نقش و جایگاه علم نانو و ارتباط آن با علوم دیگر در گفت‌وگو با دکتر «هاشم رفیعی‌تبار»

# برای کارآمدشدن پژوهش باید متد پژوهش را یاد بگیریم

محمدرضا رضایی

**دکتر «هاشم رفیعی‌تبار» از سرآمدان فناوری نانو در سطح جهان است. وی متولد ۱۳۲۷ در تهران است و در رشته فیزیک ذرات بنیادی تحصیل کرده است. او لیسانس فیزیک و فوق‌لیسانس فیزیک هسته‌ای و دکترای فیزیک نظری ذرات بنیادی را از انگلستان دریافت کرد. وی تاکنون سمت‌های بسیاری داشته است؛ ازجمله: استاد دانشگاه علوم‌پزشکی شهید بهشتی، ریاست پژوهشکده علوم نانو در پژوهشگاه دانش‌های بنیادی (IPM)، رئیس بخش علوم نانو دانشگاه گرینویچ انگلستان، استاد مدعو دانشگاه توهوکو (ژاپن) و محقق ارشد دانشگاه آکسفورد انگلستان. از فعالیت‌های علمی وی می‌توان به چاپ بیش از ۷۰ مقاله علمی در پنج حوزه متفاوت فیزیک و تألیف اولین کتاب در فیزیک محاسباتی نانولوله‌های کربنی به زبان انگلیسی اشاره کرد که در مؤسسه انتشارات دانشگاه کمبریج انگلستان نوامبر سال ۲۰۰۷ منتشر شد و به چاپ رسید. وی پژوهشگر برتر نانوفناوری در سال ۱۳۸۵ است و در ششمین دوره چهره‌های ماندگار برگزیده شده است. نقش و جایگاه علوم نانو و اهمیت آن و همچنین ارتباط علوم با یکدیگر، موضوع محوری گفت‌وگوی ما با این استاد فناوری نانو است.**

**اکنون بخش زیادی از فناوری‌ها و علوم در حال هم‌گرایی با هم هستند و بسیاری از آینده‌پژوهان اعتقاد دارند این بحث هم‌گرایی یک موجی را در آینده ایجاد خواهد کرد که می‌تواند چهره زندگی انسان‌ها را تغییر دهد؛ مانند اتفاقی که با ظهور فناوری اطلاعات شاهد آن بودیم. کشوری مثل ایران با امکانات و شرایطی که دارد، چطور می‌تواند با این موج جهانی همراه باشد که حداقل ما در این دوره از چنین موجی عقب نیفتیم؟**

ما اکنون داریم به سمت فعالیت هماهنگ رشته‌ها می‌رویم و درواقع علوم بین‌رشته‌ای در حال رشد است. درواقع علومی که در قرن ۱۹ از هم جدا شدند، در زمان «نیوتن» علوم متحد بودند. درواقع این علوم به دلیل گستردگی، به شکل مکانیکی از هم جدا شدند. البته این جداشدن و تفکیک علوم از یکدیگر، سود و ضررهایی برای ما به همراه داشت. از مزایای این تفکیک آن بود که هر رشته‌ای به رشد سریع خود ادامه داد. اما عیب‌هایی هم داشت برای مثال تئوری‌هایی در فیزیک وجود دارد که می‌تواند به علم زیست‌شناسی کمک کند، اما به دلیل جدایی فیزیک‌دان‌ها از زیست‌شناسان، هر دو ضرر کردند. برای مثال سیستم‌های خودسامان‌دهنده (self organizing systems) سیستم‌هایی هستند که در زیست‌شناسی پدید می‌آیند. برای مثال وقتی که حیات در کره زمین پدید آمد، به سمت سیستم‌های خودسامان‌دهنده می‌رود. ما هم‌اکنون در فیزیک از این سیستم‌های خودسامان‌دهنده به‌ویژه در حوزه نانو استفاده می‌کنیم و تئوری‌های مربوط به آنها را گسترش می‌دهیم. اما چنین سیستم‌هایی در زیست‌شناسی، از میلیون‌ها سال پیش وجود داشت. هماهنگی‌هایی بین اجزای این سیستم‌ها وجود دارد و سیستم خودش را سامان می‌دهد و از مخاطراتی که در مقابلش وجود دارد، جلوگیری می‌کند و خواصی از خودش بروز می‌دهد که در اجزای آن وجود ندارد، یعنی خواص پیدایشی (یا emergent properties). این خواص اول در سیستم‌های زیستی به وجود آمده است. به این صورت که اگر شما تک‌تک اجزا را در کنار هم قرار دهید، کلیتی پدید می‌آید که مجموع ریاضی تک‌تک اجزا نیست. برای مثال اگر مغز انسان و نورون‌ها را که در حقیقت سلول‌های مغزی هستند در نظر بگیرید، این سلول‌ها خواصی دارند. اگر این سلول‌ها را در کنار هم قرار دهیم، نوعی خواص پیدایشی به نام ذهن پدیدار می‌شود. ولی ما در آزمایشگاه نمی‌توانیم چنین کاری کنیم. ما هنوز نمی‌دانیم مبنای پدیدآمدن خواص پیدایشی چیست. در فیزیک همچنین خواصی به وجود می‌آید. در این حالت، خاصیت یک کلیت برابر با مجموع خواص تک‌تک اجزای آن نیست. به چنین سیستم‌هایی، سیستم‌های ارگانیک یا به‌هم‌پیوسته می‌گویند. ما در موتور یک خودرو، نقش هر جزء را در ارتباط با کلیت آن می‌بینیم و اگر آن را به اجزایش تبدیل کنیم، دیگر آن کارایی را ندارد. به بیان دیگر در فیزیک و مکانیک می‌توان از روی خاصیت تک‌تک اجزا به کلیت آن پی برد، اما درباره سیستم‌های زیستی، نمی‌توان از روی خواص تک‌تک اجرا به خاصیت کل رسید. خلاصه آنکه در مکانیک ممکن است از روی خواص اجزا، به کارایی کل پی برد، اما در علوم زیستی این کار امکان‌پذیر نیست.

