

نانوتکنولوژی، بستری جدید برای همکاری دولت، دانشگاه و صنعت

علی محمد سلطانی

دفتر همکاری‌های فناوری، کمیته مطالعات سیاست نانوتکنولوژی

صندوق پستی ۴۶۷۱-۱۴۱۵۵

تلفن: ۶۵۰۰۰۶۵

نمابر: ۶۵۰۰۰۶۰

پست الکترونیکی: asoltani@tco.ac.ir

چکیده

علوم و فناوری نانو، توانمندی کنترل چیدمانی اتمها و مولکولها، برای رسیدن به اشیایی با قابلیت‌های بهتر می‌باشد. بر طبق همین تعریف ساده، نانوتکنولوژی دارای کاربردهایی بسیار وسیع در تکنولوژی‌ها از جمله در پزشکی و داروسازی، الکترونیک و کامپیوتر، مواد و ساخت و تولید، محیط زیست و کشاورزی و امنیت ملی می‌باشد و به مثابه رویکردی جدید در تمام رشته‌ها، حوزه‌های متعددی را تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ تا آنجا که از آن به عنوان «انقلاب صنعتی بعدی» یاد می‌شود. نانوتکنولوژی در هر دو دوره زمانی بلندمدت و کوتاه‌مدت آن، مورد توجه دولتها و بنگاههای کوچک و بزرگ جهان قرار گرفته و به عنوان مسیر اجتناب‌ناپذیر آینده، توجه محققان و مراکز پژوهشی و آموزشی را به خود جلب نموده است. در این مقاله، ضرورت همکاری سه جانبه دولت، دانشگاه و صنعت در بستر روبه‌رشد نانوتکنولوژی، وظیفه هریک از این نهادها در این عرصه، تجربیات تعدادی از کشورها و راهکارهایی برای تحقق این همکاری در جمهوری اسلامی ایران مورد بحث قرار می‌گیرد.

۱- مقدمه: نانو تکنولوژی و کاربردهای آن

علوم و فناوری نانو، توانمندی کنترل چیدمانی اتمها و مولکولها، برای رسیدن به اشیایی با قابلیت‌های بسیار بهتر می‌باشد. بر طبق همین تعریف ساده، نانو تکنولوژی به مثابه رویکردی جدید در تمام رشته‌ها، حوزه‌های متعددی را تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ تا آنجا که از آن به عنوان «انقلاب صنعتی بعدی» و منشأ تحولات تکنولوژیکی آینده یاد می‌شود. برخی کاربردهای نانو تکنولوژی را می‌توان به شرح زیر نام برد: [۳، ۵ و ۶]

- تولید مواد و فرآورده‌های صنعتی (مواد سبک‌تر، مستحکم‌تر، قابل برنامه‌ریزی و هوشمند، کاهش هزینه، افزایش عمر، ابزارهای جدید بر پایه اصول و معماری جدید، ساخت مولکولی و ...)
 - پزشکی، داروسازی و مراقبت‌های بهداشتی (توسعه بیوسنگرها و تکنولوژی‌های تصویربرداری جدید برای تشخیص زودتر و درمان بیماری‌هایی مثل سرطان، روش‌های بیماری‌شناسی و درمان کارآمدتر و ارزان‌تر، داروهای جدید، کمک به بینایی و شنوایی، مواد جدید سازگار با محیط زیست که باعث افزایش زمان نگهداری اندام مصنوعی می‌گردد، استفاده از دستگاه‌های پزشکی کوچک و هوشمند، ارسال دارو به طور مستقیم به سلولهای آسیب دیده و ...)
 - الکترونیک و کامپیوتر (تراشه‌ها و کامپیوترهای سریعتر با نانوترانزیستورها، حافظه‌های با ظرفیت بسیار بالا، پهنای باند ارتباطی بالا، نسل‌های جدیدی از ردیاب‌ها، پردازنده‌ها و نانودستگاه‌ها و ...)
 - منابع طبیعی و محیط زیست (تخلیص و نمک‌زدایی آب، کاهش مصرف بنزین با تغییر در خودروها، تایرهای سازگار با محیط زیست، استفاده از نانوپودرها برای رفع آلودگی، استفاده از سیستم‌های نانوروباتیک و هوشمند برای مدیریت فاضلاب‌های محیط زیستی و هسته‌ای، ...)
 - انرژی (بهبود تبدیل انرژی خورشیدی به الکتریسیته، بهبود تبدیل انرژی هیدروژن به انرژی گرمایی، ذخیره‌ایمن هیدروژن و ...)
 - ابزارهای نظامی و امنیت ملی (سلاحهای جدید، تسلط بیشتر بر اطلاعات، ابزارهای محافظت در برابر سلاحهای میکروبی و شیمیایی و ...)
- علوم و مهندسی نانو، منجر به درک بهتر طبیعت، پیشرفت در پژوهش و آموزش پایه و تغییرات عمده در تولیدات صنعتی، اقتصاد، بهداشت، مدیریت محیط زیست و حفظ منابع طبیعی خواهد شد. به گونه‌ای که در ۱۰ تا ۱۵ سال آینده یک بازار جهانی بیش از ۱۰۰۰ میلیارد دلاری در سال را ایجاد خواهد کرد و جهان را برای رسیدن به توسعه پایدار امیدوار ساخته است. [۷]

