



هوش مصنوعی و به طور خاص، یادگیری ماشین از یک سو و پردازش کوانتومی از سوی دیگر، دو موضوع تحقیقاتی بسیار داغ این روزها هستند. مدتی است که برخی از محققان تلاش می‌کنند با گره زدن این دو حوزه و ترکیب قابلیت‌های آن‌ها، راهکاری جدید برای چالش‌های امروز ارائه دهند: یادگیری ماشین با کمک کامپیوترهای کوانتومی. مزایای این ترکیب هوش مصنوعی و رایانش کوانتومی فراتر از حد تصور است تا حدی که حتی برخی از محققان به درستی نمی‌دانند این قابلیت‌ها ما را تا کجا خواهد برد. در مطلب پیش رو با نگاهی کوتاه به این موضوع، به برخی از تلاش‌های صورت گرفته در این حوزه اشاره‌ای خواهیم داشت.

عملکرد کامپیوترهای کوانتومی برای ما بسیار عجیب است و به سختی آن‌ها را درک می‌کنیم. کامپیوترهای کوانتومی آن قدر پیچیده هستند که تهیه نرم‌افزار برای آن‌ها یک چالش اساسی است. رویای ساخت کامپیوترهای کوانتومی رویایی حدوداً ۴۰ ساله است و برای ساخت نمونه‌هایی عملی از چنین کامپیوترهایی، تلاش زیادی می‌شود. شرکت‌های بزرگ به همراه استارت‌آپ‌هایی که سرمایه‌های خوبی هم جذب می‌کنند در عرصه ساخت ماشین‌های کوانتومی با یکدیگر در رقابت هستند. اگر چه شرکت‌هایی نظیر آی‌بی‌ام، گوگل، اینتل و مایکروسافت سرمایه‌گذاری زیادی در توسعه این فناوری می‌کنند، اما هنوز این فناوری در مراحل ابتدایی است. کامپیوترهای کوانتومی تفاوت‌های زیادی با کامپیوترهای معمولی دارند. این کامپیوترها برخلاف نمونه‌های معمول، بر اساس صفر و یک کار نمی‌کنند، بلکه بر اساس دو پدیده کوانتومی «برهم‌نهی» و «درهم‌تنیدگی» قادرند حجم زیادی از داده را به طور هم‌زمان پردازش کنند. واحد پردازش کوانتومی، «بیت کوانتومی» یا به اختصار «کیوبیت» (qubit) است. با افزایش تعداد کیوبیت‌های یک کامپیوتر کوانتومی، توان پردازشی به طور نمایی افزایش می‌یابد و این یکی از قابلیت‌های مهم پردازنده‌های کوانتومی است. از این کامپیوترها به عنوان راهکاری برای رفع چالش‌هایی نظیر رمزنگاری و شبیه‌سازی مواد جدید یاد می‌شود و حالا مدتی است که استفاده از آن‌ها در [یادگیری ماشین](#) مورد توجه بیشتری قرار گرفته است.

مطلب پیشنهادی



یادگیری کوانتومی ماشین‌ها و کشف ماهیت جهان

پردازش کوانتومی نورومورفیک

گروهی متشکل از محققان اروپایی در پروژه‌ای موسوم به « پردازش کوانتومی نورومورفیک » (Quromorphic)، به دنبال ساخت ابزارهای پردازش کوانتومی جدیدی هستند که با پشت سر گذاشتن محدودیت‌های پردازشی موجود، قادر

به انجام هم‌زمان حجم زیادی از وظایف مربوط به [هوش مصنوعی](#) باشند. به‌عنوان مثال، در حال حاضر برای آموزش دادن