**این وضعیت در همه علوم زیستی به این صورت است؟**

بله، در روان‌شناسی هم اصطلاحی داریم به نام روان‌شناسی گشتالت که شما پدیده‌ای را مانند روان‌شناسی انبوه بررسی می‌کنید. برای مثال یک گروه سرباز را در نظر بگیرید، هرچند ممکن است تک‌تک آنها از جنگ بترسند، اما وقتی همه با هم متحد و جمع می‌شوند، خواص تجمعی پدیدار می‌شود که هیچ ترسی از جنگیدن ندارند. خواص تجمعی هنوز هم برای ما بسیار ناروشن است. این خواص خود را در سیستم‌های فیزیکی هم نشان می‌دهد. باید در نظر داشت هرچند خواص ماکروسکوپیک مواد از خواص میکروسکوپیک آن سرچشمه می‌گیرد، اما نمی‌توان این خواص را از خواص میکروسکوپی نتیجه‌گیری کرد. یکی از مثال‌های این موارد، خاصیت سمی مواد است. ما هنوز نمی‌دانیم مواد چگونه باید در کنار هم قرار گیرند که خاصیت سمی‌بودن آن ماده بروز کند. برای بررسی این خواص باید مدل‌سازی چندمقیاسی انجام داد. خواص پیدایشی باید در مقیاس کلی در نظر گرفته شوند. در مقیاس بزرگ ما هنوز نتوانسته‌ایم بفهمیم که این مولکول‌ها چطور با هم متحد می‌شوند که ماده‌ای در آزمایشگاه سمی می‌شود. اگر بخواهیم مثال بزنیم، من ترک و شکستگی مواد را مثال می‌زنم که خود من خیلی روی آن کار کرده‌ام. اگر ترکی در ماده‌ای ایجاد شود، ترک ابتدا در مقیاس اتمی شروع می‌شود یعنی پیوندهای اتمی ماده ترک پیدا می‌کنند و این ترک شروع به حرکت می‌کند و زمانی به ترک قابل مشاهده تبدیل می‌شود که از چند مقیاس رد شده باشد. اگر شما بخواهید پدیده شکستگی مواد را بررسی کنید باید خودتان را در چند لول یا سطح قرار دهید. یک بار ما این شکست را در سطح ماکروسکوپی و بار دیگر در سطح یا مقیاس اتمی بررسی می‌کنیم. البته در نظر داشته باشید وقتی درباره پیستون خودرو صحبت می‌کنیم، لازم نیست به بررسی خواص مواد در سطح اتمی بپردازیم، اما اگر بخواهیم در علوم زیستی پژوهش کنیم، مجبوریم این لول‌ها و سطوح مختلف را به هم متصل کنیم. برای مثال، ما هم‌اکنون در زمینه تعامل میدان‌های خارجی مانند امواج ماکروویو با نورون تحقیق می‌کنیم. تخریبی که در آنجا صورت می‌گیرد، به عدم تعادل در ناقل‌های عصبی منجر می‌شود و درنهایت هم به این سطح می‌رسد که فرد در زمینه حافظه دچار اختلال یا بیماری خاصی شود. این اختلال در مقیاس‌های اتمی و نانو شروع می‌شود، اما برای آنکه ما بتوانیم این عارضه را ارزیابی کنیم، باید این مقیاس‌ها را به هم متصل کنیم.

