یادداشت

دالانی در ذهن آدمی

مروری بر تلاش‌های «ژرژ دومزیل» برای کشف و تکوین نقشه ذهن انسان

عبدالرضاناصرمقدسی*

در صفحه علم وقتی به بررسی نقش دانشمندانی می‌پردازیم که سعی در تکوین نقشه ذهن داشته‌اند، بیش از هر چیزی نام پیشگامان و دانشمندان حوزه علوم اعصاب به ذهن متبادر می‌شود. اگر هم به تاریخ علم در دنیای باستان علاقه‌مند باشیم، باید به دنبال نشانه‌های پراکنده‌ای باشیم که به نوعی جرقه‌ای از تفکر علمی در این باب را زده باشد. اینکه نکته‌ای در باب مغز و عملکرد آن را کسی فهمیده باشد، در بررسی‌های متون قدیمی بسیار اهمیت دارد؛ اما درعین‌حال انتظار نداریم که یک اسطوره‌شناس با کندوکاو درمورد اسطوره‌ها و مقایسه آنها با هم، نظریه‌ای درمورد ساختار ذهن ارائه دهد؛ اما علم جدید و بینارشته‌ای اسطوره‌شناسی عصبی-تکاملی با رویکرد جدیدی که نسبت به اسطوره داشته، به نوعی بین اسطوره‌های بشری و علوم اعصاب از یک سو و علم تکامل از سوی دیگر ارتباط بسیار عمیقی را برقرار می‌کند؛ بنابراین براساس‌این علم بینارشته‌ای، اسطوره ارتباط مستقیمی با مغز و ذهن انسان دارد. اساس این علم جدید این فرض است که اسطوره نوعی از تجربه زیسته انسان به شمار آمده و شکلی از آگاهی است و چون اسطوره، تجربه زیسته محسوب می‌شود، می‌تواند حرف‌های زیادی درمورد ذهن آدمی نیز به ما بگوید. پس شاید از این پس دانشمندانی که درمورد آگاهی و سازوکارهای ذهنی ما تحقیق می‌کنند، بخشی را باید به اسطوره‌ها و آنچه آنها در باب آگاهی می‌گویند، تخصیص دهند. اسطوره‌شناسان نیز باید شیوه و اهداف بررسی‌های خود را تغییر دهند. ما به اسطوره‌شناسانی نیاز داریم که به جای جمع‌آوری و مقایسه اسطوره‌ها، به دنبال روابط و موضوعات بنیادینی باشند که به ساخت اسطوره منتهی می‌شوند؛ همان موضوعاتی که تجربه زیسته ما و به قولی دیگر آگاهی ما را می‌سازند. پس یک اسطوره‌شناس می‌تواند از آگاهی ما برای ما سخن بگوید و این راهی است که اسطوره‌شناسی عصبی-تکاملی در پیش‌روی ما گشوده است. با همین تعریف به سراغ یکی از بزرگ‌ترین اسطوره‌شناسان تاریخ می‌رویم. کسی که از پایه‌گذاران اسطوره‌شناسی تطبیقی بوده و از این راه حرف‌های تازه‌ای زده که می‌تواند در تعریف بالا دسته‌بندی شود. این جستار کوتاه سعی دارد آثار و یافته‌های «ژرژ دومزیل» را از این منظر بررسی کند. هرچند با توجه به حجم بالا و گستردگی آثار او این نوشته فقط به‌مثابه یک نوع یادداشت کوتاه برای معرفی اندیشه‌های یک مرد بزرگ است؛ اما برای اولین بار سعی دارد از زاویه‌ای متفاوت به آثار او نگاه کند.

«ژرژ دومزیل» متولد ۴ مارس ۱۸۹۸ در پاریس بود. او در ورشو در سال ۱۹۲۴ از رساله دکتری‌اش با عنوان ضیافت جاودانگی دفاع کرد؛ رساله‌ای که به قول خودش سبب کشف دنیای هندواروپایی برای او شد. دنیایی که تمام عمر او را به خود مشغول داشت. او سپس به ترکیه می‌رود و در دانشگاه استانبول کرسی تاریخ ادیان به او واگذار می‌شود؛ اما ترکیه در ضمن برای او فرصتی برای آشنایی کامل با زبان‌های قفقازی بود. پس از آن به سوئد رفت و مقام استادی دانشگاه اوپسال را به دست آورد؛ اما این پایان سفرهای دانشگاهی او نبود. در کلژ دو فرانس پاریس، کرسی تمدن هندواروپایی به خاطر او تأسیس شد و او تا زمان بازنشستگی در سال ۱۹۶۸ در این دانشگاه به تدریس می‌پرداخت. او در اکتبر ۱۹۸۶ چشم از جهان فروبست.

آنچه «دومزیل» را به شهرت رسانده است، نظریه او درمورد هندواروپاییان است. او روشی را در بررسی اساطیر پایه‌گذاری کرد که به اسطوره‌شناسی تطبیقی مشهور است. سواد گسترده او درمورد زبان‌های قفقازی، صرف، نحو و دستور زبان آنها و نیز اساطیر این فرهنگ‌ها این امکان و توانایی را به او داد که دست به مقایسه بین اسطوره‌های فرهنگ‌های مختلف زده و به این شکل نقاط مشترک بین آنها را استخراج کند. او توانست با تکیه بر همین مشترکات یک سرچشمه ابتدایی به نام هندواروپایی را توضیح دهد. او با استفاده از این روش ساختار سه‌بخشی یا سه کنش را در اقوام هندواروپایی شرح داد. کنش اول که خود را به صورت خدای شهریار و جادوگر نشان می‌دهد، کنش دوم رزم‌جویی و جنگاوری و درنهایت کنش سوم که نشان‌دهنده زایایی و تولید و ثروت بود.

طبق گفته او در ساختارهای اساطیری هندواروپاییان می‌توانیم این خویشکاری سه‌گانه را مشاهده کنیم. سه‌گانه‌های تور، اودن و فریر در اساطیر اسکاندیناوی یا طبقات سه‌گانه اجتماعی در نظام کاستی هند بسیار آشکار این ساختار سه‌بخشی را نشان می‌دهند؛ اما گاه کشف این نظام سه‌کنشی در اساطیر دیگر مانند بعضی از داستان‌های قرون وسطا نیازمند تحلیل و واکاوی است. اسطوره‌شناسان بعدی درمورد آثار «دومزیل» بسیار صحبت کرده‌اند. آنها در عین تحسین او انتقادات زیادی را نیز نسبت به کار او بیان کرده‌اند. ازجمله اینکه در مواردی به نظر می‌رسد تحلیل‌های «دومزیل» تصنعی بوده و او سعی داشته به هر شکلی که شده نظام سه‌کنشی خود را در اساطیر ملل مختلف نشان دهد؛ اما آنچه در اینجا برای ما اهمیت دارد، بررسی مفهوم کار او از دیدگاه اسطوره‌شناسی عصبی-تکاملی است. «دومزیل» از سه کنش نام می‌برد که برای شیوه تفکری هندواروپاییان امری ضروری بوده است. به سخن دیگر آنها از دریچه این سه کنش به جهان خود می‌نگریستند و تجربه‌های اسطوره‌ای آنها در چارچوب این سه کنش رخ می‌دهد. به سخن دیگر از نظر «دومزیل» نقشه ذهنی هندواروپاییان براساس این سه کنش شکل گرفته است. می‌توان به‌راحتی علت چنین چیزی را دریافت. این سه کنش به صورت مستقیم با زندگی مردم و در نتیجه بقای آنها سروکار دارد. همه آنها به بقای یک جامعه کمک می‌کنند؛ بنابراین اسطوره‌ای که بر مبنای آنها شکل می‌گیرد، نیز تداعی‌کننده نیازهای واقعی آنها برای زنده‌ماندن است. شاید به همین دلیل باشد که «دومزیل» این سه کنش را در درمان و پزشکی نیز دنبال کرده و جنبه‌های مختلف آن را نشان می‌دهد؛ مقوله‌ای که ارتباط مستقیمی با بقا دارد.

