

با وجود اعمال محدودیت‌ها چگونه تراشه‌های انویدیا سر از چین درمی‌آورند؟

معمای چینویدیا!



نeda اظهاری

مترجم

در سال‌های اخیر با توجه به رشد چشمگیر فناوری‌های الکترونیک و ریاتیک و نیز فناوری نوظهور هوش مصنوعی وابستگی زیادی به تراشه‌ها و صنعت نیمه‌رسانا احساس می‌شود. با اینکه این صنعت در سلطه آمریکایی‌هاست، اما چینی‌ها نیز چند سالی است به‌رمغ تمام کارشکنی‌های آمریکا، توانسته‌اند بین تمام شرکت‌های تولیدکننده تراشه و نیمه‌رسانا در دنیا سر بلند کنند. این روند بعد از اعمال محدودیت‌های آمریکا در دولت بایدن در زمینه تراشه‌ها سرعت چشمگیری پیدا کرد تا چینی‌ها بتوانند خلأ تراشه‌های آمریکایی را در صنایع خود جبران کنند و از قرار معلوم، این تلاش‌ها نتیجه‌بخش بوده و حالا چین به‌عنوان رقیب اصلی آمریکا ظاهر شده است. رئیس شرکت انویدیا در ماه گذشته با این پیام روشن وارد پکن شد که سازنده پیشروترین تراشه‌های هوش مصنوعی دنیا قصد دارد به‌طور مداوم به بازار چین خدمت کند. تنها چند روز پیش از سفر او، دولت ترامپ کنترل‌های جدیدی را وضع کرد که طبق آن، این شرکت را از فروش پردازنده H۲۰ خود به چین منع می‌کرد. اگرچه ترامپ در روزهای گذشته اعلام کرده بود که کنترل‌های سخت‌گیرانه‌تر صادراتی پیشنهادی توسط دولت بایدن را لغو خواهد کرد، اما قصد دارد آن‌ها را با قوانین خاص خود جایگزین کند. طی چند سال گذشته، آمریکا با محدودکردن دسترسی رقیب اصلی خود به نیمه‌رساناهای پیشرفته، سعی در ایجاد مانع برای آن در رقابت هوش مصنوعی داشته است. عملکرد یک پردازنده هوش مصنوعی عمدتاً به دو عامل بستگی دارد: یکی قدرت محاسباتی که همان سرعت پردازش داده‌ها توسط یک تراشه است و دیگری پهنای باند حافظه که سرعت انتقال داده‌ها را بین پردازش و حافظه برقرار می‌کند. دولت بایدن در اکتبر ۲۰۲۲، فروش تراشه‌های آمریکایی را به چین ممنوع کرد به این امید که مانع پیشرفت آن در هوش مصنوعی شود. انویدیا با تراشه H۸۰۰ که به‌عنوان یک مدل ساخته‌شده برای چین برای ماندن در محدوده‌های معین طراحی شده بود، پاسخ داد. یک سال بعد، آمریکا بار دیگر مقررات را تشدید کرد و هر تراشه‌ای را که صرف‌نظر از پهنای باند حافظه، دارای قدرت محاسباتی بیش از حد داشت، ممنوع کرد. ماه گذشته، انویدیا درواقع از فروش تراشه H۲۰ خود به چین منع شد، تراشه‌ای که در پاسخ به قوانین قبلی توسعه داده شده بود. دولت ترامپ قصد دارد فرایند پیچیده صدور مجوز صادرات تراشه‌ها را که قرار بود از ۱۵ ماه مه به اجرا درآید، لغو کند. اما هر چیزی که جایگزین آن شود، به احتمال زیاد مجموعه‌ای از معاملات دو جانبه و اقداماتی است که کمکی به چین نخواهد کرد.