۲- وضعیت جهانی نانو تکنولوژی

بسیاری از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه (در حدود ۳۰ کشور)، برنامه‌هایی را در سطح ملی برای پشتیبانی از فعالیتهای تحقیقاتی و صنعتی نانو تکنولوژی تدوین و اجرا می‌نمایند. زیرا نانو تکنولوژی به عنوان انقلابی در شرف وقوع، آینده اقتصادی کشورها و جایگاه آنها در جهان را تحت تأثیر جدی قرار خواهد داد و این مسئله در این کشورها توسط صاحب نظران و محققان تبیین شده و برای مدیران اجرایی به صورت یک امر شفاف و قطعی درآمده است. در بخشی از این کشورها، در یکی دو سال اخیر تحولات شدیدی از طرف دولتها برای سرعت بخشیدن به توسعه نانو تکنولوژی صورت گرفته و فعالیتهایی که تا قبل از این به صورت خودجوش توسط محققان انجام می‌گرفته است، با تشویق و حمایت‌های مستقیم دولت ادامه یافته‌اند که در این قسمت به چند کشور اشاره می‌شود:

الف: آمریکا

دولت آمریکا در سال ۱۹۹۸ با توجه به خواست وسیع محققان و دانشگاهیان، گروه کاری بین بخشی علوم و فناوری نانو را تشکیل داد. این گروه در فوریه ۲۰۰۰، گزارشی با عنوان «پیشگامی ملی نانو تکنولوژی؛ به سوی انقلاب صنعتی بعدی» به رئیس جمهور آمریکا ارائه نمود که رئیس جمهور نیز آن را از طریق دستیار علوم و فناوری خود به کنگره ارائه داد. [۲ و ۴] بخشی از این گزارش صرف تهییج مسؤولان آمریکا برای توجه جدی به این موضوع شده است تا آنجا که در صفحه ۳۱ این گزارش ۱۰۱ صفحه‌ای عدم توجه به جنبه‌های مهم این کار از جمله

جنبه‌های فرباخشی آن مساوی با در معرض خطر قرار گرفتن آینده اقتصادی، کیفیت زندگی و امنیت ملی آمریکا دانسته شده است. آنچه در این گزارش پیشنهاد شده، برنامه‌ای ملی است که از طریق کمیته‌ای در عالیترین سطح و به صورت متمرکز هدایت می‌شود و در آن ضمن تعیین اولویت‌های پنجگانه کشور، تکلیف هر یک از وزارتخانه‌ها و سازمانها، نحوه اجرای آن و بودجه لازم برای هر دستگاه در هر زمینه مشخص شده است. برای این برنامه در کنگره ۴۲۳ میلیون دلار به تصویب می‌رسد؛ در حالی که کل بودجه‌هایی که در سال ۱۹۹۷ به صورت پراکنده توسط سازمانهای مختلف دولتی هزینه شده کمتر از ۱۲۰ میلیون دلار است. کمیته مزبور برای سال ۲۰۰۲، مبلغ ۵۰۸ میلیون دلار به تصویب رسانده است. یکی از اهداف اصلی این برنامه، کسب پیشگامی در تمامی زمینه‌های مربوط به نانو تکنولوژی در جهان می‌باشد. [۴]

ب: ژاپن

محققان ژاپنی از دهه ۱۹۷۰ میلادی به صورت خودجوش در زمینه‌های تحقیقاتی نانو تکنولوژی وارد شده‌اند تا آنجا که کلمه نانو تکنولوژی نیز اول بار توسط یک محقق ژاپنی مورد استفاده قرار گرفت. دولت ژاپن اولین بار در ابتدای دهه ۱۹۹۰ بودجه‌ای را برای پشتیبانی از این تحقیقات اختصاص داد و این روند ادامه یافت تا اینکه در سال ۱۹۹۷، ۱۲۰ میلیون دلار و در سال ۲۰۰۱، ۴۳۰ میلیون دلار اختصاص یافته است. [۷، ۱۲ و ۱۴]

