانوذرات جامد توانایی جابه جا شدن در مخاط و بافت های تنفسی انسان و سایر پستانداران را دارا هستند. حضور نانوذرات استنشاقی در سیستم گردش خون و در کبد مشاهده شده است. از سوی دیگر مطالعات نشان داده که تماس دائم و کامل با نانوذرات سبب ورود این مواد به مغز حیوانات شده است. نفوذ نانوذرات کربنی به قسمت بویایی مغز موش از طریق عبور از مخاط بویایی و عصب بویایی به اثبات رسیده است. در بعضی از موارد ممکن است اثر یک ماده ویژه اثر منفی نانوذرات را تشدید کند. به عنوان مثال حضور ذرات بزرگ نیکل در کنار نانوذرات این ماده صدمات ریوی و التهاب آن را افزایش می دهد. این مطالعه نشان می دهد که نه تنها سطح ویژه نانوذرات نیکل در اثرات مخرب آن نقش دارد بلکه یون های نیکل نیز اثر مهمی در ایجاد مسمومیت در سلول های موش دارند. سرطان ریه در انسان با در معرض نانوذرات نیکل قرار گرفتن ارتباط دارد. این اثر در حضور مواد محلولی که حاوی نیکل هستند بیشتر خود را می نمایاند. از دیگر موادی که اثر تشدید کننده آنها روی فعالیت مخرب نانوذرات اثبات شده است می توان آهن و دوده را نام برد.

یکی دیگر از راه های نفوذ نانوذرات به داخل بدن حیوانات و انسان، نفوذ از راه پوست است. این مسئله در انسان اهمیت بیشتری دارد زیرا در مواد حاجب نور خورشید یا همان کرم های ضدآفتاب، از نانوذرات اکسید تیتانیوم و اکسید روی استفاده می شود. هم اینک مهم ترین استفاده از نانوذرات در مواد آرایشی بهداشتی استفاده از همین ذرات بسیار ریزاکسیدهای فلزی است. مطالعات نشان داده است که نانوذرات تشکیل دهنده این مواد هشت ساعت پس از مصرف می تواند از طریق غشای سلول وارد سلول شود. این مسئله در مورد خرگوش و موش به اثبات رسیده است. این نانوذرات با ورود به درون سلول و انجام واکنش های کاتالیز شده نوری می توانند سبب از بین رفتن اسیدهای نوکلئیک و سایر اجزای سلولی شوند. راه دیگر نفوذ پوستی نانوذرات به درون سلول های انسان از طریق نقل و انتقال و کار کردن با این مواد در آزمایشگاه ها و صنایع است. مطالعات در مورد نفوذ نانولوله های کربنی به بدن کسانی که در آزمایشگاه های مربوطه کار می کنند موید این مسئله است. راه دیگر در معرض نانوذرات قرار گرفتن ورود آنها به زنجیره غذایی است که منشأ آن آلودگی های زیست محیطی است.

اما یکی از آسان ترین و مهم ترین راه های ورود نانوذرات به درون بدن انسان استفاده از سیستم های دارورسان است. تعداد زیادی از مواد نانو به عنوان ترکیبات دارورسان مورد مطالعه قرار گرفته اند هم اینک استفاده از این سیستم ها به عنوان یکی از کاربردهای مهم نانوفناوری مطرح است. یک اثر جانبی معمول بعد از استفاده از این مواد ایجاد حساسیت شدید است. از سوی دیگر هنگامی که از نانوذرات ترکیبات آلی فلزی یا پلیمری استفاده می شود خطر تجزیه ترکیبات وجود دارد که مواد حاصل از این تجزیه ممکن است اثرات زیان آوری را موجب شوند. به عنوان مثال ترکیب پلیمری پلی آلکیل سیانو اکریلات که در بعضی از داروها استفاده می شود در صورت داشتن شاخه آلکیلی کوچک به راحتی تجزیه شده و مواد سمی تولید می کند اما این پلیمر اگر حاوی شاخه های آلکیلی بزرگ باشد تجزیه شدن آن کمتر اتفاق می افتد. استفاده از نانوذرات به جای رنگ های فلورسنتی در تصویربرداری از سیستم های زنده از کاربردهای جدید نانومواد است. یکی از موادی که مطالعات زیادی در مورد آن انجام شده نیمه هادی نقاط کوانتومی است که از کادمیم و سلنیم ساخته شده است. این ماده به خاطر آزاد شدن یون کادمیم سمیت زیادی از خود نشان می دهد.

در پایان با توجه به مطالب فوق می توان گفت که خطر کلی نانوذرات به پایداری آنها در مواد زیستی مرتبط است. نانوذراتی که به راحتی به مواد با سمیت کم تجزیه می شوند نسبت به نانوذرات مقاوم در مقابل تجزیه زیستی از زیان آوری کمتری



برخوردارند. شکل و طبیعت سطح نانوذرات در زیان آور بودن آن نقش مهمی دارد. با توجه به این مطالعات و مشخص شدن اثرات جانبی منفی نانوذرات دارورسان، باید در جهت رفع این مشکل تدابیری اندیشیده شود و همچنین کاربرد اکسید روی و اکسید تیتانیوم در مواد ضدآفتاب باید مورد ارزیابی مجدد قرار گیرد.

