

## همگرایی دانش‌های بنیادی: به سوی پسامدرنیسم در علم و فناوری

هاشم رفیعی تبار\*



انقلاب علمی-فنی جاری، که نقطه اوج رشد همه جانبه علوم و فناوری در طی پنجاه سال گذشته است، با حضور و تعامل چهار حوزه مشخص می‌شود که عبارت‌اند از:

۱. علم و فناوری اطلاعات، که محاسبه‌گری و پردازش

اطلاعات با توان بالا را ممکن می‌سازد،

۲. زیست‌شناسی و ژنتیک مولکولی، که پروژه ژنوم انسانی نقطه اوج آن است،

۳. علوم و فناوری نانو، که امکان دخالت عمده و از پیش تعیین شده در بافت اتمی ماده فیزیکی را از طریق جایگذاری تک اتم‌ها در کنار یکدیگر و ساماندهی نانو ساختارها میسر می‌سازد،

۴. علوم شناختی، که ساز و کارهای کسب شناخت در موجودات زنده را مشخص می‌کند.

این چهار حوزه ماهیتاً ارتباطی تنگاتنگ و ارگانیک با یکدیگر دارند و از هم‌اکنون می‌توان مشخصه دوران پسامدرن در علم و فناوری را تلفیق و سینرژی (synergy) فشرده این چهار حوزه در یک ساختار علمی واحد و تمام‌گرا (holistic) دانست که منجر به همگرایی دانش‌های بنیادی و پیدایش فناوری همگرا خواهد شد.

در میان این چهار حوزه، نقش حلقه اساسی و مرتبط کننده برعهده علوم و فناوری مقیاس نانو است زیرا در این مقیاس است که اجزای اصلی ماده فیزیکی، ماده حیات‌دار و ماده هوشمند، یعنی نانو ساختارهای فیزیکی و بیونانوساختارها، تشکیل می‌شوند.

پیشینه علم و فناوری اطلاعات، و فناوری رایانه‌ای متکی بر آنها، به اوایل سال‌های ۱۹۵۰ باز می‌گردد. مروری بر تاریخچه این حوزه از آن زمان تا به حال نشانگر آن است که توان پردازش رایانه‌ای اطلاعات بیش از ده میلیارد برابر افزایش یافته است. تخمین زده می‌شود که این رشد مستمر با آهنگ دو برابر شدن در هر هیجده ماه، تا سال ۲۰۲۰ به پایان خواهد رسید. در آن مقطع زمانی، روش‌های فعلی تولید پردازشگرها، یعنی استفاده از حکاکی با نور فرا بنفش، به سده یک دهم میکرون طول موج نور فرا بنفش بر خواهد خورد و کوچک کردن بیشتر این طول موج، جهت دقیق‌تر کردن آن و در نتیجه کوچک‌تر کردن بیشتر مدارهای مجتمع بر روی تراشه‌ها، امکان پذیر نخواهد بود. در آن مقطع، فناوری اطلاعات وابسته به سخت‌افزارهایی خواهد بود که از قطعات و ادوات مقیاس نانو و از بطن فناوری نانو به دست آمده‌اند، مانند نانوترانزیستورهای ساخته شده از نانولوله‌های کربنی [۱].

در طی همین دوره پنجاه ساله، پیشرفت زیست‌شناسی و ژنتیک مولکولی منجر به اجرای پروژه ژنوم انسانی شد که در سال ۲۰۰۳، دو سال زودتر از موعد مقرر، در ایالت متحده آمریکا به پایان رسید. هدف این پروژه، تعیین توالی مولکول DNA و تعیین بافت مولکولی هزاران ژن انسانی است. با استفاده از یافته‌های این پروژه، تا سال ۲۰۱۰ ساختار ژنتیکی بیش از ۵۰۰۰ بیماری سنتی تعیین خواهد شد و تخمین زده می‌شود که تا سال ۲۰۳۰ کدهای DNA فردی، قابل خواندن توسط رایانه‌ها، که بر روی لوح‌های فشرده ضبط می‌شوند، در اختیار همگان قرار خواهند گرفت و از این طریق هرکسی قادر به شناسایی ساختار ژنتیکی خود و کسب اطلاعاتی خواهد بود که از نسل‌های گذشته به ارث برده است.

