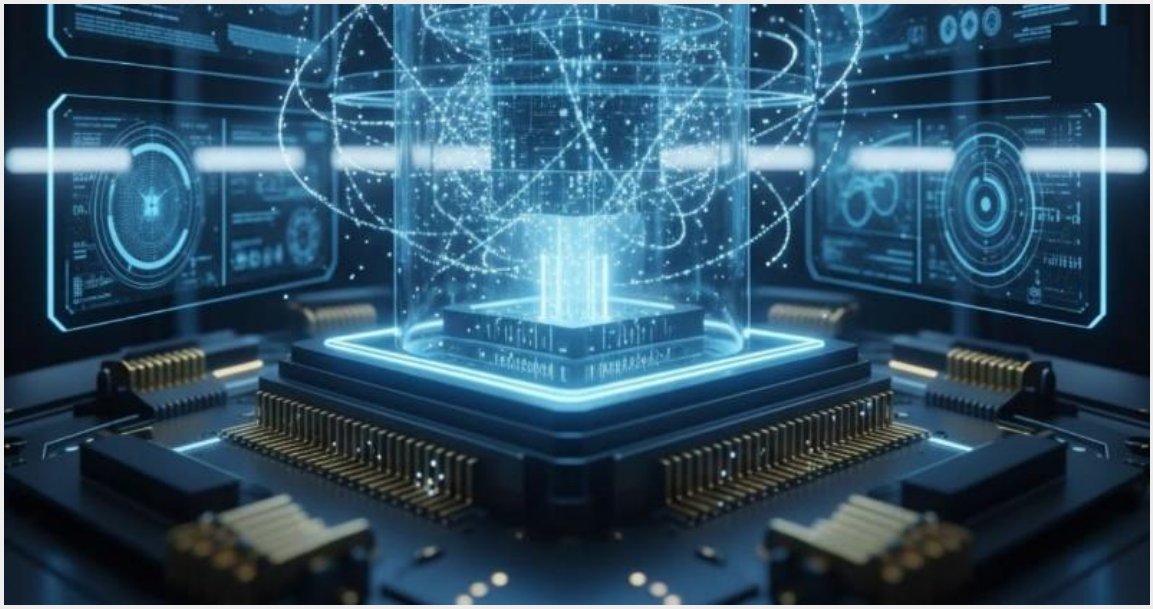
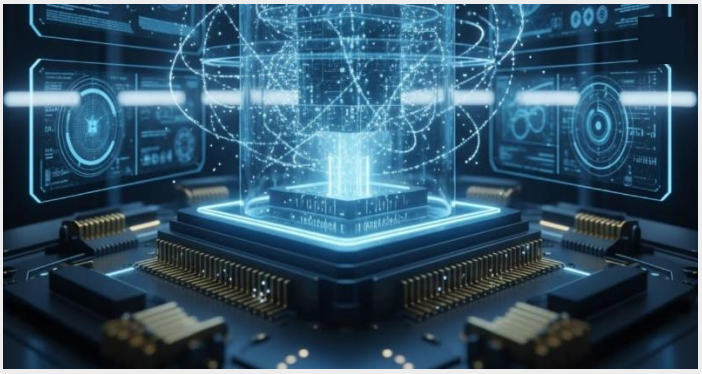
درک پردازش کوانتومی: (راهنمای ساده برای همه)

مرکز تربیت مربی فنی و حرفه ای



پاییز ۱۴۰۴

درک پردازش کوانتومی: (راهنمای ساده برای همه)



گرد آوری :