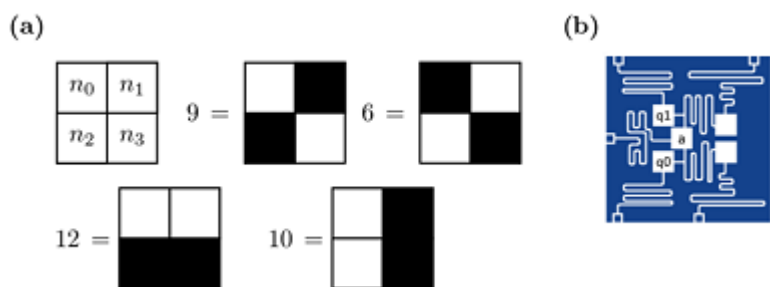
سامانه‌های هوش مصنوعی شناسایی چهره، در هر لحظه یک عکس به‌عنوان داده آموزشی در اختیار سامانه قرار می‌گیرد، درحالی‌که در شبکه‌های عصبی کوانتومی می‌توان در هر لحظه هزاران و حتی میلیون‌ها عکس را به‌منظور آموزش به شبکه داد. پروفیسور مایکل هارتمن از انستیتوی فوتونیک و علوم کوانتومی دانشگاه هریوت وات اسکاتلند (IPaQS) سرپرستی این پروژه را به‌عهده دارد و محققانی از مؤسسه فناوری زوریخ سوییس، دانشگاه فنی دلفت هلند، دانشگاه باسک (اسپانیا)، آی‌بی‌ام سوییس و شرکت خودروسازی فولکس‌واگن آلمان با این پروژه همکاری می‌کنند. هارتمن معتقد است: «هوش مصنوعی در حال متحول کردن نحوه استفاده ما از داده‌هاست. برنامه‌های کامپیوتری معمولاً با شبیه‌سازی عملکرد مغز انسان وظایفی نظیر تشخیص چهره یا دست‌خط را انجام می‌دهند، اما در پروژه ما مسیر متفاوتی دنبال می‌شود. هدف ما، توسعه نوعی از سخت‌افزار پردازش کوانتومی است که از عملکرد نوروها تقلید می‌کند. این دستگاه‌های کوانتومی جدید مبتنی بر مدارهای الکتریکی ابررسانا هستند و سیگنال‌های ورودی را مشابه نوروها با هم ترکیب می‌کنند و خروجی را تحویل می‌دهند.» انتظار می‌رود، با ترکیب نسخه کوانتومی چنین مدارهای الکتریکی (شکل ۱)، به توانایی پردازش حجم بسیار بیشتری از سیگنال‌های ورودی دست یابیم و سامانه‌های مجهز به این شبکه‌های عصبی قادر باشند در یک لحظه و به‌طور هم‌زمان تصمیم‌های بیشتری بگیرند و در نتیجه سرعت پردازش به طرز چشمگیری افزایش یابد. هارتمن با این‌که به قابلیت‌های شگفت‌انگیز چنین شیوه‌ای اعتقاد دارد، اما اعتراف می‌کند هنوز از توانایی‌های بالقوه چنین راهکاری شناختی کامل وجود ندارد و فقط باگذشت زمان و در آینده می‌توان به این قابلیت‌ها پی برد.



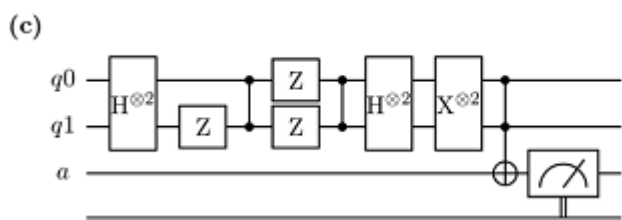
شکل ۱. مدارهای الکتریکی ابررسانا برای پردازش کوانتومی

