سه شنبه 11 فروردین 1405 - 09:29

دستیابی به «مغز»، قدم بعدی رایانه‌ها!

تراشه‌های شبیه به مغز می‌توانند مرز بعدی برای پیشرفت محاسبات باشند، چرا که مهندسان به «تراشه‌های نورومورفیک» روی آورده‌اند تا هوش سریع، کارآمد و در محل را نه با مقیاس‌بندی هوش مصنوعی،..

تراشه های شبیه به مغز می توانند مرز بعدی برای پیشرفت محاسبات باشند، چرا که مهندسان به «تراشه های نورومورفیک» روی آورده اند تا هوش سریع، کارآمد و در محل را نه با مقیاس بندی هوش مصنوعی، بلکه با طراحی مجدد نحوه تفکر ماشین ها به لبه دانش بیاورند.

به گزارش ایسنا، محاسبات نورومورفیک یا سخت افزاری که بر اساس نورون ها و اسپایک های مغز مدل سازی شده است، به سرعت از آزمایشگاه های تحقیقاتی به مهندسی دنیای واقعی در حال حرکت است. در این دوران محاسبات پیشرفته در لبه دانش، شرکت ها و محققان در حال ساخت تراشه های «شبیه به مغز» یا «شبه مغز» هستند که داده ها را فقط زمانی که رویدادها رخ می دهند، پردازش می کنند. نتیجه اینکه بهره وری انرژی به طور چشمگیری بالاتر می رود و تأخیر بسیار کمتری نسبت به پردازنده های گرافیکی و پردازنده های مرکزی سنتی حاصل می شود.

محاسبات نورومورفیک یک رویکرد محاسباتی است که از ساختار و عملکرد مغز انسان الهام گرفته شده است. این روش از نورون های مصنوعی برای انجام محاسبات استفاده می کند و سیستم های عصبی را برای وظایفی مانند ادراک، کنترل حرکتی و ادغام چندحسی تقلید می کند.

این سیستم ها با شبیه سازی پردازش توزیع شده مغز در عناصر محاسباتی کوچک، به استحکام، سازگاری و یادگیری اولویت می دهند. این حوزه میان رشته ای، زیست شناسی، فیزیک، ریاضیات، علوم رایانه و مهندسی الکترونیک را برای توسعه سیستم هایی که مورفولوژی و استراتژی های محاسباتی مغز را شبیه سازی می کنند، ادغام می کند.

سیستم های نورومورفیک با هدف افزایش بهره وری انرژی و قدرت محاسباتی برای برنامه هایی از جمله هوش مصنوعی، تشخیص الگو و پردازش حسی طراحی شده اند.

شبکه های عصبی اسپایک(SNN) اساساً با هوش مصنوعی معمولی متفاوت هستند. آنها با الهام از رفتار مبتنی بر مغز، به جای فعال سازی های عددی ثابت از اسپایک های ناهمزمان استفاده می کنند.

همانطور که یک بررسی اخیر توضیح می دهد، شبکه های عصبی عمیق، ابزارهای با دقت بالا و کاربری آسان ارائه می دهند، اما از نظر محاسباتی فشرده هستند و انرژی قابل توجهی مصرف می کنند. SNNها از معماری های الهام گرفته از زیست و مبتنی بر رویداد استفاده می کنند که می توانند به طور قابل توجهی از نظر انرژی کارآمدتر باشند، اما به ابزارهای آموزشی کمتر بالغ متکی هستند.

این پراکندگی شبیه به مغز، صرفه جویی زیادی در مصرف انرژی ایجاد می کند.

شرکت اینتل گزارش می دهد که تراشه های نورومورفیک می توانند استنتاج و بهینه سازی هوش مصنوعی را با ۱۰۰ برابر انرژی کمتر و با سرعت ۵۰ برابر سریع تر از سیستم های CPU/GPU معمولی انجام دهند یا به عنوان مثال، تراشه TrueNorth شرکت IBM به ۴۰۰ میلیارد عملیات در ثانیه به ازای هر وات دست یافته که راندمانی از انرژی است که هیچ پردازنده سنتی نمی تواند با آن رقابت کند.

این دستاوردها با بده بستان هایی همراه هستند. SNNها معمولاً از نظر دقت و ابزار به بلوغ کمتری می رسند. همانطور که در یک بررسی اشاره شده است، DNNهای سنتی هنوز هم از نظر دقت و سهولت استفاده برنده هستند، در حالی که SNNها می توانند به طور قابل توجهی از نظر انرژی کارآمدتر باشند، اما به روش های آموزشی جدیدی نیاز دارند. محققان در حال پر کردن این شکاف هستند، اما در حال حاضر، هوش مصنوعی اسپایک اغلب در دقت خام کمی از هوش مصنوعی استاندارد عقب تر است.

