

نانوتکنولوژی: نگین علوم آینده

جمشیدخان چمنی*
زینب نشاطی

کلید واژه

نانوتکنولوژی، ملکول‌های زیستی، شبیه‌سازی مولکولی، سیاست‌گذاری در نانوتکنولوژی ایران

مقدمه

« فضای موجود برای ذخیره اطلاعات، فراوان است » این جمله اول بار در سخنرانی R. Feynman در سال ۱۹۵۹ عنوان شد. در محیط اطراف ما عواملی برای عدم استفاده از این فضا وجود ندارد. در آن زمان ساخت اتمها یا مولکول‌های منفرد غیر ممکن بود زیرا نسبت به ابزارهای در دسترس بسیار کوچک بودند، از این رو سخنرانی وی کاملاً نظری و ظاهراً غیر عملی بود. وی عنوان کرد که قوانین فیزیک توانایی ما را برای ساخت اتم‌ها و یا مولکول‌های منفرد محدود نمی‌کند بلکه فقدان ابزارهای مناسب است که نمی‌توان به این مهم نایل شد. به هر حال وی پیش‌بینی کرد زمانی فرا خواهد رسید که ساخت دقیق اتمی مواد به طور اجتناب‌ناپذیر انجام شود [۷-۱].

پروفیسور Feynman ساخت در مقیاس اتمی را روش از پایین به بالا^۲ نام نهاد که مقابل روش از بالا^۳ به پایین است که به آن عادت کرده‌ایم. روش بالا به پایین، ساخت از طریق روشهایی از قبیل بریدن، حک کردن و قالب‌گیری است. با استفاده از این روشها می‌توان وسایل الکترونیکی و ماشین‌آلات متنوع و قابل

چکیده

نانوتکنولوژی در لغت به معنای علم مطالعه ذرات بسیار کوچک است. گاهی از آن به عنوان علم ذرات بسیار کوچک نام برده و به عنوان تکنولوژی ساخت وسایل در مقیاس اتمی یا مولکولی تعریف می‌شود. پیشوند نانو از کلمه یونانی nanos به معنای یک بیلیونیم است. دانشمندانی که در زمینه نانوتکنولوژی کار می‌کنند، در مقیاس نانو وارد شده و ذراتی را مطالعه می‌کنند که صد هزار بار کوچکتر از قطر مو می‌باشند. ساخت وسایلی با اندازه کمتر از ۱۰۰ نانومتر محصول نانوتکنولوژی است. اندازه یک مولکول یک نانومتر می‌باشد، از این رو نانوتکنولوژی علم مطالعه در حد مولکول است. مقیاس نانو، مرز نامشخصی بین دنیای کلاسیک و مکانیک کوانتوم بوده از اینرو درک نانوتکنولوژی حاکی از ورود تحولی نو در تواناییها و قابلیت‌ها می‌باشد. ساخت ماشین‌های نانو، نانو الکترونیکها و سایر وسایل نانو، بدون شک مشکلات بسیاری را که بشر امروزه با آن مواجه است، حل خواهد کرد زیرا اندازه کوچک این وسایل، این امکان را فراهم می‌سازد که فرآیندها، پدیده‌ها و خصوصیات زیستی، شیمیایی و فیزیکی پیشرفته و نو ظهور را نمایان سازند. هنگامی که ترکیبات ساختاری ویژه در محدوده یک تا صد نانومتر قرار دارند از خود صفات فیزیکی متفاوتی نشان می‌دهند. در حال حاضر نانوتکنولوژی در مرحله شکوفا شدن است و هم‌اکنون توانایی ساخت ماده در مقیاس اتمی وجود دارد و محصولات فراوانی یافت می‌شوند که نتیجه مستقیم افزایش توانایی برای ساخت ترکیبات با اندازه‌های کمتر از صد نانومتر است. ساخت آینه‌هایی که بخار نمی‌گیرند، تلویزیون‌های با صفحه نمایش مسطح، نقاشی‌های تقلید زیستی^۱ با زاویه تماس ۱۸۰ درجه و تهیه ویتامین‌های حلال چربی در نوشیدنی‌های آبکی، برخی از اظهارات اولیه نانوتکنولوژی است. این تکنولوژی برای اهداف بسیار پیچیده نیز می‌تواند استفاده شود، به عنوان مثال ممکن است روزی علم نانو به تولید ماشین‌های میکروسکوپی منجر شود که آسیب‌های بدن را در سطح سلول برطرف نماید. پیشرفتهای فراوان در علم کامپیوتر، داروسازی و پزشکی زمانی صورت می‌گیرد که پتانسیل واقعی نانوتکنولوژی حاصل شود. علم نانوتکنولوژی زمینه میان رشته‌ای است که ارتباط نزدیک رشته‌هایی از قبیل فیزیک، زیست‌شناسی، شیمی، مهندسی، کامپیوتر و... را نیاز دارد. مراکز نانوتکنولوژی در سراسر دنیا سرمایه‌گذاری بسیار کرده تا بتوانند از این بازار گرم علمی سهم بیشتری ببرند. این پیشرفت سریع با پیدایش رو به افزایش واژه نانو در مجلات و اخبار مشهود است. ایران نیز باید با بهره‌گیری از توان بالای علمی دانشمندانی که در افزایش سطح تولید علم کشور مؤثرند و با بهره‌گیری از اندیشه آنها در این وادی قدم‌گذارند تا در آینده‌ای نه چندان دور، بتواند تولید کننده محصولات نانوتکنولوژی در کشور باشد.