«دومزیل» این موارد را از طریق مقایسه بین اسطوره‌ها دریافت. او از عصب‌شناسی یا تکامل برای بررسی اسطوره‌ها یاری نگرفت؛ اما دستاوردش نوعی بازخوانی عصبی-تکاملی از اسطوره‌ها محسوب می‌شود. شاید اشتباه کرده باشد و شاید چنان‌که همین اسطوره‌شناسی عصبی-تکاملی نشان می‌دهد، مبانی اساطیر بسیار پیچیده‌تر از آن هستند که به سه کنش شرح داده‌شده تقلیل یابند؛ اما نفس کار «دومزیل» و اینکه با بررسی در اساطیر به نتیجه‌ای عصبی-تکاملی رسیده است، از اهمیت بسیاری برخوردار است و نشان می‌دهد که خود اساطیر می‌توانند منبعی مهم برای بررسی اسطوره‌ها در نظر گرفته شوند؛ اما چیزی که «دومزیل» در بررسی‌های خود از آن غافل می‌شود، نقش زمان در تجربه‌های اسطوره‌ای است. اسطوره با زمان، حرکت کرده و با آن متحول می‌شود. برای «دومزیل» این سؤال مطرح نمی‌شود که قبل از این سه کنش چه بوده و حتی بعد از به‌وجودآمدن آن چرا با مهاجرت هندواروپایی‌ها با وجود تغییر زمان و نیز زیستگاه، این سه کنش باید به شکلی ثابت و تغییرناپذیر باقی بماند؛ به طوری که «دومزیل» سعی کند رد پای آن را در داستان‌های متأخر جست‌وجو کند. اینها سؤالات بسیار مهمی است که فقط زمانی قابل بررسی است که به جای بنیان‌های ثابت اسطوره‌ها دنبال بنیان‌هایی بگردیم که متغیر بوده و در طی زمان تغییر می‌کنند. همان بنیان‌هایی که اسطوره‌شناسی عصبی-تکاملی به ما معرفی می‌کند؛ بنیان‌هایی که آگاهی ما را می‌سازند. شاید اسطوره‌شناسی عصبی-تکاملی بتواند حرف‌های تازه‌ای درمورد مسئله دشوار آگاهی به ما بگوید. اینکه چگونه آگاهی شکل گرفت و تکامل یافت. اسطوره‌شناسی عصبی-تکاملی دریچه‌های نوینی را به ماهیت ذهن انسانی گشوده است.

***متخصص مغز و اعصاب**

◆ مسابقه «گری کاسپاروف» در مقابل «آبی پررنگ». نیویورک، ۱۱ می ۱۹۹۷. واکنش حاضران و «کاسپاروف»، تصویری همانند نقاشی از دوره رنسانس از نبرد انسان در برابر ماشین را پدید آورد

ماشین‌ها چه می‌فهمند؟

تلاش برای فهم مرز میان یادگیری انسان و یادگیری ماشین در عصر پیشرفت شتابناک هوش مصنوعی

عطاکالیراد*

حدود چهار سال پیش، در پژوهشگاه دانش‌های بنیادین (IPM)، بحث جالبی با یکی از دوستان در باب سرشت یادگیری ماشین[1] داشتم. تا جایی که به خاطر دارم، من مدعی بودم که به کار بردن عبارت‌هایی مانند یادگیری ماشین یا یادگیری ژرف[2] به منظور توصیف چگونگی حل یک مسئله توسط رایانه‌ها از راه صواب به دور است؛ چراکه یادگیری ماشین با یادگیری ما از جنسی اساسا متفاوت است. براساس آنچه از این بحث به یاد می‌آورم، ظاهرا استدلال‌هایم قانع‌کننده بود. البته حافظه در یادآوری آنچه انجام دادیم چندان وفادارانه عمل نمی‌کند و شاید استدلال‌هایم چندان هم مجاب‌کننده نبودند. باوجوداین به نظرم اندکی غور در باب این موضوع بحث من و دوستم مفید باشد؛ چراکه یادگیری ماشین به بخش جدایی‌ناپذیر از زندگی ما بدل شده و از مسائل روزمره مانند ترجمه متنی انگلیسی با مترجم گوگل گرفته تا موضوعات علمی مانند پیش‌بینی ساختار پروتئین‌ها را به صورتی نوین حل می‌کند. برای فهم ویژگی یادگیری ماشین، باید نخست به روش‌های سنتی آموزش به رایانه پرداخت. یکی از مسائلی که مدت‌هاست توجه متخصصان علوم رایانه را به خود مشغول کرده، آموزش بازی‌های انسانی به رایانه بوده است. بررسی چگونگی آموزش یکی از این بازی‌ها به رایانه در طی دهه‌های اخیر، سرشت یادگیری ماشین را تا حد زیادی برای ما روشن خواهد کرد.

