کوانتومی فکر کردن

احسان اقلیمی

مکانیک کوانتوم یک پروسیجر است.

برای این که بفهمیم "پروسیجر" چیست، باید ببینیم از کجا آمده. پروسیجر از فعل proceed می‌آید، به معنی پیش رفتن یا جلو رفتن. بنابراین می‌توان گفت مکانیک کوانتوم یعنی پیش‌روی به‌صورت کوانتومی. حالا پیش‌روی در کجا؟ در واقعیت، یعنی in reality. پس مکانیک کوانتوم روشی خاص برای نگاه کردن به بخش خاصی از واقعیت است.

شاید بسیاری فکر کنند مکانیک کوانتوم یعنی پیش‌بینی چیزهایی که قرار است اتفاق بیفتند، ولی در عمل این‌طور نیست. در واقع، مکانیک کوانتوم پیش‌بینی می‌کند، اما نه نتیجه‌ی قطعی، بلکه احتمال وقوع نتایج مشخص را. یعنی چیزها و نتایج از قبل تعریف شده‌اند، اما این که کدام یک اتفاق می‌افتد را کوانتوم تعیین نمی‌کند. تنها می‌گوید احتمال هرکدام چقدر است.

هرچه اندازه‌ی رخدادها کوچک‌تر و مقیاس‌ها زیراتمی‌تر باشد، "کوانتومی فکر کردن" کاربرد بیشتری پیدا می‌کند. با این که مفاهیم تصادفی وارد تحلیل می‌شوند، اما قوانین حاکم بر این احتمالات، ریاضیاتی و قطعی هستند، یعنی تصادفی نیستند بلکه تعیین‌پذیرند. منظورم این است که فرمول‌های محاسبه‌ی احتمال‌ها دقیق هستند، همان‌گونه که قوانین فیزیک کلاسیک در مقیاس‌های بزرگ دقیق عمل می‌کنند.

برای مثال، هیچ‌کس نمی‌تواند بگوید یک فوتون دقیقاً کجا برخورد می‌کند، اما می‌توان حساب کرد که احتمال برخورد آن به نقطه‌ای خاص چقدر است. حالا چه چیزی تعیین می‌کند که فوتون دقیقاً کجا فرود بیاید؟ از دیدگاه کوانتومی، پاسخ این است: Pure chance. این همان حرف معروفی است که انیشتین به ماکس بورن گفت: "من قانع نشدم که خدا تاس می‌اندازد."

کوانتومی فکر کردن نیازمند دو سیستم است.

نخست، سیستم آماده‌سازی که در آن اتفاق‌ها می‌افتند. مثلاً تمام رویدادهایی که در زندگی من رخ می‌دهند. دوم، سیستم اندازه‌گیری که در آن درباره‌ی آن اتفاق‌ها فکر می‌کنم، آن‌ها را تحلیل می‌کنم یا می‌سنجم.

این دو سیستم لزوماً یکی نیستند. ممکن است اتفاقات زندگی من در یک روند خاص رخ دهند، اما من از بیرون، با روشی دیگر آن‌ها را اندازه‌گیری یا ارزیابی می‌کنم. هرچه مقیاس

کوچک‌تر و نزدیک به سطح زیراتمی باشد، حتی فاصله‌ی اندک هم فاصله‌ای چشمگیر تلقی می‌شود. به همین دلیل، گویی این دو دنیا از هم جدا هستند.

ابزاری که در سیستم اندازه‌گیری به کار می‌بری، مانند وسیله‌ای برای پرتاب فوتون، باید به زبان ریاضی بیان شود. همان ابزار در فضای اندازه‌گیری هم حضور دارد و باید از نظر ریاضی توصیف شود. پس اگر یک پدیده را در نظر گرفتی، باید تلاش کنی که هم در سیستم آماده‌سازی و هم در سیستم اندازه‌گیری، آن را به زبان ریاضی توصیف کنی.

البته قصد من بحث فیزیک کوانتومی به معنای علمی آن نیست. من می‌خواهم درباره‌ی شیوه‌ی کوانتومی اندیشیدن در زندگی روزمره صحبت کنم. بنابراین قرار نیست همه‌چیز را به زبان ریاضی بیان کنیم. اما هدف این است که تا جای ممکن از مدل‌سازی ذهنی دقیق استفاده کنیم.