ج: کره جنوبی

دولت کره جنوبی ۵ زمینه فناوری را به عنوان صنایع نسل بعدی به عنوان اولویت این کشور اعلام نموده و برای آنها تا سال ۲۰۰۵، مبلغ ۱۰ تریلیون ون معادل ۸ میلیارد دلار اختصاص داده است. فناوری اطلاعات، بیو تکنولوژی، نانو تکنولوژی، فناوری‌های محیط زیست و فناوری‌های فرهنگی به عنوان حوزه‌های منتخب دولت کره جنوبی اعلام گردیده است. دولت کره جنوبی، در زمینه نانو تکنولوژی، پرورش ۱۲،۶۰۰ کارشناس و متخصص را در ۱۰ سال آینده برنامه‌ریزی نموده است. [۱۴]

د: کانادا

دولت کانادا، با تدوین برنامه ۵ ساله، ۱۲۰ میلیون دلار را برای سرمایه‌گذاری در زمینه نانو تکنولوژی در ۵ سال آینده اختصاص داد. دولت، یک موسسه ملی نانو تکنولوژی را با ظرفیت ۱۶۰ محقق و تکنسین تأسیس نموده است. این موسسه شبکه گسترده‌ای را از محققان دانشگاه‌های سراسر کشور ایجاد خواهد کرد. نخست‌وزیر کانادا با اعلام این برنامه گفت: «نانو تکنولوژی، همان تاثیر انقلاب صنعتی قرن نوزدهم را بر جوامع خواهد داشت.» [۱۴]

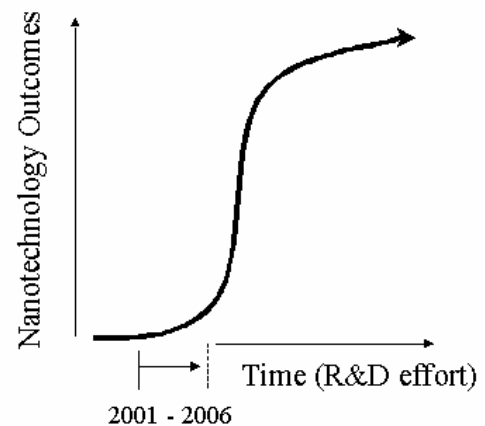
۳- روند رشد و آینده نانو تکنولوژی

پژوهشگران و کارشناسان صنایع دریافته‌اند که در علوم و مهندسی در حال نزدیک شدن به این اندازه ناپیدا (نانومتر) هستیم. دیگر این سؤال مطرح نیست که آیا نانو تکنولوژی توسعه می‌یابد یا خیر؛ بلکه این سؤال مطرح است که چه کسی در هر عرصه، پیشتاز خواهد بود؟ شکل ۱، چشم‌انداز نانو علم و نانو تکنولوژی بین سالهای ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۱ و بعد از آن را نشان می‌دهد. به نظر می‌رسد سال ۲۰۰۱، نقطه شروع نمودار متعارف رشد S شکل برای نانو تکنولوژی باشد و ما برای رسیدن به بخش رشد صعودی منحنی به ۵ سال زمان نیاز داریم (شکل ۲-). نرخ افزایش اکتشافات علمی این بیان را تقویت می‌کند.

این نمودار نشان می‌دهد که در آینده نزدیک شاهد رشد چشمگیر تولیدات نانو تکنولوژی و نفوذ آن به زندگی انسان خواهیم بود. [۷]

<p>قبل از سال ۱۹۹۸</p> <p>قبل از موج</p> <p>تحقیق و توسعه: پراکنده</p> <p>نانوعلم: تمایل کم</p> <p>نانوتکنولوژی: تخیل علمی</p>	<p>۱۹۹۹ تا ۲۰۰۱</p> <p>گذر</p> <p>تحقیق و توسعه: روندی جدید</p> <p>نانوعلم: کشفهای بسیار</p> <p>نانوتکنولوژی: قابل دسترس در ۱۵ تا ۳۰ سال</p>	<p>بعد از سال ۲۰۰۱</p> <p>عرصه نانوتکنولوژی شروع می شود</p> <p>تحقیق و توسعه: کلان روند</p> <p>نانوعلم: شتاب می گیرد</p> <p>نانوتکنولوژی: تغییر ذهنیت عمومی</p>
---	---	--

شکل ۱- چشم انداز نانوعلم و نانوتکنولوژی بین سالهای ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۱ و بعد از آن (تحولی سریع)



شکل ۲- منحنی S شکل برای رشد تحقیق و توسعه نانوتکنولوژی

۴- ضرورت فعالیت جمهوری اسلامی ایران در عرصه نانوتکنولوژی

یک سؤال مهم برای کشور ما و بسیاری از کشورها که هنوز به نانوتکنولوژی به عنوان تمدن آینده علمی توجه کافی نکرده اند، این است که آیا باید با این روند همراه شد یا نه؟ توجه به فضای بسیار بزرگ نانوتکنولوژی و حجم وسیع فعالیتهای مربوط به آن در دنیا، این باور را به انسان القاء می کند که دیر یا زود باید آینده را دید و برای ورود به آن اقدام نمود.

