رویارویی با ابهام دنیای واقعی

دکتر لطفعلی عسکرزاده، ازسال ۱۹۵۹ استاد مهندسی برق و علوم کامپیوتر در دانشگاه کالیفرنیا(برکلی)بوده‌است. وی پس از فارغ‌التحصیلی از دانشکدهٔ فنی دانشگاه تهران در سال ۱۹۴۴ به امریکا رفت و در انستیتوی تکنولوژی ماساچوست (MIT) و دانشگاه کلمبیا به تحصیل پرداخت و در سال ۱۹۴۹ از دانشگاه کلمبیا مدرک دکتری گرفت. ایشان که از کاربرد ریاضیات بسیار دقیق در تشریح ابهامات دنیای واقعی ناخرسند بود در سال ۱۹۶۰ تئوری دستگاههای فازی (Fuzziness) را ارائه دادند. مباحث وی در زمینهٔ «تفکر فازی» مورد توجه محافل علمی دنیا قرار گرفته است. مجله ارتباطات (Communication) در این زمینه گفت و گویی با ایشان انجام داده است که به جهت اهمیت مطالب مطرح شده در آن متن مصاحبه را در این شمارهٔ مجله چاپ کردیم.

● **پروفسور زاده، شما پذیرفتید که در این مصاحبه دربارهٔ محدودیتهای منطق سنّتی در برخورد با بسیاری از دشواریهای موجود در حوزهٔ هوش مصنوعی (AI) و راه غلبه بر این دشواریها سخن بگویید. خواهشمندم پیش از پرداختن به این موضوع، نخست شمه‌ای از زمینهٔ کاربرد عمدهٔ کامپیوتر در جهان آینده بیان نمایید؟**

در سالهای آینده، کامپیوتر در سه بخش مهم کاربرد خواهد داشت. نخست، وضع رایج فعلی که از کامپیوتر برای تجزیه و تحلیل عددی استفاده می‌شود. تجزیه و تحلیل عددی، در برخی از رشته‌ها بویژه در محاسبات علمی و همگون‌سازیِ کلان سیستمها، اهمیت بسیاری خواهد یافت. برای چنین منظوری به کامپیوترهای هر چه بزرگتر نیاز است، که این کامپیوترها بویژه در هواشناسی، فیزیک هسته‌ای، طرح‌ریزی سیستمهای اقتصاد کلان، حل معادلات دیفرانسیل پاره‌ای و همگون‌سازی پدیده‌هایی پیچیده مانند طغیانها و جریانهای متغیر کاربرد دارند. بخش دوم به انبوهٔ داده‌ها یعنی بانکهای اطلاعاتی مربوط می‌شود. این بخش، بیشتر در بانکها، بیمه، پردازش اسناد و بازیابی اطلاعاتی به کار خواهد رفت. آنچه در این بخش اهمیت خواهد داشت، توان گردآوری زیاد اطلاعات نیست بلکه توان انباشتن اطلاعات بسیار زیاد و دستیابی سریع به اطلاعات موردنیاز با هزینهٔ پایین و نسبتاً معقول است. افزون بر این، در این بخشها، البته شبکه‌های کامپیوتر نقشی بنیادی ایفا خواهند کرد. چراکه تنها دسترسی به یک بانک اطلاعاتی کافی نیست بلکه باید به مجموعه‌ای از بانکهای اطلاعاتی مرتبط با هم دست یافت. در پاسخ به چنین نیازی است که ما در چند سال آینده شاهد پیشرفتهای شگرف در شبکه‌های کامپیوتری خواهیم بود. سومین بخش مهم در کاربرد کامپیوتر، همان است که به مهندسی علوم موسوم است. در چند سال اخیر، این بخش شهرت فراوانی پیدا کرده است، بویژه از هنگامی که ژاپنی‌ها بر آن همچون بخشی با بیشترین اهمیت، تأکید کردند. مهندسی علوم یکی از بخشهای بنیادی هوش مصنوعی است و در آن سیستمهای خبره اهمیت درجه اول دارند. درحقیقت، چه بسا در این مرحلهٔ زمانی، انتظاراتی مبالغه‌آمیز از نقش سیستمهای خبره در کار باشد، اما همان طور که ژول ورن در آغاز سدهٔ بیستم دریافت، انتظارات غلو شده انگیزهٔ پیشرفتهای علمی به شمار می‌روند.