**پژوهش‌های شما بیشتر در چه زمینه‌ای بود؟**

ما در ایران و در دانشگاه شهید بهشتی در زمینه مدل‌سازی و شبیه‌سازی کار کرده‌ایم. نتایج بسیار خوبی هم به دست آورده‌ایم که قابل چاپ هم بوده و از تئوری‌های بسیار پیشرفته‌ای هم استفاده کرده‌ایم. پدیده‌های بزرگی که در طبیعت وجود دارد همه دارای سطح‌های متفاوت و زیادی هستند و اگر بخواهید وارد اینها شوید، باید به سطح‌ها یا مقیاس‌ها و لول‌های پایین‌تر بروید، اطلاعاتی را بگیرید و به لول یا سطح بالاتر انتقال دهید، باید اطلاعات را از سطح اول به سطح دوم و از سطح دوم به سطح سوم و به همین ترتیب تا انتها انتقال دهید تا با این روش بتوانید پدیده را شناسایی کنید؛ به‌ویژه در مورد بیماری‌ها و مواردی مانند این. برای مثال برای بررسی دقیق‌تر یک بیماری ممکن است پژوهش را از سطح ژن شروع کنید که اتصالات ژنتیکی‌تان یا پیوندها چطور پاره شدند، سپس بررسی کنید این ژن چطور باعث تخریب یک پروتئین شده است و این تخریب چگونه موجب ازبین‌رفتن سلول می‌شود و درنهایت به بیماری سرطان ختم می‌شود. بنا براین، برخورد چندمقیاسی، باید در حل این‌گونه مسائل به کار رود.

> **دانشجویان دکترای ما می‌خواهند با استفاده از روابط ریاضی پیچیده غامض‌ترین مسائل نظری را حل کنند اما به نظر من، اهمیت نظریه‌پردازی‌هایی که کاربرد هم داشته باشند، بهتر است. بهترین معلم ما هم در این زمینه «آلبرت اینشتین» است. ما با استفاده از ریاضیات ساده هم می‌توانیم نسبیت را درک کنیم چون «اینشتین» روی فیزیک این موضوع تکیه کرده است**

**ما برای اطلاع‌رسانی پیشرفت‌های علمی که در سال‌های اخیر اتفاق افتاده که نسبت به پیشرفت‌های سال‌های قبل بسیار متفاوت است، چه معیارهایی را باید در نظر بگیریم؛ هم برای اینکه بتوانیم اطلاع‌رسانی دقیقی برای مردم انجام دهیم و هم برای اینکه بتوانیم افراد جدیدی را به این حوزه‌ها علاقه‌مند کنیم تا یک خواست عمومی برای سرمایه‌گذاری در این حوزه‌ها ایجاد شود؟**

اتفاقاتی که اکنون در ایران در حوزه پژوهش در حال وقوع است، نسبت به ۲۰ سال پیش به‌صورت ریشه‌ای فرق کرده است. یک زمانی اگر یک مقاله فرد ایرانی در نشریات معتبر خارجی چاپ می‌شد، افراد جشن می‌گرفتند زیرا این اتفاق زیاد روی نمی‌داد، اما اکنون اکثر دانشجویان دکترای ما مقالات چاپ‌شده در بهترین نشریات دارند. برخی هم پیش از این می‌گفتند بعضی از کشورها حاضر نیستند مقالات ما را چاپ کنند، اما من چنین ادعایی را باور ندارم. من قبول ندارم که آنها تبعیض قائل می‌شوند. اگر کسی حرفی برای گفتن داشته باشد، آنها مقاله را چاپ می‌کنند. اما مشکل اصلی ما این است که متد پژوهش را بلد نیستیم. فکر می‌کنیم اگر داخل آزمایشگاهی برویم یا یک مسئله را از نظر عملی حل کنیم، این موضوع باید در بهترین نشریات خارجی چاپ شود. اما باید دانست در هر دانشی حلقه‌های مفقوده‌ای وجود دارد که ما باید آن حلقه‌ها را پیدا کنیم، یعنی به دانش‌مان باید اضافه کنیم. اگر درباره پدیده‌ای نظریه‌پردازی کنید، این پژوهش قابل چاپ است. چنین نظریه‌پردازی‌هایی هم همیشه پیچیده نیست. مهم این است که بتوان با استفاده از یک نظریه، پدیده‌ای را توضیح داد. دانشجویان دکترای ما می‌خواهند با استفاده از روابط ریاضی پیچیده، غامض‌ترین مسائل نظری را حل کنند اما به نظر من، اهمیت نظریه‌پردازی‌هایی که کاربرد هم داشته باشند، بهتر است. من خودم در سخنرانی علمی هیچ‌گاه از روابط ریاضی و فرمول‌ها استفاده نمی‌کنم. بهترین معلم ما هم در این زمینه «آلبرت اینشتین» است. ما با استفاده از ریاضیات ساده هم می‌توانیم نسبیت را درک کنیم چون «اینشتین» روی فیزیک این موضوع تکیه کرده است. برای مثال بارها مردم از من می‌پرسند نانو یعنی چه و من تلاش می‌کنم با استفاده از زبان ساده، مفهوم نانو را برای آنها بیان کنم و در بسیاری از موارد هم افراد به‌شدت به این موضوعات علاقه‌مند می‌شوند.