* استادیار گروه زیست‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی مشهد

تلفن: ۰۵۱۱۴۳۰۵۰۰ | دورنگار: ۰۵۱۱۸۱۳۰۵۰ | E-mail: chamani@ibb.ut.ac.ir



توجهی ساخت اما میزان بکار رفته برای ساخت آنها دارای محدودیتهای فراوانی است. روش ساخت از بالا به پایین ساخت ترکیبات با استفاده از اتم های منفرد است که توسط نیروی کووالان کنار یکدیگر قرار می گیرند. این نیرو بسیار قوی تر از نیروهایی است که مابین ترکیبات در مقیاس ماکرو وجود دارد. علاوه بر این میزان اطلاعات قابل ذخیره درابزارهایی که از روش پایین به بالا ساخته می شوند بسیار زیاد می باشند.[۷]

نانوتکنولوژی تا قبل از ساخت میکروسکوپ نگاره روشی (STM) به صورت یک رویا بود. همزمان با ساخت میکروسکوپ نشانگر روشی (SP) پیشرفتهایی در زمینه شیمی ماوراء مولکولی صورت گرفت. میکروسکوپ SP توانایی تعیین موقعیت اتم ها و مولکول ها را دارا می باشد (همچنانکه پروفیسور Feynman پیش بینی کرده بود). گرچه سخنرانی پروفیسور Feynman بسیار مورد انتقاد قرار گرفته بود اما پیشرفت های اخیر ارزش سخنرانی وی را بیشتر نمایان می سازد.[۷] Sonny Perdue رئیس موسسه جورجیا در آتلانتا در ۲۲ اکتبر سال ۲۰۰۳ نام مؤسسه را به مؤسسه نانو تکنولوژی تغییر داد. بودجه اولیه این مرکز برای پژوهش در زمینه نانو تکنولوژی ۳۶ میلیون دلار بود که توسط یک فرد بخشنده و علاقه مند به پژوهش در اختیار این مؤسسه قرار گرفت. این مقدار با مبلغی بالغ بر ۴۵ میلیون دلار با حمایت دولت در سال های آینده دنبال می شود. Sonny Perdue قصد دارد بخشی از بودجه توسعه اقتصادی جورجیا را برای این مؤسسه تحقیقاتی در نظر گرفته و مجلس عوام را در سال آینده برای این مهم متقاعد سازد. وی در سخنرانی های خود اظهار داشته است که جورجیا باید به عنوان پیشرو در علم نانو تکنولوژی ظاهر شود و شرایط لازم را برای احداث یک مرکز تحقیقاتی عظیم در زمینه نانو تکنولوژی دایر نماید. وی همچنین عنوان کرد که برای انجام تحقیق در زمینه نانو تکنولوژی در جورجیا، تمهیداتی در قسمت های مختلف مؤسسه باید در نظر گرفت. اطافهای تمیز فاقد گرد و غبار برای تحقیق ضروری است که بخشی از آن اطافها به محققین تعلق دارند. این موضوع به محققین این مؤسسه امکان می دهد که با سایر مراکز علمی پژوهشی نظیر موسسه تکنولوژی ماساچوست، دانشگاه کورنل در شمال شرقی امریکا، دانشگاه استنفورد و دانشگاه کالیفرنیا

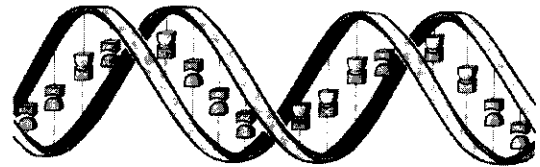
رقابت کند. وی خاطر نشان کرد که یک عزم عمومی می تواند مؤسسه جورجیا را به عنوان ابداعگر نانو تکنولوژی در سراسر دنیا مطرح کند.[۲]

پزشکی مولکولسی، بیوانفورماتیک و نانو تکنولوژی در شاخه مولکولهای زیستی به سرعت در حال افزایش توانایی های لازم برای درمان بیماری ها و افزایش طول عمر هستند.