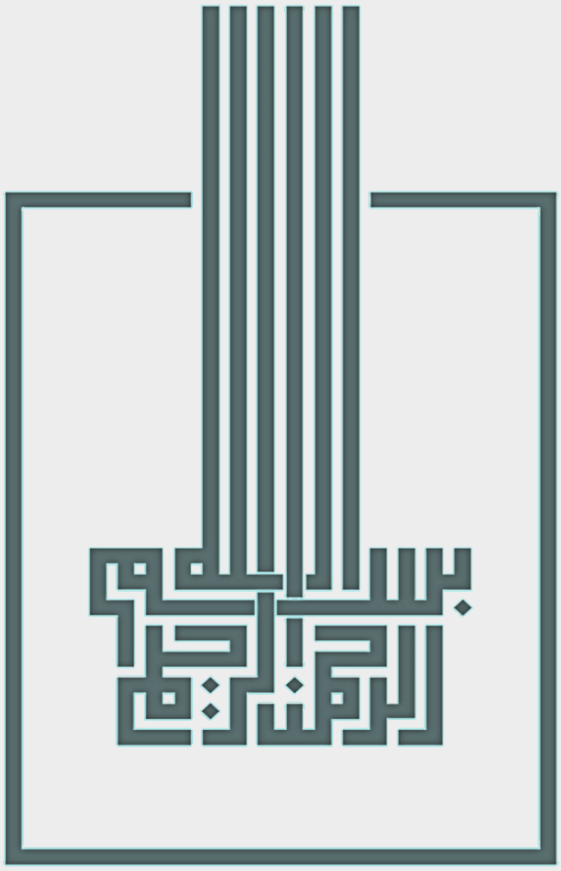
امید بهنام گل

مرکز تربیت مربی فنی و حرفه ای

سازمان آموزش فنی و حرفه ای کشور

رعایت اصول اخلاقی و مسئولیت صحت و دقت محتوا برعهده نویسنده / نویسندگان می باشد.

پاییز ۱۴۰۴



مقدمه

نام "رایانش کوانتومی" ممکن است برای بسیاری از ما یادآور فیلم‌های علمی-تخیلی یا مفاهیم پیچیده فیزیک باشد. در حالی که ریشه‌های این فناوری در مکانیک کوانتومی عمیقاً پیچیده است، اما درک کلی از اینکه رایانه‌های کوانتومی چه هستند، چگونه کار می‌کنند و چه کارهایی می‌توانند انجام دهند، آنقدرها هم دشوار نیست. تصور کنید که کامپیوترهای امروزی (که به آن‌ها "کلاسیک" می‌گوییم) مانند یک لامپ ساده عمل می‌کنند که یا روشن است (۱) یا خاموش (۰). رایانش کوانتومی اما مانند یک لامپ جادویی است که می‌تواند همزمان هم روشن و هم خاموش باشد، و حتی می‌تواند به شکل‌های عجیبی با لامپ‌های جادویی دیگر در ارتباط باشد. این "جادو" به رایانه‌های کوانتومی قدرتی باورنکردنی برای حل مسائلی می‌دهد که برای هیچ کامپیوتر کلاسیکی، حتی با قوی‌ترین سوپراستارهایش، قابل تصور نیست. در این یادداشت، تلاش می‌کنیم تا این مفهوم هیجان‌انگیز را به زبانی ساده و قابل درک برای عموم مردم توضیح دهیم.

1 . از بیت تا کیوبیت:

تفاوت بنیادین: همانطور که اشاره شد، تفاوت اصلی بین کامپیوترهای کلاسیک و کوانتومی در واحد پایه ذخیره و پردازش اطلاعات است:

بیت :(Bit) قلب کامپیوترهای کلاسیک کامپیوترهای کلاسیک، از گوشی هوشمند شما گرفته تا بزرگترین سوپرکامپیوترها، اطلاعات را به صورت بیت ذخیره و پردازش می‌کنند. یک بیت تنها دو حالت می‌تواند داشته باشد: ۰ (خاموش) یا ۱ (روشن). تمام اطلاعاتی که ما می‌بینیم - تصاویر، متن، ویدئو، برنامه‌ها - همگی به زنجیره‌ای از ۰ و ۱ ترجمه می‌شوند. مثلاً برای نمایش یک حرف، کامپیوتر ممکن است از ۸ بیت استفاده کند که هر کدام ۰ یا ۱ هستند. برای حل یک مسئله، کامپیوتر کلاسیک باید تمام محاسبات را به صورت گام به گام و متوالی انجام دهد.

کیوبیت :(Qubit) قدرت فراتر از تصور در مقابل، رایانه‌های کوانتومی از "کیوبیت" استفاده می‌کنند. کیوبیت‌ها بر پایه پدیده‌های عجیب مکانیک کوانتومی عمل می‌کنند:

برهم‌نهی :(Superposition) این همان "لامپ جادویی" است که گفتیم. یک کیوبیت می‌تواند همزمان هم ۰ باشد و هم ۱، یا هر ترکیبی از این دو. تصور کنید که یک سکه در حال چرخش است؛ تا وقتی که فرود نیامده، همزمان هم "شیر" است و هم "خط". کیوبیت‌ها نیز چنین حالتی

دارند. این ویژگی به رایانه کوانتومی اجازه می‌دهد تا به جای پردازش یک مسیر محاسباتی در یک زمان، همزمان چندین مسیر محاسباتی را کاوش کند.