بسیاری از صاحب نظران و محققان، نانوتکنولوژی را مساوی آینده دانسته اند. به عنوان نمونه کمیته مشاوران رئیس جمهور آمریکا در علوم و فناوری در تأیید برنامه ملی نانوتکنولوژی برای سال ۲۰۰۱، از نانوتکنولوژی به عنوان محور آینده جهان یاد می کند. [۲] به دلیل تأثیرات این فناوری بر اکثر فناوریهای موجود، عقیده صاحب نظران این است که متخصصان رشته های مختلف بدون گرایش به مباحث مقیاس نانو در دهه های آینده فرصتی برای رشد نخواهند داشت و شکوفایی بسیاری از فناوریهای مهم از جمله فناوری اطلاعات و بیوتکنولوژی به عنوان دو دستاورد بسیار عظیم قرن بیستم بدون بهره گیری از نانوتکنولوژی دچار اختلال خواهند شد. [۱ و ۸] از این جهت این مسأله برای دانشگاهیان، محققان و مسؤولان هر کشور امری حیاتی است. علاوه بر این می توان دلایل زیر را برای اجتناب ناپذیری ورود کشورهایی چون ایران اقامه نمود:

- تأثیر اساسی نانوتکنولوژی بر بسیاری از فناوریها
- تأثیر نانوتکنولوژی بر امنیت جهانی
- تأثیر نانوتکنولوژی بر همگرایی علمی
- شکل گیری بازارهای بسیار بزرگ
- نزدیک بودن دستاوردهای نانوتکنولوژی
- تأثیر اساسی بر بخش عمده صنایع در میان مدت

- تأثیر شگرف بر زندگی عموم در بلندمدت
- نبودن شکاف عمیق علمی با کشورهای پیشرو به دلیل جدید بودن موضوع
- وجود متخصصان متعدد در رشته‌های نزدیک در کشور

۵- ضرورت همکاری سه جانبه دولت، دانشگاه و صنعت در توسعه نانو تکنولوژی

شکل گیری زنجیرهٔ ثمردهی نوآوری‌های نانو تکنولوژی، فقط با پیوند هماهنگ بخشهای مختلف از آموزش و پژوهش تا تولید محصول و عرضه به بازار امکان پذیر است و بدون همکاری دولت، دانشگاه و صنعت، این مهم، تحقق نمی‌یابد. ایدهٔ اولیهٔ نانو تکنولوژی در سال ۱۹۵۹ توسط فیزیکدان مشهور آمریکایی، فاینمن، مطرح شد [۱۰] و پس از آن افراد اندکی به صورت خودجوش تحقیقاتی را در این زمینه شروع کردند و در اواخر دههٔ ۸۰ میلادی این روند گسترش یافت و پروژه‌های متعددی در سراسر جهان بویژه کشورهای آمریکا، ژاپن و بعضی کشورهای اروپایی تعریف و اجرا گردید، تا اینکه در دههٔ ۹۰ با توجه دولتها و اختصاص بودجهٔ وزارتخانه‌های دولتی و شرکتهای خصوصی، عمدتاً در همان کشورها، موج تعریف پروژه‌های پژوهشی و سرمایه گذاری در زمینه‌های کاربردی این فناوری، دنیای علم و فناوری را فرا گرفت [۷ و ۱۱]. با این وجود، باید گفت نانو تکنولوژی هنوز در مرحلهٔ نوزادی قرار دارد و اگرچه در بعضی زمینه‌ها به ابزار کسب و کار شرکتهای تبدیل شده‌است، اما دانشمندان در تدارک آینده، ایده‌های بسیار وسیعی را در سر می‌پرورانند و در حال گسترش آزمایشگاههای خود به سر می‌برند تا مرزهای جدیدی از علم را برای رسیدن به دستاوردهای آینده، کشف کنند.

