

اطلاعات دست اول «فرهیختگان» از نقشهٔ کوانتومی کشور که در فرایند نهایی تصویب قرار دارد

# کوانتوم ایران و ۹کلان پروژه برای دههٔ آینده



زهرا رضانی  
نایب‌رئیس‌رک‌روہ دانشگاه

کوانتوم یکی از فناوری‌هایی است که در آینده تغییرات چشمگیری را در حوزه‌های مختلف از پزشکی گرفته تا علوم کامپیوتری و نظامی ایجاد خواهد کرد. علمی که شاید امروز بیشتر در قالب فناوری‌های مربوط به لیزیک برای جامعه شناخته شده باشد، اما دانشمندان معتقدند در آینده نزدیک با گسترش این علوم و توسعه کامپیوترهای کوانتومی، شرایط برای انجام محاسبات پیچیده تسهیل می‌شود و همین مسئله مقدمه‌ای برای رسیدن به علوم و فناوری‌های نو ظهور دیگر خواهد بود. اتفاقی که باعث شده تا امروز بسیاری از کشورهای پیشرو تلاش کنند تا بتوانند رایانه‌های کوانتومی پر قدرتی را بسازند تا پیشگامی آینده را در اختیار داشته باشند. هم‌راستا شدن با تحولات علم و فناوری دنیا باعث شده تا شورای عالی انقلاب فرهنگی از سال گذشته در حوزه کوانتوم و مواد پیشرفته هم ورود جدی داشته باشد. گامی که به تدوین سند کوانتوم منتهی شد. در حقیقت آبان‌ماه سال گذشته بود که رسانه‌ها از در دست‌ورکار قرار گرفتن بررسی سند کوانتوم خبر دادند، سندی که در نهایت اول اردیبهشت‌ماه امسال در جلسه ۵۲۵ شورای معین شورای عالی انقلاب فرهنگی به تصویب رسید تا اینگونه اولین سند بالادستی کشور در این زمینه تدوین شده باشد؛ سندی که البته با ابلاغ آن می‌توان شاهد سروسامان گرفتن فعالیت‌های مرتبط با کوانتوم در کشور بود. در همین راستا به سراغ کریم زاهدی، معاون فناوری، نوآوری و اقتصاد دانش‌نیاان دبیرخانه ششورای عالی انقلاب فرهنگی رفتیم تا برآیمان از اهداف، نحوه تدوین، چشم‌انداز و زمان ابلاغ این سند بگویید. در ادامه مشروح این گفت‌وگو را از نظر می‌گذرانید.

■ ■ ■

**اصلی‌ترین اهداف سند کوانتوم برای ارتقای این حوزه در کشور چیست؟**  
سند کوانتوم ۶ هدف دارد که مهم‌ترین آن توسعه آموزش عالی و تأمین نیروی انسانی متناسب با نیازهای کشور است. البته اهداف دیگری هم تعیین شده که از جمله آن می‌توان به ارتقای تولیدات علمی، وضعیت توسعه فناوری و محصول، حل مسائل کشور، تقویت زیرساخت‌های تحقیقاتی و تقویت ارتباطات بین‌المللی اشاره کرد؛ با این حال تمرکز این سند روی توسعه آموزش و تأمین نیروی انسانی حوزه کوانتوم است.