درهم‌تنیدگی (Entanglement): این خاصیت شگفت‌انگیز کوانتومی به این معنی است که دو یا چند کیوبیت می‌توانند به گونه‌ای با هم پیوند بخورند که حتی اگر از هم جدا شوند، حالت یکی فوراً بر حالت دیگری تأثیر می‌گذارد، مهم نیست چقدر از هم دور باشند. انیشتین این پدیده را "کنش شبح‌وار از راه دور" نامید. در رایانش کوانتومی، درهم‌تنیدگی به کیوبیت‌ها اجازه می‌دهد تا اطلاعات را به صورت هماهنگ و بسیار کارآمدتر از بیت‌های کلاسیک با هم به اشتراک بگذارند. این دو ویژگی اصلی، یعنی برهم‌نهی و درهم‌تنیدگی، به رایانه‌های کوانتومی قدرتی بی‌نظیر برای انجام محاسبات موازی می‌دهند که کامپیوترهای کلاسیک قادر به آن نیستند. به جای امتحان کردن یک راه حل در یک زمان، یک رایانه کوانتومی می‌تواند میلیون‌ها راه حل را به صورت همزمان بررسی کند.

2. چگونه یک رایانه کوانتومی کار می‌کند؟

(بسیار ساده) رایانه‌های کوانتومی برخلاف کامپیوترهای خانگی ما که از تراشه‌های سیلیکونی استفاده می‌کنند، بر پایه فیزیک کوانتومی ساخته می‌شوند. رایج‌ترین انواع کیوبیت‌ها از "اتم‌های فوق‌سرد" (یون‌های به دام افتاده) یا "مدارهای ابررسانا" ساخته می‌شوند که باید در دماهای بسیار پایین، نزدیک به صفر مطلق (۲۷۳- درجه سانتی‌گراد)، نگهداری شوند تا خواص کوانتومی آن‌ها حفظ شود.

آماده‌سازی کیوبیت‌ها: ابتدا کیوبیت‌ها در حالت اولیه مشخصی قرار می‌گیرند.

اعمال گیت‌های کوانتومی: سپس "گیت‌های کوانتومی" (معادل مدارهای منطقی در کامپیوتر کلاسیک) به کیوبیت‌ها اعمال می‌شوند. این گیت‌ها در واقع میدان‌های مغناطیسی، پالس‌های مایکروویو یا لیزرهایی هستند که حالت کوانتومی کیوبیت‌ها را دستکاری می‌کنند. این دستکاری‌ها باعث می‌شوند کیوبیت‌ها وارد حالت برهم‌نهی و درهم‌تنیدگی شوند.

اندازه‌گیری: در نهایت، حالت کیوبیت‌ها اندازه‌گیری می‌شود. در لحظه اندازه‌گیری، برهم‌نهی از بین می‌رود و کیوبیت به یکی از حالت‌های ۰ یا ۱ "فرومی‌پاشد". به دلیل ماهیت احتمالی مکانیک کوانتومی، یک محاسبه کوانتومی باید چندین بار تکرار شود تا نتیجه محتمل‌تر و صحیح‌تر به دست آید.

تصور کنید که می‌خواهید یک مسیر بهینه را در یک هزارتوی بسیار پیچیده پیدا کنید. یک کامپیوتر کلاسیک باید یک مسیر را انتخاب کند، اگر به بن‌بست رسید برگردد و مسیر دیگری را امتحان کند، و این کار را تا پیدا کردن راه حل ادامه دهد. یک کامپیوتر کوانتومی با استفاده از برهم‌نهی می‌تواند به نوعی "همزمان در تمام مسیرها" حرکت کند و با استفاده از درهم‌تنیدگی، اطلاعات بین این مسیرها را به سرعت به اشتراک بگذارد تا به راه‌حل برسد.

