

رشد ۲۶ درصدی سرمایه‌گذاری کوانتومی در سال میلادی اخیر

# جهان ۵۵ میلیارد دلار

## برای توسعه کوانتوم

### هزینه می‌کند



ندا اظهري

فیزیک کوانتوم شاخه‌ای از علم است که رفتار ماده و انرژی را در کوچک‌ترین مقیاس‌ها بررسی می‌کند. محاسبات کوانتومی مسیریابی را برای حل مسائل پیچیده باز می‌کند که رایانه‌های سنتی قادر به رسیدگی به آنها نیستند. این فرصت‌های بی‌حد و حصری را در حوزه‌هایی مانند بهینه‌سازی، یادگیری ماشینی، نمونه برداری و شبیه‌سازی، بهینه‌سازی ترافیک و برنامه‌ریزی مسیر، توسعه سریع‌تر و دقیق‌تر دارو و مدل‌سازی‌های مالی و... ارائه می‌دهد. چند سالی است که کشورهای توسعه‌یافته دنیا از جمله آمریکا، انگلیس، چین برای رشد حوزه کوانتوم سرمایه‌گذاری کرده‌اند که همین امر منجر به توسعه و تجاری‌سازی فناوری‌های محاسبات کوانتومی با پتانسیل ایجاد انقلاب در بخش‌های کلیدی می‌شود. این حوزه به سرعت در حال رشد بوده و شاهد سطح قابل توجهی از فعالیت‌های سرمایه‌گذاری‌های دولتی و خصوصی است. محاسبات کوانتومی از اصول مکانیک کوانتومی برای حل مسائل پیچیده ریاضی سریع‌تر از رایانه‌های کلاسیک استفاده می‌کند. درحالی‌که

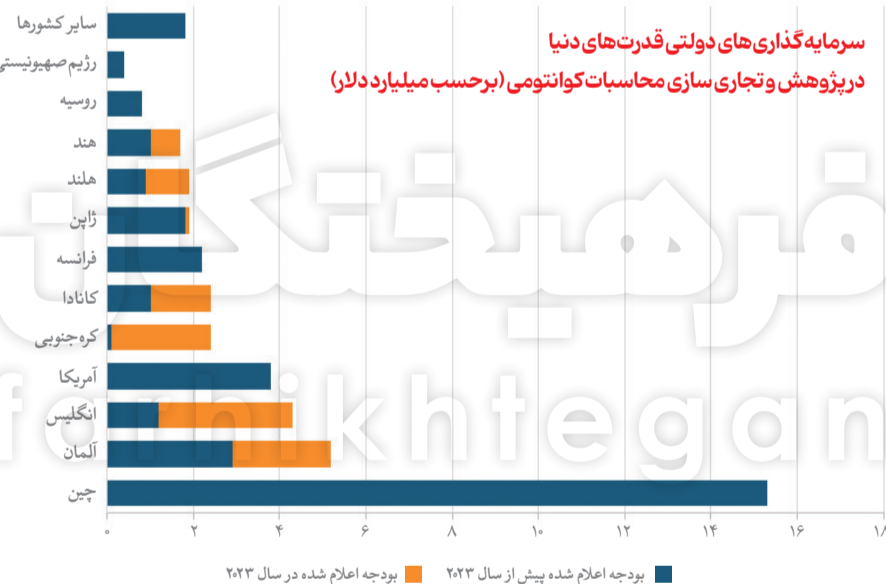
رایانه‌های کلاسیک از بیت‌های پایتیری برای انجام محاسبات استفاده می‌کنند، رایانه‌های کوانتومی از بیت‌های کوانتومی (کیوبیت) استفاده می‌کنند. مقدار یک بیت فقط می‌تواند صفر یا یک باشد درحالی‌که یک کیوبیت می‌تواند به صورت صفر، یک یا ترکیبی از هر دو حالت وجود داشته باشد که به رایانه‌های کوانتومی اجازه می‌دهد تا مسائل خاصی را به صورت تصاعدی سریع‌تر از رایانه‌های کلاسیک حل کنند. کاربردهای فناوری‌های کوانتومی دامنه وسیعی داشته و محاسبات کوانتومی این پتانسیل را دارد که بسیاری از بخش‌ها از جمله علوم زیستی، مدل‌سازی اقلیمی و آب‌وهوایی، مدیریت مالی و هوش مصنوعی را متحول کند. با وجود این، پیشرفت در محاسبات کوانتومی ممکن است به برخی از خطرات نیز منجر شود که مهم‌ترین آنها حفاظت از داده‌هاست. هرکس می‌تواند از توانایی محاسبات کوانتومی برای حل مسائل پیچیده ریاضی با سرعت بالا برای شکستن روش‌های رمزنگاری رایج و دسترسی به داده‌های شخصی و حساس استفاده کنند. به دلیل سرعت توسعه این حوزه از فناوری، دولت‌ها توجه خود را به آن معطوف می‌کنند. دولت‌ها نه تنها بر آمادگی کوانتومی و مقابله با تهدیدات نظهور، بلکه روی افزایش سرمایه‌گذاری و رشد فناوری‌های کوانتومی نیز تمرکز می‌کنند.