**وضعیت پژوهش در ایران را چگونه ارزیابی می‌کنید؟**

در ایران تعداد کمی هستند که پژوهش می‌کنند چون سیستم طوری بنا شده که برای آموزش ارزش قائل است. البته در چند سال اخیر به موضوع انتشار مقاله برای ارتقا اهمیت دادند که همین تأکید روی انتشار مقاله، مشکلاتی را هم پدید آورده است. مشکل بعدی هم تبلیغات غیرواقعی و بزرگ‌نمایی است. برای مثال ممکن است در کشوری، پژوهشگران ژن یک بیماری را کشف کنند. در این حالت، رسانه‌ها، خبر این کشف را اعلام می‌کنند، اما مسئولان سیاسی درباره این کشف اظهارنظر نمی‌کنند. اما در ایران، پیش از آنکه موضوعی اثبات یا تأیید شود، آن را تبلیغ می‌کنند که وجهه خوبی ندارد. البته در سال‌های اخیر این وضعیت کمی بهتر شده است. علم نیاز به تبلیغ‌های این‌گونه ندارد. علاوه بر این باید به پژوهش‌های خاص هم پروبال داد. اطلاع‌رسانی باید همراه با صداقت باشد، نباید دروغ گفت و درباره چیزی که اطلاع نداریم نباید صحبت کنیم. تا زمانی که پژوهش و تولید همراه نباشد، ما از محصولات دیگران تقلید خواهیم کرد.

زندگی و فعالیت‌های دکتر «هاشم رفیعی‌تبار» از زبان خودش

## پژوهش در ۴ گوشه جهان

من در سال ۱۳۲۷ شمسی در تهران متولد شدم و بعد از اتمام تحصیلات متوسطه (که زودتر از موعد طبیعی بود)، به انگلستان رفتم. نزدیک ۱۷ سال داشتم که دیپلم گرفتم. آن زمان خیلی مرسوم نبود که افراد برای تحصیل به انگلستان بروند، چون این کشور دیپلم ایران را قبول نداشت و هرکسی که به این کشور می‌رفت، باید دیپلم آنجا را می‌گرفت. در آنجا حدود یک سال به مدرسه شبانه‌روزی رفتم و سپس وارد دانشگاه شدم. چون خیلی به فیزیک علاقه‌مند بودم، دوره فیزیک را طی کردم و بعد از اخذ کارشناسی فیزیک، دوره فیزیک هسته‌ای را طی کردم. البته آن زمان در رشته فیزیک خیلی رقابت زیاد بود، چون بسیاری از انگلیسی‌ها در رشته فیزیک تحصیل می‌کردند و به‌همین‌دلیل افراد خارجی کمی را در این رشته قبول می‌کردند، اما الان افراد خارجی بیشتری را می‌پذیرند و خودشان اغلب رشته‌های آی‌تی را می‌خوانند.

به هر صورت بعد از اتمام دوره کارشناسی‌ارشد برای دکترا اقدام کردم و گرایش ذرات بنیادی نظری را انتخاب کردم که گرایش بسیار مطرح و فوق‌العاده سختی بود، البته اکنون هم رشته مطرحی است اما آن زمان یکی از سرآمدان رشته فیزیک بود و تعداد کمی دانشجو پذیرش می‌کردند، به‌ویژه دانشجوی خارجی. به‌هرحال موفق شدم این رشته را در دانشگاه لندن بخوانم و رساله‌ام را هم نوشتم و کار بسیار مهمی در زمینه محاسباتی انجام دادم.