چگونه به رایانه شطرنج بیاموزیم؟

آموزش شطرنج به ماشین قدمتی بیش از درازنای تاریخچه رایانه دارد. یکی از نمونه‌های مشهور ماشین شطرنج‌باز در سال ۱۷۷۰ میلادی از سوی «ولفگانگ فون کِمپِلِن»[3] رونمایی شد. این ماشین میزی بود که رویش مهره شطرنج بر روی صفحه بازی آرمیده بودند و آدمکی، که لباس عثمانی بر تن داشت، این قطعات را جابه‌جا می‌کرد. افراد بسیار مشهوری، ازجمله «ناپلئون بناپارت» و «بنجامین فرانکلین» با این تُرکِ مکانیکی[4] بازی کردند و او را حریفی قدرتمند یافتند. همانند بسیاری از عجایب آن دوران، ترک مکانیکی حقه‌ای بیش نبود: فردی نحیف، که شطرنج‌بازی ماهر نیز بود، در درون این دستگاه پنهان می‌شد. البته بسیاری در همان عصر نیز حدس می‌زدند که دستگاهی مکانیکی با قابلیت بازی شطرنج وجود ندارد؛ «ادگار آلن پو»، در «شطرنج‌باز مالزِل»[5] (۱۹۳۶) حدس زد که فردی در دل ماشین پنهان است. بازی شطرنج نیازمند درک حرکت رقیب و برگزیدن حرکتی مناسب در پاسخ برای بردن بازی است. شطرنج به ظاهر نیازمند خلاقیتی است که تنها در انسان یافت می‌شود. با ابداع رایانه در میانه قرن بیستم میلادی و علاقه به حل مسائل پیچیده توسط رایانه، برای ساخت ماشین توانا به شطرنج‌بازی آرام‌آرام دیگر نیازی به حقه‌هایی مانند ترک مکانیکی نبود. لااقل سدی نظری در برابر آموزش شطرنج به رایانه وجود نداشت و تنها باید قواعد شطرنج را به رایانه آموزش می‌داد. آموزش قواعد بازی به رایانه، یعنی انتقال تمام اطلاعات موجود در دایره‌المعارف‌های شطرنج، یعنی فهرست عریض و طویل از حرکات، استراتژی‌های آغاز، میانه و پایان بازی، به حافظه رایانه. رایانه باید براساس این اطلاعات، در پاسخ به حرکت رقیب، حرکات ممکن را بیابد و سودمندی هریک از حرکات را محاسبه کند. گرچه از جنبه نظری، رایانه شطرنج‌باز را می‌توان به آسانی ساخت، در عمل چنین کاری دشوارتر از اینها از آب درآمد و تنها در دهه ۱۹۸۰ میلادی بود که رایانه‌های شطرنج‌باز می‌توانستند شطرنج‌بازان متوسط و خوب را شکست دهند. با چنین پیشرفت‌هایی، هدف شکست بهترین شطرنج‌باز در میان گونه انسان بود. درنهایت، مسابقه سرنوشت‌ساز در ۱۹۹۷ میلادی میان «گری کاسپاروف»، قهرمان بلامنازع آن سال‌ها و رایانه شطرنج‌باز شرکت IBM، با نام «آبی پررنگ»[6] در شهر نیویورک برگزار شد. گرچه «کاسپاروف» بازی نخست را برد؛ اما اتفاقی غریب از نظر «کاسپاروف» در حین بازی رخ داد: در اواخر بازی «آبی پررنگ» رخ خود را بدون هیچ دلیل واضحی از d5، میانه صفحه، به d1 جابه‌جا کرد. «کاسپاروف» پس از این حرکت بی‌معنا نوعی خلاقیت هولناک می‌دید؛ اما درواقع این حرکت صرفا حاصل انتخاب حرکت تصادفی توسط «آبی پررنگ» بود؛ چراکه حرکت بهتری نمی‌یافت. در ادامه سلسله‌بازی‌های این مسابقه، «کاسپاروف» بازی دوم را واگذار کرد، بازی سوم، چهارم و پنجم نیز به تساوی انجامید. نتیجه بازی سرنوشت‌ساز ششم، پس از تنها ۱۲ حرکت هویدا بود. «کاسپاروف» پس از این حرکت، با مادرش که در میانه حضار بود به روسی صحبت کرد و درنهایت شکست را پذیرفت و سراسیمه از محل برگزاری خارج شد. گرچه «آبی پررنگ»، «کاسپاروف» را شکست داد؛ اما آیا «آبی پررنگ» حقیقتا شطرنج را در معنای انسانی آن فراگرفته بود؟ به نظرم پاسخ منفی است. «آبی پررنگ» تنها آنچه را می‌دانست که در حافظه‌اش وارد شده بود و در هر لحظه، حرکتی را که بهترین بود، برمی‌گزید؛ اما اشتباهش در بازی اول، حرکت بی‌دلیل رخ، تنها به سبب وجود نقص در برنامه او بود و نه نشانه‌ای از خلاقیت. وقتی ما چیزی را یاد می‌گیریم، تنها اطلاعات مربوط به موضوع مدنظر را در حافظه خود الصاق نمی‌کنیم؛ بلکه یادگیری برای ما حاصل کنش و واکنش است. سلسله‌ای از آزمون و خطا که درنهایت به فراگیری روش صحیح حل مسئله می‌انجامد. «آبی پررنگ» از بازی نخست با «کاسپاروف» تا بازی ششم همان شطرنج‌بازی بود که بود؛ اما روش «کاسپاروف» در بازی ششم از بازی نخست متفاوت بود. روش یادگیری «آبی پررنگ» همان‌قدر از یادگیری انسانی متفاوت است که نقاشی رنگ و روغن از عکسی که دوربین عکاسی می‌گیرد.

شطرنج‌بازی که هرگز نمی‌بازد

چه می‌شد اگر «آبی پررنگ» از اشتباهاتش درس می‌گرفت و هر بار که بازی می‌کرد، بهتر می‌شد؟ در فیلم «بازی‌های جنگی»[7]، محصول ۱۹۸۳ میلادی، «نوراد»[8] از ابررایانه‌ای برای کنترل موشک‌های هسته‌ای خود بهره می‌برد و این رایانه برای یافتن بهترین استراتژی در صورت بروز جنگ هسته‌ای میان ایالات متحده و شوروی، به شبیه‌سازی سناریوهای مختلف جنگ جهانی سوم می‌پردازد و از اشتباهات خود در هر سناریو درس می‌گیرد و هر بار موفق‌تر از مرتبه پیشین می‌شود (البته در پایان فیلم، پس از کش‌وقوس فراوان، ابررایانه به سازنده خود اعلام می‌کند: «بهترین استراتژی بازی‌نکردن است»). چه می‌شد اگر رایانه شطرنج‌باز ما نیز همانند ابررایانه خیالی فیلم بازی‌های جنگی، با خود بازی می‌کرد و به سبب این بازی‌های پیاپی، شطرنج را فرامی‌گرفت. در سال ۲۰۱۷ میلادی، شرکت ذهن ژرف[9]، از شرکت‌های زیرمجموعه گوگل، تلاش کرد تا به شیوه فوق به رایانه شطرنج بیاموزد. نرم‌افزار ذهن ژرف، با نام «آلفازیرو»[10]، صرفا قواعد پایه حرکت مهره‌های شطرنج را می‌دانست و به الگوریتم عمومی برای یادگیری بر مبنای آزمون و خطا مسلح بود. پس از چهل و چهار میلیون بار بازی شطرنج در مقابل خودش، «آلفازیرو» بدون دخالت انسان همه استراتژی‌های آغاز بازی شطرنج را کشف کرد. پس از یادگیری شطرنج به این شیوه، مهندسان گوگل «آلفازیرو» را در برابر بهترین نرم‌افزار سنتی بازی شطرنج آزمودند. در طی صد بازی، «آلفازیرو» بیست‌وهشت بازی را برد، هفتادودو بازی مساوی شد؛ «آلفازیرو» هرگز نباخت. «آلفازیرو» عملا به قوی‌ترین شطرنج‌باز جهان شناخته‌شده بدل شد. «آلفازیرو» برای یادگیری شطرنج، با دانستن قواعد حرکت مهره‌های نخست با خود بازی می‌کند. در ابتدا حرکات «آلفازیرو» تصادفی هستند؛ چراکه او هنوز نمی‌داند چگونه باید بازی را برد؛ اما پس از آزمون و خطا در طی این بازی‌ها، راه‌های پیروزی را می‌آموزد (در زبان فنی، به این نوع الگوریتم، یادگیری تقویتی[11] می‌گویند). تفاوت این نوع یادگیری با روش‌های سنتی بازی شطرنج در تعداد حرکاتی است که «آلفازیرو» برای هر بار حرکت یک مهره در طی بازی بررسی می‌کند. یک استاد بزرگ شطرنج به طور متوسط در هر حرکت، صد حرکت ممکن را در نظر می‌گیرد؛ رایانه‌های سنتی شطرنج‌باز، برای هر حرکت حدود ده میلیون حرکت را بررسی می‌کنند؛ اما «آلفازیرو» تنها ده هزار حرکت را به ازای هر حرکت بررسی می‌کند. گرچه ده هزار حرکت همچنان از صد حرکتی که یک استاد بزرگ بررسی می‌کند، بیشتر است؛ اما با روش‌های سنتی یافتن حرکت بعدی در شطرنج قابل مقایسه نیست. مسئله‌ای که «آلفازیرو» را جذاب می‌کند، سرشت استراتژی‌ها و روش بازی اوست؛ برخلاف رایانه‌های شطرنج‌باز پیشین، «آلفازیرو» روش خودش را کشف کرده، روشی که «گری کاسپاروف» آن را بسیار پویا و مشابه رویکرد خودش به شطرنج یافت. البته «آلفازیرو» چنان شطرنج‌باز قهاری است که هیچ استاد بزرگی، چه از جنس کربن و چه سیلیکون، توانایی شکست او را ندارد. ازاین‌رو «آلفازیرو» خود به معلم شطرنج بدل شده است! قهرمان بلامنازع فعلی شطرنج جهان، «ماگنوس کارلسِن»[12]، بهبود مهارت خود در بازی شطرنج در سال‌های اخیر را به مطالعه بازی‌های «آلفازیرو» نسبت داده است. گویی «آلفازیرو» بازی ساخته دست انسان را به تملک خود درآورده است!