۵-۱- دولت

آنچه در این میان اهمیت دارد، ضرورت حضور دولت در مسیر آیندهٔ نانو تکنولوژی است، زیرا همانند تمام فناوریهای جدید نقش دولتها در ایجاد بستر رشد این فناوری، حائز اهمیت زیادی می‌باشد. به دلایل زیر، در شرایط حاضر باید از طرف دولتها سیاستهای حمایتی برای گسترش نانو تکنولوژی اجرا شود:

- قراردادن این فناوری در مرحلهٔ نوزادی
- عام و فراگیر بودن
- تأثیر وسیع در زندگی مردم
- تبدیل شدن نانو تکنولوژی به روندی کلیدی و غیرقابل اجتناب در آیندهٔ جهان
- نیاز نانو تکنولوژی به زیرساختها و بستری برای رشد
- ضرورت هماهنگی فعالیتهای متعدد برای جلوگیری از اتلاف زمان و منابع و از دست ندادن فرصت
- کاربردهای بسیار زیاد در عرصهٔ دفاع و مسائل نظامی

اتفاقی که در دو سه سال اخیر در دنیا افتاده‌است، همین مسأله را تأیید می‌کند. زیرا در سالیان اخیر، تعداد قابل توجهی از کشورها به نوعی برنامه‌هایی را برای رشد این فناوری اجرا نموده‌اند، که در بخش قبلی اشارهٔ مختصری به آن شد. این مسأله در مورد کشورهای که در زیرساختهای فناوری دچار مشکلاتی هستند، اهمیت بیشتری دارد. بنابراین ضرورت حضور دولت در ایجاد بستر رشد این فناوری، مورد تأیید مشاوران و کارشناسان سطوح عالی دولتهای بزرگ قرار گرفته و تردیدی برای آن باقی نمی‌ماند.

۵-۲- صنعت

حضور صنعت در عرصهٔ سرمایه گذاری هر فناوری در زمانی انجام می‌گیرد که سود مورد نظر در یک دورهٔ زمانی متعارف بازگشت داشته باشد. به عقیدهٔ برخی کارشناسان فاصلهٔ معمول میان شکل گرفتن یک ایدهٔ جدید تا زمان تجاری شدن آن حدود ۱۵ سال است، که صنعت در ۲ الی ۳ سال پایانی آن حاضر به سرمایه گذاری می‌باشد [۴]. البته در مورد فناوریهای متحول کننده و شرکتهای خیلی بزرگ، این زمان بیشتر بوده، حتی در بعضی موارد کل فاصلهٔ میان ایده تا محصول تجاری در صنعت رخ داده‌است. در مورد نانو تکنولوژی، با توجه به

تأثیرات آن در بسیاری از فناوری‌ها و پیش‌بینی ایجاد تحول در بعضی رشته‌های صنعتی، شرکت‌هایی از همان اوایل طرح ایده‌های کاربردی نانو تکنولوژی، وارد این عرصه شدند. بعنوان مثال، شرکت IBM در آغاز دهه ۹۰ سرمایه‌گذاری خود را در این حوزه شروع نمود، یا شرکت‌های بزرگ ژاپنی نیز در همان زمان اقدام به سرمایه‌گذاری در این زمینه نمودند. [۱۱] بعلاوه، با توجه به وجود حوزه‌های زودبازده در عرصه نانو تکنولوژی، شرکت‌های کوچکتری نیز تشکیل شده و اقدام به فعالیت در این زمینه نموده‌اند، که نانو مواد، نانوپودرها و نانوذرات از این مقوله می‌باشد [۸].

اما در مورد ضرورت حضور صنعت در این عرصه باید گفت: **اولاً** به دلیل گستردگی حوزه‌های کاربردی نانو تکنولوژی، علاوه بر زمینه‌هایی که در حال حاضر در مرحله ایده و پژوهش می‌باشد، زمینه‌های زودبازده و به جواب‌رسیده‌ای نیز وجود دارد، که صنعت می‌تواند آنها را تجاری نماید. حوزه‌هایی چون تولید و مصرف نانوپودرها، نانوذرات و نانولوله‌های کربنی، لایه نشانی و مانند آنها از این مقوله می‌باشند که نمونه‌هایی از آنها توسط شرکت‌های تجاری کوچک و بزرگ جهان گزارش شده‌است. بنابراین برای صنعت موارد زیادی وجود دارد که با دوره‌های بازدهی متعارف قابل سرمایه‌گذاری می‌باشد.

ثانیاً جهت گیری شرکت‌های صنعتی مطرح دنیا نشان می‌دهد که عرصه رقابتی روبه گسترشی در حال ایجاد می‌باشد، که حضور شرکت‌ها در آن متضمن سود آنهاست و از طرفی عدم ورود به این عرصه، می‌تواند با خطر حذف یا به حاشیه رفتن، همراه باشد. این مسأله تقریباً برای همه صنایع صدق می‌کند، البته با در نظر گرفتن زمانهای متفاوت برای هر صنعت. زیرا امروز دیگر هم صنعت و هم تجارت دریافته‌است که نانو تکنولوژی باعث تغییر ذهنیت عمومی (Paradigm Shift) در اقتصاد می‌شود [۷].

