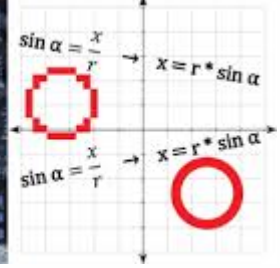
آیا مغز کامپیوتری دیجیتالی است؟

آیا مغز کامپیوتری دیجیتالی است؟

یک مشکل بنیادی، که اکنون ریاضیدانان به آن پی‌برده‌اند، آن است که هم‌ارزگرفتن مغز با یک کامپیوتر دیجیتالی بزرگ، در پنجاه سال پیش اشتباهی اساسی از سوی آنان بوده است. ولی اکنون با دردناکی مشخص است که چنین نیست. مغز از تراشه‌ی پنتیوم، سیستم عامل ویندوز، نرم‌افزار کاربردی، CPU، برنامه‌نویسی، یا زیرروالی‌هایی که نمادهای یک کامپیوتر دیجیتالی مدرن‌اند، بی‌بهره است. راستش معماری کامپیوترهای دیجیتالی کاملا با معماری مغز تفاوت دارد. مغز نوعی ماشین یادگیری است، مجموعه‌ای از نورون‌ها که با هر بار آموختن چیزی، خودش را بهبود می‌بخشد. (ولی PC اصلا یاد نمی‌گیرد.



کامپیوتر شما به همان اندازه که دیروز خنگ بود امروز هم هست.)

پس برای مدلسازی مغز دست کم دو رهیافت وجود دارد. یکم، رهیافت منتی بالا به پایین[1]، که عبارت است از رفتارکردن با روبات‌ها همانند کامپیوترهای دیجیتالی، و برنامه‌نویسی‌کردن همه‌ی قواعد هوش از آغاز. کامپیوترهای دیجیتالی می‌توانند به نوبه‌ی خود به چیزی به نام ماشین تورینگ فروکاسته شوند، وسیله‌ای فرضی که توسط ریاضی‌دان برجسته‌ی بریتانیایی آلن تورینگ مطرح شد. ماشین تورینگ[2] دربرگیرنده‌ی سه جزء پایه است: درونداد (ورودی)، پردازشگر مرکزی که این دادها را هضم می‌کند، و برونداد (خروجی). همه‌ی کامپیوترهای دیجیتالی بر پایه‌ی این مدل ساده‌اند. هدف این رهیافت آن است که یک CD-ROM حاوی تمام قواعد هوش نوشته‌شده روی آن در دست داشته باشیم. پس این CD-ROM افسانه‌ای دربرگیرنده‌ی نرم‌افزار لازم برای ایجاد ماشین‌های هوشمند است.

با این حال، مغز ما اصلا هیچ برنامه‌نویسی یا نرم‌افزاری ندارد. مغز ما بیش‌تر شبیه به «شبکه‌ی عصبی»[3] است، کلافی پیچیده از نورون‌ها که پیوسته خود را بازآرایی می‌کند.

شبکه‌های عصبی از قاعده‌ی هِب[4] پیروی می‌کنند: هر بار که تصمیم درستی گرفته شود، مسیرهای عصبی مربوط تقویت می‌شوند. این کار تنها با تقویت‌شدن ارتباطات الکتریکی معین بین عصب‌ها، در هر بار که کاری با موفقیت صورت می‌گیرد، انجام می‌شود. (قاعده‌ی هب را می‌توان با این پرسش قدیمی بیان کرد: یک موسیقی‌دان چگونه به کارنگی هال راه پیدا می‌کند؟ پاسخ: تمرین، تمرین، تمرین. برای شبکه‌ی عصبی، کار نیکوکردن از پرکردن است. قاعده‌ی هب همچنین توضیح می‌دهد که چرا کنارگذاردن عادت‌های بد بسیار دشوار است، چون مسیرهای عصبی برای عادات بد به خوبی تنیده شده است.)

شبکه‌های عصبی بر اساس رهیافت پایین به بالا[5] هستند. به جای خوراندن

---

1. To-down approach
2. Turing machine
3. Neural network
4. Hebb's rule
5. Bottom-up approach

قاشق قاشق قواعد هوش، شبکه‌های عصبی به همان شیوه‌ای که نوزاد می‌آموزد، یاد می‌گیرند، با روبه‌روشدن با اشیا و آموختن با تجربه‌کردن. شبکه‌های عصبی در عوض برنامه‌ریزی‌شده بودن، به شیوه‌ی قدیمی یاد می‌گیرند، با «جان‌کندن و آموختن».

شبکه‌های عصبی معماری کاملا متفاوتی با کامپیوترهای دیجیتالی دارند. اگر شما از پردازشگر مرکزی کامپیوتر ترانزیستوری را بردارید، کامپیوتر از کار می‌افتد. ولی اگر از مغز انسان تکه‌ی بزرگی را بردارید، باز هم می‌تواند به کار ادامه دهد، چون بخش‌های دیگر مسئولیت بخش‌های از دست رفته را برعهده می‌گیرند. همچنین می‌توان به دقت مشخص کرد که کامپیوتر در کجا «می‌اندیشد»: پردازشگر مرکزی‌اش. ولی اسکن‌های مغز آدمی به وضوح نشان می‌دهند که اندیشیدن در روی بخش‌های بزرگی از مغز گسترده می‌شود. بخش‌های متفاوت در توالی دقیق به کار می‌افتند، انگار که اندیشه‌ها مانند توپ پینگ‌پونگ از گوشه و کنار برگشت پیدا می‌کنند.

کامپیوترهای دیجیتالی می‌توانند تقریبا به سرعت نور به محاسبه بپردازند. در مقابل، مغز آدمی به طرز چشمگیری آهسته است. تپ‌های عصبی با سرعت بسیار آهسته‌ی تقریبا ۳۵۰ کیلومتر بر ساعت حرکت می‌کنند. ولی مغز آن را بیش‌تر می‌کند، چون به مقدار زیادی موازی است، یعنی، ۱۰۰ میلیارد نورون دارد که هم‌زمان عمل می‌کنند، و هر کدام محاسبه‌ای کوچک انجام می‌دهند، و هر نورون به ۱۰,۰۰۰ نورون دیگر متصل است. در مسابقه، تک پردازشگر بسیار سریع، در گرد و خاک پردازشگر موازی بسیار آهسته برجا می‌ماند. (این به چیستانی قدیمی باز می‌گردد: اگر یک گربه بتواند در یک دقیقه یک موش بگیرد، یک میلیون گربه در چه مدتی یک میلیون موش می‌گیرند؟ پاسخ: یک دقیقه).

در ضمن، مغز دیجیتالی نیست. ترانزیستورها درگاه‌هایی‌اند[1] که می‌توانند یا باز باشند یا بسته، که با ۱ و ۰ نشان داده می‌شوند. نورون‌ها نیز دیجیتال‌اند (می‌تواند فعال باشند یا فعال نباشند)، ولی می‌توانند آنالوگ نیز باشند، یعنی علاوه بر سیگنال‌های گسسته، سیگنال‌های پیوسته نیز بفرستند.

---

1. Gates