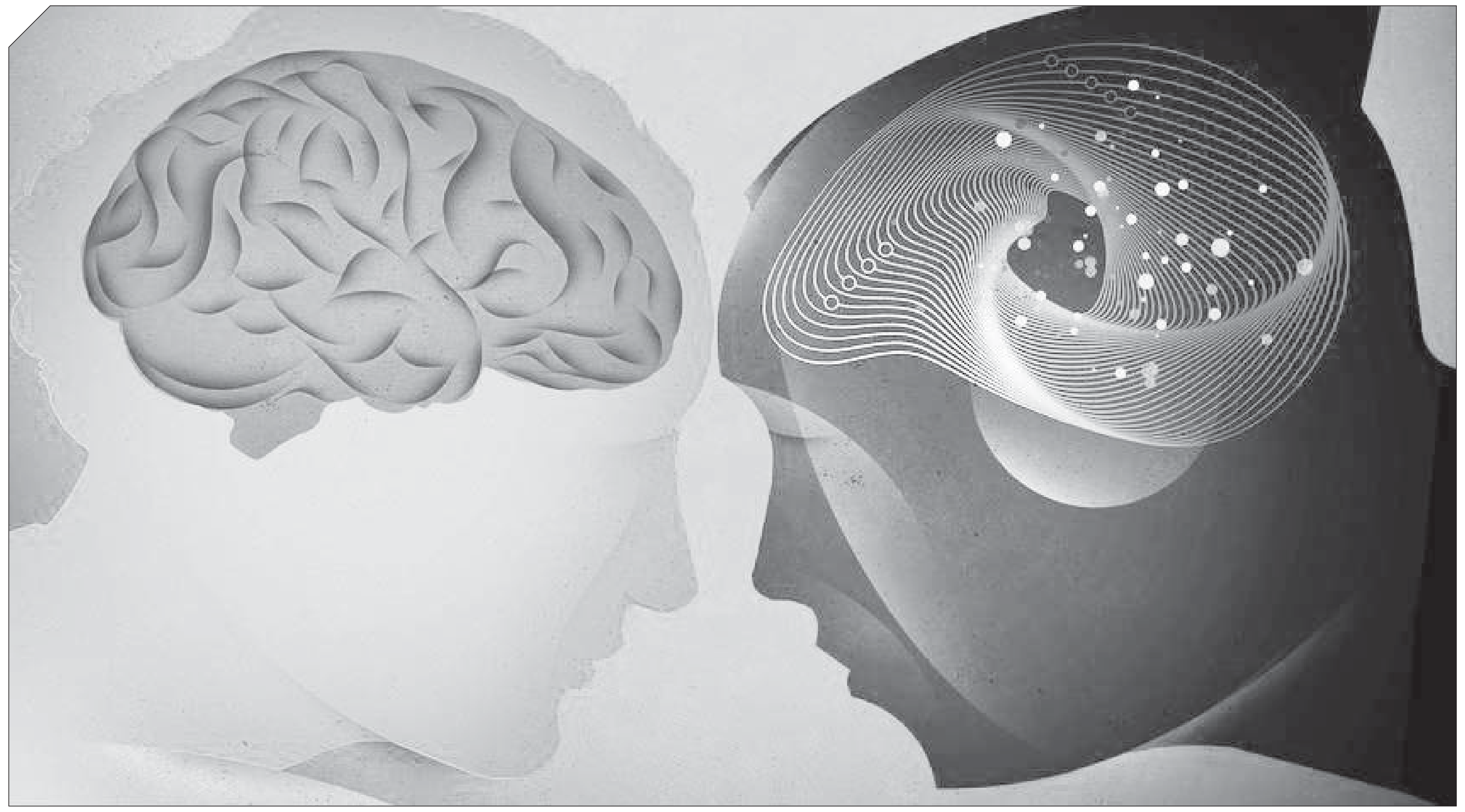
اتاق چینی

تصور کنید در شرکتی مشغول به کار هستید و وظیفه شما این است که هر روز در اتاق کار خود قرار بگیرید و در انتظار نامه‌هایی به زبان چینی باشید که از زیر در اتاق به دست شما می‌رسند. پس از دریافت این نامه‌ها، به سراغ کتاب عریض و طویلی می‌روید که به شما توضیح می‌دهد چه ترکیبی از الفبای چینی را باید در پاسخ به سلسله الفبای موجود در این نامه‌ها بر کاغذ بنگارید. نکته مهم این است که دستورالعمل پاسخ صرفا بر مبنای شکل و ترتیب الفبای چینی در این نامه‌هاست و شما به‌هیچ‌وجه از معنای این نامه‌ها و پاسخ خود باخبر نیستید. آیا پس از چند سال فعالیت در این شرکت، از زبان چینی سر درمی‌آورید؟ این مثال نسخه‌ای است از آزمایش ذهنی اتاق چینی[13] فیلسوف شهیر، «جان سرل»[14]. هدف «جان سرل» از صورت‌بندی این آزمایش ذهنی، نشان‌دادن ناممکن‌بودن فهم در هوش مصنوعی است: یک برنامه رایانه‌ای، هر چقدر هم که پیشرفته باشد، صرفا الگوها را شناسایی می‌کند و به هم ربط می‌دهد؛ اما همان‌قدر از ماهیت این الگوها باخبر است که کارمند ما در اتاق چینی از زبان چینی سر درمی‌آورد. آیا می‌توان استدلال اتاق چینی را در باب یادگیری ماشین نیز به کار برد؟ در بحثی که در ابتدای این یادداشت به آن اشاره شد، استدلال من در برابر دوستم این بود که به کار بردن صفاتی مانند «یادگیری» برای آنچه ماشین انجام می‌دهد، مانند الگوریتم یادگیری تقویتی «آلفازیرو»، نامناسب است؛ چراکه این یادگیری هیچ سنخیتی با یادگیری انسان ندارد؛ اما اکنون پس از چند سال سروکله زدن با الگوریتم‌های یادگیری ماشینی و موفقیت این الگوریتم‌ها نه‌تنها در بازی‌هایی مانند شطرنج، بلکه در پیش‌بینی ساختار پروتئین‌ها، به نظرم می‌رسد که شاید توصیف این روش‌ها به‌عنوان نوعی «یادگیری» چندان هم بیراه نباشد. البته این نوع یادگیری ضرورتا همانند یادگیری انسان نیست؛ اما شاید در بسیاری از جنبه‌ها یادگیری ما نیز دست‌کمی از یادگیری ماشین نداشته باشد. به‌عنوان مثال، یادگیری زبان در کودکان را در نظر بگیرید: کودکان در برخورد با دیگر کودکان و بزرگسالان کلمات را تقلید می‌کنند و واکنش دیگران به این تقلیدها به مرور زمان به اصلاح تلفظ کلمه‌ها و شبیه‌ترشدن آنها به تلفظ مورد قبول منجر می‌شود. چنین یادگیری‌ای، لااقل در سطح، شباهت‌های زیادی به یادگیری تقویتی «آلفازیرو» دارد. آنچه ترک مکانیکی را برای کسی مانند «ادگار آلن پو» ضرورتا به تردستی و حقه بدل می‌کرد، خلاقیتی بود که از نظر «پو» برای بازی شطرنج لازم است؛ بازی شطرنج همانند حل معادله‌ای خطی نیست که صرفا بتوان با دانستن مقدار فعلی، مقدار آتی را محاسبه کرد. شطرنج نیازمند تفکر در باب حرکت‌های ممکن و واکنش به روش بازی رقیب است. با توجه به این ویژگی‌ها، باید فردی نحیف در بطن ترک مکانیکی پنهان شده باشد تا توانایی این دستگاه در بازی شطرنج را توضیح دهد. شاید هراسناک باشد که انسانی پنهان در پس «آلفازیرو» نمی‌یابیم؛ آنچه این برنامه را به قوی‌ترین شطرنج‌باز عالم بدل کرده، تنها رشته‌ای است درازناک از صفرها و یک‌ها. اما شاید هراسناک‌تر این باشد که «آلفازیرو» بازی‌ای را که ما آفریده‌ایم و آن را به صحنه‌ای برای نمایش نبوغ و خلاقیت خود بدل کرده‌ایم، پیش خود آموخته و اکنون آن را بهتر از بهترین ما می‌فهمد. انکار اینکه این قسم یادگیری حقیقتا یادگیری است دیگر سودی ندارد؛ اما چنین پیشرفتی دورنمایی روشن از آینده ماشین در حل مشکلات دشوار و درهم‌تنیده پیش‌رو را در افق ترسیم می‌کند؛ مشکلاتی که تنها به مدد نبوغ انسان و ماشین رفع خواهند شد.