SNNهای الهام گرفته از مغز، داده ها را در میلی ثانیه با میکروژول پردازش می کنند، نه در ثانیه با ژول. الگوی «فقط در صورت نیاز فعال شدن» مبتنی بر رویداد آنها، حتی اگر به الگوریتم ها و سخت افزارهای تخصصی نیاز باشد، تأخیر و قدرت بسیار کمتری را ارائه می دهد.

مسابقه جهانی: از Loihi تا میمون داروین

غول های فناوری و دولت ها در حال سرمایه گذاری های سنگین روی تراشه های نورومورفیک هستند. در ایالات متحده، شرکت های اینتل و IBM در این زمینه پیشرو بوده اند.

تراشه TrueNorth شرکت IBM ساخته سال ۲۰۱۴ دارای یک میلیون نورون و ۲۵۶ میلیون سیناپس بود و تنها ۶۵ میلی وات برق مصرف می کرد و ۵۸ گیگا-سیناپتیک عملیات در ثانیه انجام می داد.

آزمایشگاه های شرکت اینتل به تراشه «Loihi 2»، «Loihi» و سیستم های بزرگی مانند «Pohoiki Beach» با ۸ میلیون نورون و «Hala Point» با ۱.۱۵ میلیارد نورون دست یافتند.

این شرکت ادعا می کند که این نمونه های اولیه ۵۰ برابر سریع تر و با ۱۰۰ برابر انرژی کمتر از GPUها اجرا می شوند و قرار دادن ۱۱۵۲ تراشه Loihi2 در Hala Point آن، افزایش قابل توجهی در سرعت و کارایی را امکان پذیر کرده است.

شرکت BrainChip (ایالات متحده/کانادا) و استارت آپ هایی مانند SynSense سوئیس نیز در حال پیشبرد فناوری نورومورفیک هستند. هسته کاملاً دیجیتال تراشه Akida SNN شرکت BrainChip برای هوش مصنوعی لبه ای در خودروها و دوربین ها طراحی شده است.

از سوی دیگر، چین نیز در حال پیشرفت است. طرح های فناوری پکن ده ها میلیارد دلار را به سخت افزار هوش مصنوعی اختصاص می دهد و تراشه های نورومورفیک به عنوان پرچمدار عمل می کنند. به عنوان مثال، پروژه «میمون داروین»(Darwin Monkey) چین یک رایانه نورومورفیک در مقیاس رَک با بیش از ۲ میلیارد نورون و ۱۰۰ میلیارد سیناپس ساخته است، با این حال

تنها حدود ۲۰۰۰ وات برق مصرف می کند. این سیستم موسوم به «Wukong» از ۹۶۰ تراشه نوروسیناپتیک سفارشی در ۱۵ رَک استفاده می کند که از نظر مقیاس با Hala Point شرکت اینتل رقابت می کند، اما تنها یک دهم برق آن را مصرف می کند.
ابتکارات تحت حمایت دولت چین، این فناوری را تکمیل می کنند. گزارش ها حاکی از آن است که چین تا ۱۵۰ میلیارد دلار به تحقیق و توسعه هوش مصنوعی و تراشه بومی خود اختصاص داده است.
شرکت های اینتل، IBM و دیگران، این تحولات را به دقت زیر نظر دارند. تراشه های Loihi و Loihi2 اینتل هر کدام ۱ تا ۲ میلیون نورون را با صدها میلیون سیناپس مدل سازی می کنند، در حالی که یک میلیون نورون TrueNorth با موازی سازی مبتنی بر رویداد کار می کنند؛ ارقامی که در مقایسه با پروژه چند میلیارد نورونی «میمون داروین» ناچیز به نظر می رسند.
با این حال، هر رویکرد، نقاط قوت منحصر به فردی را ارائه می دهد. شرکت IBM اخیراً حدود ۳۰ میلیون دلار به یک تلاش تحقیق و توسعه نورومورفیک نسل بعدی موسوم به NorthPole اختصاص داده است. اتحادیه اروپا و ژاپن نیز تحقیقات نورومورفیک را تأمین مالی می کنند. به عنوان مثال، ژاپن پروژه ای به نام AiMOS را در دست توسعه دارد.
این مسابقه جهانی، سازندگان تراشه و استارت آپ های غربی را در مقابل سرمایه گذاری های دولتی چین قرار می دهد. تحلیلگران پیش بینی می کنند که فناوری نورومورفیک در تمام حوزه های هوش مصنوعی لبه ای گسترش خواهد یافت.
این حوزه با سرمایه گذاری سنگین دولت ها و صنایع در پردازنده های شبیه به مغز، یک جبهه پیشرو در مسابقه تسلیحاتی نیمه رساناهای صنعتی است.