### سرمایه‌گذاری جهانی ۵۵ میلیارد دلاری

به گزارش forbes، قدرت‌های دنیا که در صدر آن چین حضور دارد بیش از ۵۵ میلیارد دلار روی فناوری محاسبات کوانتومی سرمایه‌گذاری کرده‌اند که با رشد سالانه حدود ۲۶ درصدی همراه بوده است. قانون ابتکار ملی کوانتومی آمریکا بودجه یک میلیارد و ۲۰۰ میلیون دلاری را برای پنج سال تحقیق و توسعه روی محاسبات کوانتومی اعلام کرده است. به گزارش بنیاد فناوری اطلاعات و نوآوری چین، روسیه حدود ۸۰۰ میلیون دلار، هند حدود یک میلیارد و ۸۰۰ میلیون دلار، هلند و ژاپن هم یک میلیارد و ۹۰۰ میلیون دلار روی محاسبات کوانتومی در دنیا سرمایه‌گذاری کرده‌اند. فرانسه به عنوان یکی از قدرت‌ها در این حوزه، دو میلیارد و ۱۰۰ میلیون دلار روی این حوزه سرمایه‌گذاری کرده که دولت فرانسه هدف آن آموزش پنج هزار مهندس کوانتومی آماده و ایجاد ۳۰ هزار شغل اعلام کرده است. قانون ابتکار ملی کوانتومی آمریکا بودجه یک میلیارد و ۲۰۰ میلیون دلاری را برای پنج سال تحقیق و توسعه روی محاسبات کوانتومی اعلام کرده است. همچنین کل سرمایه‌گذاری‌های کانادا و کره جنوبی روی محاسبات کوانتومی در سال ۲۰۲۳ به دو میلیارد و ۲۰۰ میلیون دلار رسید. سرمایه‌گذاری آلمان

نیز در سال گذشته به شش میلیارد و ۶۰۰ میلیون دلار رسید. به گزارش ipwatchdog، مجموع سرمایه‌گذاری‌های کوانتومی جهانی در استارت‌آپ‌ها با ۲۵ درصد افزایش در سال ۲۰۲۳ به هشت میلیارد و ۵۰۰ میلیون دلار در ۳۶۷ استارت‌آپ رسید که نسبت به سال ۲۰۲۲ حدود پنج درصد افزایش نشان می‌دهد. در عین حال، درحالی‌که هزینه‌های دولتی در سال ۲۰۲۳ در دنیا به میزان قابل توجهی افزایش یافت، مخارج بخش خصوصی با کاهش ۲۷ درصدی در سرمایه‌گذاری استارت‌آپ‌ها روبه‌رو شد که کمتر از کاهش ۳۸ درصدی سرمایه‌گذاری استارت‌آپی در دنیا بود. ۶۸ درصد از کل سرمایه‌گذاری‌های استارت‌آپی در حوزه محاسبات کوانتومی از سال ۲۰۰۱ تاکنون در سال‌های ۲۰۲۱ و ۲۰۲۲ محقق شده است. به گزارش researchnester، اندازه بازار محاسبات کوانتومی در سال ۲۰۲۴ به رقمی بالغ بر یک میلیارد و ۶۷۰ میلیون دلار رسید و انتظار می‌رود با سرعت رشدی که در این حوزه شاهدیم، بازار این فناوری تا سال ۲۰۳۷ به ۵۲ میلیارد و ۸۴۰ میلیون دلار برسد که با میانگین رشد سالانه ۳۳،۱ درصدی روبه‌رو خواهد شد.