پی‌نوشت‌ها:

1- Machine Learning
2- Deep Learning
3- Wolfgang von Kempelen
4- Mechanical Turk
5- Maelzels Chess Player
6- Deep Blue
7- WarGames
8- North American Aerospace Defense Command (NORAD)
9- DeepMind
10- AlphaZero
11- Reinforcement learning
12- Magnus Carlsen
13- Chinese room
14- John Searle

*** پژوهشگر زیست‌شناسی تکاملی، مؤسسه ماکس پلانک در توبینگن، آلمان**



فراتر از انسان

درباره امکان عبور هوش مصنوعی از مرزهای انسانی

سینا فلاح‌زاده راسته‌کناری

روزی نیست که یک پیشرفت علمی یا تکنولوژیکی چشمگیر در عرصه هوش مصنوعی در سرخط اخبار علمی نباشد. اخبار اخیر استفاده از هوش مصنوعی برای تولید علم از سایر اخبار جذاب‌ترند؛ چراکه نشان می‌دهند هوش مصنوعی می‌تواند در وظیفه فهم جهان که زمانی نه‌چندان دور ویژگی منحصربه‌فرد فاهمه انسانی به حساب می‌آمد، دخالت مؤثر داشته باشد. حدود چهار قرن پیش وقتی «فرانسیس بیکن» سخن از استفاده از اصل استقرا برای فهمیدن الگوهای کلی حاکم بر طبیعت به میان می‌آورد، شاید کسی تصورش را هم نمی‌کرد که زمانی داده‌هایی که دانشمندان برای یافتن الگوها در اختیار دارند، آن‌قدر پیچیده و گسترده و فراوان باشد که دیگر قوی‌ترین ذهن‌ها هم از تشخیص هر الگویی در آنها ناتوان باشند. در چنین شرایطی مکانیکی‌کردن استخراج قوانین طبیعت از داده‌ها، با استفاده از کامپیوترها و الگوریتم‌های هوش مصنوعی یک انتخاب کاملا معقول است. فرض کنید بخواهیم بدانیم تأثیر نوسانات فشار خون یا کمبود ویتامین D در وضعیت عمومی و میزان مرگ‌ومیر بیماران مبتلا به کرونا که در بیمارستان‌ها بستری می‌شوند، چگونه است. دراین‌صورت با داده‌های فشار خون و نتایج آزمایش‌های صدها هزار بیمار که در اقصانقاط جهان گردآوری شده‌اند، روبه‌رو هستیم. بدون کمک کامپیوترها و هوش مصنوعی تشخیص الگوهایی که به کمک پیش‌بینی وضعیت بیماران در آینده بیاید، غیرممکن است.

انتظارات نخستین ما

اما این یک مثال ساده از نحوه کار هوش مصنوعی و الگوریتم‌های حیرت‌انگیز آن است. در این مثال به‌سادگی با موردی طرفیم که به علت محدودیت زمان و حوصله و انرژی از توانایی عاملیت انسانی خارج است. در این حالت کاری را که ممکن بود صدها هزار نفر را به دردسر و اشتباه بیندازد و خسته کند، به یک کامپیوتر می‌سپاریم که با توجه به الگوریتم‌هایی که به آن می‌دهیم، نه خسته می‌شود و نه «اشتباه» می‌کند. در همین مورد که آن را ساده قلمداد کردیم، هم پیچیدگی‌های فراوانی پیش می‌آید. ممکن است دو الگوریتم متفاوت دو نتیجه متفاوت و حتی متنافر تولید کنند. این مشکل در سال‌های اخیر و با توجه به استفاده روزافزون از «استقرای مکانیکی بیکنی» در حیطه هوش مصنوعی واقعا دامن‌گیر بسیاری از دانشمندان عرصه‌های گوناگون شده است. ضرورت تقویت روش‌های تولید علم و شناخت الگوهای حاکم بر طبیعت، بیش‌ازپیش احساس می‌شود و کمی از خوش‌بینی‌های اولیه که برای مثال در دهه نود میلادی دراین‌باره وجود داشت، کاسته شده است؛ اما این کارهای بسیار مهم و حیرت‌انگیز که هوش مصنوعی می‌تواند برای ما انجام بدهد، هنوز در مقابل اصل آنچه درمورد هوش مصنوعی در نظر داشتیم، بسیار کوچک هستند. هوش مصنوعی از همان میانه سده بیستم، یعنی از آغاز تولدش پروژه بسیار جاه‌طلبانه‌ای در سر داشت و آن هم رسیدن به حالتی بود که تمام آنچه را ذهن و روان انسان قادر به درک انجام آن هستند، انجام بدهد: پردازش زبان طبیعی، بازشناسی گفتار و دید ماشینی و (پس از آن به‌تدریج) ده‌ها کارکرد ریز و درشت دیگر که به فاهمه و ذهن بشر نسبت داده می‌شد و می‌شود؛ اما ادامه کار به این راحتی نبود: برای شبیه‌سازی ذهن و فاهمه انسان باید می‌دانستیم که ذهن انسان خودش آن کارها را چگونه انجام می‌دهد. بسیار ساده‌انگارانه بود اگر دانشمندان فکر می‌کردند که نحوه کارکرد ذهن انسان را می‌دانند؛ چراکه هنوز هم با بیش از شش دهه تجربه در آن عرصه سؤالات اساسی فراوانی بی‌جواب مانده‌اند. البته ماهیت اصلی علم و تکنولوژی به گونه‌ای است که پرسش‌های بزرگ و بی‌جواب‌مانده و مسائل دشوار به جای آنکه خاصیت فلج‌کننده و محدودکننده داشته باشند، بیشتر باعث پیشرفت و رونق عرصه‌های گوناگون می‌شوند. اگر در اواسط قرن بیستم از یک دانشمند انفورماتیک و علوم تازه‌تأسیس کامپیوتر می‌پرسیدید که ذهن ما چگونه جهان را می‌فهمد، احتمالا دیدگاهی شبیه فیلسوفان تحلیلی قرن بیستم را به شما تحویل می‌داد: برای مثال ممکن بود به شما بگوید که ما جهان را محدوده زبان بشری می‌فهمیم و زبان بشری شامل جمله‌ها و گزاره‌هاست و جملات و گزاره‌ها هم شامل یک‌سری نمادها هستند که برای رمزگذاری حالات امور واقعی و ممکن مورد استفاده قرار می‌گیرند. پس پردازش زبان طبیعی احتمالا با استفاده از پردازش نمادها ممکن است. کاری که حتی کامپیوترهای اولیه در انجام آن بسیار عالی عمل می‌کردند.