در حال حاضر محققین جورجیا در حال کار بر روی توسعه و پیشرفت ساختارهایی در سطح میکرو می باشند. با تلاشی که در این زمینه صورت گرفته است پژوهشگران قادر خواهند بود اجسام با ابعاد ۵ تا ۶۰ نانومتر بسازند. پژوهش در زمینه نانو تکنولوژی در مؤسسه جورجیا وسعت گرفته به طوری که بسیاری از پژوهشگران مرتبط با این زمینه در این مؤسسه بوده و یا با آن همکاری می کنند. پروفیسور U. Landman مسئول قطب علم محاسباتی در جورجیا در سال ۲۰۰۳ موفق به دریافت جایزه Feynman شد (به افتخار پدر علم نانو تکنولوژی ، جایزه ای به نام وی معروف می باشد). همچنین Z. L. Wang پروفیسور علم مواد توسط مؤسسه آمار و اطلاعات علمی به عنوان برجسته ترین محقق در زمینه انتشار مقالات تحقیقی نانو تکنولوژی معرفی شده است. پروفیسور J. Meindle در مرکز تحقیقات میکرو الکترونیکی مؤسسه جورجیا که بر روی شبه رساناها و تکنولوژی جریان کامل فعالیت می کند معتقد است که پیشرفت در این دو زمینه جز به کمک نانو تکنولوژی میسر نمی باشد. پروفیسور R. Merkle، رئیس مرکز امنیت اطلاعات مؤسسه جورجیا چندین سال سردبیر مجله علمی پژوهشی نانو تکنولوژی می باشد و فعالیت های بسیاری برای پیشبرد این علم بکار بسته است.[۲]

کاربردهای نانوتکنولوژی

این بخش را با طرح این سوال آغاز می‌کنیم که نانوتکنولوژی قادر به حل چه مشکلاتی می‌باشد. تاکنون روشن شده است که اولین کاربرد تحولی نانوتکنولوژی در کامپیوتر و پزشکی است. این دو زمینه، ساخت مواد در مقیاس مولکولی در آینده‌ای نزدیک را فراهم خواهند کرد.



الف) محاسبات کوانتومی و مولکولی

محاسبات کوانتومی، اطلاعات در سطح کوانتومی و در مقیاس نانو را پردازش کرده و ارائه می‌دهد. پژوهشگران متعددی به دنبال راهی برای ذخیره اطلاعات در حوزه مکانیک کوانتوم هستند، گرچه کار آسانی نیست زیرا سیستم‌های مکانیک کوانتومی از خواص ویژه‌ای برخوردارند. از آنجائیکه قوانین مکانیک کوانتوم شامل اصول غیر شهودی نظیر ماوراء مکان و زمان هستند، یک رایانه کوانتومی قادر خواهد بود قوانینی که رایانه‌های کلاسیک را محدود می‌کند زیر پا بگذارد. به عنوان مثال بهره‌گیری از قانون ماوراء مکان بدین معنی است که یک ذره کوانتومی قادر است در یک زمان در چندین محاسبه وارد شود و نیز اطلاعات در فواصل دور بدون تجهیزات کلاسیک کنونی مورد پردازش قرار گیرند. [8]

محاسبه مولکولی روش دیگری است که مکمل کوانتوم می‌باشد و می‌تواند اطلاعات مولکولی را خوانده و پردازش نماید. مولکول بزرگی که در این روش استفاده می‌شود DNA است. DNA پلی‌مری است که از چهار نوکلئوتید متفاوت تشکیل شده که با حروف A, T, C, و G نشان داده می‌شود. توانایی این نوکلئوتیدها در DNA اطلاعات ساخت پروتئین را فراهم می‌نماید که اساس حیات می‌باشد. ریاضیدان‌های مختلف به روشهای متعددی دست یافته‌اند که می‌توانند از DNA و پروتئین‌های ساخته شده برای انجام محاسبات عددی

