

## DNA کامپیوترها، واقعیت فردا

نگار فتحعلی بیگی



با سرعت فعلی رشد صنعت چیپ سازی، رایانه‌های ترانزیستوری و سیلیکونی که بیش از 40 سال است در مرکز توجه جهان محاسبات قرار داشته‌اند، به‌زودی به انتهای خط خواهند رسید. چیپ‌ها کوچک‌تر و کوچک‌تر شده‌اند، در هر 18 ماه تعداد قطعات الکترونیکی موجود روی چیپ دو برابر شده و سرعت چند برابر افزایش یافته است، اما مینیاتوری‌شدن چیپ‌ها و افزایش سرعت آنها نهایت و حدی دارد و پس از آن متوقف خواهد شد، بنابراین توجه متخصصان به میلیون‌ها سوپر رایانه طبیعی موجود در موجودات زنده جلب شده و ماشین‌ها و رایانه‌هایی نیز ساخته شده است. گرچه اگر به دقت نگاه کنید به جای رایانه تنها تیوپ‌های کوچکی می‌بینید که آب دارند.

اگر دانشمندان به دنبال راهی برای گذر از این مانع باشند، راه حل را باید در جستجو برای ماده‌ای متفاوت برای ساخت پردازشگر بیابند. شاید باورتان نشود دانشمندان راه حل را در کجا جستجو کرده‌اند!

هزاران کامپیوتر طبیعی در بافت‌های موجودات زنده وجود دارد، DNA که ماده سازنده ژن‌های بدن ما است می‌تواند محاسباتی با حجم و سرعت بیشتر از سریع‌ترین کامپیوترهای ساخت بشر را انجام دهد. همین DNA می‌تواند روزی در کامپیوتر منزل شما مورد استفاده قرار گیرد، DNA نه تنها توانایی پردازش و انجام عملیات را دارد، بلکه می‌تواند میلیون‌ها برابر بیشتر از کامپیوتر شخصی شما اطلاعات ذخیره کند!

کامپیوتر DNA را هنوز نه تنها در مغازه‌ها بلکه در لابراتوارهای پیشرفته نیز نمی‌توانید پیدا کنید. ولی فناوری آن در دست تکمیل است و ایده آن کمی بیش از ده سال قدمت دارد.

آدلمن که یکی از محققان دانشگاه کالیفورنیای جنوبی بود؛ بعد از انجام یک سری تحقیقات دریافت که DNA توانایی انجام محاسبات ریاضی را دارد. آدلمن آزمایشی را با در نظر گرفتن رشته‌های داخل DNAها به‌عنوان هفت شهر انجام داد، قدم‌هایی که او برای این کار انجام داد به شرح زیر بودند:

- او رشته‌های داخل DNAها را به‌عنوان شهرها انتخاب کرد. در ژنتیک، کدها با حروف A، T، C و G مشخص می‌شوند. ترکیب این حروف شهرها و مسیرهای گذر از آنها را مشخص می‌کرد.
- هر کدام از مولکول‌هایی که یک مسیر را مشخص می‌کند با متصل شدن به هم جواب‌های احتمالی مسئله را نشان می‌دهند.
- جواب‌های اشتباه طی یک واکنش شیمیایی از بین می‌روند.

این آزمایش نشان داد که DNA قابلیت انجام محاسبات ریاضی را دارد ولی استفاده از آنها در این حد هرگز نمی‌تواند با کامپیوترهای سیلیکونی رقابت کند. آدلمن چندین روز برای مرتب کردن جواب‌ها وقت صرف کرد در حالی که هدف او ساخت کامپیوتر DNA بود که سریع کار کند و نیازی به دخالت انسان نداشته باشد.

سه سال بعد از آزمایش آدلمن؛ گروهی از دانشگاه روچستر یک درگاه منطقی (Logic Gate) با استفاده از DNA ساختند. درگاه منطقی قسمتی از پردازشگر است که دستورهای باینری و نرم افزاری را به سیگنال‌های قابل پردازش تبدیل می‌کند. کار این تیم نیز قدمی دیگر برای رسیدن به هدف آدلمن بود. آنها با استفاده از تکه‌های DNA و ترکیب آنها به‌صورت‌های مختلف سیگنال‌های ژنتیکی تولید می‌کردند. برای مثال دستور منطقی «And» با اتصال دو DNA به هم توسط واکنشی شیمیایی انجام می‌شد.

دانشمندان پیش‌بینی کرده‌اند که ساخت چنین کامپیوتری سال‌ها طول خواهد کشید ولی این نوع پردازش دقت و سرعت بالاتری دارد. مسائلی که در حال حاضر از سوی این رایانه‌ها حل می‌شوند بسیار ابتدایی و مقدماتی هستند و کودکان با کاغذ و

قلم سریع تر به پاسخ می‌رسند، اما چیزی که متخصصان را همچنان دلگرم نگه‌داشته و آنها را به کار بیشتر روی این پروژه واداشته، مزایایی است که یک رایانه DNA خواهد داشت.