فراتر از پروژه کلاسیک: ورود مؤثر فیلسوفان

اما این تمام ماجرا نبود. از آنجایی که متخصصان هوش مصنوعی دائم در حال همکاری با فیلسوفان و منطق‌دانان تراز یک جهان بودند، با توجه به پیشرفت مباحث در زمینه فلسفه علم و آگاهی به‌تدریج مشخص شد که دیدگاه اولیه در مورد ماهیت ذهن و زبان انسان نارسایی‌هایی دارد. یکی از معروف‌ترین این مباحث یک استدلال بسیار مشهور از فیلسوف مشهور آمریکایی «جان سرل» موسوم به «استدلال اتاق چینی» بود که در سال ۱۹۸۰ ارائه شد و این نکته را پیش می‌کشید که کامپیوترهای نحوی کلاسیک هر قدر هم پیشرفته و درست عمل کنند باز هم بنا بر درک شهودی‌ای که ما از «فهمیدن» داریم چیزی نمی‌فهمند و ایجاد هوش مصنوعی قوی از این جهت ناممکن است. برخی از منطق‌دانان با استفاده از «قضایای ناتمامیت گودل» پروژه هوش مصنوعی قوی را به چالش کشیدند. این قضایا که توسط «کورت گودل» در سال ۱۹۳۱ اثبات شده بودند، ناظر بر ناممکن‌بودن ارائه یک دستگاه اصل موضوعی کامل برای ریاضیات بر اساس «برنامه هیلبرت» بودند. «قضایای ناتمامیت گودل» نشان می‌داد برنامه «هیلبرت» برای یافتن مجموعه‌ای کامل و سازگار از اصول موضوع برای کل ریاضیات محکوم به شکست است. گروهی از فیلسوفان و دانشمندان علوم شناختی و فلسفه ذهن این قضایای مهم منطق ریاضی را در شناخت نحوه کارکرد مغز انسان هم ذی‌مدخل می‌دانند. این بسیار طبیعی است که بعد از دهه‌ها تلاش اکثرا موفق برای پیشرفت در علوم کامپیوتر و هوش مصنوعی فکر کنیم که مغز انسان هم نوعی کامپیوتر است. در واقع این مسئله نتیجه این پیشرفت‌ها نیست، بلکه به نوعی پیش‌فرض شروع این مباحث و تلاش‌هاست. در واقع دیدگاه محاسباتی در مورد ذهن یک مبحث جدی و دامنه‌دار در فلسفه ذهن و آگاهی معاصر بوده است.

سایه «هایدگر»: «میراث دریفوس»

این مسئله به مناقشات فلسفی فراوانی دامن زد. یک مثال معروف در فلسفه و علوم شناختی معاصر کتاب «آنچه کامپیوترها نمی‌توانند انجام دهند» نوشته «هیوبرت دریفوس» فیلسوف معاصر آمریکایی است که در اوایل دهه ۷۰ میلادی منتشر شد. «دریفوس» با توجه به آنچه از فلسفه قاره‌ای و به‌خصوص پدیدارشناسی «هوسرل» و مخصوصا «هایدگر» آموخته بود، پیش‌فرض‌های نظریه محاسباتی ذهن را که پروژه هوش مصنوعی کلاسیک بر اساس آنها بنا شده بود، در معرض پرسش قرار داد. او ۲۰ سال بعد از آن در اوایل دهه ۹۰ میلادی ویراست تازه‌تری از کتاب خود منتشر کرد و عنوان آن را «آنچه کامپیوترها هنوز نمی‌توانند انجام دهند» قرار داد. هوش مصنوعی کلاسیک که بر محاسبات نحوی و منطقی و نظریه محاسباتی ذهن استوار بود، تأکید ویژه‌ای بر فهم منطقی از جهان در قالب گزاره‌های یک زبان ایدئال داشت. پیش‌فرض‌های مربوط به این دیدگاه با فهم هایدگری «دریفوس» از انسان به‌مثابه «در-جهان-بودگی» (In-der-Welt-Sein) خوانایی نداشت. «دریفوس» معتقد بود واقعیتی که انسان‌ها به صورت هرمنوتیکی می‌فهمند به‌سادگی به مجموعه‌ای از گزاره‌هایی که حالات امور را رمزگذاری می‌کنند قابل تحویل نیست. البته با توجه به پیشرفت‌هایی که در «شبکه‌های عصبی مصنوعی» داشتیم در اوایل هزاره جدید میلادی مشخص شد «دریفوس» تا حدود زیادی برحق بوده است.

شبکه‌های عصبی مصنوعی

از دهه ۷۰ میلادی به‌تدریج جریان‌هایی در تکنولوژی هوش مصنوعی شروع شدند که به‌جای تأکید روی ماهیت منطقی و نحوی فاهمه بر روی الگوبرداری از ساختار فیزیکی مغز تمرکز داشتند. این جریان‌ها به ظهور و پیشرفت شبکه‌های عصبی مصنوعی و غلبه آنها بر سیستم‌های پردازش سمبولیک منجر شدند. این شبکه‌ها برخلاف سیستم‌های کلاسیک قابلیت آموزش‌دیدن داشته و از این جهت شباهت جالبی با نحوه کارکرد مغز انسان دارند. نسخه‌های امروزی‌تر این سیستم‌ها شامل شبکه‌هایی با قابلیت یادگیری عمیق (deep learning) هستند که امکانات گسترده‌ای در اختیار طراحان شبکه‌های هوش مصنوعی قرار می‌دهند. بسیاری از پیشرفت‌های حیطه هوش مصنوعی در دو دهه اخیر نشان از پیروزی دیدگاه «هیوبرت دریفوس» داشت. البته هنوز هم می‌توان دید که شکاف‌هایی میان آنچه ما از انسان‌بودن می‌فهمیم و قابلیت‌های هوش مصنوعی وجود دارد. روان‌شناسی هوش مصنوعی و نیز فلسفه آن با جدیت تمام پیگیر شباهت‌ها و تفاوت‌های ذهن و روان انسان و «ذهن و روان» سیستم‌های هوش مصنوعی هستند. سیستم‌های دارای هوش مصنوعی و ربات‌های مدرن در هر عرصه‌ای که پا می‌نهند قابلیت‌ها و ظرفیت‌هایی بسیار فراتر از آنچه برای انسان‌ها قابل تصور است از خود نشان می‌دهند. اما پرسش بزرگ در مورد «آگاهی پدیداری» این سیستم‌ها هنوز هم در میان است. اینکه آیا این سیستم‌های بسیار هوشمند می‌توانند چیزی شبیه آگاهی پدیداری انسان داشته باشند یا نه. از آنجایی که خودآگاهی پدیداری تا حدود زیادی برای ما رازآمیز است، پرسش مدنظر در مورد ربات‌های هوشمند نیز قابلیت تعمیم دارد. شاید کمی ناامیدکننده باشد، ولی در مورد مسئله آگاهی پدیداری ربات‌ها هنوز جواب مشخصی نداریم.

هوش مصنوعی و اراده آزاد

وضعیت پرسش اراده آزاد در مورد ربات‌ها از وضعیت پرسش آگاهی ربات‌ها به مراتب بدتر است. در مورد آگاهی و ذهن دست‌کم این‌قدر می‌دانیم که ما ذهن و آگاهی و حتی آگاهی پدیداری داریم پس مسئله تبدیل به این می‌شود که در چه صورت می‌توان ادعا کرد که ربات‌ها و سیستم‌های هوش مصنوعی هم دارای آگاهی هستند. اما در مورد اراده آزاد وضع به گونه‌ای دیگر است: ما به‌درستی نمی‌دانیم که خودمان اراده آزاد داریم یا نه! کم نیستند کسانی که فکر می‌کنند با توجه به تعین‌گرایی علیتی (causal determinism) و قوانین طبیعت شهودهای ما در مورد داشتن اراده آزاد کاملا از سنخ توهمند. گروه دیگری از فیلسوفان (مشهور به سازگاری‌گرایان) قائل به این هستند که تعین‌گرایی با وجود اراده آزاد سازگار است و گروهی دیگر برخلاف این موضع استدلال می‌کنند. این مباحثات درازدامن هنوز با شدت و حرارت ادامه دارند و به نظر می‌رسد که هنوز تا رسیدن به خروجی‌های قابل اطمینان و رفع ابهامات اساسی راه درازی در پیش است. بنابراین طبیعی است که مکانیزم شناخته‌شده‌ای نداریم که با قراردادن آن در دل الگوریتم‌های هوش مصنوعی بتوانیم ادعا کنیم ربات‌ها و عامل‌های دارای هوش مصنوعی اراده آزاد دارند چراکه ممکن است داشتن اراده آزاد به معنی فقدان قانون به‌وجودآورنده تعین و توانایی دورزدن هر گونه «مکانیزم» از پیش تعیین‌شده باشد! بنابراین پاسخ به پرسش اراده آزاد ربات‌ها وابسته به شبکه گسترده‌ای از پرسش‌های فلسفی و فیزیکی و عصب‌شناختی در مورد خود اراده آزاد است آنچه که اکنون می‌دانیم این است که هنوز راه درازی مانده تا به ربات‌هایی برسیم که بتوانیم دارابودن اراده آزاد را در مورد آنها ادعا کنیم.