## فواید فناوری نانو

نانوتکنولوژی در حال تغییر دادن دنیاست. بسیاری از کشورها به این نتیجه رسیده اند که نانوتکنولوژی در طول چنددهه آینده به عامل اقتصادی اصلی تبدیل می شود. نانوتکنولوژی بر صنایع الکترونیک و داروسازی، مراقبت از سلامتی، آب و هوا و محیط زیست، انرژی، شیمی و کشاورزی، علوم رایانه، فناوری اطلاعات و امنیت ملی اثری گذارد و سلامتی و رفاه مردم را بالایی برد. این علم شکل بیشتر صنایع را تغییر می دهد و باعث ساخت وسایل کوچک تر، ارزان تر، سبک تر با تحمل و سرعت بیشتری شود. به این ترتیب مواد خام و انرژی کمتری مصرف می شود. از دیگر اثرات نانوتکنولوژی در کار رایانه هاست که سرعت آنها را بیشتر می کند و علوم ارتباطات را هم گسترش می دهد. نانوالکترونیک ظرفیت تجهیزات نظامی را گسترش می دهد، روبات هارا پیشرفته ترمی کند و به علوم فیزیک، شیمی، ریاضیات، بیولوژی و مهندسی تولدی دوباره می دهد. نانوتکنولوژی می توان ساختمانها و خودروهایی با مصالح و مواد اولیه سبک تر و مقاوم تر ساخت، برد هواپیماهای نظامی و ظرفیت باربری هواپیماها بیشتری شود، مصرف سوخت در ماشین ها کاهش می یابد، امکان پرتاب سفینه به خارج از مدار زمین و حتی خارج از منظومه شمسی افزایش می یابد. هواپیماها، موشک ها و ایستگاه های فضایی از قدرت و کاربرد بیشتر و وزن سبک تر و مواد با ثبات تری برخوردار می شوند. محصولات ساخته شده از مولکول (نانوتکنولوژی) می تواند بسیاری از مشکلات جهان را حل کند. به عنوان مثال ذخیره آب مشکل جدی و رو به رشدی است. بیشتر آب برای صنعت و کشاورزی مورد استفاده قرار می گیرد. اگر از فناوری نانو استفاده شود، بهره وری بیشتر در صنعت و کشاورزی باعث می شود بتوانیم در آب، زمین، ماده و نیروی کار صرفه جویی کنیم و آلودگی ها را کاهش دهیم. این کار را هم به وسیله تولیدات ناشی از مصنوعات مولکولی ممکن است. بیماری های واگیر هنوز بخشهای بزرگی از جهان را آزار می دهد. محصولات ساده ای مثل لوله ها و صافی ها که توسط نانوتکنولوژی ساخته می شود، می تواند این مشکلات را حل کند. اطلاعات و ارتباطات با ارزش هستند اما خیلی از جاهای جهان از این نظر کمبود دارند. بسیاری از کشورهای جهان از نظر رایانه ها و دستگاههای نمایش دهنده کمبود دارند. با فناوری نانو این دستگاهها ارزان می شوند. انرژی برق هنوز در بسیاری از نقاط جهان در دسترس مردم نیست. فناوری نانو اجازه استفاده از انرژی حرارتی خورشید را برای تجهیزات الکتریکی و دستگاههای ذخیره انرژی می دهد. آب و هوای بد یک مشکل جهانی است. محصولات با تکنولوژی بالا به مردم اجازه می دهد تا کمتر از تأثیرات سوء تغییرات آب و هوایی ضرر کنند. محصولات مولکولی، تجهیزات پیشرفته و ارزان برای تحقیقات پزشکی و مراقبت از سلامتی فراهم می کند. پزشکی را بهبود می بخشد و به طور وسیع در دسترس همه قرار می دهد. بسیاری از مشکلات به آب مربوط است. بیشتر آب های قابل استفاده جهان به هدر می رود. چون تقریباً همه آب ها کاملاً خالص نیستند. صافی های فیزیکی با پرزهای با مقیاس نانو می تواند ۱۰۰ درصد باکتری ها و ویروس ها را از بین ببرد. تکنولوژی جداسازی الکتریکی می تواند نمک ها و فلزات سنگین را جد کند. توانایی بازیافت آب از هر منبع و برای هر نوع استفاده ای می تواند باعث شود تا بتوانیم مقدار زیادی آب ذخیره کنیم و بتوانیم از آب هایی که هم اینک غیر قابل استفاده هستند استفاده کنیم. می توانیم آلودگی پایین رودها و چشمه ها را کم کنیم. با فیلترهای مؤثر می توان جریان کثیف و زاید آب استفاده شده در صنعت و کشاورزی را صاف کرد. هزینه های این سیستم هم بسیار پایین است. گلخانه های ارزان، آب، زمین و غذا را ذخیره می کند. کشاورزی که در حال گلخانه ای شدن است. بیشتر آب مورد استفاده در گلخانه ها را با گرفتن رطوبت از هوا و استفاده دوباره از آب های کشاورزی می توان تأمین کرد. کشاورزی گلخانه ای نیروی کار کمتری می خواهد و زمین خیلی کمتری نسبت به کشاورزی عادی لازم دارد و کمترین شرایط آب و هوایی و اختلاف فصل ها و خشکی فصل ها وابسته است. نانوتکنولوژی انرژی خورشید را