ثالثاً صنعت باید برای حفظ آینده خود، به دنبال ایجاد بازارهای جدید باشد. با استفاده از نانو تکنولوژی، این موضوع امکان‌پذیر می‌باشد؛ زیرا پتانسیل بالای نانو تکنولوژی هنوز به‌طور کامل به مرحله شکوفایی نرسیده‌است و هر شرکتی که در این راه تلاش نماید، بازار آینده را از آن خود خواهد کرد. در این مورد به نمونه شرکت فناوریهای نانوفازی^۱ توجه کنید. این شرکت تولیدکننده پودرهای نانومتری است که سطح ویژه آنها بین ۵۰ تا ۲۵۰ مترمربع بر گرم است. مدیر این شرکت می‌گوید: "متخصصان شرکت پس از مطالعه در زمینه کاربردهای این پودرها در صنعت خاص، با برگزاری کارگاه آموزشی برای مدیران و متخصصان آن صنعت و متقاعد کردن آنها برای خود بازار ایجاد می‌کنند [۱۵]."

بنابراین برای صنعت دیگر این سؤال مطرح نیست که آیا باید وارد نانو تکنولوژی شد یا نه، بلکه سؤال جدی اینست که برای حضور در آینده اقتصاد، در چه حوزه‌ای باید پیش‌تاز شد؟ [۷]

اما صنعت بدون حمایت‌های دولت و همکاری با بخش پژوهش و دانشگاه در این عرصه موفق نخواهد بود. همانگونه که در مورد نقش دولت گفته شد، حمایت دولتها از صنعت و بخش خصوصی برای توسعه این فناوری ضرورت دارد، که این موضوع در برنامه کشورهای مطرح در این زمینه نیز آمده است. همچنین فعالیت مؤثر در عرصه نانو تکنولوژی لزوماً همراه با پژوهش مستمر می‌باشد، که بدون استفاده از پتانسیل بالای محققان و دانشگاهیان، این مسأله امکان‌پذیر نخواهد بود.

۳-۵- دانشگاه

نقش دانشگاه در توسعه نانو تکنولوژی، کلیدی و مهم می‌باشد و بدون حضور فعال دانشگاه در آموزش و پژوهش نانو تکنولوژی، حوزه‌های صنعت و تجارت نیز قادر به فعالیت مؤثر نخواهند بود. دلایل زیر را می‌توان برای ضرورت ورود دانشگاهها و مراکز پژوهشی به این عرصه ذکر کرد:

- وابستگی نانو تکنولوژی به نیروهای متخصص و لزوم تربیت آنها در دانشگاهها
- اتکای نانو تکنولوژی به پژوهش (زیرا همانگونه که در شکل ۱ مشخص شده است، در دوره زمانی ۵ سال آینده، بیشتر فعالیتهای این عرصه در حوزه پژوهش می‌باشد).
- لزوم کشف پدیده‌های ناشناخته در حوزه پژوهشهای بنیادی

۶- نقش دولت، دانشگاه و صنعت در عرصه نانو تکنولوژی

همانگونه که بیان شد هر یک از ۳ عنصر دولت، دانشگاه و صنعت باید در توسعه نانو تکنولوژی سهم باشند و بدون هماهنگی میان آنها این مهم، تحقق نمی یابد. هر یک از این سه بخش وظایفی را در این زمینه بر عهده دارند که به آنها اشاره می شود:

۶-۱- وظایف دولت

وظایف دولت در توسعه این فناوری را می توان به شرح زیر ذکر نمود:

- افزایش آگاهی های عمومی
- تدوین برنامه ملی و استراتژی علمی (سیاستگذاری)
- تقسیم کار و تعیین وظایف راهبردی بخشهای مختلف
- ایجاد زیرساختها
- ترویج کاربردهای نانو تکنولوژی در صنایع برای سرمایه گذاری بخشهای صنعتی
- اختصاص بودجه و سازوکارهای تشویقی و هماهنگی فعالیتهای مختلف بر اساس برنامه ملی
- ایجاد شبکه ای از دانشگاهها، محققان، مراکز پژوهشی و واحدهای صنعتی و هماهنگ نمودن آنها
- تسهیل همکاری بین المللی دانشگاه و صنعت
- پشتیبانی از انتقال نوآوری از دانشگاه به صنعت و تجاری سازی آنها