کاربردهای صنعتی؛ ربات های خودمختار و اینترنت اشیاء با مغزهای میلی ثانیه ای

تراشه های نورومورفیک فقط کنجکاوی های آزمایشگاهی نیستند. سیستم های واقعی در حال حاضر عملکرد صنعتی فوق العاده سریع و کم مصرف را نشان می دهند. پهپادها و ربات های خودمختار را در نظر بگیرید. محققان در دانشگاه فنی دلفت(Delft)، یک پهپاد پرنده کاملاً نورومورفیک ساخته اند. شبکه ورودی و کنترل دوربین رویداد آن بر روی یک تراشه Loihi اینتل اجرا می شود و به سرعت پردازش تا ۶۴ برابر بیشتر از یک پردازنده گرافیکی دست یافته است، در حالی که تقریباً سه برابر انرژی کمتری مصرف می کند.
همانطور که پایگاه Neuroscience News تأکید می کند، شبکه عصبی عمیق پهپاد، داده ها را تا ۶۴ برابر سریع تر پردازش می کند و سه برابر انرژی کمتری نسبت به زمانی که روی یک پردازنده گرافیکی اجرا می شود، مصرف می کند. این افزایش بهره وری به زمان واکنش زیر میلی ثانیه برای اجتناب از موانع و کنترل تبدیل می شود که برای ربات های چابک بسیار مهم است.
بینایی و حسگری در لحظه یکی دیگر از نقاط قوت هستند. دوربین های رویداد و پردازنده های اسپایک در بازرسی با سرعت بالا برتری دارند. بینایی نورومورفیک در آزمایش های تولیدی، قطعات را روی نوار نقاله شمارش کرد و نقص های جوش را بسیار سریع تر از دوربین های معمولی تشخیص داد.
به عنوان مثال، در یک مطالعه از یک دوربین رویداد برای شمارش دانه های ذرت در یک خط تولید غذایی استفاده شد و شمارش دقیق ذرت ها را در یک محیط تولید نشان داد.
برخی دیگر، دوربین های رویداد را روی ربات های جوشکاری قرار دادند که به آنها اجازه می داد جوشکاری را با دقت زمانی برتر تجسم کنند و ناهنجاری ها را در لحظه علامت گذاری کنند.
همچنین در یک نظارت مبتنی بر ارتعاش، یک سیستم استریو مبتنی بر رویداد، ارتعاشات مکانیکی را با همان دقت لرزش نگارهای لیزری گران قیمت ردیابی کرد.
این نسخه های نمایشی در عمل نشان می دهند که هوش مصنوعی نورومورفیک به حلقه های حسگری و تصمیم گیری در محدوده میلی ثانیه دست می یابد.
دستگاه های اینترنت اشیاء لبه ای نیز از نگهداری و نظارت بهره مند می شوند. یک مطالعه موردی اخیر در آلمان، یک SNN را روی Loihi برای داده های ارتعاش پمپ توسعه داد و به دقت تشخیص خطای ۹۷ درصدی دست یافت. این کار با استفاده از تنها ۰.۰۰۳۲ ژول به ازای هر استنتاج در Loihi انجام شد، در حالی که برای یک پردازنده مرکزی ۱۱.۳ ژول انرژی می برد. این یعنی کاهش ۱۰۰۰ برابری مصرف انرژی برای تشخیص ناهنجاری در لحظه در یک حسگر.
به طور مشابه، ابزار ساده اینترنت اشیاء، مانند دوربین های هوشمند و میکروفون ها می توانند وظایف سنگین هوش مصنوعی را به تراشه های کوچک نورومورفیک واگذار کنند.
شرکت BrainChip گزارش داده است که SNNهای Akida می توانند دستورات صوتی (مثلاً آهای مرسدس) را در یک خودرو تنها در چند میلی ثانیه و چند ده میکروژول مصرف انرژی تشخیص دهند، در حالی که در کنترل کننده های سنتی صدها میلی ثانیه زمان و چندین میکروژول انرژی مصرف می شود.