چین چگونه تحریم‌های آمریکا را دورزد؟

تراشه انویدیا به‌رمغ محدودیت‌های وارداتی موجود، همچنان در اختیار توسعه‌دهندگان هوش مصنوعی چین قرار می‌گیرد. درواقع یک زنجیره تأمین زودگذر پدیدار شده است که برای دورزدن تحریم‌ها طراحی شده است. برخی از مشتریان دسترسی به مراکز داده برون‌مرزی را اجاره کرده و برخی دیگر نیز، تراشه‌ها را از طریق واسطه‌های نامشخص خریداری می‌کنند. تلاش‌های بیشتر برای مهار جریان تراشه‌ها احتمالاً با بسیاری از مشکلات مشابه مواجه خواهد شد. منطقه جوهور در مالزی که بیشتر به مزارع روغن پالم مشهور است، در مرز سنگاپور واقع شده و به مرکزی برای مراکز داده تبدیل شده است. زمین و برق در این منطقه ارزانند و اخذ مجوزها آسان‌تر است. تمام ارائه‌دهندگان بزرگ خدمات ابری آمریکایی شامل آمازون، گوگل، مایکروسافت و اوراکل در این منطقه فروشگاه راه‌اندازی کرده‌اند. طبق شواهد، ظرفیت کل مرکز داده جوهور از ۱۰ مگاوات در اوایل سال ۲۰۲۱ به بیش از ۱۵۰۰ مگاوات تا سال ۲۰۲۴ افزایش یافته است. شرکت‌های بزرگ چینی مانند «بایت دنس» که مالک «تیک‌تاک» است نیز ظرفیتی از این منطقه را اجاره کرده‌اند. اجاره ظرفیت ابری در مالزی به شرکت‌هایی مانند آن اجازه می‌دهد تا به تراشه‌هایی دسترسی پیدا کنند که نمی‌توانند به چین وارد کنند. پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد تقریباً نیمی از ظرفیت پیش‌بینی شده مراکز داده جوهور در سال ۲۰۲۷ شامل پردازنده‌های هوش مصنوعی مانند انویدیا خواهد بود. اپراتورهای مرکز داده مالزی اصرار دارند از مقررات صادرات آمریکا پیروی کرده و ظرفیتی را در اختیار نهادهای لیست سیاه قرار نمی‌دهند. باوجود این، یافتن راه‌حل‌های جایگزین ساده است. برای شرکت‌های چینی نسبتاً آسان است که با ایجاد شرکت‌های تابعه محلی، تراشه‌های هوش مصنوعی محدودشده را به دست آورند.

صادرات ۲میلیارد دلاری پردازنده‌های پیشرفته‌تایوان

آمار و ارقام مربوط به جریان‌های تجاری این موضوع را تأیید می‌کند. تراشه‌های پیشرفته انویدیا توسط TSMC، بزرگ‌ترین تولیدکننده تراشه در دنیا، در کارخانه‌های تایوانی آن تولید می‌شوند. در سه‌ماهه نخست سال جاری، تایوان ۳ میلیارد و ۶۰۰ میلیون دلار واحد پردازش گرافیکی به مالزی صادر کرد که برای آموزش مدل‌های هوش مصنوعی به کار می‌رود. حجم صادرات این واحدهای پردازش با کل صادرات سال ۲۰۲۴ مطابقت دارد. تنها در ماه مارس، محموله‌ها نسبت به ماه قبل بیش از ۳ برابر افزایش یافت و به حدود ۲ میلیارد دلار رسید.

سنگاپور دومین بازار بزرگ صادراتی تراشه‌های انویدیا

در این میان قاچاقچیبانی همسند که تراشه‌ها را به‌طور مستقیم به چین اعزام می‌کنند. این تراشه‌ها معمولاً از طریق کشورهای ثالثی منتقل می‌شوند که تحت پوشش

محدودیت‌های آمریکا نیستند. کالاهای اغلب از چند حوزه قضایی و شرکت‌های صوری عبور می‌کنند تا مبدأ آن‌ها پنهان نشود. اسناد صادراتی دست‌کاری می‌شوند؛ محصولات دارای محدودیت برای عبور از گمرک برحسب‌های نادرستی دارند. یکی از اندیشکده‌های مستقر در سانفرانسیسکو تخمین می‌زند که سال گذشته تراشه‌های آمریکایی قاچاق‌شده بین یک‌دهم تا نیمی از ظرفیت آموزش مدل هوش مصنوعی چین را تشکیل می‌داد. پیش از دوره اول کنترل صادرات در سال ۲۰۲۰، چین حدود ۲۲ درصد از درآمد انویدیا را تشکیل می‌داد. این سهم از آن زمان به ۱۳ درصد کاهش یافته است. در عین حال، فروش تراشه‌ها به سنگاپور بیش از دوبرابر افزایش یافته و در حال حاضر، ۱۸ درصد از کل فروش را تشکیل می‌دهد و آن را به دومین بازار بزرگ انویدیا پس از آمریکا تبدیل کرده است.