همان‌طور که بیان شد، رایانه‌ها اطلاعات را در قالب رشته‌ای از یک و صفر ذخیره می‌کنند. موجودات زنده نیز اطلاعات را با مولکول‌های موسوم به A، T، C، G در یک DNA ذخیره می‌کنند. به عبارت دیگر DNA پتانسیل انجام عملیات محاسباتی و پردازش را دارد. در واقع DNA در شیوه ذخیره‌سازی اطلاعات ثابت روی ژن انسان، بسیار شبیه هارد دیسک عمل می‌کند. DNA ارگانیسم سلولی است، بنابراین در همه موجودات زنده وجود دارد و همیشه یک منبع DNA در دسترس است. از طرف دیگر در دسترس بودن DNA باعث ارزان شدن آن به‌عنوان منبع ساخت رایانه می‌شود. همچنین بر خلاف مواد فعلی که سمی و غیرقابل جذب در طبیعت هستند، DNA بخشی از محیط زیست و موجود زنده است. از طرف دیگر اگر یک رایانه DNA را با یک رایانه امروزی مقایسه کنیم، نتایجی بسیار شگفت‌انگیز به‌دست می‌آوریم. رایانه‌های DNA بسیار کوچک‌تر از رایانه‌های امروزی هستند. در حالی که حجم بسیار بیشتری از اطلاعات را می‌توانند در خود نگهداری کنند. یک پوند (453 گرم) DNA ظرفیتی بیشتر از تمامی رایانه‌های الکترونیکی ساخته شده دارد. از نظر قدرت محاسباتی نیز این رایانه‌ها با رایانه‌های فعلی قابل مقایسه نیستند. قدرت محاسباتی یک رایانه DNA به اندازه اشک چشم، بیشتر از قوی‌ترین سوپر رایانه‌های جهان است. برای اینکه قدرت پردازش و ذخیره‌سازی این نوع رایانه بیشتر مشخص شود، مثال دیگری طرح می‌شود. بیش از 10 تریلیون مولکول DNA در یک سانتیمتر مکعب جا می‌گیرد. با این حجم از DNA می‌توان 10 ترابایت (1000 گیگابایت) اطلاعات را ذخیره کرد و 10 تریلیون محاسبه را در یک لحظه به انجام رساند، همچنین می‌توان گفت که یک گرم DNA خشک شده که تقریباً به اندازه نصف یک حبه قند است، می‌تواند اطلاعات یک تریلیون سی‌دی را در خود ذخیره کند.

اکنون می‌توان دریافت که چرا دانشمندان وقت زیادی را صرف این ایده می‌کنند و می‌کوشند تا این ایده را به واقعیت تبدیل کنند. اما مشکلاتی نیز وجود دارد. DNAها همیشه آن‌طور که انتظار می‌رود رفتار نمی‌کنند. پس یکی از مهم‌ترین مسائل متخصصان کنترل تولید و توسعه آنها برای دریافت نتایج دقیق از محاسبات است. یکی از متخصصان توانسته است رایانه‌ای را در سال 2001 به نام خود ثبت کند که در یک قطره آب جای دارد و از مولکول‌های DNA و آنزیم‌ها به‌عنوان ورودی، خروجی، نرم‌افزار و سخت‌افزار استفاده می‌کند. در سال 2003 این دانشمند به کمک همکارانش یک منبع تغذیه نیز به رایانه‌اش اضافه کرد. این منبع، انرژی خود را از شکسته شدن مولکول‌های DNA تامین می‌کند. وی مطمئن نیست که ژنتیک بتواند جایگزین سیلیکون شود اما معتقد است که این دو نسل به شیوه‌ای مسالمت‌آمیز و در کاربردهای مختلف، کنار هم زندگی خواهند کرد. گروه دیگری از دانشمندان طی یک مقاله اعلام کردند که رایانه‌ای ساخته‌اند که مبتنی بر بیولوژیک است و برای انجام یک بازی با نام Tic-Tac-Toe (نام این بازی در ادبیات انگلیسی که همان بازی XO است.) طراحی شده است. آنها معتقدند که این رایانه هیچگاه این بازی را به انسان نمی‌بازد. به نظر می‌رسد استفاده هوشمند از رایانه‌های DNA آغاز شده است، اما آیا زمانی خواهد رسید که ما به جای رایانه‌های الکترونیکی، از یک قطره آب برای انجام محاسبات استفاده کنیم؟