پرسپترون کوانتومی

گروهی از محققان ایتالیایی در پی یافتن این پرسش هستند که آیا امکان دارد یک شبکه پرسپترون 1 را روی کامپیوتری کوانتومی پیاده کنیم، اگر پاسخ مثبت است، توان محاسباتی چنین شبکه‌ای چقدر خواهد بود؟ در تلاش‌های پیشین برای پیاده‌سازی کوانتومی پرسپترون، کیوبیت‌های مجزا به‌عنوان نوروهای شبکه در نظر گرفته می‌شدند. فرایندی فوق‌العاده پیچیده که در عمل، نتایج چندانی ندارد. گروه ایتالیایی از روشی متفاوت استفاده کردند: « در اینجا ما روش جایگزینی را معرفی می‌کنیم که پرسپترونی شبیه آنچه را روزنبلات مطرح کرده بود روی یک کامپیوتر کوانتومی پیاده‌سازی می‌کند.» آن‌ها نسخه‌ای ۲ کیوبیتی از الگوریتم خود را روی سامانه کوانتومی ابری آی‌بی‌ام پیاده‌سازی کرده‌اند. سامانه آی‌بی‌ام امکان دسترسی ابری به پردازنده ۵ کیوبیتی Q-5 را فراهم می‌کند. این محققان از دانشگاه پاویا در ایتالیا به سرپرستی Francesco Tacchino نخستین گروهی هستند که موفق به پیاده‌سازی پرسپترون روی یک کامپیوتر کوانتومی شده‌اند و آن را با وظایف بسیار ساده پردازش تصویر آزموده‌اند. در این آزمایش کار پیچیده‌ای از پرسپترون خواسته نشده، اما این محققان معتقد بودند: « الگوریتم ما یک مزیت‌نمایی را در مقایسه با مدل‌های پرسپترون سنتی به نمایش می‌گذارد.» الگوریتم ساخته شده این محققان ساختند یک بردار کلاسیک نظیر یک تصویر را به‌عنوان ورودی دریافت کرده و آن را با یک بردار وزن‌دهی‌شده کوانتومی ترکیب می‌کند و خروجی صفر یا یک می‌دهد. مزیت بزرگ پردازش کوانتومی در مقایسه با شبکه‌های عصبی پیاده شده بر سامانه‌های پردازشی معمول این است که امکان افزایش نمایی ابعاد آرایه وجود دارد. پرسپترون معمولی می‌تواند یک ورودی N بعدی را پردازش کند، در حالی‌که یک پرسپترون کوانتومی قادر به پردازش ۲ به نمای N بعد است. محققان با این پردازنده کوانتومی آی‌بی‌ام، تصویری سیاه و سفید و به ابعاد ۲ در ۲ پردازش کرده‌اند (N برای این پردازنده ۲ است). (شکل ۲)



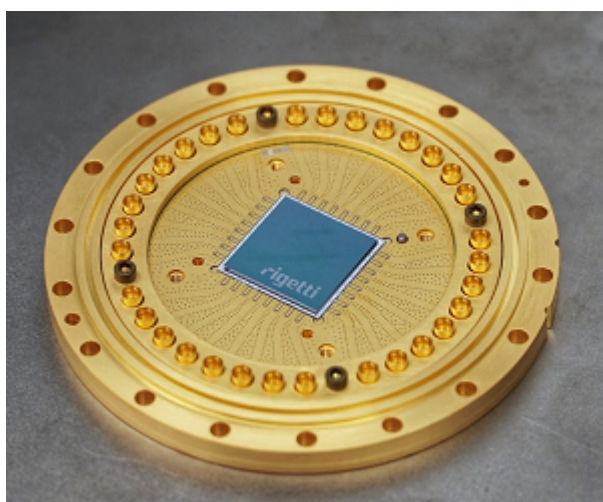
□ □□□ □□□□ □□□□ . a - □□□□
 □□□□□□ □□□□□□□□ □□
 □□□□□□□□ □□ □□□□□□□□□□□□□□ . b
 □□□□ □□ □□ (Tenerife) □□□□□□□□ Q-5
 □□□□ □□□□□□□□ □□□□□□□□□□ . c
 □□□□ □□□□□□□□□□ □□ □□□□□□□□□□
 $N=2$ □□□□