در عین حال چون به مبانی نظری و عملی فیزیک کوانتومی علاقه‌مند بودم، به پاریس رفتم و با برخی دانشمندان بزرگی که در این زمینه فعالیت می‌کردند، کار کردم و مقالات متعددی در زمینه مکانیک کوانتومی نوشتم. البته حضورم در پاریس به صورت نیمه‌وقت بود و بین انگلستان و پاریس در رفت‌وآمد بودم و در این مدتی که در انگلستان بودم درباره فیزیک ماده چگال کار کردم و پی بردم که در فیزیک ماده چگال، ساختارهای پیچیده‌ای موجود است که امروزه به آن نانوساختار می‌گویند و ما به کمک تعدادی از دوستان انگلیسی، طرحی را برای بررسی فیزیک این ساختارها (مانند خواص مکانیکی، خواص نوری و خواص الکترونیکی آنها) آماده کردیم. شورای فرهنگی انگلیس یا به‌اصطلاح شورای پژوهشی انگلیس، پژوهشگاه بزرگی را در اختیار ما قرار داد که من به‌عنوان محقق ارشد در دانشگاه آکسفورد مستقر شدم. در آنجا به کمک دوستان انگلیسی، حوزه نانوفیزیک محاسباتی را برپا کردیم که در آن زمان خیلی مطرح نبود. ما در آن زمان کار مهمی در زمینه مکانیک نانوساختارها انجام دادیم. در دوسالی که در آنجا فعالیت کردیم، توانستیم نظر دانشمندان جهانی را جلب کنیم. ما حتی توانستیم نظر دانشمندان نسل قبل را که اعتقادی به شبیه‌سازی و کارهای محاسباتی نداشتند، نیز جلب کنیم.

دانشمندان ژاپنی کارم را دیدند و از من خواستند به آنجا بروم، با وجود اینکه اطلاعات کمی درباره ژاپن داشتم، اما بااین‌حال قبول کردم به آنجا بروم و حدود یک سال و اندی در دانشگاه توهوکو در شمال ژاپن فعالیت و حوزه نانوفیزیک محاسباتی و نانوتکنولوژی محاسباتی را در آنجا برپا کردیم. ژاپنی‌ها به کاربرد این حوزه در کارهای صنعتی، بسیار علاقه‌مند بودند. من استاد مدعو و جزء اولین استادان خارجی مدعو بودم که به ژاپن می‌رفتم چراکه قوانین‌شان برای خارجی‌ها بسیار پیچیده بود. بودجه من را شرکت هیتاچی تقبل کرده بود و من روی بررسی مولکول ۶۰/۳۰ با زیرپایه‌های سیلیکونی که تازه کشف شده بود، کار می‌کردم که بعدا این شرکت از نتایج این پژوهش استفاده کرد و باتری‌های خشک را طراحی کردند که می‌شود مقدار زیادی بار درون‌شان قرار داد و در سیستم‌های پیشرفته صنعتی از آنها استفاده کرد. در ژاپن که بودم کارهای بسیار عمده‌ای در زمینه نانو محاسباتی انجام دادم و بعد به انگلستان بازگشتم. یک دانشگاه جدیدالتأسیس در کنار یکی از رصدخانه‌های لندن در گرینویچ برپا شده بود که از من خواستند یک بخش نانو در آنجا برپا کنم. حدود هشت سال مسئول آنجا بودم و در این مدت روی خواص الکتریکی نانوساختارها بسیار کار کردیم. طی این مدت به ایران می‌آمدم و بازمی‌گشتم و در دانشگاه‌های شهید بهشتی و شریف، دوره‌هایی را برای دانشجویان دکترا برگزار می‌کردم.

سال ۱۳۸۰ تصمیم گرفتم به طور دائم به ایران بیایم. اول به دعوت آقای دکتر «محمدجواد لاریجانی»، در مرکز تحقیقات فیزیک نظری و ریاضی مستقر شدم که اکنون پژوهشگاه دانش‌های بنیادی نام دارد. بعد هم به همت وزارت علوم رشته نانو را در کشور برپا کردیم. از درون همین‌ها، ستاد فناوری نانو به‌وجود آمد که الان چندین و چند سال است فعالیت می‌کند. از حدود سه، چهار سال پیش عضو بنیاد نخبگان شدم. به‌عنوان چهره ماندگار نیز برگزیده شدم. رشته جدیدی به نام علوم اعصاب را در مقیاس نانو راه‌اندازی کردم. حوزه بیوفتونیک را دو سال پیش آغاز کردیم که درباره نوری است که از گیاهان ساطع می‌شود. در بدن انسان میدان‌هایی الکترومغناطیسی وجود دارد که اگر تعادل اینها به هم بخورد، شخص بیمار می‌شود که اگر بتوانیم این تعادل را برقرار کنیم بدون استفاده از مواد شیمیایی و دارو می‌توانیم سلامت بیمار را تأمین کنیم. اسم این روش را انرژی‌درمانی گذاشتیم، اما درحال‌حاضر از لغت انرژی‌درمانی سوءاستفاده می‌شود، اما آنچه ما اعتقاد داریم این است که با ورود انرژی درون سلول‌های زیستی و با تعادل انرژی‌های موجود، می‌توان از بیماری‌ها پیشگیری کرد.