**در زمان تدوین سند کوانتوم در مقایسه با دیگر اسناد بالادستی مانند هوش مصنوعی تا چه میزان به واقعیت‌های میدانی کشور توجه شده است؟**  
سند هوش مصنوعی، سند بسیار خوبی است و زمان بسیار زیادی برای تدوین آن صرف شده و معتقدم سند کوانتوم هم سند خوبی است. اما باید این مسئله را هم مدنظر قرار داد که حوزه کوانتوم در کشور، به نسبت حوزه هوش مصنوعی، حوزه کوچکی است یعنی جامعه متخصصان و فعالان آن به اندازه هوش مصنوعی گسترده نیستند و به همین دلیل گرچه استخراج وضع موجود کشور در حوزه کوانتوم، به اندازه حوزه هوش مصنوعی زمان نبرد، اما در زمان تدوین سند، اطلاعات خوبی از حوزه کوانتوم کشور استخراج شد. در زمان تدوین سند کوانتوم، توانستیم وضعیت کشور چه در حوزه فناوری‌ها و چه نیروی انسانی و چه شرکت‌های فعال این حوزه را به خوبی بررسی کنیم. همچنین دستگاه‌هایی که در این حوزه برنامه داشتند را کامل مورد بررسی قرار دادیم. در حقیقت پیش از تدوین این سند، بخش‌های مختلف کشور یعنی سازمان انرژی اتمی، ستاد کل نیروهای مسلح، معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان و وزارت ارتباطات (در محدوده سند ارتباطات کوانتومی) هر کدام اسنادی را در حوزه کوانتوم داشتند و ما نیز هر کدام از این سندها را مورد بررسی قرار دادیم. بنابراین توانستیم به خوبی شرایط این حوزه را شناسایی کنیم، از این رو سند بر اساس واقعیت کشور تدوین شده است.

**روند پیگیری تحقق اهداف شش‌گانه‌ای که در ابتدای گفت‌وگو اشاره کردید، چگونه است؟**

برای هر ۶ هدف شاخص‌هایی تعیین شده و طبیعتاً این مسئله در باره بحث تربیت نیروی انسانی هم صدق می‌کند. از سوی دیگر باید این را هم بگویم که این سند ۴ راهبرد و حدود ۲۵ اقدام دارد که راهبرد اول آن توسعه سرمایه انسانی و جهت‌دهی به آموزش و پژوهش در حوزه کوانتوم است. از نظر تعداد اقدامات ملی مرتبط، این راهبرد با ۱۰ اقدام ملی بزرگ‌ترین راهبرد سند کوانتوم محسوب می‌شود یعنی ۴۰ درصد اقدامات این سند مربوط به مبحث سرمایه انسانی است.

**از لحاظ کمی برای تربیت با بر خورداری از چه تعداد نیروی انسانی در حوزه کوانتوم هدف‌گذاری شده است؟**  
تعداد پژوهشگران تمام‌وقت فعال در تیم‌های تحقیقاتی داخل کشور در حال حاضر حدود ۳۵۰ نفر است و هدف‌گذاری شده است که این عدد در ۳ سال ابتدایی پس از اجرای سند به هزار و ۲۰۰ نفر افزایش پیدا کند.

**یکی از موضوعات مهم بحث تولیدات علمی است، وضعیت امروز کشور در این حوزه را چطور ارزیابی می‌کنید و بر اساس سند باید به چه جایگاهی برسیم؟**

رتبه علمی ما در حوزه انتشارات مقالات مرتبط با حوزه کوانتوم، بیستم دنیا است و هدف‌گذاری سند رسیدن به جایگاه پانزدهم است. اما سند شاخص H را هم برای تولیدات علمی در نظر گرفته که در این شاخص امروز در جایگاه سی و یکم دنیا ایستاده‌ایم که باید به رتبه ۲۸ دنیا برسیم. این را هم باید مدنظر قرار داد که شاخص H نسبت به شاخص تولیدات علمی با کندی بیشتری تغییر می‌کند و به همین دلیل ارتقای رتبه در این بخش کار سخت‌تری خواهد بود.

**بازه زمانی لحاظ شده در سند برای تحقق اهداف چند ساله است؟**  
افق زمانی سند ۱۰ ساله است. یعنی اهداف کلان، راهبردها و اقدامات ملی برای زمان ۱۰ ساله تدوین شده‌اند، اما شاخص‌های ارزیابی اهداف کلان، ۳ ساله هستند و باید بعد از ۳ سال، شاخص‌های مربوطه به‌روزرسانی شود. علت اتخاذ افق زمانی کوتاه‌تر برای شاخص‌ها این است که در حوزه‌هایی مانند کوانتوم اتفاقات جدید در آینده رخ می‌دهد و نمی‌توان از الان برای ۱۰ سال آینده، شاخص‌های مطلوب را پیش‌بینی کرد.