باوجود این، در ماه فوریه، پلیس سنگاپور، سه مرد را به اتهام فروش سرورهایی به ارزش ۳۹۰ میلیون دلار دستگیر کرد که شامل تراشه‌های انویدیا بودند.

دادستان مدعی شده بود که این سرورها ابتدا به شرکت‌های سنگاپوری ارسال شده و سپس بار دیگر به مالزی صادر شده‌اند. آنچه واضح است، این است که تقاضا بازار خاکستری را به یک معدن طلا تبدیل کرده است. یکی از مدیران اجرایی این صنعت معتقد است که تراشه‌های ممنوعه انویدیا اکنون از طریق واسطه‌ها با ۳۰ تا ۵۰ درصد افزایش قیمت به فروش می‌رسند.

پیش‌بینی فروش ۶میلیون تراشه‌انویدیا در۲۰۲۵

چین تنها مقصد صادراتی نیست. در ماه اکتبر، آمریکا چند شرکت هندى را به دلیل صادرات مجدد تراشه‌های محدودشده به روسیه تحریم کرد. از جمله آن‌ها، شرکت داروسازی «شری لایف ساینسز» مستقر در بمبئی بود. طبق آمار ارائه‌شده، این شرکت در سال ۲۰۲۴، قریب ۳۲۲ میلیون دلار کالای فناورانه به روسیه‌به صادر کرده است که بخش عمده‌ای از آن سرورهای «دل» حاوی تراشه‌های انویدیا بوده است. تمام این اتفاقات، انویدیا را در موقعیت دشواری قرار می‌دهد. این شرکت اصرار دارد از قوانین صادرات آمریکا پیروی کند؛ اما فعالیت‌های آن گسترده است و انتظار می‌رود امسال بیش از ۶ میلیون تراشه هوش مصنوعی به فروش برساند. انویدیا پردازنده‌ها را برای غول‌های ابری مانند گوگل و مایکروسافت و سازندگان تجهیزات مانند «دل» و «سوپر مایکرو» تأمین می‌کند که آن‌ها را در سرورها ادغام می‌کنند. براین اساس، ارائه‌دهندگان خدمات ابری و شرکت‌های سخت‌افزاری مشتریان خود را بررسی خواهند کرد. انویدیا ممیزی‌های دوره‌ای را در این مسیر انجام می‌دهد؛ اما نظارت‌ها مرتب صورت نمی‌گیرد و سرورها اغلب پس از گذراندن بررسی‌های اولیه، بی‌سرودا دست‌به‌دست می‌شوند.