۶-۲- وظایف دانشگاه

دانشگاهها و مراکز تحقیقاتی هسته اصلی فعالیتهای تحقیق و توسعه نانو تکنولوژی هستند ولی بدون همکاری تنگاتنگ بخش صنعت و شرکتهای تجاری جریان عمودی شکل گیری زنجیره نوآوری و در نتیجه آن ایجاد درآمد و ثروت اتفاق نمی افتد؛ زیرا دانشگاه به خودی خود بیشتر مایل به طی نمودن جریان افقی و کار در حوزه های متعدد مرتبط با یک موضوع می باشد. بدون سیاستگذاری پژوهش و حمایت از فعالیتهای پژوهشی از طرف دولت و همچنین سفارش صنعت، فعالیتهایی که در دانشگاهها انجام می شود، ناچیز، پراکنده، بدون هدف و بی حاصل خواهد بود. برای این بخش می توان وظایف زیر را برشمرد:

- آموزش متخصصان در سطوح مختلف
- هدایت پروژه های پژوهشی در راستای استراتژی ملی
- برقرای ارتباط با مراکز پژوهشی دیگر کشورها و انتقال آخرین یافته های علمی از سراسر جهان به دانشگاه

۶-۳- وظایف صنعت

صنعت نیز باید با شناسایی وظایف خود با این حرکت جهانی همراه شود:

- راه اندازی واحدهای تحقیق و توسعه نانو تکنولوژی
- شناسایی مسیر محصولات آینده و کسب اطلاع از پیشرفتهای جدید و مراجعه به دانشگاهها برای استفاده از قابلیت پژوهشی دانشگاهیان
- کمک به تجاری سازی فعالیتهای پژوهشی دانشگاهها از طریق سرمایه گذاری برای محصولات و فرایندهای جدید

۷- بررسی تجربیات بعضی کشورها

همکاری میان بخشهای دانشگاهی و صنعتی با حمایت دولت در برنامه های توسعه نانو تکنولوژی بسیاری از کشورها دیده می شود. به عنوان نمونه، در طرح ملی پیشگامی نانو تکنولوژی آمریکا برای سال ۲۰۰۱، بر همکاری دانشگاه و صنعت در این زمینه تاکید شده و نمونه هایی از همکاری های موفق قبلی و فعلی و همچنین برنامه هایی برای آینده آمده است. همکاری دانشگاه رایس و ناسا، تسهیلات ویژه برای حدود ۱۴۰ عضو هیئت علمی، محققین فوق دکترا و دانشجویان فارغ التحصیل در ایجاد یک مرکز برای همکاری پژوهشی در کاربردهای نانو تکنولوژی در رشته های مراقبتهای بهداشتی، محیط زیست و فرایندهای صنعتی در دانشگاه نورت وسترن نمونه هایی از این برنامه

می‌باشد. [۲ و ۴]

دولت انگلیس، برنامه‌های نانو تکنولوژی LINK (سازوکار اصلی دولت انگلیس برای برقراری ارتباط میان دانشگاه و صنعت) را در سال ۱۹۹۸ با بودجه سالانه حدود ۲ میلیون دلار طراحی کرده است [۲ و ۱۲]. همچنین در انگلیس، آزمایشگاه ملی فیزیک، برنامه پیشگامی ملی نانو تکنولوژی را برای ترویج نانو تکنولوژی در دانشگاهها، صنعت و دولت در دست اجرا دارد. شورای ملی تحقیقات استرالیا، که بخش چشمگیری از تحقیق و توسعه نانو تکنولوژی را حمایت می‌کند، برنامه‌هایی در دانشگاهها و صنعت این کشور در دست اجرا دارد. [۲] در ژاپن، آزمایشگاه تحقیق و توسعه مرکزی هیتاچی، آزمایشگاههای تحقیقات بنیادی NEC، مرکز تحقیقاتی توشیبا، شرکت فوجیتسا، شرکت سونی و شرکت فتوفیلم فوجی با همکاری دانشگاههای مختلف در تحقیق و توسعه نانو تکنولوژی سرمایه گذاری نموده و از حمایت‌های دولت برخوردار شده‌اند. دولت کره جنوبی در برنامه ملی خود، وظیفه تربیت ۱۲,۶۰۰ متخصص نانو تکنولوژی را برای تامین نیازهای تخصصی صنایع و شرکتهای تجاری نانو تکنولوژی بر عهده دانشگاهها گذاشته و از پروژه‌های مشترک آنها حمایت می‌کند. کانادا با تاسیس موسسه ملی نانو تکنولوژی، قصد دارد هماهنگ کننده فعالیتهای دانشگاهها، پژوهشگاهها و صنایع باشد. [۱۴]