در کامپیوترهای سیلیکون استفاده کنند. مولکول DNA به عنوان یک پردازشگر می‌تواند سرعت محاسبات پیچیده را بهبود بخشد. [8]

ب) پزشکی

پزشکی مولکولی، بیوانفورماتیک و نانوتکنولوژی در شاخه مولکول‌های زیستی به سرعت در حال افزایش توانایی‌های لازم برای درمان بیماری‌ها و افزایش طول عمر هستند. زمینه دیگری که در آن ساخت مواد در مقیاس مولکولی مورد توجه قرار می‌گیرد، پزشکی است. از آنجائیکه تمام ارگانیسم‌های زنده از مولکول‌ها تشکیل یافته‌اند، بیولوژی مولکولی کانون بیوتکنولوژی می‌باشد. بیماری‌های متعددی به دلیل توانایی در ساخت داروهایی که با پروتئین‌ها برهم کنش می‌یابند معالجه می‌شوند. این پیشرفت‌ها ناشی از این است که بدانیم مکانیسم برهم کنش DNA با پروتئین‌ها، فسفولیپیدها و سایر مولکول‌های زیستی چگونه است؟ سیستم‌های زنده به دلیل طیف وسیعی از ماشین‌های مولکولی منظم حیات خود را حفظ می‌کنند. قانون اصلی زیست‌شناسی مولکولی بیان می‌کند که اطلاعات لازم برای ساخت یک سلول یا موجود زنده در DNA ذخیره شده است. این اطلاعات طی فرآیند نسخه برداری و ترجمه، از DNA به پروتئین انتقال می‌یابند. درک مکانیسم‌های مولکولی مختلف نظیر تشخیص سوبسترا، صرف انرژی، انتقال الکترون، فعالیت غشاء و ... تکنولوژی پزشکی را توسعه داده است. از آنجائیکه هدف نانوتکنولوژی ساخت مواد در اندازه‌های اتمی و مولکولی است، طبیعت می‌تواند به عنوان بهترین جایگاه برای تقلید و کپی برداری در این علم محسوب شود. طرح ساخت ماشین‌آلات مولکولی از طبیعت، پتانسیل درمان بیماری‌ها را افزایش داده و می‌تواند سبب افزایش طول عمر شود. ارتباط نانوتکنولوژی و پزشکی در کتابی تحت عنوان نانوپزشکی به زیبایی بیان شده است و آینده‌ای خوش را برای علم پزشکی پیش‌بینی می‌کند. [9]

یکی از ماشین‌های مولکولی، نانولوله‌های کربنی هستند که از آنها برای ساخت کاوشگرها و وسایل کاشتنی در مغز جهت مطالعه و درمان اختلالات و آسیب‌های عصبی استفاده می‌شود.

فانکون روشن شده است که اولین کاربرد معمولی نانوتکنولوژی در کامپیوتر و پزشکی است. این دو زمینه، ساخت مواد در مقیاس مولکولی در آینده‌ای نزدیک را فراهم خواهند کرد.

محاسباتی، ارتباط نانوتکنولوژی و شبیه‌سازی مولکولی را به صورت زیر بیان می‌کند:

نظریه، الگوسازی و شبیه‌سازی سبب تأمین پیش‌زمینه‌ای در ایجاد طرحها، ساخت مواد و سیستم‌های کاربردی در نانوتکنولوژی می‌شود. به عنوان مثال کاربرد نانولوله‌های کربنی در کامپیوترهای مولکولی، ابتدا با فرضیه و شبیه‌سازی پیش‌بینی شد و آزمایشات و پژوهشهای حاضر در حال ساخت آنها بر پایه شبیه‌سازی‌ها می‌باشند. محدودیت‌های موجود برای تکنیک‌های شبیه‌سازی مولکولی، شیوه علمی تشابه‌سازی و زمان محاسبه برای سیستم‌های پیچیده است، که این محدودیت‌ها در حال رفع شدن می‌باشند. از این رو همچنانکه توانایی‌های محاسباتی کامپیوترها به کمک نانوتکنولوژی پیشرفت می‌کنند، سیستم‌های پیچیده‌تری در دسترس شبیه‌سازی مولکولی قرار می‌گیرد. [۱۰]