افق‌های نو

فناوری نانو و اشتغال

### کارآفرینی نوین

فناوری نانو مانند دیگر فناوری‌های نوین، اثرات متفاوتی را بر اشتغال و کارآفرینی در سطح جامعه داشته و خواهد داشت. در برخی از صنایع و کاربردها، استفاده از فناوری نانو موجب کاهش خرابی‌ها در تجهیزات و دستگاه‌های مورد استفاده می‌شود. مثلا با استفاده از نانوپوشش‌های سخت و مقاوم در موتور خودرو، کیفیت و ماندگاری قطعات موتور، افزایش می‌یابد که این موجب ارتقای رضایت‌مندی مشتریان می‌شود. این نانوپوشش‌های نانومتری به دلیل نیاز به دانش پیچیده، به وسیله کارگران معمولی قابل اعمال روی قطعات خودرو نیست و باید افراد متخصص در این زمینه، چنین کاری را انجام دهند. هرچه که زمان جلو می‌رود، پیچیدگی مشاغل به دلیل بهره‌گیری از دانش روز بیشتروبیشتر می‌شود و نیاز بشر به این متخصصان رو به فزونی می‌گذارد. شاید این نکته در ابتدا ترسناک به نظر برسد که این پیچیدگی آرام‌آرام باعث حذف مشاغل فعلی خواهد شد، اما از طرف دیگر فناوری‌های نوین مانند فناوری نانو فرصت‌های زیادی را هم در برابر انسان قرار می‌دهد. شاید تابه‌حال براده‌های چوب را در جنگل‌ها به هنگام قطع درختان دیده باشید. در نگاه اول این براده‌ها خیلی ارزشمند به نظر نمی‌رسند، اما اگر از این براده‌ها برای تولید نانوسلولز که در صنایع مختلف کاربرد دارند، استفاده شود، یک صنعت جدید در کنار صنایع چوب فعلی ایجاد می‌شود که خود مشاغل جدیدی را در درون خود ایجاد خواهد کرد. جدا از این نوع فرصت‌ها که در بند قبلی به آن اشاره شد، هم‌گرایی فناوری نانو با سایر فناوری‌ها مانند زیست‌فناوری و علوم شناختی یا فناوری اطلاعات خود موجب ایجاد فرصت‌های جدید خواهد شد که ازجمله آنها می‌توان به نانوحسگرهای زیستی اشاره کرد که خود در حال تبدیل‌شدن به کسب‌وکار مستقل برای تشخیص بیماری‌ها و حفظ سلامتی است. در کل می‌توان به این نکته درباره اثرات فناوری‌های نوین مانند فناوری نانو اشاره کرد که این فناوری‌ها به افراد متخصص بیشتری نیاز دارند. به بیان دیگر، مشاغل در آینده به احتمال زیاد تخصصی‌تر از امروز خواهند شد و میزان اثرگذاری هر کشوری میزان اشتغال افراد متخصص آن کشور در فعالیت‌های مولد خواهد بود. باید این نکته را مدنظر قرار داد که با پیشرفت فناوری و دانش بشری، سهم اقتصاد دانش‌بنیان روزبه‌روز در رشد و ثروت‌آفرینی جوامع، پررنگ‌تر و میدان رقابت کشورها، اقتصاد دانش‌بنیان خواهد بود.

ادامه از صفحه ۹

### اولویت اول دولت

اما نیم دیگر از کار که در هیچ مجموعه در دولت یازدهم من نشانی از اهمیت‌دادن به‌آن پیدا نکرده‌ام، نحوه چیدمان کلمات، چگونگی انتشار اقدامات و بستر اجرائی برنامه‌هاست که بدون مشارکت و همراهی مردم یعنی همین افکار عمومی راه به جایی نمی‌برد و گاهی دیده شده بهترین برنامه‌ها به دلیل پرزنت و معرفی بد هرگز رخت عملیاتی و تأثیرگذاری به خود نگرفته‌اند. آنچه تجربه مأخر چهارساله دولت یازدهم هویدا کرده، این است که دولت با همین سطح اقدامات بدون تغییر در سطح روابط‌عمومی و بدنه اطلاع‌رسانی و ارتباطی خود با مردم نمی‌تواند خود را به شخصیتی یاریگر، امیدبخش و توسعه‌دهنده آن‌طور که در برنامه‌ریزی‌هایش انتظار دارد مخاطبانش بدان وقوف حاصل کنند، تبدیل کند. با این روابط‌عمومی‌ها و سازوکار ارتباطی سپر دفاعی‌گونه و کرخت نمی‌توان ادعای دولتی پیشرو و تکنوکرات و چابک را یدک کشید و سر بزنگاه‌ها که می‌تواند پروژه‌های ملی و بین‌المللی دولت یکی از آن بزنگاه‌ها باشد، قطعا این زخم کهنه سر باز کرده و خود را دوباره و چندباره نشان می‌دهد.