علوم و فناوری نانو فراهم آورنده امکان دخالت عمده در ساختار ماده فیزیکی، جابه‌جا کردن تک اتم‌ها و تک مولکول‌ها، خودسامان‌دهی و خودهمانندسازی ماده فیزیکی و ایجاد قطعات و ادواتی است که در مقیاس‌های فوق‌ریز طولی و زمانی عمل می‌کنند. خصلت برجسته مقیاس نانو در آن است که علوم سنتی که در مقیاس‌های دیگر حوزه‌های کاملاً مجزا و مستقلی را تشکیل می‌دهند در این مقیاس به سمت اصول، مقولات و ابزارهای یکسانی میل می‌کنند.

چه ویژگی‌هایی از چهار حوزه فوق را باید انتخاب کرد تا با تعامل، ترکیب و هم‌پوشانی آنها به همگرایی دانش‌های بنیادی رسید؟

۱. از علوم و فناوری اطلاعات: شناخت بنیاد فیزیکی اطلاعات و کاربرد این شناخت در جمع‌آوری، انباشت، انتقال و پردازش اطلاعات،

۲. از علوم و فناوری مقیاس نانو: شناخت قانون‌مندی‌های حاکم بر فعالیت ماده فیزیکی و روندهای فیزیکی در مقیاس‌های طولی نانومتر و زمانی فمتو (femto) ثانیه،

۳. از زیست‌شناسی و ژنتیک مولکولی: شناخت مبنای فیزیکی-شیمیایی حیات،

۴. از علوم شناختی: شناخت ساز و کارهای نرم افزاری و سخت افزاری کسب آگاهی و پیدایش هوش، به مثابه ساختاری تمام‌گرا، از طریق مطالعه روندهای مغزی.

تلفیق این ویژگی‌ها منجر به پیدایش دستگاه‌ها، ادوات، و حتی مواد بسیار پیشرفته‌ای خواهد شد که خصوصیات دستگاه‌های زیستی، دستگاه‌های نانومتری و دستگاه‌های هوشمند را یکجا خواهند داشت و قادر به فعالیت‌های کاملاً نوبنی خواهند بود. این خصوصیات به طور خلاصه عبارت‌اند از:

(آ) از خصوصیات دستگاه‌های زیستی: خود مختاری، یعنی با اتکا به خود فکر کردن، خود اتکایی جهت تشخیص، شناسایی و تصحیح خطاهای درون دستگاه، خود ترمیمی جهت غلبه بر نقص‌ها،

یکی از نتایج تعامل علوم و فناوری نانو با زیست‌شناسی مولکولی فراهم آمدن امکانات مهمی است برای طراحی و ساختن دستگاه‌های اندازه‌گیری که می‌توانند به مقیاس‌های مولکولی دست بیابند و دانش عمیقی را درباره ساختارهای زیستی ارائه دهند. مولکول‌های زیستی از یک روند «تحقیق و توسعه» چهار میلیارد ساله بیرون آمده‌اند و می‌توانند اطلاعات بس شگرفی را برای دستکاری ماده فیزیکی در مقیاس نانومتری ارائه دهند. وحدت چهار حوزه فوق در مقیاس نانو، یعنی مقیاس سنگ بنای ماده فیزیکی و زیستی و هوشمند، تحقق خواهد یافت. فناوری پسامدرن متکی بر دانش‌های بنیادی همگرا شده، تغییرات بس شگرفی در جوامع بشری پدید خواهد آورد و کارایی و خلاقیت انسان را برای غلبه بر نابسامانی‌های اقتصادی و اجتماعی فعلی فوق‌العاده افزایش خواهد داد [2].