تصویرسازی مولکولی از جمله دیگر کاربردهای نانوتکنولوژی است که در پزشکی بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد. افزایش ظهور بیماری‌های میکروسکوپی با نشاندار کردن ترکیبات مولکولی و یا فرآیندهایی که مکانیسم وافقی بیماری را نشان می‌دهند از کاربردهای آن می‌باشد. به کمک تصویرسازی مولکولی می‌توان ویژگیهای پیچیده بیماری از قبیل محل آشکار شدن آن، سرعت پیشرفت آن و فرآیندهایی که به طور همزمان در آن دخیلند را آشکار نمود و روش درمان آن را مشخص کرد. به عنوان مثال تصویرسازی گیرنده سوماتواستاتین برای ردیابی تومورهای نورواندوکرین و نیز تصویرسازی فلورو داکسی گلوکز توسط PET برای تشخیص حالت‌های مختلف از بیماری ناشی از آن را می‌توان نام برد. گسترش علم نانوتکنولوژی نقش اساسی را نه تنها در تصویرسازی مولکولی بلکه در زیر حسگرها و نشانگرهای زیستی نیز دارا می‌باشد. در دهه آینده بدون شک نانوتکنولوژی در خدمت درمان بیماری‌های ژنتیکی از طریق مکانیسم‌های مولکولی خواهد بود. پلیمرهایی در مقیاس نانو ساخته شده است که به عنوان حامل داروها در سلول استفاده می‌شوند. [۱۱ و ۱۲] امروزه حامل‌های مختلفی در مقیاس نانو برای اهداف صنعتی، پزشکی و بیوتکنولوژی ساخته شده است [۱۳]

امروزه از کاوشگرهای سیلیکونی استفاده می‌شود که قادرند جریان الکتریسته را در محل‌هایی از مغز که دچار آسیب دیدگی شده‌اند، عبود دهند. مهم‌ترین مشکل این کاوشگرها، تولید بافت اضافه در بدن است که با تجمع این بافت‌ها به تدریج قابلیت هدایتی کاوشگر با نورون‌های عصبی کاهش می‌یابد اما استفاده از نانولوله‌های کربنی برای ساخت کاوشگرها علاوه بر ایجاد حداقل بافت اضافه، باعث رشد زواید عصبی^۶ به میزان ۶۰٪ می‌شوند، که این زواید برای احیای فعالیت مغزی در نواحی آسیب دیده بسیار ضروری است. نانولوله‌ها دارای برآمدگیهای سطحی کوچکی بوده که خواص سطحی پروتئین‌ها و بافت‌های مغزی را تقلید کرده، باعث ایجاد بافت اضافه بسیار کم می‌شوند.

ج) شبیه‌سازی مولکولی

الگوهای کامپیوتری اتمها، مولکول‌ها و ساختارهای نانو نظریه‌های مختلفی در نانوتکنولوژی ایجاد کرده است. یک شاخه از علم کامپیوتر که سبب پیشرفت سریع در نانوتکنولوژی شده است، شبیه‌سازی کامپیوتری مواد در مقیاس مولکولی است. شبیه‌سازی مولکولی قادر است اطلاعات مربوط به سیستم‌های مولکولی را تأمین کرده و تعیین نماید که استفاده از این اطلاعات تا چه اندازه می‌تواند به واقعیت نزدیک باشد. شبیه‌سازی مولکولی در محیط‌های زیستی می‌تواند به طور مؤثر سیستم‌های در مقیاس نانو را الگو قرار دهد. D. Srivastava متخصص در زمینه شبیه‌سازی مولکولی و نانوتکنولوژی

سیاست‌گذاری در نانوتکنولوژی

در دوازدهم ماه می ۲۰۰۴، کمیسیونی در ایرلند جهت سیاست‌گذاری در رابطه با نانوتکنولوژی شکل گرفت و قطعنامه‌ای با بخشهای مختلف به تصویب رسید. این کمیسیون به اروپا کمک می‌کند تا پیشرو در زمینه نانوتکنولوژی شده، و سیاستی منسجم برای انجام فعالیتهای مربوط به آن تدوین شود. [۱۴ و ۱۵] بندهائی از آن بخشنامه به صورت زیر می‌باشد:

الف) افزایش سرمایه‌گذاری و مشارکت «تحقیق و توسعه» برای تقویت بهره‌برداری صنعتی از نانوتکنولوژی با حفظ اولویت‌ها و رقابت‌های علمی.