تلاش برای محدودیت در مراکز تجارت پنهان تراشه‌ها

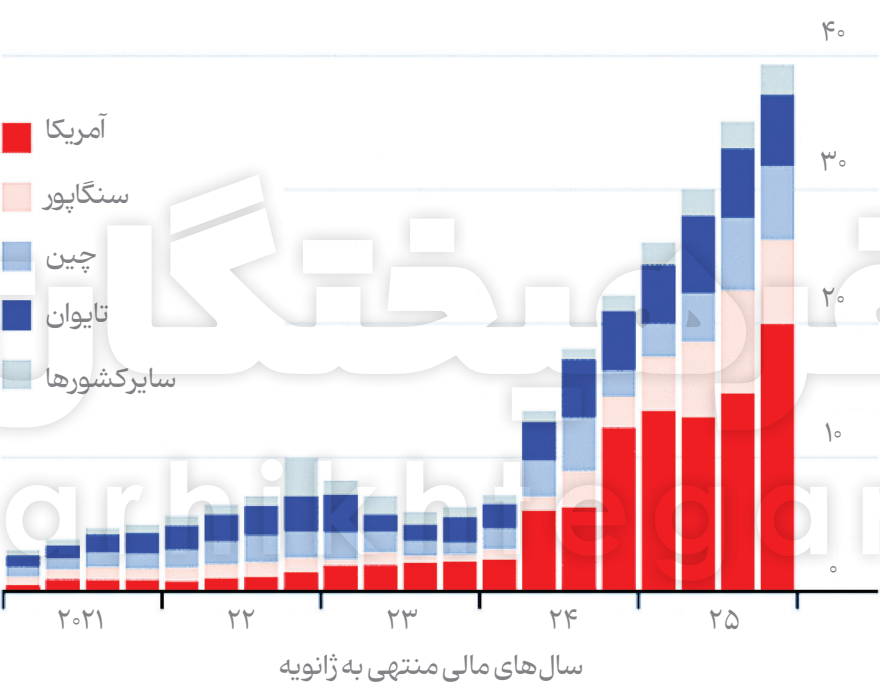
دولت بایدن طرح جامعی را تدوین کرده بود که دسترسی به تراشه‌های هوش مصنوعی را برای حدود ۱۲۰ کشور محدود می‌کرد تا از این طریق بتواند عرصه را برای چینی‌ها تنگ کند. وزارت بازرگان دولت ترامپ متعهد شده است که قانون بسیار ساده‌تری را جایگزین آن کند و این می‌تواند شرایط را تا حدودی برای انویدیا قابل تحمل تر کند. کشورهایی که با محدودیت مواجه می‌شدند، حدود یک چهارم فروش این شرکت آمریکایی را تشکیل می‌دادند و در حال حاضر انویدیا انتظار دارد دولت از دسترسی به تراشه‌های آمریکا به عنوان اهمی در مذاکرات تجاری استفاده کند. این شرکت همچنین به حال بررسی تشدید محدودیت‌ها بر جریان پردازنده‌های هوش مصنوعی به کشورهای چون مالزی است که چین تمایل به دسترسی از طریق آن‌ها داشته است. هرگونه کنترل جدید با مشکلات مشابهی روبرو خواهد شد. اداره صنعت و امنیت (BIS)، آژانسی که وظیفه اجرای کنترل بر صادرات فناوری را بر عهده دارد، به‌شدت با کمبود نیرو مواجه است. این اداره تنها یک مأمور کنترل صادرات در اختیار دارد که مسئول کل آسیای جنوب شرقی و استرالیاست؛ منطقه‌ای که مرکز تجارت پنهان تراشه‌های هوش مصنوعی است. برخی کارشناسان، راه‌حل‌های فنی مانند غیرفعال کردن تراشه‌های مورد استفاده در مکان‌های ممنوعه را پیشنهاد کرده‌اند. انویدیا بر این باور است که چنین کنترل‌هایی در سطح نرم‌افزاری، آسیب‌پذیری‌های خطرناکی را ایجاد کرده‌اند. در عوض، پیشنهاد می‌کند که ابزارهای نرم‌افزاری می‌توانند اطلاعات محدودی از جمله اطلاعات مربوط به مکان و پیکربندی سیستم را به شرکت منتقل کنند تا تأیید شود تراشه‌های در جایی که قرار است باشند، قرار دارند. باوجود این، حتی اجرای بهتر قوانین نیز محدودیت‌های خود را دارد. انویدیا نمی‌تواند تمام تراشه‌ها را ردیابی کند و اداره صنعت و امنیت (BIS) نیز قادر به بازرسی تمام سرورها نیست. قاچاقچیان همچنان به دنبال راه‌های گریز خواهند بود. اگر آمریکا نخواهد در رقابت هوش مصنوعی از چین پیشی بگیرد، باید سریع‌تر نوآوری منحصربه‌فردی به‌خرج دهد.

هوآوی و دیگر شرکت‌های چینی با سرعت پیش می‌روند

به‌تازگی، موجی از خوش‌بینی نسبت به صنعت تراشه چین به راه افتاده است. معامله‌گران سهام در شائنگهای عنوان کرده‌اند شرکت محلی «کامبریکون» نه‌تنها جایگزینی برای پردازنده‌های انویدیا ارائه می‌دهد، بلکه برای سهم آن نیز جایگزینی ارائه می‌دهد. اگرچه ارزش این شرکت نیمه‌رسانای چینی تنها کسری از رقیب غول‌پیکر آمریکایی خود است، اما قیمت سهام آن در سال گذشته ۳۵۰ درصد افزایش یافته است که حدود ۱۵ برابر انویدیاست. باوجود تلاش‌های آمریکا برای جلوگیری از پیشرفت آن،