۸- راهکارهایی برای تحقق همکاری نانو تکنولوژی در کشور

برای ایجاد همکاری میان دولت، دانشگاه و صنعت راهکارهای زیر پیشنهاد می‌شود:

- تشکیل کمیته راهبری نانو تکنولوژی با وظایف زیر:
 - تدوین استراتژی علمی و اولویتهای کاری کشور
 - تدوین برنامه ملی و هماهنگی میان همه بخشها
 - تدوین راهکارهای حمایت از همکاری‌های مشترک محققان دانشگاهی و واحدهای صنعتی
 - تدوین راهکارهای تشویق دولت به ریسک در فعالیتهای صنعتی و تجاری
 - تعیین جوایز ملی برای ایجاد انگیزه و حرکت محققان، دانشگاهها و صنعت در محورهای با اولویت
 - تأسیس آزمایشگاههای ملی در راستای رسیدن به اولویتهای همکاری دانشگاهها و پژوهشگاهها و حمایت دولت
 - حمایت دولت از راهاندازی واحدهای تحقیق و توسعه نانو تکنولوژی در صنایع به عنوان مثال معافیت مالیاتی
 - حمایت از راهاندازی شرکتهای کوچک توسط محققین
 - ایجاد انکوباتور و پارک فناوری نانو برای حمایت از سرمایه‌های کوچک
 - تقبل ریسک سرمایه گذاری شرکتهای کوچک توسط دولت
 - تسهیل دسترسی به اطلاعات علمی و فنی جهان برای محققان دانشگاه و صنعت
 - راهاندازی دوره‌های آموزشی در مقاطع مختلف در دانشگاهها با هدف تامین نیازهای آموزشی و صنعتی کشور
 - راهاندازی واحدهای تحقیقات مشترک میان پژوهشگران ایرانی و خارجی و تسهیل همکاری‌های بین‌المللی توسط دولت
 - تسهیلاتی برای جابجایی محققان، حذف هزینه‌های بالاسری و ...
- آنچه مسلم است شروع جدی این حرکت باید از طرف دولت و در سطوح عالی بوده و همکاری تنگاتنگ دانشگاهها و مراکز پژوهشی و شرکتهای تجاری و صنعتی نیز ضرورت دارد. اگر در مورد نانو تکنولوژی، به عنوان یک فناوری فراگیر و در شرف تکوین، بموقع و درست تصمیم بگیریم، بستری جدید خواهیم داشت که با همکاری بخشهای پژوهش، تولید و بازار می‌تواند به منبعی برای تولید ثروت و یافتن جایگاه جهانی و در نتیجه آن غرور ملی تبدیل شود.
- امید که در آینده‌ای نه چندان دور شاهد تحقق این امر خطیر باشیم.

[۱] فیلیپ، آنتون و همکاران، "انقلاب جهانی تکنولوژی"، ترجمه کمیته مطالعات سیاست نانوتکنولوژی، ۱۳۸۰.

[۲] "برنامه پیشگامی ملی نانوتکنولوژی آمریکا"، ترجمه کمیته مطالعات سیاست نانوتکنولوژی، ۱۳۸۰.

- [3] WTEC, "Review of U.S. R&D Status and Trends in Nanoparticles, Nanostructured Materials, and Nanodevices." Siegel, R., E. Hu, M. Roco and G. Holdridge, Loyola University, Baltimore Maryland, 1997
- [4] NSTC (U.S.National Science and Technology Council),2000' *National Nanotechnology Initiative: The Initiative and Its Implementation Plan*", Washington, D.C.,2000
- [5] R.W. Siegel, E. Hu and M.C.Roco, 1999'*Nanostructure Science and Technology*", NSTC, Washington, D.C. (also Kluwer Academic Publ., Boston),1999
- [6] M.C.Roco, W .Bainbridge, 2001' "*Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology*", NSF Report, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- [7] M.C. Roco, "*International Strategy for Nanotechnology Research and Development* ",J. of Nanoparticle Research, Kluwer Academic Publ., Vol.3, No .5-6, pp353 3602001
- [8] M.C. Roco, "*A Frontier for Engineering*", J. of Mechanical Engineering, May 2001
- [9] "*Nanotechnology Research Directions: Vision for Nanotechnology R&D in the Next Decade*", IWGN Workshop Report, September 1999
- [10] Feynman, R., "*There is plenty of room at the bottom*", *Caltech Institute, 1959*URL: <http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html>.
- [11] Richard H. Smith, "*A Policy Framework for Developing a National Nanotechnology Program*", MSc Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, 1998

سایت‌های اینترنتی

- [12] <http://www.nano.org.uk/>
- [13] <http://www.nano.gov/>
- [14] <http://www.tco.ir/nano/>
- [15] <http://www.nanophase.com/>