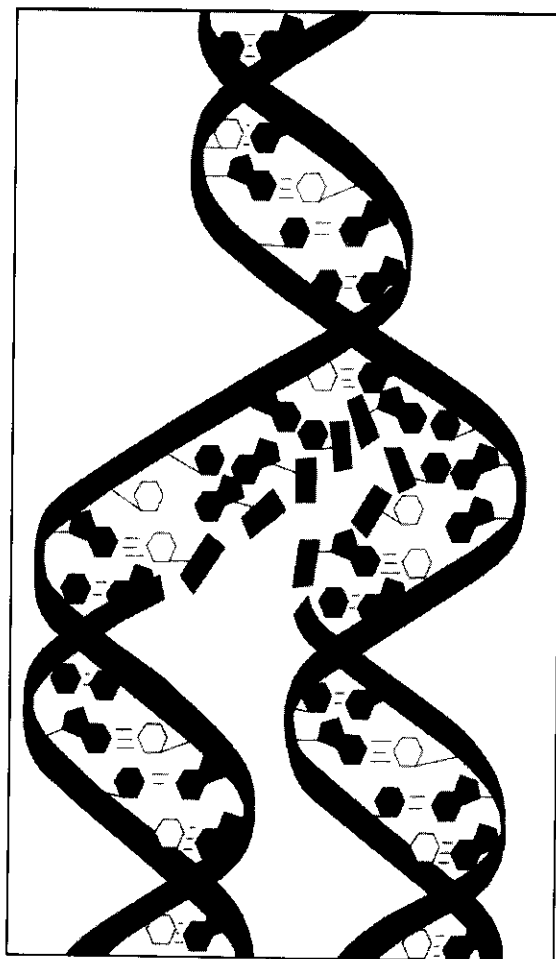
ب) توسعه تحصیلات میان رشته‌ای به همراه آموزش پرسنل تحقیقاتی.

ج) گسترش فراساختار تحقیق و توسعه رقابتی در سراسر دنیا که هم نیازهای صنعتی وهم نیازهای علمی را در نظر می‌گیرد.

د) تضمین شرایط مطلوب برای انتقال و پیشرفت تکنولوژی. ه) جمع‌آوری اطلاعات لازم برای برآورد خطرات امنیتی، سلامت عمومی، مصرفی، محیط‌زیستی و بهداشتی محصولاتی که برپایه نانوتکنولوژی ساخته می‌شوند.

و) تکمیل فعالیتهای فوق با همکاری مناسب و ابتکارات عملی مربوط در سطح بین‌المللی.

با این نوع سیاست‌گذاری، نانوتکنولوژی هدفدار شده و در یک مسیر مشخص حرکت می‌کند. حرکت در این مسیر مشخص، می‌تواند رسیدن به اهداف را سرعت بخشد. از طرفی با رعایت اصول و قواعد کلی در این زمینه از سوی کشورهای پیشرفته علمی، آثار زیانبار نانوتکنولوژی مهار شده و تنها در جهت رفاه و آسایش مردم قدم بر خواهد داشت. شایسته است که کشورهای در حال توسعه با تدوین یک سیاست‌گذاری مشخص در زمینه نانوتکنولوژی و با بهره‌گیری از سیاست‌گذاری روز دنیا در این راه قدم گذاشته و در توسعه و بهره‌وری از این علم کوشا باشند.



د) کشاورزی

یکی از کاربردهای نانوتکنولوژی در کشاورزی می‌باشد. با استفاده از این علم و روش «پرتوهای ذره‌ای و پلاسما» می‌توان نوعی برنج جدید تولید نمود. این روش با روش اصلاح ژنتیکی اندام‌ها متفاوت است. فیزیكدانان در مطالعه مبتنی بر نانوتکنولوژی، یک حفره با پهنای در حدود چند نانومتر در درون یک سلول برنج ایجاد کرده، سپس یک اتم نیتروژن را به منظور آرایش مجدد مواد اصلی DNA به درون حفره پرتاب کردند تا خصوصیات ژنتیکی آن را کنترل نماید. انتظار می‌رود با استفاده از این روش یک نوع برنج جدید با خصوصیات دلخواه تولید شود. آنچه دانشمندان به دنبال آن هستند، یک شاخه برنج معطر با ساقه کوتاه و غیر حساس به نور خورشید می‌باشد.