درآمد انویدیا از کشورهای مختلف دنیا برحسب میلیارد دلار



سال‌های مالی منتهی به ژانویه

صادرات پردازنده‌های پیشرفته تایوان به مالزی برحسب میلیارد دلار



است. به‌تازگی از یک ابزار حکاکی برای تولید تراشه‌های حافظه NAND رونمایی کرده است. پیش‌ازاین، شرکت آمریکایی «لام ریسرچ» انحصار این کیت‌ها را در اختیار داشت. «نانورا» یکی دیگر از شرکت‌های چینی، تکنیکی برای لایه‌بندی سیلیکون – ژرمانیوم روی و یغیرهای تراشه توسعه داده است؛ تجارتی که مدت‌هاست تحت سلطه شرکت «اپلاید متریالز» به‌عنوان یک رقیب آمریکایی است. این پیشرفت‌ها ممکن است خیلی سریع‌تر از آنچه تصور می‌شود، اتفاق بیفتند.

چالش تولید ابزارهای لیتوگرافی پیشرفته درچین

صنعت تراشه چین هنوز راه درازی در پیش دارد. اعتقاد بر این است که بیشتر شرکت‌هایی که تراشه‌های ساخت داخل را خریداری می‌کنند، شرکت‌های دولتی‌اند. به‌گزارش شرکت مشاوره‌ای «سمی آنالیزیس»، جدیدترین پردازنده هوش مصنوعی هوآوی یعنی Ascend 910C، هنوز ششام بسیاری از اجزای تأمین‌شده از سوی شرکت‌های خارجی است. چین فاقد جایگزینی داخلی برای ابزارهای لیتوگرافی پیشرفته تولیدشده توسط ASML به‌عنوان یک شرکت هلندی است و هنوز قادر به تولید پیشرفته‌ترین تراشه‌ها نیست. TSMC در قالب یک شرکت تایوانی که در این تجارت بسیار جلوتر از سایر شرکت‌ها حرکت می‌کند، توسط آمریکا از ساخت این تراشه‌ها برای چین منع شده است. این امر باعث می‌شود طراحان تراشه این کشور به SMIC که یک کارخانه ریخته‌گری دولتی است، متکی باشند، اگرچه «سمی آنالیزیس» گزارش داده است که هوآوی همچنان با خرید و یغیرهای ساخته‌شده توسط TSMC از طریق یک شرکت ثالث، تحریم‌ها را دور می‌زند؛ این در حالی است که هوآوی و TSMC این ادعا را رد می‌کنند.

مشکل دیگر چین، نرم‌افزاری است که کدنو یسان برای برنامه‌نویسی تراشه‌ها استفاده می‌کنند. پلتفرم انویدیا موسوم به CUDA، هنوز هم با اختلاف، بهترین پلتفرم دنیاست. تقریباً تمام توسعه‌دهندگان هوش مصنوعی چگونگی استفاده از آن را آموزش می‌بینند. این پلتفرم تنها با تراشه‌های انویدیا کار می‌کند. تغییر مسیر به‌سوی یک پلتفرم جایگزین پرهزینه است؛ چرا که توسعه‌دهندگان را از شبکه عظیمی از کاربران که می‌توانند به حل مشکلات کمک کنند، جدا می‌کند. هوآوی جایگزینی برای CUDA به نام CANN تولید کرده است که کدنو یسان می‌توانند برای تراشه‌های Ascend خود از آن استفاده کنند. اما این نرم‌افزار سال‌ها از نرم‌افزار انویدیا عقب مانده و باگ‌های متعددی دارد. هوآوی پیش‌تر هم شانس خود را آزموده و ممکن است دوباره با CANN همین کار را انجام دهد. پیش از تحریم‌های آمریکا، تلاش‌های دولت چین برای وادارکردن شرکت‌های محلی به استفاده از فناوری نیمه‌رسانای داخلی به دلیل هزینه‌های بالاتر و قابلیت اطمینان کمتر جایگزین‌های داخلی با نارضایتی مواجه شد. باوجود این، اکنون، این اعتماد به تولید داخل به حدی رسیده است که تعداد چشمگیری از شرکت‌های چینی صنعت تراشه محلی را برای بقای خود حیاتی می‌دانند. این امر باعث می‌شود ریسک سرمایه‌گذاری روی تولیدکنندگان داخلی نیز رشد داشته باشد.