رو به فردا

تأثیر فناوری نانو بر بهبود کیفیت زندگی مردم

### یک تیر و چند نشان

علی طهاری
مدیر ترویج صنعتی ستاد فناوری نانو

بیش از سه دهه است که جهان با واژه جدیدی با نام نانو آشنا شده و درباره آن تحقیق می‌کند. شاید در ابتدا این سؤال مطرح شود که فناوری نانو چیست؟ فناوری نانو طراحی، تولید و کاربرد ساختارها، ابزارها و سیستم‌ها از طریق کنترل شکل و اندازه آنها در مقیاس نانومتری (یک‌میلیاردیم متر) است. وقتی یک ماده از حالت معمولی به شکل نانومتری خود تبدیل می‌شود، خواص ماده به گونه‌ای تغییر می‌کند که دیگر قوانین فیزیک معمول و کلاسیک توانایی توضیح آن را ندارد. ممکن است یک ماده در ابعاد نانومتری خواص بسیار متفاوتی نسبت‌به اندازه توده‌ای خود داشته باشد. این تغییرات در خواص، موجب علاقه‌مندی دانشمندان و صنعتگران به تحقیق درباره این فناوری شده است تاجایی‌که بسیاری از کشورها از جمله کشور ما برنامه توسعه فناوری نانو را تدوین کرده و برای آن متولی معین کردند. در ادامه سعی می‌کنیم به مرور چند اثر بزرگ فناوری نانو در بهبود کیفیت زندگی بشر بپردازیم.

۱- شاید بعد از اکسیژن، هیچ چیز به اندازه آب در زندگی بشر اهمیت نداشته باشد. در سال‌های اخیر و با شتاب‌گرفتن رشد جمعیت و به‌تبع آن نیاز بشر به تولید غذا، مصرف آب در بخش‌های مختلف آب شرب، کشاورزی و صنعت بیش از گذشته شده است. اگر این موضوع را با ظهور پدیده‌هایی مانند تغییر اقلیم در نظر بگیریم، به اهمیت حفظ و حراست منابع آبی پی می‌بریم. یکی از اثرات فناوری نانو، تحول جدی در حوزه صنعت آب و فاضلاب در دنیا است. این تحول به‌واسطه بهبود قابل ملاحظه تجهیزات و سیستم‌های تصفیه آب و پساب امکان‌پذیر شده است. به‌عنوان مثال با نانوحسگرها، پایش کیفیت آب آشامیدنی بسیار راحت‌تر و دقیق‌تر از گذشته شده است یا استفاده از نانوجاذب‌ها موجب تصفیه فاضلاب‌های صنعتی از مواردی همچون فلزات سنگین، مواد آلی سمی و مواد روغنی خواهد شد. مورد دیگر، استفاده از فناوری نانو برای ازبین‌بردن آلودگی‌های آب‌های زیرزمینی است. با گسترش شهرنشینی و استفاده از کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها در کشاورزی و همچنین افت منابع آبی زیرزمینی، این منابع با افزایش آلودگی‌ها مواجهند. روش‌های قدیمی برای رفع آلودگی از این منابع، کارایی کم و هزینه زیادی دارند درحالی‌که استفاده از برخی کاتالیزورها و جاذب‌های نانویی می‌تواند به صورت اقتصادی، تا میزان زیادی از آلودگی‌ها بکاهد.