**کمی در باره سازوکارهای نظارتی لحاظ شده در سند کوانتوم توضیح دهید.**

معمولاً برای اجرای چنین اسنادی ستادهایی در نظر گرفته می‌شود و برای سند کوانتوم هم ستاد توسعه علوم و فناوری‌های کوانتومی در ماده ۵ سند ذیل معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان تشکیل می‌شود. این ستاده‌ها هم وظیفه هماهنگی بین دستگاه‌های اجرایی را برعهده دارند. از این رو پیگیری اجرای این سند و ارائه ارزیابی از وضعیت پیشرفت سند در کشور توسط ستاد دنبال می‌شود. بدیهی است ستاد موظف به ارزیابی و آسیب‌شناسی موقعیت‌ها و عدم موقعیت‌ها در این حوزه است و این وظایف در ماده ۵ سند به عنوان وظایف این ستاد تصریح شده است.

**یکی از موضوعات اصلی در اجرای اسناد بالادستی، تأمین منابع مالی است، این موضوع بر اساس سند چگونه دنبال خواهد شد؟**  
بودجه اصلی این حوزه را باید دستگاه‌های اجرایی در تعامل با ستاد علوم و فناوری‌های کوانتومی اختصاص دهند. البته در گذشته هم دستگاه‌ها این بودجه را تا حدودی تأمین می‌کردند، اما انتظارمان آن است که سند بودجه‌های این حوزه را منظم کرده و با اجرای سند به‌روزی افزایش پیدا کند. این سند به دنبال آن است که دیگر تجهیزات متضاعف خریداری نشود و همچنین با ایجاد منابع مالی جدید، بتوان یک آزمایشگاه ملی در کشور ایجاد کرد.

**سهم تخصیص منابع مالی از سوی دستگاه‌های اجرایی مربوطه در سند مشخص شده است؟**  
این مسئله باید در نقشه راه مشخص شود. یعنی مطابق با ماده ۵ سند، ستاد

توسعه علوم و فناوری‌های کوانتوم موظف است برای راهبری سند کوانتوم، نقشه راه کشور برای اجرای این سند را حداکثر ۶ ماه بعد از ابلاغ سند تدوین کند. در این نقشه راه دستگاه‌های اصلی و همکار در اجرای اقدامات ملی، زمانبندی اقدامات و همچنین بودجه‌های مرتبط مشخص می‌شود.

**به ایجاد آزمایشگاه ملی کوانتوم اشاره کردید، امروز وضعیت زیرساختی و تجهیزات آزمایشگاهی کشور را چطور ارزیابی می‌کنید و قرار است طبق سند به چه نقطه‌ای برسیم؟**

ابتدا باید بگویم که ما در سند کوانتوم ۴ سطح آزمایشگاهی را لحاظ کردیم. سطح اول آزمایشگاه‌های آموزشی هستند که متأسفانه امروز در کشور آزمایشگاه آموزشی نداریم. سطح دوم، آزمایشگاه‌های پژوهشی هستند که در حال حاضر ۱۲ آزمایشگاه در این بخش داریم. سطح سوم مراکز تحقیقاتی هستند که امروز ۶ مرکز تحقیقاتی در کشور فعالند، در نهایت نیز سطح چهارم هم آزمایشگاه ملی است که فعلاً آزمایشگاهی با ویژگی‌های مدنظر برای آزمایشگاه ملی در کشور نداریم. از سوی دیگر هدف‌گذاری سند برای ۳ سال، رسیدن به ۲۰ آزمایشگاه آموزشی، ۲۰ آزمایشگاه پژوهشی ۹ مرکز تحقیقاتی و یک آزمایشگاه ملی است.