دردسترس ترمی کند. امروزه منبع انرژی، سوزاندن سوخت های با پایه کربن است. کربن باعث می شود دی اکسید کربن و سایر مواد زاید و غیر تجدیدپذیر وارد جو شود. تولیدات مولکولی ارزان می تواند باعث شود که انرژی خورشید در مناطق مختلف جهان بیشتر مورد استفاده قرار بگیرد. رایانه ها ارزان می شود به طوری که همه می توانند از آنها استفاده کنند. تولیدات مولکولی می تواند باعث شود یک سوپرایانه به اندازه یک مکعب یک میلیمتری و با هزینه بسیار ناچیز تولید شود. رایانه ها و تلفن های سلولی به قدری ارزان می شوند که حتی فقیرترین انسان های روی زمین می توانند از آنها استفاده کنند و چنان تواناییهای پردازشی ای دارند که حتی برای بیسوادان نیز قابل استفاده می شوند. نانوتکنولوژی به محیط کمک میکند. بدی آب و هوا به دلایل زیادی برای بشر مشکل ساز است و یکی از این دلایل کشاورزیست. در حالیکه گلخانه ها به میزان زیادی استفاده از آب، خاک و از بین رفتن خاک را کم می کند. محصولات نانوتکنولوژی اجازه می دهد که انسان سوخته های دوست زمین نظیر انرژی خورشیدی را بیشتر به کار بگیرد. پزشکی بیشتر پیشرفت می کند و دردسترس همه قرار می گیرد. وسایل پزشکی ارزان ترمی شود. تحقیق و تشخیص در علم پزشکی هم به پاسخ سریع به بسیاری از بیماری های جدید کمک می کند.

## نتیجه گیری

نانوذرات، به دلیل اندازه کوچک و سطح زیاد، واکنش پذیری بسیار زیادی از خود نشان می دهند. مشکلات موجود شامل اثرات سمیت و بیولوژیکی، تنفس نانو ذرات، خطر انفجار و تماس شغلی است. تماس با ترکیبات نانو به احتمال زیاد از طریق استنشاق و احتمالاً از طریق پوست یا گوارش انجام می شود. مطالعات زیادی نشان داده است که ذرات نانو قادرند از ریه ها به داخل جریان خون عبور کرده و در سایر ارگان های بدن انتشار یابند. مطالعات روی چندین نوع از حیوانات، حاکی از آن است که تماس با ترکیبات نانو ممکن است موجب تغییرات پاتولوژیکی ریه از چندین نوع از حیوانات، حاکی از آن است که تماس با ترکیبات نانو ممکن است موجب تغییرات پاتولوژیکی ریه از جمله سرطان ها، التهاب، فیروز و مشکلات تنفسی شود. خطر دیگر، ناشی از حریق یا انفجار حاصل از فعالیت کاتالیستی مواد نانو می باشد ولی تاکنون کنترل خطرات انفجار یا حریق ثبت نشده است. هر چند تولید ذرات نانو به طور خاصی در سیستم های بسته انجام می شود، اما خطر تماس با آنها به انواع کنترل های موجود در محل بستگی دارد. افرادی که در زمینه تجارت مواد نانو شاغل هستند یا فعالیت هایی مرتبط با ریسک بالای تماس با ذرات نانو انجام می دهند شامل حمل و نقل، نظافت، نگهداری روتین وسایل، مرتب کردن، ذخیره داخل مخازن و توزیع کننده ها، همچنین مصرف کنندگان می باشند. اگرچه هنوز استانداردها و راهنماهای ویژه ای برای ارزیابی و کنترل ریسک های مذکور وجود ندارند.

### ۱- مروستی زاده، م. ایمنی در مقیاس نانو

۲- نادری، محمدرضا. عابدی، اصغر. کاربرد فناوری نانو در کشاورزی و پالایش آلاینده های زیست محیطی، سال یازدهم، 1391، شماره 1، ماهنامه فناوری نانو



4) External Review Draft, Nanotechnology Whitepaper, U.S. Environmental Protection Agency, December ۲۰۰۵.

5) F. Schmidt, Karen, Nanofrontiers, Visions for the Future of Nanotechnology, Woodrow Wilson International Center for Scholars, March ۲۰۰۷.

6) Nanotechnology: Opportunities and Risks for Humans and the Environment, August ۲۰۰۶.

7) Theodore I, G. Kunz Robert, Environmental Implications and Solutions, WILEY ۲۰۰۵.