3. رایانش کوانتومی برای چه کارهایی خوب است؟ (و برای چه کارهایی نیست؟)

مهم است بدانیم که رایانش کوانتومی جایگزین کامپیوترهای کلاسیک نیست؛ بلکه یک ابزار قدرتمند جدید برای حل انواع خاصی از مشکلات است.

زمینه‌های کاربرد کوانتومی:

کشف دارو و علم مواد: شبیه‌سازی دقیق رفتار مولکول‌ها و اتم‌ها، که برای کامپیوترهای کلاسیک بسیار پیچیده است، می‌تواند با رایانش کوانتومی انجام شود. این امر می‌تواند منجر به کشف داروهای جدید، مواد با خواص بهبود یافته (مثلاً ابررساناهای جدید یا کاتالیزورهای کارآمدتر) و باتری‌های بهتر شود.

رمزنگاری و امنیت: رایانه‌های کوانتومی می‌توانند بسیاری از روش‌های رمزنگاری امروزی که اینترنت و ارتباطات ما را ایمن می‌کنند مانند(RSA)، را بشکنند. این یک چالش بزرگ برای امنیت سایبری است، اما همزمان، رایانش کوانتومی می‌تواند به توسعه روش‌های رمزنگاری فوق‌العاده امن (که حتی با کامپیوترهای کوانتومی هم قابل شکستن نیستند) کمک کند.

بهینه‌سازی: حل مسائل بهینه‌سازی پیچیده در صنایع مختلف مانند لجستیک (یافتن کارآمدترین مسیر برای تحویل بسته‌ها)، مدیریت مالی (بهینه‌سازی پورتفوی سرمایه‌گذاری) و تولید (بهینه‌سازی خطوط مونتاژ).

هوش مصنوعی و یادگیری ماشین: الگوریتم‌های کوانتومی می‌توانند برای بهبود یادگیری ماشین، پردازش داده‌های عظیم و کشف الگوهای پنهان در آن‌ها به کار روند.

مدل‌سازی مالی: پیش‌بینی دقیق‌تر بازارهای مالی و مدیریت ریسک.

چه کارهایی را نمی‌تواند انجام دهد؟

رایانش کوانتومی برای کارهایی که ما روزانه با کامپیوترهایمان انجام می‌دهیم – مانند مرور وب، ارسال ایمیل، بازی کردن یا ویرایش متن – طراحی نشده است و احتمالاً هرگز نیز طراحی نخواهد شد. برای اینگونه کارها، کامپیوترهای کلاسیک همچنان سریع‌تر، ارزان‌تر و کارآمدتر هستند. رایانش کوانتومی بیشتر شبیه به یک سوپرکامپیوتر تخصصی است که فقط برای حل "فوق‌مسائل" خاصی به کار می‌رود.

نتیجه‌گیری:

پردازش کوانتومی یک حوزه جدید و هیجان‌انگیز است که پتانسیل تغییر دنیا را دارد. در حالی که هنوز در مراحل اولیه توسعه خود قرار دارد و با چالش‌های مهندسی بزرگی (مانند پایداری کیوبیت‌ها و ساخت رایانه‌های کوانتومی با تعداد کیوبیت‌های بالا) روبرو است، پیشرفت‌های سریع در این زمینه نشان می‌دهد که آینده‌ای با قابلیت‌های محاسباتی بی‌سابقه در انتظار ماست. درک این فناوری، حتی در سطح عمومی، به ما کمک می‌کند تا برای فرصت‌ها و چالش‌هایی که رایانش کوانتومی در سال‌های آینده به ارمغان خواهد آورد، آماده باشیم. این دانش به ما اجازه می‌دهد تا از تحولات علمی و تکنولوژیکی که در حال شکل‌گیری است، آگاه باشیم و با دید بازتری به آینده نگاه کنیم.

منابع :

"Quantum Computing for Everyone" by Scott Aaronson

"Quantum Computing: A Very Short Introduction" by Peter Kaye, Raymond Laflamme, and Michele Mosca.

"Quantum Enigma: Physics Encounters Consciousness" by Bruce Rosenblum and Fred Kuttner

وب‌سایت‌ها و پلتفرم‌های آموزشی:

https://quantum-computing.ibm.com/

https://learn.microsoft.com/en-us/quantum/

https://quantum.country/

https://www.khanacademy.org/science/physics/quantum-mechanics

ITC
مرکز تربیت مربی فنی و حرفه ای