**فکری می‌کنید چه میزان بودجه برای رسیدن به این آزمایشگاه‌ها نیاز است؟**  
آزمایشگاه‌های آموزشی و پژوهشی هزینه زیادی ندارند؛ چراکه همین امروز از آزمایشگاه‌های پژوهشی هم تا حدودی برای فعالیت‌های آموزشی استفاده می‌شود؛ ایجاد مراکز تحقیقاتی هم چون برای ایجاد هر مرکز، سازمان مشخصی به عنوان متولی وجود دارد و خوشان درخواست ایجاد چنین مرکزی را می‌دهند، بنابراین تأمین هزینه‌ها معمولاً با خود دستگاه درخواست‌کننده است و صرفاً حمایت‌هایی از طرف ستاد توسعه علوم و فناوری‌های کوانتومی به ایجاد زیرساخت‌های ملی اختصاص می‌یابد. اما برای آزمایشگاه ملی نیازمند بودجه هستیم و در این بخش هم معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان مسئول راه‌اندازی آزمایشگاه‌های ملی است.

**سازوکار سند کوانتوم برای کاربردی سازی تولیدات علمی این حوزه چیست؟**

ما تلاش کردیم تا رویکرد علم کاربردی را در همه سند رعایت کنیم. با این حال یک سرفصل مجزا در اسنادی که اخیراً تدوین شده از جمله سند ملی هوش مصنوعی یا سند توسعه علوم و فناوری‌های نانو لحاظ کردیم که مرتبط با حدودی مشاهده کرد؛ چراکه این اسناد از لایه اجرا کمی دور هستند، یعنی تدوین آیین‌نامه‌ها، بخش‌نامه‌ها و شیوه‌نامه‌های لازم ذیل اسناد بالادستی نیازمند صرف زمان است و این موضوع در باره اسناد ملی هم صدق می‌کند؛ به همین دلیل برای شکل‌گیری لایه‌هایی که نیاز است تا اسناد بالادستی را به مرحله اجرا برسانند، باید کمی زمان بگذرد. اما بعد از تأمین زیرساخت‌های نهادی و حقوقی لازم مثلاً ایجاد ستاد مربوطه و تدوین آیین‌نامه‌ها و بخشنامه‌ها، انتظار آن است که فرآیند تسریع شود. یعنی در ابتدای ابلاغ اسناد فرایندها کندتر و به مرور شاهد سرعت گرفتن امور در حوزه اجرا هستیم.

در حوزه‌هایی که کشور دارای ستادهایی با عمر بالاتر است، وضعیت بهتری را شاهد هستیم. مثلاً ستاد و یژه توسعه فناوری نانو و زیست فناوری در کشور جزء ستادهای با عمر در حدود دو دهه هستند و امروز در این دو حوزه وضعیت کشور نسبتاً قابل قبول است. دیگر حوزه‌ها هم که دارای ستاد هستند، شرایط در حال بهبود است. اما برخی حوزه‌های راهبردی هم داریم که اسناد آن‌ها به تازگی تدوین نشده مثلاً حوزه کوانتوم و یا حوزه مواد پیشرفته که ستادی برای آن‌ها وجود ندارد به همین دلیل باید منتظر گذشت زمان باشیم. قطعاً اگر در این حوزه‌ها هم ساختار هماهنگی در کشور ایجاد شود، قطعاً در چند سال آینده شاهد نظم خوبی در این حوزه‌ها خواهیم بود.

در مجموع سخت‌اجرا شدن اسناد بالادستی به دلیل آن است که چنین اسنادی در حوزه سیاستگذاری کلان هستند و نباید آن‌ها را مشابه مثلاً یک بخشنامه که خیلی به حوزه اجرا نزدیک است، در نظر گرفت. قطعاً تا رسیدن به لایه اجرا، باید چندین لایه مقررات لازم تدوین شود که زمان‌بر است.