نانوتکنولوژی در سالهای آینده

ابزارها باید به گونه‌ای در دسترس محققین فعال در زمینه نانوتکنولوژی قرار گیرد که بتوان پیشرفته‌ترین تحقیقات را در جهت دستیابی به این پتانسیل انجام داده و به صورت رقابتی در این صحنه ظاهر شوند. علاوه بر این دانشگاهها، شبکه‌ها و مراکز دولتی بایستی یک سری فعالیت‌های مشترک داشته باشند تا بتوانند خला‌های موجود در فناوری را پر نمایند. لازمه برنامه‌ریزی صحیح و انتخاب روشهای پژوهشی به منظور دستیابی به توسعه نانوتکنولوژی در کشور، این است که سوابق و تجربیات سایر کشورها در این زمینه مورد توجه قرار گیرد. تنها با برنامه‌ریزی و استفاده از نیروهای کارآمد علمی می‌توان به این مهم نایل شد. توسعه نانوتکنولوژی در ایران دور از دسترس نمی‌باشد چرا که با توجه به نوپا بودن این علم، یک عزم دانشگاهی می‌تواند کشور را از سویی در توسعه نانوتکنولوژی یاری دهد و از سوی دیگر پا فراتر گذاشته و محصولات حاصل از آن را به سایر کشورها صادر نماید. از این رو شایسته است مدیران بخش علمی و صنعتی کشور سهمی از بودجه پژوهشی خود را به نانوتکنولوژی اختصاص داده و در اختیار پژوهشگرانی قرار دهند که در افزایش سهم تولید علم و فناوری کشور مؤثراند، تا هدف اصلی به سرمنزل مقصود نائل گردد. پارک‌های فناوری نیز که به نوعی در پژوهش کشور دخیل می‌باشند با برقراری ارتباط با دانشگاه‌ها می‌توانند در توسعه و شکل‌گیری نانوتکنولوژی نقش بسزایی ایفا کنند. البته یک کار اساسی شناسائی و گردآوری دانشمندان و پژوهشگران و فن‌آوران اصیل این علم می‌باشد (بویژه ایرانیان) که می‌باید بصورت فیزیکی و یا الکترونیکی با هم به صورت شبکه علمی با ارتباطات استاندارد بین‌المللی درآیند و یک سیستم مدیریتی این شبکه را حاصل نماید تا بتوان با حفظ ارتباطات بین‌المللی علم نانوتکنولوژی را با پایگاه ایرانی در سطح جهان ارتقاء داد و به تعبیری می‌باید جهانی کاوش کنیم و محلی بازآفرینی. سرمایه‌گذاری بر روی آموزش دانشجویان و حمایت از دانشجویان فوق‌دکتری با ارائه بورسیه که بتواند باعث جذب بهترین دانشجویان شود از امور مهمی است که باید توجه خاصی به آن مبذول داشت. دانشجویان بایستی تحت آموزش‌های چند تخصصی در زمینه‌های گوناگون نانوتکنولوژی

گرچه نانوتکنولوژی در چند سال اخیر تحولی نوین را در علم مختلف ایجاد کرده است و آینده‌ی پر باری را پیش رو خواهد داشت ولی همچنان در ابتدای راه است و تلاش‌ها و پژوهش‌های بسیاری را می‌طلبد. [۱۶] ایران به عنوان یک کشور در حال انتقال سریع با نیروی انسانی فراوان، اطلاعات، مواد و منابع تجدید ناپذیر، باید نیروهای علمی پیش‌تاز جامعه را سازمان‌دهی نماید تا با بهره‌گیری از توان بالای علمی پژوهشی خود و با استعانت از تجربه کشورهای تراز اول علمی جهان پا به عرصه نانوتکنولوژی گذارد. افزایش و گسترش تجهیزات و ابزارهای شناسائی که باید در دسترس پژوهشگران حاضر در جامعه علمی نانو ساختار قرار گیرد مستلزم گردآوری منابع به صورت اساسی در یک جا می‌باشد. لازم است به همان صورتی که فرایندهای تغییر فرهنگ دانشگاه‌ها ادامه می‌یابد، همکاری‌های صنعتی نیز توسعه داده شود تا بتوان تحقیقات را به صورت چند رشته‌ای انجام داد. گرچه دانشگاه‌ها به سرعت در حال تغییراند، ولی هنوز مسائلی در فرهنگ مراکز تحقیقاتی و دانشگاه‌های کشور وجود دارد که تضعیف تحقیقات چند رشته‌ای را سبب می‌شود. خودمختاری اداری گروه‌های آموزشی و دانشگاه‌ها، رقابت برخی از موسسات و مراکز با ادارات دیگر از لحاظ عقد قرارداد و درخواست کمک بلاعوض از جمله این موارد می‌باشد. از آنجائیکه محصول حاصل از علم نانو، طولانی مدت است و نیز این گونه تحقیقات در دانشگاه‌ها و آزمایشگاه‌های ملی صورت می‌گیرد، لازم است سرمایه‌گذاری در تحقیقات بنیادی و کاربردی برای محققین و اعضای هیات علمی دانشگاهی و همچنین مراکز و موسساتی که در یک فضای دانشگاهی یا آزمایشگاهی مجزا واقع شده‌اند و یا شامل چندین دانشگاه و آزمایشگاه ملی می‌باشند افزایش داده شود. همکاری میان دانشمندان و پژوهشگران در بخش‌های خصوصی و دولتی باید با برنامه‌های پژوهشی کاربردی و یا هدایت شده ادغام شود. تحقیق و توسعه نانوتکنولوژی نیاز به یک زیرساختار انعطاف‌پذیر، قابل پیش‌بینی، قوی و متوازن دارد تا به کمک آن بتوان به ماکزیمم رشد و توسعه در این زمینه دست یافت.