این آزمایش نشان داد، پرسپترو کوانتومی الگوهای موجود در این تصاویر ساده را به سادگی طبقه‌بندی می‌کند. به گفته Tacchino این مدل کوانتومی از پرسپترو را می‌توان به عنوان یک ابزار ابتدایی دسته‌بندی غیرخطی الگوهای ساده به کار برد. این محققان در تلاشند تا نشان دهند چگونه می‌توان با توجه به تعداد اندک کیوبیت‌های در دسترس، از این روش برای الگوهای پیچیده‌تر استفاده کرد. پرسپترو کوانتومی این محققان در مراحل اولیه است و در آینده قرار است روی تصاویر با سطوح خاکستری و ایجاد شبکه‌های پرسپترو کوانتومی چند لایه کار شود. به طوری که بتوان آن را روی هر پلتفرم پردازش کوانتومی پیاده کرد. در این راه محدودیت‌هایی وجود دارد، از جمله دسترسی به کامپیوترهای کوانتومی که قادر به کار با تعداد بیشتری از کیوبیت‌ها باشند. البته اغلب محققان این حوزه معتقدند تا دستیابی به کامپیوترهای کوانتومی این چنینی، راهی نمانده است.

خوشه‌بندی کوانتومی

در سال ۲۰۱۷ محققان شرکت ریگتی (Rigetti) در برکلی کالیفرنیا یک الگوریتم خوشه‌بندی (Clustering) را روی نمونه اولیه‌ای از یک تراشه کوانتومی اجرا کردند (شکل ۳).



□□□□ □□□□□□ □□□□□□□□ □□ □□□□□□□□□□ . □□□□

خوشه‌بندی در یادگیری ماشین برای سازماندهی و دسته‌بندی داده‌ها استفاده می‌شود و یک مسئله اساسی و بنیادین ریاضی محسوب می‌شود. این شرکت، کامپیوتر کوانتومی ۱۹ کیوبیتی خود را در قالب یک پلتفرم رایانش ابری موسوم به فارست (Forest) در دسترس قرار داد. توانایی پردازنده کوانتومی ریگتی در مقایسه با آی‌بی‌ام و گوگل که پردازنده‌های کوانتومی چند ده کیوبیتی در اختیار دارند، بسیار ناچیز است. با این حال، در اختیار داشتن کیوبیت بیشتر لزوماً به معنا برتری نیست. حفظ حالت‌های کوانتومی و توانایی دستکاری مطمئن کیوبیت‌ها چالش‌های مهمی در

مسیر ساخت کامپیوترهای کوانتومی هستند. شرکت ریگیتی نظیر برخی دیگر از فعالان حوزه پردازش کوانتومی، از روشی ترکیبی بهره می‌برد، به این معنا که ماشین کوانتومی با همکاری یک کامپیوتر معمولی کار می‌کند و به این صورت، برنامه‌ریزی ساده‌تر انجام می‌شود. به گفته Will Zeng مدیر بخش نرم‌افزارهای شرکت ریگیتی، سامانه‌های این شرکت مقیاس‌پذیری بیشتری را نسبت به نمونه‌های ارائه شده از سوی رقبا عرضه می‌کند. او معتقد است، این پروژه گامی مهم به سوی ساخت یک ماشین کوانتومی و آزمودن کاربردهای عملی کامپیوترهای کوانتومی است.

مطلب پیشنهادی



یک پروژه عملی یادگیری ماشین چگونه می‌توانیم در عمل از یادگیری ماشین استفاده کنیم؟

یادگیری کوانتومی

کریستوفر مونرو از دانشگاه مریلند و محقق ارشد IonQ، یکی از استارت‌آپ‌های فعال در حوزه رایانش ابری، معتقد است: «هنوز خیلی زود است که نتیجه بگیریم رایانش کوانتومی، تحولی در حوزه یادگیری ماشین ایجاد خواهد کرد.» او می‌گوید: «ما هنوز درک درستی از این‌که یادگیری ماشین کلاسیک چگونه و چرا کار می‌کند، نداریم. در نتیجه به نظر می‌رسد که استفاده از کوانتوم برای پیاده‌سازی یادگیری ماشین ممکن است سبب پیچیده‌تر شدن حوزه‌ای شود که همین حالا هم برای ما پیچیده است.» اما او به این موضوع هم اشاره می‌کند که ممکن است یادگیری ماشین نقش مهمی در قابل‌اطمینان‌تر شدن کامپیوترهای کوانتومی بازی کند. به‌عنوان مثال، شاید یادگیری ماشین غیرکوانتومی، به مدیریت رفتار پیچیده کامپیوترهای کوانتومی کمک کند.