ربات‌های اخلاق‌مدار

بنا بر درک شهودی‌ای که از مسئولیت اخلاقی داریم اگر مطمئن نباشیم که موجودی اراده آزاد دارد به سختی می‌توانیم آن موجود را (چه انسان باشد و چه حیوان و ربات) از لحاظ اخلاقی مسئول عملکرد خود بدانیم. بنابراین تا اطلاع ثانوی هیچ دادگاهی یک ربات را به خاطر ارتکاب به جرائم مختلف محاکمه نخواهد کرد، اما کماکان امکان این وجود دارد که «صاحبان و کنترل‌کنندگان» آن ربات‌ها را مجبور به خاموش کردن آن ربات‌ها یا تغییر برنامه‌های آنها کنند. با این وجود اخلاق ربات‌ها که شامل دستوراتی برای ساختن و استفاده از ربات‌ها توسط عامل انسانی است از همان اواسط قرن بیستم بسیار جدی گرفته می‌شد. دلیلش هم این بود که همه به‌خوبی می‌دانستند که با پیشرفت این تکنولوژی سر از کجاها ممکن است دربیاوریم.

آخرزمان رباتی

یکی از سناریوهای علمی-تخیلی درباره پایان تمدن بشری و انقراض انسان، خروج ربات‌های بسیار هوشمند از کنترل انسان و سوارشدن آنها بر مرکب تاریخ با کنارزدن انسان است. درست است که نمی‌دانیم ربات‌ها نهایتا می‌توانند آگاهی پدیداری و اراده آزاد داشته باشند یا نه، اما آنها تقریبا در هر موردی توانایی و ظرفیت بیشتری از انسان‌ها دارند. این یعنی اینکه حتی اگر نتوانیم با ربات‌ها مانند عامل انسانی رفتار کنیم باز هم باید درباره شورش احتمالی آنها (ولو اینکه صرفا ماشین‌هایی هوشمند و فاقد عاملیتی مانند انسان باشند) نگران باشیم. از این جهت اغراق نیست اگر بگوییم هوش مصنوعی فناوری هوش مصنوعی از تسلیحات کشتارجمعی هم پتانسیل خطر بیشتری دارند. سلاح‌های کشتارجمعی سازه‌هایی منفعل در سیلوها هستند که برای فعال‌شدن منتظر حماقت عامل انسانی هستند اما ربات‌های بسیار هوشمند این‌گونه نیستند. آنها حتی اگر صرفا ماشین باشند قابلیت این را دارند که با خروج از کنترل «سرخود» اتفاقاتی را رقم بزنند که به شدت برای نوع بشر خطرناک باشد. روشنگری در این مورد وظیفه اخلاق تکنولوژی است و حدود مشخصی در مورد توانایی‌های هوش مصنوعی همواره باید پیش چشم مهندسان و دانشمندان باشد. گسترش هوش مصنوعی ممکن است شبیه بازی با نوع بسیار خطرناکی از آتش باشد و حالا که در دوران گسترش سریع این تکنولوژی هستیم بهتر است تمام موارد ایمنی با دقت رعایت شوند. از همین حالا بهتر است به فکر این باشیم که ربات‌هایی که می‌سازیم به اندازه کافی اخلاق‌مدار و انسان‌دوست باشند و آن بلایی را که انسان‌ها در ۵۰ هزار سال اخیر سر بقیه گونه‌های جانوری آورده‌اند سر خود انسان نیاورند.

یادداشت

وقتی رایانه‌ها جای انسان‌ها تصمیم می‌گیرند

نگاهی بسیار کوتاه به میراث ریاضی‌دانی که به ماشین‌ها هویت داد

حسن فتاحی

این یادداشت کوتاه درباره «یادگیری ماشین» یا به زبان انگلیسی ماشین‌لرنینگ است. درواقع درباره چگونگی آغاز این راه است. جان کلام این یادداشت درباره ماشین‌های تورینگ است؛ اما پیش از آن چند نکته کوتاه درباره برخی بِگرت‌ها یا مفاهیم رایانشی را بگویم. نخست اینکه یادگیری ماشین تنها به فضای مهندسی و کارهای فنی و دانش‌های زاستاری مانند فیزیک محدود نمی‌شود. امروزه در جهان سیاست هم از یادگیری ماشین استفاده می‌شود که چگونگی‌اش را خواهم گفت. دوم اینکه در برخی درس‌خانه‌های آموزش مجازی مانند مکتب‌خانه و فرادرس درسگفتارهای خوب رایگان وجود دارد که بسیار مفیدند و می‌توان از آنها استفاده کرد؛ بنابراین نیاز نیست برای کلاس‌های گران‌قیمت آموزشی هزینه کنید. سوم اینکه چندین کتاب خوب هم درباره یادگیری ماشین به زبان فارسی چاپ شده که خواندنش پرفایده است. نکته دیگری که باید بدانیم این است که یادگیری ماشین خودش زیرمجموعه‌ای از «هوش مصنوعی» است. هوش مصنوعی یکی از پررونق‌ترین موضوع‌های پژوهشی و صنعتی در جهان امروزی است و کشوری که در این زمینه سرمایه‌گذاری درست نکند و بخواهد درها را به روی تحولات ببندد، روزگار سختی پیش‌رو خواهد داشت. لازم است خوانندگان عزیز به اهمیت یک واژه دیگر هم پَرسونش یا دقت کافی داشته باشند. واژه‌ای که بسیار می‌شنویم؛ اما توجه کافی نداریم. آن واژه «داده» است. داده که زیربنای فراروند رایانشی را می‌سازد، عبارت است از: به تمام دانسته‌ها، آگاهی‌ها، کمیت‌های داشته و جمع‌آوری‌شده، اعداد، اطلاعات و آمارها که به انسان یا ماشین رایانشی توان و امکان تحلیل یا آنالیز را بدهند، داده می‌گویند. زیربنای زندگی امروز براساس داده است و هرچه پیچیدگی سامانه‌ای بیشتر شود، داده نقش پررنگ‌تری ایفا می‌کند. خود فراروند داده‌گیری و داده‌یابی و داده‌سازی و داده‌پردازی دانشی نسبتا نوپا و هیجان‌انگیز است. حال این داده‌ها نقش اصلی را در گام‌های بعدی که هوش مصنوعی و یادگیری ماشین و یادگیری عمیق یا ژرف است، برعهده دارند. جهان امروز جهان داده و رایانه است. یادگیری ماشین هم با داده و رایانه سروکار دارد؛ بنابراین تحلیل درست از وضعیت اقتصادی، انرژی، سلامت، اجتماعی، اقلیمی، زیست‌بومی، غذایی، آبی، نظامی، لجستیکی، جمعیتی، ژنتیکی و اپی‌ژنتیکی و بسیاری موارد دیگر در یک سامانه پیچیده مانند کشور مبتنی است بر داده و تحلیل روی داده. بنابراین کشوری که سیاست‌مدارانش درک درستی از اهمیت کار با داده را نداشته باشند، نمی‌توانند آینده‌پژوهی درستی برای کشور داشته باشند و مدام با بحران روبه‌رو خواهند بود. بحران هم یعنی افزایش انتروپی یا به زبان ساده‌تر افزایش آشفتگی و اختلال و اتلاف سرمایه‌های مالی و انسانی کشور. بگذارید با یک مثال ساده این بحث را ببندیم و به ماشین‌های تورینگ بازگردیم. کار یک رئیس‌جمهور سفر مدام به استان‌ها و گفت‌وگو با انگشت‌شمار از آدم‌ها و بازدید از چند جایِ از پیش برنامه‌ریزی‌شده نیست؛ بلکه کار اصلی او مدیریت و برنامه‌ریزی و اجرای طرح‌های کشور است. این کار بیش از دیدن با چشم نیازمند تحلیل است. گاهی کار تخصصی رئیس‌جمهور و گروهی از متخصصان کاربلد روی چندین نمودار و جدول به‌مراتب به حال آحاد مردم مفیدتر است از سفر به استانی. به ماشین‌های تورینگ برگردیم.