۲- یکی دیگر از بخش‌هایی که فناوری نانو آن را تحت‌تأثیر جدی قرار داده است حوزه بهداشت و سلامت است. اثرات فناوری نانو در حوزه‌های دارورسانی، تصویربرداری‌های پزشکی، تجهیزات و ابزارآلات، مهندسی بافت و محصولات آرایشی و بهداشتی قابل‌توجه است. به‌کارگیری روش‌های نانومتری از چند جهت در طراحی و ساخت داروها حائزاهمیت است که ازجمله می‌توان به اندازه‌گیری‌ها، آزمایش‌ها، محاسبات و توانایی‌ها اشاره کرد. برای اینکه یک دارو از جهت درمانی مؤثر بماند، لازم است تا رسیدن به محل اثر، محافظت و ویژگی‌های زیستی و شیمیایی آن حفظ شود. بعضی دیگر از داروها بسیار سمی هستند و سبب بروز عوارض جانبی بسیار نامطلوب می‌شوند. سامانه‌های دارورسانی در به‌کارگیری مواد و فرایند تولید محدودیت زیادی دارند. مواد این سامانه‌ها باید سازگاری زیستی با بدن داشته باشند و به‌آسانی به دارو متصل شوند و از بدن قابل حذف باشند. فناوری نانو در زمینه‌های دارورسانی می‌تواند راه‌حل‌های جدیدی را ارائه کند. فناوری دارورسانی نانوذره‌ای می‌تواند تجدید فرمولاسیون داروهای موجود را برای افزایش چرخه حیات محصول، افزایش سوددهی و عدم تشویق به رقابت در خلال سال‌هایی که دارو دارای بیشترین ارزش است، ممکن کند. خوشبختانه با تلاش محققان شاغل در شرکت‌های دانش‌بنیان در کشور ما، نانوداروهای ضدسرطان سینه، ریه و پانکراس تولید و با اخذ مجوزهای لازم روانه بازار شده است. نمونه دیگر از اثرات فناوری نانو، کاربرد این فناوری در تصویربرداری پزشکی است. همان‌طور که می‌دانیم اولین گام در کنترل و مقابله مؤثر با برخی از بیماری‌ها به‌ویژه سرطان، شناسایی زودهنگام بیماری است. با شناسایی بیماری در مراحل اولیه تا حدود بسیار بالایی می‌توان بیماری را کنترل و درمان کرد. بنابراین در طول دهه‌های گذشته تحقیقات وسیعی در راستای ارائه و توسعه روش‌های جدیدتر و با قابلیت بالاتر برای تشخیص زودهنگام بیماری صورت گرفته است. به‌علاوه، امکان مشاهده داروی تزریق‌شده نیز با کمک برخی از روش‌های تصویربرداری وجود دارد و سبب می‌شود پزشکان بتوانند از اینکه دارو به محل مورد نظر رسیده، مطمئن شده و مراحل پیشرفت درمان را نیز ملاحظه کنند. علاوه بر این، فناوری نانو تاکنون اثر قابل توجهی در بهبود کیفیت تصاویر تجهیزاتی مانند ام‌آرآی داشته است.

۳- افزایش استانداردهای زندگی و افزایش جمعیت در جهان منجربه افزایشی اجتناب‌ناپذیر در مصرف انرژی خواهد شد، به‌طوری که مصرف انرژی در جهان تا ۲۰ سال آینده به میزان ۴۰ درصد افزایش خواهد یافت و پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۵۰ دو برابر شود. با وجود اینکه این میزان تقاضا ممکن است با استفاده از منابع سوخت‌های فسیلی برآورده شود، اما به دلیل آثار منفی زیست‌محیطی ناشی از انتشار دی‌اکسیدکربن، محدودیت منابع، رقابت جهانی در بهره‌برداری از آنها و افزایش قیمت در کالاهای انرژی‌دار، انرژی را به یک مسئله امنیت ملی تبدیل کرده است. مسلما مهم‌ترین چالش فناورانه پیش‌روی جامعه امروز حتی در کشورهای توسعه‌یافته، برآوردن نیازهای انرژی روبه‌رشد جهان با روشی قابل قبول و پایدار از لحاظ زیست‌محیطی و ژئوپلیتیک است. پرداختن به مسائل مربوط به تغییرات آب‌وهوایی، آلودگی هوا و آب، توسعه اقتصادی، امنیت ملی و حتی فقر و بهداشت جهانی همگی منوط بر توانایی تأمین انرژی پایدار پاک و ارزان در شیوه‌ای عاری از درگیری‌های ژئوپلیتیک است. به‌طورکلی، فناوری‌های کنونی جهت گسترش در مقیاس کلان موردنیاز در دهه‌های آینده بسیار ناکارآمد، گران‌قیمت و از لحاظ منابع محدود هستند. در این زمینه، علوم و فناوری نانو برای ایجاد تحول در تولید انرژی پاک و سازگار با محیط زیست از منابع امن داخلی مطرح می‌شوند. فعالیت‌های دهه گذشته نشان داده است که چالش‌های فناورانه برای تبدیل و ذخیره‌سازی کارآمدتر و مقرون‌به‌صرفه‌تر انرژی، شدیدا به دانش و کنترل پدیده‌ها در مقیاس نانو وابسته است. سلول‌های فتوولتاییک کم‌هزینه برای تولید انرژی خورشیدی، انواع جدید باتری‌ها برای حمل‌ونقل و ذخیره انرژی متصل به شبکه که درحال‌حاضر در موبایل‌ها، لپ‌تاپ‌ها و تبلت‌ها مشاهده می‌کنیم، روش‌های کارا و کم‌هزینه برای تبدیل انرژی خورشیدی و الکتریکی به سوخت‌های شیمیایی، کاتالیست‌ها و سیستم‌های کاتالیستی جدید برای فتوسنتز مصنوعی و استفاده از دی‌اکسیدکربن به‌عنوان ماده اولیه، مواد دارای سطح ویژه بالا برای ذخیره‌سازی انرژی و ... نمونه‌هایی از این فناوری‌های جدید هستند.