### سرمایه‌گذاری‌های دولتی قدرت‌های دنیا در پژوهش و تجاری‌سازی محاسبات کوانتومی (برحسب میلیارد دلار)



### آمریکا و اختصاص بودجه ۳ میلیارد و ۸۰۰ میلیون دلاری به کوانتوم

مصنوعی در علم، مهندسی و فناوری کوانتومی را در نظر گرفته و در مورد نقش فناوری‌های کوانتومی در پیشرفت هوش مصنوعی و سایر فناوری‌های نوپهورا اطمینان حاصل کنند. با فرض اینکه روند قانون‌گذاری با سرعت پیش رود، این لایحه بار دیگر به آمریکا این امکان را می‌دهد که در خط مقدم سرمایه‌گذاری در پژوهش‌های کوانتومی باقی بماند. چندی پیش، اداره توسعه اقتصادی وزارت بازرگانی آمریکا، بودجه‌ای ۴۱ میلیون دلاری را برای کنسرسیوم خصوصی (Elevate Quantum) اختصاص داد که به دنبال پیشرفت تحقیقات کوانتومی در منطقه غربی است. این کمک مالی به طور خودکار ۷۷ میلیون دلار اضافی را از سوی ایالت کلرادو و ۱۰ میلیون دلار از نیومکزیکو به کنسرسیوم Elevate اختصاص داد که مجموع این بودجه را به ۱۲۸ میلیون دلار رساند.

بنیاد ملی علوم آمریکا نیز در سال جاری جایزه حمایتی ۲۰ میلیون دلاری را برای ساخت یک مرکز ساخت نانومقیاس برای تسریع توسعه دستگاه‌های کوانتومی اعلام کرد. به رغم حجم بالای سرمایه‌گذاری‌های دولتی در حوزه کوانتوم، انتظار می‌رود آمریکا شاهد کاهش قابل توجهی در سرمایه‌گذاری از سوی سرمایه‌گذاری‌های خطرپذیر در این حوزه باشد. در حالی‌که سرمایه‌گذاری خصوصی در حوزه محاسبات کوانتومی در اروپا، خاورمیانه و آفریقا با رشد ۳ درصدی روبه‌رو بوده، این رشد از سال ۲۰۲۲ تا ۲۰۲۳ در آمریکا ۸۰ درصد و در سراسر جهان ۵۰ درصد کاهش یافته است که بیانگر کاهش رشد این حوزه از ۲ میلیارد و ۲۰۰ هزار دلار به یک میلیارد و ۲۰۰ هزار دلار در مدت مشابه است. با وجود کاهش تمایل بازار به این حوزه، دولت آمریکا همچنان متعهد به پیشبرد فناوری‌های کوانتومی در داخل کشور و در همکاری با متحدان خود است.