کلید کوانتومی و رمزنگاری بین نقاط اولویت‌دار در شبکه فیبر نوری به عنوان دو پروژه اولویت‌دار مشخص شده‌اند. بر اساس اهداف تعیین شده در سند، طول این شبکه باید به ۲ هزار کیلومتر برسد، در حالی که این میزان امروز در کشور ماصغر است.

سسومین حوزه اولویت‌دار سند، حسگرهای کوانتومی است و در این بخش سه پروژه اولویت‌دار شامل ساخت گرانش سنچ و شتاب‌سنج‌های کوانتومی، ساخت سیستم‌های تصویربرداری کوانتومی و ساخت سامانه‌های سنجنش موضعی و از راه دور به عنوان پروژه‌های اولویت‌دار در حوزه حسگرهای کوانتومی تعیین شده است.

بنابراین در کنار ایجاد زیرساخت‌های لازم از جمله منابع انسانی و زیرساخت‌های آزمایشگاهی برای توسعه حوزه کوانتوم، کاربردی‌سازی دستاوردهای کشور در این حوزه نیز در سند به صورت جدی پرداخته شده است.

**تقسیم کار ملی در حوزه کوانتوم با توجه به تجربه کشور از سند هوش مصنوعی، چگونه دنبال شده است؟**

در سند ملی هوش مصنوعی به دلیل اثرات اجتماعی، فرهنگی، حقوقی، امنیتی و... هوش مصنوعی نمی‌توانستیم به یک ستاد توسعه فناوری بسنده کنیم و به همین دلیل ساختار متفاوتی در قالب سازمان ملی هوش مصنوعی زیر نظر رئیس‌جمهور ایجاد شد. با این حال از آنجایی که حوزه کوانتوم یک حوزه علم و فناوری محسوب می‌شود، راه‌اندازی یک ستاد مشابه سایر ستادهای توسعه فناوری‌های راهبردی ذیل معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان برای آن کفایت می‌کند. بنابراین فکر نمی‌کنم در این حوزه تأخیرهایی که در حوزه هوش مصنوعی داشتیم را شاهد باشیم.

**فرایند تصویب و ابلاغ سند در چه وضعیتی است؟**

این سند فرایند تصویب نهایی را طی می‌کند و امیدواریم تا پایان تیر ماه شاهد ابلاغ این سند توسط رئیس‌جمهور به عنوان رئیس شورای عالی انقلاب فرهنگی باشیم.

**اسناد بالادستی در اجرا با چالش‌های زیادی روبه‌رو می‌شوند که گاه حتی سند را از مسیر اصلی دور می‌کنند، فکری می‌کنید مهم‌ترین چالش اجرایی سازی سند کوانتوم چه خواهد بود؟**

در بررسی اسناد ملی و سنجنش کارآمدی و چالش‌های آن‌ها، باید به فاصله آن‌ها با حوزه اجرا توجه کرد. این موضوع را می‌توان نسبت به سایر اسناد بالادستی هم تا حدودی مشاهده کرد؛ چراکه این اسناد از لایه اجرا کمی دور هستند، یعنی تدوین آیین‌نامه‌ها، بخش‌نامه‌ها و شیوه‌نامه‌های لازم ذیل اسناد بالادستی نیازمند صرف زمان است و این موضوع در باره اسناد ملی هم صدق می‌کند؛ به همین دلیل برای شکل‌گیری لایه‌هایی که نیاز است تا اسناد بالادستی را به مرحله اجرا برسانند، باید کمی زمان بگذرد. اما بعد از تأمین زیرساخت‌های نهادی و حقوقی لازم مثلاً ایجاد ستاد مربوطه و تدوین آیین‌نامه‌ها و بخشنامه‌ها، انتظار آن است که فرآیند تسریع شود. یعنی در ابتدای ابلاغ اسناد فرایندها کندتر و به مرور شاهد سرعت گرفتن امور در حوزه اجرا هستیم. در حوزه‌هایی که کشور دارای ستادهایی با عمر بالاتر است، وضعیت بهتری را شاهد هستیم. مثلاً ستاد و یژه توسعه فناوری نانو و زیست فناوری در کشور جزء ستادهای با عمر در حدود دو دهه هستند و امروز در این دو حوزه وضعیت کشور نسبتاً قابل قبول است. دیگر حوزه‌ها هم که دارای ستاد هستند، شرایط در حال بهبود است. اما برخی حوزه‌های راهبردی هم داریم که اسناد آن‌ها به تازگی تدوین نشده مثلاً حوزه کوانتوم و یا حوزه مواد پیشرفته که ستادی برای آن‌ها وجود ندارد به همین دلیل باید منتظر گذشت زمان باشیم. قطعاً اگر در این حوزه‌ها هم ساختار هماهنگی در کشور ایجاد شود، قطعاً در چند سال آینده شاهد نظم خوبی در این حوزه‌ها خواهیم بود.