منابع و مأخذ

- ۱- حبیبی رضائی، مهرا. آشنائی با عرصه های فناوری زیستی نانو (نانویوتکنولوژی)، رهیافت، شماره ۳۰، تابستان ۱۳۸۲.
- ۲- قاضی نوری، سید سپهر. سیاستگذاری در برنامه ریزی علم و فناوری با مطالعه موردی نانوتکنولوژی در ایران، انتشارات کمیته مطالعات سیاست نانوتکنولوژی، دفتر همکاری های فناوری، ۱۳۸۲.
- 3- Introduction to Nanotechnology, <http://www.nanoworld.net/pages/intro.htm>.
- 4-Georgia Institute of Technology: News Room: News Release.
- 5- Nanotechnology Abstract, <http://www.nanozine.com>.
- 6- Nanotechnology News, <http://www.zyvex.com/nano>.
- 7- A Brief History of Nanotechnology, <http://www.nanoworld.net/pages/semi.htm>.
- 8- Molecular and Quantum Computing, <http://www.nanoworld.net/pages/molecular.htm>.
- 9- Medical Applications, <http://www.nanoworld.net/pages/medical.htm>.
- 10- Molecular Simulation, <http://www.nanoworld.net/pages/simulation.htm>.
- 11- Samuel A.Wick L. Gregory M. Nanotechnology for Molecular imaging and Targeted Therapy, Circulation, 107: 1092-1104, 2003.
- 12- Roessler BJ, Bielinska AU, Janczak K., Substituted Beta – cyclodextrins Interact with PAMAM Dendrimer – DNA Complexes and Modify Transfection Efficiency, Biochem. Biophys. Res. Commun., 283:124-129, 2001.
- 13- Ma Q., Remsen, E.E., Kowalewski T., et al. Two-Dimensional, Shell-Cross-Linked Nanoparticle Arrays, J. Am. Chem. Soc. 123: 4627-4628, 2001.
- 14- Communication of European Commission: "Towards a European strategy for Nanotechnology" <http://www.cordis.lu/nanotechnology/src/communication.htm>.
- 15- Ireland Must Work to Attract High-Tech Nanotechnology investment-Kirk, <http://www.politics.ie/modules.phpname= News & file= print & side = 5005>.
- 16- The future, <http://www.nanoworld.net/pages/future.htm>.

قرار گیرند. توجه و سرمایه گذاری بایستی به گونه‌ائی صورت گیرد که بتوان اطلاعات را به صورت باز در جلسات چند رشته‌ ائی به همراه ارائه سریع نتایج ردوبدل گردد. اینکه نانوتکنولوژی تأثیرات عمیقی بر روی جامعه خواهد گذاشت یک مسئله روشن است. نانوتکنولوژی یک علم طراحی جامع می باشد که باعث دستیابی به ابزارهای قدرتمند و جدیدی می شود که تکنولوژی امروز را از هر حیث تغییر خواهد داد. حاصل این مقاله زمانی متمر ثمر خواهد بود که درحد نگارش یک مقاله باقی نماند بلکه پا فراتر گذاشته و با نگاهی موشکافانه به توسعه نانوتکنولوژی در دنیا، هرچه سریعتر پایه های شکل گیری آن را در کشور فراهم کنیم.

تقدیر و تشکر

از جناب آقای دکتر علی اکبر موسوی موحدی استاد محترم و رییس مرکز تحقیقات بیوشیمی و بیوفیزیک دانشگاه تهران که در نگارش این مقاله راهنمایی، مشاوره، نظارت و ویرایش محتوایی انجام داده اند تشکر و قدردانی می‌نماید.

یادداشتها

- 1- Biomimetic Paint
- 2- Bottom-Up
- 3- Top – Down
- 4- Scanning Transmission Microscope
- 5- Scanning Probe
- 6- Denderites