دولت آمریکا از سال ۲۰۲۰ به طور قابل توجهی سرمایه‌گذاری خود را روی فناوری‌های کوانتومی آغاز کرد و در آن سال، ۶۷۲ میلیون دلار را صرف این حوزه کرد. در سال‌های بعد به ترتیب در سال ۲۰۲۱ حدود ۸۵۵ میلیون دلار، در سال ۲۰۲۲ حدود یک میلیارد و ۳۱ هزار دلار و در سال ۲۰۲۳ حدود ۹۲۲ میلیون دلار را به تحقیق و توسعه فناوری‌های کوانتومی اختصاص داد. کشور آمریکا اسامی ۹۶۸ میلیون دلار را به توسعه ایشکار ملی کوانتومی (NQI) برای ادامه چنین پژوهش‌هایی اختصاص داد. این بودجه فعالیت‌های پژوهشی کوانتومی در سازمان‌های دولتی مختلف از جمله وزارت دفاع، ناسا، آژانس امنیت ملی (NSA) و وزارت انرژی را پوشش می‌دهد. این بودجه همچنین از ایجاد و نگهداری ۱۴ مرکز علوم اطلاعات کوانتومی زیر نظر وزارت انرژی، وزارت دفاع و بنیاد ملی علوم حمایت می‌کند. لایحه‌ای که در اصل، اجازه ایجاد NQI را می‌دهد که بخش بزرگی از بودجه پژوهش‌های کوانتومی آمریکا را تشکیل می‌دهد، قرار است سال آینده منقضی شود. در این میان، وزارت انرژی آمریکا در ماه گذشته اعلام کرد بودجه‌ای ۶۵ میلیون دلاری را به پژوهش در عرصه محاسبات کوانتومی اختصاص داد که بودجه لازم برای انجام ۱۰ پروژه در این حوزه را تأمین می‌کند که تحقیقات روی نرم‌افزار، سیستم‌های کنترلی و توسعه الگوریتمی را هدف قرار می‌دهند که در توسعه استفاده از محاسبات کوانتومی در پژوهش‌های علمی حیاتی‌اند.

اواخر سال گذشته، کمیته فضا، علم و فناوری مجلس نمایندگان به اتفاق آراء به تصویب مجدد این لایحه رأی داد و در جولای ۲۰۲۴، این لایحه به اعضای کامل مجلس گزارش شد. یکی از اصلاحیه‌های مهم این لایحه پیشنهادی، دستور زبان سازمان‌های دولتی است که در پژوهش‌های کوانتومی شرکت می‌کنند تا استفاده از هوش

### بودجه ۴ میلیارد و ۲۰۰ میلیون دلاری انگلیس برای محاسبات کوانتومی

به برندگان رقابت آزمایشی کوانتومی مؤسسه پژوهشی انگلیس (UKRI) تعلق می‌گیرد و به شرکت‌ها این فرصت را می‌دهد که از پژوهش‌های نظری فاصله گرفته و با ارائه نمونه‌ای سخت‌افزاری برای تست و ارزیابی اولیه، فناوری‌های کوانتومی عملی و واقعی را توسعه دهند. ۲۰ میلیون دلار باقیمانده از بودجه اصلی نیز برای برندگان «بودجه کاتالیست کوانتومی» در نظر گرفته شده است. بودجه کاتالیست کوانتومی به منظور تسریع راه‌حل‌های کوانتومی در بخش دولتی و حوزه‌های کلیدی از جمله حمل‌ونقل (استفاده از فناوری‌های کوانتومی برای بهبود بررسی‌های زیرزمینی و بهبود تحویل پروژه‌های زیرساختی)، فضا، سلامت، جرائم، دفاعی و... طراحی شده است. افزایش سطح سرمایه‌گذاری توسط دولت انگلیس نشان‌دهنده اشتیاق به پذیرش و بهره‌برداری از قدرت دگرگون‌کننده فناوری محاسبات کوانتومی است. این کشور با توسعه فناوری‌های کوانتومی قابل فروش و صادرات، می‌تواند به دنبال افزایش تولید ناخالص داخلی و در عین حال بهبود زیرساخت داخلی باشد. کل بودجه‌ای که انگلیس به محاسبات کوانتومی اختصاص داده است، قریب به ۴ میلیارد و ۲۰۰ میلیون دلار سرمایه‌گذاری است.

به گزارش globalpolicywatch، وزارت علوم، نوآوری و فناوری (DSIT) انگلیس، در ماه‌های گذشته بودجه‌ای ۱۲۸ میلیون دلاری را برای توسعه پنج مرکز تحقیقات کوانتومی اعلام کرد. این مراکز تحقیقاتی در سراسر بریتانیا، در بیرمنگام، ادینبورگ، گلاسگو، لندن و آکسفورد مستقر خواهند شد و دانشگاه‌ها و صنعت را برای توسعه طیف وسیعی از برنامه‌های کاربردی در دنیای واقعی در بخش‌های مختلف گردهم می‌آورند. به طور خاص، این مراکز بر توسعه فناوری‌های کوانتومی انقلابی و تحول‌آفرین تمرکز خواهند کرد که پتانسیل تأثیر مستقیمی را بر مراقبت‌های بهداشتی، امنیت و بخش‌های انرژی پاک دارند. اینها شامل توسعه حسگرهای کوانتومی برای تشخیص و درمان بیماری‌های فوق حساس و توسعه یک اینترنت کوانتومی امین در سراسر انگلیس و توسعه سیستم‌های موقعیت و ناوبری مبتنی بر کوانتوم در امنیت ملی و زیرساخت‌های ملی حیاتی است.