هوش مصنوعی چین همچنان با قدرت در حال پیشرفت است. به نظر نمی‌رسد آزمایشگاه‌های هوش مصنوعی این کشور از کمبود تراشه‌رنج ببرند؛ اما غول‌های اینترنتی مانند علی‌بابا و تنسنت در حال ساخت تعداد زیادی مرکز داده هوش مصنوعی هستند و به نظر می‌رسد بدون هیچ محدودیت و مانعی فعالیت می‌کنند. به نظر می‌رسد این پیشرفت‌ها ماحصل توسعه اولیه شرکت DeepSeek به‌عنوان یک استارت‌آپ هوش مصنوعی باشد که قدرت محاسباتی مورد نیاز برای این فناوری را به میزان قابل توجهی کاهش داده و در نتیجه به شرکت‌ها اجازه داده تا با تراشه‌های پیشرفته کمتری به کار خود ادامه دهند. باوجود این، تراشه‌سازان چینی نیز در حال انجام کارهایی‌اند که تا چند سال پیش دور از دسترس به نظر می‌رسید. هوآوی، غول فناوری چینی با خوشه تراشه جدید CloudMatrix خود که ماه گذشته عرضه آن آغاز شد، تحلیل‌گران را تحت تأثیر قرار داده است. این شرکت با اتصال ۳۸۴ تراشه Ascend AI به استفاده از فناوری شبکه پیشرفته، قادر است از عملکرد بهتری نسبت به خوشه محبوب NVL۷۲ انویدیا داشته باشد؛ هرچند برق بیشتری نیز مصرف می‌کند.

پایانی برای وابستگی چین به تراشه‌های آمریکا

با توجه به روند روبه‌رشد شرکت‌ها و غول‌های فناوری چینی، این سؤال مطرح می‌شود که آیا چین می‌تواند به مرور زمان وابستگی خود را به فناوری‌های نیمه‌رسانای خارجی به‌طور کامل از بیسن ببرد؟ در این میان، هوآوی تنها شرکت تراشه‌ساز چینی نیست که تمام توجه‌ها را به خود جلب کرده است؛ بلکه تعداد انگشت‌شماری از شرکت‌های محلی دیگر که در زمینه طراحی نیمه‌رساناها فعالیت می‌کنند هم در سال گذشته با تراشه‌هایی در این بازار سر برآوردند که فراتر از جایگزین تراشه A۱۰۰ انویدیا بودند. تراشه A۱۰۰ همان هوش مصنوعی قدرتمندی است که آمریکا فروش آن را در اواخر سال ۲۰۲۲ به چین ممنوع کرد. Cambricon نیز در حال حاضر از دیگر شرکت‌هایی است که یکی از تراشه‌های جایگزین را به متقاضیان و مشتریان ارائه می‌دهد. شرکت Hygon هم یکی دیگر از تولیدکنندگان تراشه محلی است که به‌تازگی آزمایش یک تراشه جایگزینی را برای تراشه انویدیا به پایان رسانده و انتظار می‌رود تحویل آن در چند ماه آینده آغاز شود. چین همچنین در واحدهای حافظه با پهنای باند بالا (HBM) که در پردازنده‌های هوش مصنوعی مانند پردازنده‌های انویدیا گنجانده شده‌اند، پیشرفت‌هایی داشته است. در حال حاضر، این بازار تحت سلطه شرکت SK Hynix کره‌جنوبی و سایر تولیدکنندگان بزرگ شامل سامسونگ یکی دیگر از شرکت‌های کره‌ای و میکرون به‌عنوان یک شرکت آمریکایی است. آمریکا در ماه دسامبر، فروش واحدهای حافظه با پهنای باند بالا (HBM) را به چین محدود کرد؛ اما تصور می‌شود شرکت CXMT که منطقه «هفئی» چین واقع شده، به‌سرعت در حال پیشرفت در این فناوری است. شرکت‌هایی که تجهیزات ساخت تراشه را تولید می‌کنند نیز در حال دستیابی به پیشرفت‌هایی در این حوزه‌اند. شرکت AMEC که یکی از همین تولیدکنندگان