اسکات آرونسون، مدیر مرکز «Quantum Information» دانشگاه تگزاس معتقد است: «در آینده پردازش کوانتومی به افزایش سرعت برخی از فرآیندهای یادگیری ماشین کمک خواهد کرد و هرچند برای نمایش این‌که آیا چنین راهکاری در عمل مفید خواهد بود یا خیر، باید کار بیشتری انجام شود.» آرونسون و مونرو معتقدند: «در دسترس قرار دادن کامپیوترهای کوانتومی از طریق ابر نظیر همان کاری است که شرکت‌هایی نظیر ریگیتی، آی‌بی‌ام و گوگل انجام می‌دهند و نقش حیاتی در توسعه پردازش کوانتومی خواهند داشت، زیرا دسترسی مهندسان و برنامه‌نویسان به چنین سامانه‌هایی و فراهم بودن امکان تجربه با این ماشین‌ها به گسترش کاربردها و نرم‌افزارهای مورد نیاز کمک خواهد کرد.»

به عقیده پروفیسور هارتمن با توجه به اهمیت اقتصادی یادگیری ماشین، ابزارهای محاسباتی کوانتومی به سرعت فناوری‌های موجود در حوزه هوش مصنوعی را کنار خواهند زد، زیرا در کاربردهای دنیای واقعی، آن‌ها توانمندتر هستند و برای مثال توانایی حل مسائل بسیار پیچیده را در زمان واقعی دارند.

پی‌نوشت:

۱. پرسپترون (Perceptron) یک شبکه عصبی تک‌لایه است. به بیان ساده، پرسپترون مجموعه‌ای از اعداد را در قالب بردار ورودی دریافت کرده و با ضرب کردن این بردار در بردار وزن، یک عدد را نتیجه می‌دهد. اگر مقدار این عدد، بیش از یک حد آستانه شود، خروجی (یک) و اگر کمتر از حد آستانه باشد، خروجی (صفر) خواهد بود. چنین شبکه‌ای کاربردهای مفیدی خواهد داشت. به‌عنوان مثال، آرایه‌ای از عناصر تصویری (پیکسل) را در نظر بگیرید که هر مقدار در این آرایه متناظر با میزان روشنایی هر یک از پیکسل‌ها است. وقتی این آرایه را به یک شبکه پرسپترون ارائه دهیم، خروجی شبکه مجموعه‌ای از صفرها و یک‌ها خواهد بود. هدف از آموزش شبکه این است که با تنظیم مقادیر بردار وزن و حد آستانه، شبکه بتواند با تشخیص الگوی مورد نظر ما در تصویر، یک تولید کند و در سایر موارد صفر تولید شود. فرانک روزنبلات دهه‌ها پیش ایده پرسپترون را مطرح کرد. محققان به‌زودی به این نتیجه رسیدند یک پرسپترون، تنها قادر به طبقه‌بندی تصاویر بسیار ساده است و بعدها دریافتند با ترکیب پرسپترون‌ها و ایجاد شبکه‌های چندلایه می‌توانند قابلیت‌های بیشتری را به این روش بیفزایند. پیشرفت‌های مختلف در این حوزه به ساخت ماشین‌هایی منجر شد که قادر به شناسایی اشیا و چهره‌ها با دقتی مشابه انسان بودند و حتی رقیب بهترین بازیکنان شطرنج و بازی‌های فکری سنتی شدند

[hw](#)
[technologyreview](#)
[technologyreview](#)
[thenextweb](#)

تاریخ انتشار:
18 اردیبهشت 1398

نشانی منبع:

<https://www.shabakeh-mag.com/information-feature/15190/%DB%8C%D8%A7%D8%AF%DA%AF%DB%8C%D8%B1%DB%8C-%D9%85%D8%A7%D8%B4%DB%8C%D9%86-%DA%A9%D9%88%D8%A7%D9%86%D8%AA%D9%88%D9%85%DB%8C>