پژوهشگاه ما، با داشتن پژوهشگرهایی در سه حوزه از چهار حوزه فوق و با توجه به چشم انداز ایجاد پژوهشگره‌های علوم زیستی در آینده‌ای نه‌چندان دور، موقعیت بسیار مناسبی برای پرداختن به دانش‌های بنیادی همگرا شده و دامن زدن به پژوهش‌های هدفمند در این زمینه دارد و می‌تواند در سطح کشور و منطقه به مرکزی برای این پژوهش‌ها -- که به پروژه‌های «چالش بزرگ» (Grand Challenge) معروف گشته‌اند -- تبدیل شود.

[1] H. Rafii-Tabar, *Computational modelling of thermo-mechanical and transport properties of carbon nanotubes*, Physics Reports **390** (2004), 235-452.

[2] M.C. Roco and W.S. Bainbridge, *Convergent technologies for improving human performance*, NSF/DOC-sponsored Report, WTEC, Inc., Arlington, Virginia, USA, June 2002.

\*\*\*\*\*

\* هاشم رفیعی‌تبار، استاد پژوهشگره علوم نانو، پژوهشگاه دانش‌های بنیادی

rafii-tabar@nano.ipm.ac.ir

قابلیت انطباق عملکرد با محیط‌های ناآشنا و جدید، کارایی بسیار بالای فعالیت‌ها با استفاده از امکانات محدود و معین، توانمندی واحدهای منفرد در تجدید تولید بسیار وسیع و بدون خطا، توانمندی خودسامان‌دهی تا حد ایجاد دستگاه‌های فوق‌العاده پیچیده (نظیر مغز انسان) و توانمندی در برقراری ارتباطات. این خصوصیات دستگاه‌های زیستی بسیار پایدار و قابل اتکا و باز تولید هستند و معیارهای تشخیص یک دستگاه زیستی از یک دستگاه غیر زیستی به شمار می‌روند. مهم‌ترین برآمد همگرایی دانش‌های بنیادی را شاید بتوان ایجاد دستگاه‌های غیر زیستی‌ای دانست که چنین ویژگی‌هایی دارند.

ب) از خصوصیات دستگاه‌های مقیاس نانو: فعالیت دقیق در مقیاس‌های طولی و زمانی بسیار تقلیل یافته، به حساب آوری اثرات کوانتومی، امکان جاسازی تعداد بسیار زیادی از این ساختارها در محیط‌های بسیار کوچک، بروز خواص کاملاً نوین فیزیکی، کوچک و قدرتمند بودن، بی‌نقص بودن دستگاه‌ها، حساسیت نسبت به تغییرات در محیط زیست و عملکردی تا حد اختلاف چند اتم و مولکول.

پ) از خصوصیات دستگاه‌های هوشمند: انتخاب محیط مناسب جهت تحقق بخشیدن به وظایف محوله و استعداد استفاده بهینه و کارا از اطلاعات جهت حل مسائل.

از هم‌اکنون می‌توان به جلوه‌هایی از این دانش‌های بنیادی همگرا شده اشاره کرد. ترکیب سه حوزه زیست‌شناسی مولکولی، علوم و فناوری نانو و فناوری اطلاعات منجر به ایجاد رشته کاملاً نوینی بنام الکترونیک مولکولی شده است که در آن با استفاده از مولکول DNA می‌توان سیم‌های مدارهای مورد استفاده در پردازشگرهای بیولوژیک (bio-chips) را تهیه کرد و نهایتاً از ژن‌های مستقر بر روی این مولکول به عنوان نرم‌افزاری برای انتقال و انباشت اطلاعات استفاده کرد.

از تعامل زیست‌شناسی و علم اطلاعات، حوزه جدید بیوانفورماتیک به وجود آمده است که هدفش استفاده از ماشین‌کد حیات، که از طریق پروژه ژنوم انسانی به دست می‌آید، و استفاده از این نوع دستور زبان جهت پردازش اطلاعات است.