دولت انگلیس در اوایل فوریه ۲۰۲۴، مجموع سرمایه‌گذاری ۵۸ میلیون دلاری را به عنوان بخشی از تلاش این کشور برای تبدیل انگلیس به کشوری با اقتصاد کوانتومی تا سال ۲۰۳۳ اعلام کرد. در این میان، قریب به ۳۹ میلیون دلار از این مبلغ

### پیشگامی چین در محاسبات کوانتومی با سرمایه‌گذاری ۱۵ میلیارد دلاری

کوانتومی به ویژه در سخت‌افزار و اجرای عملی سیستم‌های کوانتومی به طور قابل توجهی عقب‌تر است. چین برای توسعه حوزه محاسبات کوانتومی، متعهد شده است با بودجه دولتی قابل توجهی از این بخش حمایت کند. برآوردها حاکی است که چین بیش از ۱۵ میلیارد دلار روی این حوزه سرمایه‌گذاری کرده که این مقدار بیشتر از سرمایه‌گذاری آمریکا با سه میلیارد و ۸۰۰ میلیون دلار است. چین با تکیه بر سیزدهمین برنامه پنج‌ساله خود برنامه چهاردهم تمرکز چین را بر فناوری کوانتومی با تعیین اهداف خاص‌تر و جاه‌طلبانه‌تر قرار داده که مستلزم ایجاد آزمایشگاه‌های ملی با دسترسی به اطلاعات کوانتومی است؛ این اقدام چین را به عنوان پیشگام در این حوزه در دنیا معرفی می‌کند. برنامه چهاردهم که با اهداف دوگانه تقویت دفاع ملی و قدرت اقتصادی برنامه‌ریزی شده قرار است با پیشرفت‌های کوانتومی پیش رود. وزارت صنعت و فناوری اطلاعات چین (MIIT) در سندی که در سال ۲۰۲۴ منتشر کرد محاسبات کوانتومی را به عنوان یک «صنعت آینده» در سیاست صنعتی گسترده‌تری شناسایی کرد که بر توسعه فناوری محاسبات کوانتومی تمرکز داشت.

به گزارش بنیاد فناوری اطلاعات و نوآوری چین، این کشور پیشرفت‌هایی را در علم اطلاعات کوانتومی دنبال می‌کند که از اصول مکانیک کوانتوم برای پردازش و انتقال اطلاعات به روش‌های اساسی جدید استفاده می‌کند. برخی از این پیشرفت‌ها از نظر مقیاس و گستره از آمریکا پیشی گرفته و پیشگامی آمریکا را در زمینه‌های کوانتومی پشت سر گذاشته است. فناوری‌های کوانتومی نه تنها برای امنیت ملی این کشور اهمیت بالایی دارند، بلکه این پتانسیل را نیز دارند که تأثیری شگرف بر اقتصاد و جامعه به جا بگذارند. قرار گرفتن در خط مقدم این رمز فناوری از لحاظ استراتژیک برای آمریکا از نظر رفاه اقتصادی و اجتماعی بسیار مهم است. به طرزکلی، چین در ارتباطات کوانتومی در دنیا غالب است اما در محاسبات کوانتومی کمی عقب‌تر است و تقریباً با آمریکا در سنجش کوانتومی برابری می‌کند. آزمایشگاه‌های دولتی، دانشگاه‌های برجسته مانند دانشگاه علم و فناوری چین (USTC) و گروهی از شرکت‌های خصوصی در حال پیشرفت فناوری‌هایی‌اند که نزدیک به اولویت‌های ملی‌اند. چین در ارتباطات کوانتومی این و از راه دور در دنیا پیشگام است با وجود این، در محاسبات