برای این کار، باید روی پارامترها دقیق‌تر تمرکز کرد. مثلاً در مثال فوتون، فاصله، فرکانس و نوع تعامل‌ها در اندازه‌گیری اهمیت زیادی دارند.

باز هم تأکید می‌کنم کوانتومی فکر کردن به معنی پیش‌بینی تمام احتمال‌هاست، نه پیش‌بینی نتیجه‌ی نهایی.

در اینجا باید به نکته‌ای اشاره کنم که تازه یاد گرفته‌ام: "تفسیر کپنهاگی" در مکانیک کوانتوم. این تفسیر شامل اصولی است، ولی مرز روشنی ندارد و تا حدودی مبهم است. بر اساس این تفسیر، نظریه‌ی کوانتوم کامل است، چون در آزمایش‌ها به خوبی کار می‌کند و با تجربه‌ی واقعی هماهنگ است، نه به این دلیل که تمام جزئیات پدیده‌ها را توضیح می‌دهد. یعنی مکانیک کوانتوم کاربردی است، اما لزوماً نمی‌داند چرا، یا نمی‌تواند همه‌چیز را توضیح دهد.

این دیدگاه را می‌توان به زندگی هم تعمیم داد. آیا ما باید همه‌چیز را برای خود توضیح دهیم؟ یا صرفاً کافی است که امور به درستی پیش بروند؟

همین دیدگاه در مورد دنیای هوش مصنوعی و شبکه‌های عصبی عمیق نیز مطرح است. بسیاری از این سیستم‌ها به خوبی عمل می‌کنند، اما نمی‌توانند توضیح دهند که چرا. البته شخصاً من به توضیح‌پذیری علاقه‌مندم و برخی ریاضی‌دان‌ها هم دقیقاً روی همین جنبه در هوش مصنوعی کار می‌کنند.

این‌که مکانیک کوانتوم "چیزها" را توضیح نمی‌دهد، یکی دیگر از انتقادهای انیشتین بود. من از واژه‌ی "چیز" به‌عمد استفاده می‌کنم، چون واژه‌ی thing در انگلیسی بار مفهومی عمیقی دارد. متأسفانه در فارسی این واژه را تقلیل داده‌ایم، تا آن‌جا که حتی "اینترنت اشیا" را جایگزین Internet of Things کرده‌ایم، در حالی که "چیز" مفهومی گسترده‌تر از "شیء" دارد.

انیشتین علت این‌که مکانیک کوانتوم نمی‌تواند "چیزها" را توضیح دهد، این‌گونه بیان می‌کند: مکانیک کوانتوم با رفتار فردی سروکار ندارد، بلکه با رفتار جمعی سر و کار دارد. این موضوع برای من یادآور بازی فوتبال است. رفتار گروهی یک تیم ممکن است منجر به پیروزی شود، اما توضیح این‌که چرا تیم برده، وابسته به عوامل زیادی است و هر تحلیل‌گر فقط

بخشی از آن‌ها را توضیح می‌دهد. هرچه از گروه به فرد نزدیک‌تر می‌شویم، توضیح رفتار آسان‌تر می‌شود. البته اگر بخواهیم یک فرد را هم ارزیابی کنیم، باز باید فاکتورهای متعددی مثل قدرت بدنی، هوش، تکنیک و ویژگی‌های دیگر را در نظر بگیریم. بنابراین، توضیح رفتار جمعی به‌مراتب پیچیده‌تر است.

به همین خاطر، گاهی چیزی کار می‌کند اما نمی‌دانیم چرا. این تفاوت میان توصیف یک پدیده و تفسیر آن است.

تا اینجا بیایید این‌طور جمع‌بندی کنیم: مکانیک کوانتوم در پیش‌بینی رفتار گروهی کارآمد است.

مفهوم مهم دیگری که در اندیشه‌ی کوانتومی برجسته است، تمایز میان سیستم مشاهده‌گر و سیستم مشاهده‌شونده است. واژه‌ی "مشاهده" به‌خوبی می‌تواند مفهوم observation را منتقل کند و من در ادامه از آن زیاد استفاده خواهم کرد.

و حالا هیجان‌انگیزترین نکته‌ام: محیط مشاهده‌گری و مشاهده‌شونده، با محیط آماده‌سازی و اندازه‌گیری که قبلاً گفتیم، متفاوت است و یکی نیست. واقعاً سکسیه، نه؟