رایانه‌ها می‌توانند کارهایی را انجام دهند که بسیار به فراروند اندیشه‌ورزی در انسانِ خردمند نزدیک است. برای همین هم مردم نگران‌اند که رایانه‌ها جایگاه آدمی را به‌عنوان موجودات خردمند تهدید کنند. برای همین هم برخی پژوهش‌ها روی اثبات محدودبودن توانمندی‌های رایانه‌هاست. در درازای تاریخ بشر این ترس از دست دادن جایگاه همواره وجود داشته است. زمانی به نظر می‌رسید آدمی مرکز گیتی است و اشرف مخلوقات. اما این باور نادرست فروریخت و در عصر جیمز وب دریافته‌ایم که از هیچ وجهی منحصربه‌فرد نیستیم. درباره نظریه فرگشت هم چنین بود. مخالفان فرگشت بیش از آنکه زیربنای دانشی فرگشت را بشناسند، دشمنی‌شان برگرفته از لرزیدن ستون‌های بی‌همتایی انسان است. درباره رایانه‌ها، یادگیری ماشین‌ها و هوش مصنوعی هم داستان بی‌شباهت به فرگشت و نامرکزی زمین نیست. آدمی می‌ترسد رایانه‌ها خاستگاه ارزش انسان و نیز امنیت زیستی او را به خطر بیندازند. بخشی از این ترس درست است و بخشی نادرست و این همان جایی است که یادگیری ماشین با چالش روبه‌روست. خوب است ساده‌ترین تعریف ممکن از یادگیری ماشین را بگوییم. یادگیری ماشین یعنی اینکه ماشینی با توان رایانشی و پردازشی داشته باشیم که با داشتن داده، بدون کمک انسان یا با کمترین یا بهینه‌ترین کمک بتواند تصمیم‌گیری کند. نگره یا دیدگاه مرکزی در نظریه محاسباتی بر مبنای یک ابررایانه جهان‌شمول است که امکان شبیه‌سازی تمام ماشین‌های محاسباتی دیگر را دارد. رایانه‌های چندمنظوره یا چندکاره نمونه‌ای برای رایانه‌های عمومی است و درواقع بیشتر رایانه‌هایی که روزانه با آنها سروکار داریم، رایانه‌های عمومی هستند، با نرم‌افزار مناسب و حافظه کافی. هر رایانه عمومی می‌تواند از دیگر گونه‌های رایانه یا دستگاه‌های پردازش اطلاعات و داده، تقلید کند.

یکی از پیامدهای مهمی که می‌توان دریافت، این است که تنها تفاوت دو رایانه در توان، سرعت و اندازه حافظه‌شان است. چه بسا دستگاه‌های ورودی و خروجی متصل به رایانه‌ها با هم تفاوت داشته باشد؛ بنابراین تجهیزات جانبی از شاخص‌های ضروری یک رایانه نیستند. همه رایانه‌های عمومی و همه انواع دیگر از سامانه‌های محاسباتی عمومی بر حسب کارهایی که می‌توانند انجام دهند، اساسا شبیه یکدیگرند. به سال ۱۹۳۷ م. و دو سال پیش از آغاز جنگ جهانی دوم، ریاضی‌دان بریتانیایی با نام «آلن تورینگ» (گاهی «اَلن تیورینگ» هم نوشته می‌شود که مرسوم نیست؛ اما درست‌تر است) نظریه رایانه‌ای عمومی را پایه‌ریزی کرد و آن را به زبان ریاضی بیان کرد. «تورینگ» مانند بسیاری از پیشگامان دنیای رایانه‌ها و رایانش، به مسئله ساختن ماشینی که بتواند فکر کند، مشتاق بود. او طرحی برای ماشین‌های چندمنظوره اختراع کرد. ازآنجایی‌که آن زمان هنوز واژه رایانه به دستگاهی گفته می‌شد که محاسبات انجام می‌دهد و نه بیشتر؛ بنابراین تورینگ ساختار ذهنی‌اش را ماشین یا دستگاه چندمنظوره نامید. برای تصور دستگاه تورینگ ریاضی‌دانی را خیال کنید که محاسبات را روی طوماری بلند انجام می‌دهد. فرض کنید طومار بی‌نهایت دراز است و ریاضی‌دان خیالی ما هم درگیر قسط وام و گرانی نیست و فرصت کافی برای ریاضی‌پژوهی دارد. ریاضی‌دان تواناست تا برای هر مسئله‌ای راه‌حلی ارائه دهد. این مسئله که فراروند حل مسئله چندین مرحله باشد و نیازمند الگو یا الگوریتم، اهمیت ندارد و بی‌شک برای مسائل دشوار به زمان بیشتری نیاز است. تورینگ نشان داد محاسباتی که یک ریاضی‌دان باهوش می‌تواند انجام دهد، یک کارمند کندذهن اما بسیار پرسون هم که مجموعه‌ای منظم از قانون‌های ساده برای خواندن و نوشتن داده‌ها را روی طومار بداند، می‌تواند عملیات ریاضیاتی را انجام دهد. درواقع تورینگ نشان داد می‌توان جای یک انسان را با یک دستگاه یا یک ماشین عوض کرد. ماشینی که بتواند یاد بگیرد. اینجا جهان یادگیری ماشین است. ماشین یک بار نماد روی طومار را می‌خواند. روی هر خط یک نماد ساده وجود دارد. به یک دستگاه یا همان ماشین یادگیرنده مجموعه‌ای منظم و ثابت و خوش‌تعریفی از حالت‌های ممکن ارائه می‌شود. مجموعه‌ای از ورودی‌های مجاز که حالت را تغییر می‌دهد و به همین شکل مجموعه‌ای از خروجی‌های ممکن. خروجی‌ها فقط به وضعیتی بستگی دارد که در آن ورودی‌ها و ترتیب آنها در حافظه ثبت شده‌اند. امروزه به چنین دستگاهی، دستگاه یا ماشین تورینگ می‌گوییم و زیربنای سه چیز است. هوش مصنوعی، یادگیری ماشین و یادگیری ژرف. اما ماشین یادگیرنده یک تفاوت دیگر دارد. درواقع هدف بعدی ساخت ماشینی است که داده‌ها یا ورودی‌ها را بگیرد و بتواند در حالت‌های گوناگون تصمیم‌گیری کند. در یادگیری ماشین چند نکته وجود دارد. نخست اینکه می‌خواهیم ماشین بتواند به جای داده‌های شسته‌رفته با داده‌های آماری پالایش‌نشده کار کند و حتی بتواند هوشمندانه پالایش کند. سپس بتواند خودش مدل‌سازی کند و خروجی آن یک تصمیم باشد. اینکه چگونه بتوانیم ماشین‌ها را یادگیرنده و تصمیم‌گیرنده کنیم کاری سترگ است و آینده بشر، چه در جنگ و چه در بقا به آن گره خورده است.