در مجموع سخت‌اجرا شدن اسناد بالادستی به دلیل آن است که چنین اسنادی در حوزه سیاستگذاری کلان هستند و نباید آن‌ها را مشابه مثلاً یک بخشنامه که خیلی به حوزه اجرا نزدیک است، در نظر گرفت. قطعاً تا رسیدن به لایه اجرا، باید چندین لایه مقررات لازم تدوین شود که زمان‌بر است.

## نگاهی آماری به سند کوانتوم

سند کوانتوم بعد از یک ماه از تصویب آن در شورای معین، این روزها آماده تصویب نهایی در صحن شورای عالی انقلاب فرهنگی است



**توسعه آموزش عالی و تأمین نیروی انسانی**

تعداد پژوهشگران ۳۵۰

هدف‌گذاری سند ۱۲۰۰



**ارتقای تولیدات علمی**

رتبه ایران در تولیدات علمی ۲۰

هدف‌گذاری سند ۱۵

وضعیت ایران در شاخص H ۳۱

هدف‌گذاری سند ۲۸



**توسعه فناوری و محصولات کوانتوم**



**حل مسائل کشور در حوزه کوانتوم**



**تقویت ارتباطات بین‌المللی**

تعداد آزمایشگاه‌های آموزشی ۰

هدف‌گذاری سند ۲۰

تعداد آزمایشگاه‌های پژوهشی ۱۲

هدف‌گذاری سند ۲۰



**تقویت زیرساخت‌های تحقیقاتی**

تعداد مراکز تحقیقاتی کوانتوم ۶

هدف‌گذاری سند ۹

تعداد آزمایشگاه ملی ۰

هدف‌گذاری سند ۱

### پروژه‌های اولویت‌دار

تعداد پروژه‌های اولویت‌دار در سند: ۹

پروژه‌های عرصه رایانش کوانتوم

۱ ساخت رایانه کوانتومی آزمایشگاهی با قدرتی معادل با ۵ درصد از بهترین نمونه‌های دنیا

۲ توسعه زیرسیستم‌های اساسی رایانه‌های کوانتومی

۳ توسعه الگوریتم‌ها و برنامه‌های کوانتومی

۱ بهره‌برداری از سیستم‌های توزیع کلید کوانتومی و رمزنگاری بین نقاط اولویت‌دار در شبکه فیبر نوری به مساحت ۲ هزار کیلومتر

۲ ساخت و تجاری‌سازی سیستم‌های توزیع کلید کوانتومی

۳ بومی‌سازی زیرسیستم‌های توزیع کلید کوانتومی

پروژه‌های حوزه ارتباطات کوانتومی

۱ ساخت گرانش سنچ و شتاب‌سنج‌های کوانتومی

۲ ساخت سیستم‌های تصویربرداری کوانتومی

۳ ساخت سامانه‌های سنجنش موضعی و از راه دور



یکشنبه ۱۸ خرداد ۱۴۰۴



شماره ۴۴۳۰



FARHIKHTEGANDAILY.COM



FARHIKHTEGANONLINE