نورومورفیک و بحران انرژی

نتیجه فنی برجسته شده در بالا، نشان دهنده یک انفجار در بازار است. تحلیلگران پیش بینی می کنند که بازارهای هوش مصنوعی لبه ای و اینترنت اشیاء به سرعت سخت افزار نورومورفیک را برای حل تنگناهای نوظهور در مصرف برق و تأخیر در بر خواهند گرفت.
اول اینکه تعداد «اشیاء» در اینترنت اشیاء به سرعت در حال افزایش است. پیش بینی ها حاکی از آن است که تا سال ۲۰۲۷ حدود ۲۹ میلیارد دستگاه متصل وجود خواهد داشت که توسط شهرهای هوشمند، تولید و پوشیدنی های مصرفی هدایت می شوند. با توجه به اینکه هر دستگاه به هوش مصنوعی کوچک و کارآمد نیاز دارد، کارشناسان این صنعت پیش بینی می کنند که هوش درون دستگاهی به رویکرد غالب تبدیل خواهد شد.
تحلیلگران موسسه «گارتنر» اظهار داشته اند که اکثر محصولات جدید اینترنت اشیاء تا اواخر دهه حاضر از هوش مصنوعی محلی استفاده خواهند کرد و تراشه های نورومورفیک در برنامه های کاربردی لبه ای (edge applications) نفوذ خواهند کرد.
داده های بازار نیز این موضوع را تأیید می کنند. یک گزارش تخمین می زند که ارزش بازار محاسبات نورومورفیک از حدود ۲۸.۵ میلیون دلار در سال ۲۰۲۴ به ۱.۳۲ میلیارد دلار تا سال ۲۰۳۰ (با نرخ رشد مرکب سالانه ۸۹ درصدی) خواهد رسید.
به طور مشابه، موسسه «Fortune Business Insights» خاطرنشان می کند که محموله های «رایانه های شخصی هوش مصنوعی» که نماینده ای برای دستگاه های هوش مصنوعی لبه ای هستند، از تقریباً ۵۰ میلیون واحد در سال ۲۰۲۴ به بیش از ۱۶۷ میلیون واحد تا سال ۲۰۲۷ افزایش خواهند یافت.
محققان بازار، طرح های نورومورفیک را به دلیل مزایای فوق العاده کم مصرف آنها برجسته می کنند. یک گزارش نشان می دهد

که چگونه این تراشه ها جابجایی داده های پرمصرف انرژی را به حداقل می رسانند که یک مزیت حیاتی برای دستگاه های اینترنت اشیاء باتری دار است.
مدیران اجرایی این صنعت نیز موافق اند که این موج در حال افزایش است. به عنوان مثال، «مرسدس بنز» در حال بررسی هوش مصنوعی نورومورفیک در خودروهای خود است و بررسی می کند که چگونه می تواند محاسبات هوش مصنوعی را به طور قابل توجهی از نظر انرژی کارآمدتر و سریع تر کند.
تیم تحقیق و توسعه «مرسدس بنز» گزارش می دهد که یک سیستم بینایی نورومورفیک می تواند انرژی محاسباتی رانندگی خودران را در مقایسه با مجموعه امروزی، حدود ۹۰ درصد کاهش دهد.
استارت آپ هایی مانند SynSense و BrainChip ادعا می کنند که صدها میلیون دلار بودجه خصوصی دریافت کرده اند و تحلیلگران می گویند که غول های جهانی تراشه از جمله شرکت های کوالکام، HPE و غیره به سرعت در حال افزودن نورومورفیک به نقشه راه خود هستند.
به طور خلاصه، با پیش بینی ده ها میلیارد دلار برای هزینه های هوش مصنوعی لبه ای، تحلیلگران پیش بینی می کنند که اکثر دستگاه های جدید اینترنت اشیاء ظرف چند سال آینده بر روی تراشه های الهام گرفته از مغز اجرا خواهند شد. رقم پرتکرار، ۷۰ درصد از اینترنت اشیاء تا سال ۲۰۲۷ است که با پیش بینی های رشد اینترنت اشیاء همسو است، به این معنی که نورومورفیک می تواند به زودی هوش مصنوعی لبه ای را در اکثر دستگاه ها تقویت کند.
به بیان دیگر، محاسبات لبه ای نورومورفیک در صنعت، از تئوری به عمل در حال گذار است. از پهپادهای خودران گرفته تا کارخانه های هوشمند، تراشه های الهام گرفته از مغز، پاسخ هایی در حد میلی ثانیه و مصرف برق در حد میلی وات ارائه می دهند.
همانطور که یکی از محققان شرکت اینتل گفته است، این سیستم ها نشان دهنده جهشی «در مقیاس بزرگ» در کارایی هستند.
بنابراین با سرمایه گذاری میلیاردی دولت ها و شرکت ها در این فناوری، سخت افزار نورومورفیک آماده است تا نسل بعدی اینترنت اشیاء صنعتی، رباتیک و اتوماسیون هوشمند را هدایت کند.