پس، در سالهای آینده، سه بخش عمده برای کاربرد کامپیوتر خواهیم داشت و اهمیت هر سه بخش بیشتر خواهد شد امّا به گمان من، مهندسی علوم از دو بخش دیگر رشد بیشتری خواهد کرد زیرا جوان‌ترین بخش و به تعبیری نیرومندترین آنها است. قصدم از با اهمیت جلوه دادن مهندسی علوم این نیست که بگویم دو بخش دیگر دارای اهمیتی کمترند بلکه آنها نیز رشد بیشتری خواهند کرد. امّا بی‌تردید، در قیاس با آنها مهندسی علوم بسی فراتر از امروز خواهد بود. از این رو، در اینجا بیشتر دربارهٔ همین بخش سخن خواهیم گفت تا دو بخش دیگر.

● **آیا فکر می‌کنید سوپرکامپیوترها تنها در بخش تحلیلهای عددی نقشی مهم ایفا می‌کنند؟**

سوپرکامپیوترها به هر سه بخش وابسته‌اند: تحلیلهای عددی، بانکهای اطلاعاتی بزرگ و مهندسی علوم. امّا تنها، در حال حاضر به بخش نخست یعنی تحلیلهای عددی می‌پردازند. امروزه بحث بر سر این است که چگونه می‌توان بودجه‌های تحقیقاتی را میان تلاش برای ساختن سوپرکامپیوترها و ساختن ماشینهایی با هوش مصنوعی توزیع کرد. این تلاشها تا اندازه‌ای معلومند. ژاپنی‌ها بر ساختن هر دو گونه مصر هستند. در ایالات متحده تأکید بر نوع کامپیوترهای هوش مصنوعی است که طلیعهٔ کامپیوترهای نیرومند آمریکایی است و در واقع واکنشی است در برابر تلاش ژاپنی‌ها. شاید بدانید که «ادوارد فیگنبام» از دانشگاه استنفورد نمایندهٔ برجستهٔ تأسیس مرکز ملی فن‌شناسی کامپیوتر امریکاست که این مرکز همچون محلی برای تقویت تلاشهای امریکا در این زمینه است.

● **ممکن است در زمینهٔ فرق میان سوپرکامپیوتر و دستگاه هوش مصنوعی ـ که گاهی به عنوان نسل پنجم کامپیوتر به آن اشاره شده است ـ توضیح دهید؟**

نام نسل پنجم تا اندازه‌ای بی‌مسماست. پروژهٔ نسل پنجم ممکن است تبلیغاتی‌ترین برنامهٔ تحقیقاتی جاه‌طلبانه‌ایی باشد که ژاپنی‌ها طراحی کرده‌اند. یکی از این برنامه‌ها، پروژهٔ سوپرکامپیوتر نام دارد. پروژهٔ نسل پنجم، فاقد جنبهٔ سخت‌افزاری است. درواقع، از آن در پیشرفتهای سخت‌افزاری که در کل، برنامهٔ نتیجهٔ پروژه‌های دیگر است، بهره می‌گیرند. در مورد سوپرکامپیوترها، تأکید بر محاسبات کلان در حوزهٔ کاربردهای علمی و فنی است. از سوی دیگر، در کامپیوترهای هوش مصنوعی، این تأکید از «داده» به «دانش» تغییر می‌یابد. چیزی که در مورد کامپیوترهای هوشمند (هوش مصنوعی) اهمیت دارد، توانایی آنها در نتیجه‌گیری از اطلاعات موجود در پایگاه وسیع علمی است. بویژه هنگامی که این اطلاعات مبهم و ناکامل بوده و کلاً مورد اتکا نباشند.

می‌توان انتظار داشت که پیشرفتهایی در طراحی سوپرکامپیوترها ـ هم در سطوح سخت‌افزاری و هم نرم‌افزاری ـ تأثیری عمده بر مهندسی ماشینهای هوش مصنوعی داشته باشد. البته، سوپرکامپیوتر مفهومی منسجم نیست، بلکه شکلهای گوناگونی دارد. پردازش موازی ممکن است نقش عمده‌ای در کاربردهای هوش مصنوعی داشته باشد، بویژه در الگوی شناخت، پردازش زبان طبیعی و استنباط از پایگاههای اطلاعاتی بزرگ. اینکه چنین چیزی به راستی در آینده رخ خواهد داد، تنها حدسی بیش نیست.

در ۲۰ سال گذشته، پردازش موازی حوزهٔ بسیار نویدبخشی برای پژوهش بوده است. با این همه، آنچه عملاً در پردازش موازی انجام شده بسی عقب‌تر از انتظارات بود. البته در این مورد چه بسا عوامل مانع‌زدا را بتوان در گوشه و کنار پیدا کرد، امّا دشواریهای بسیار در هوش مصنوعی هست که ممکن است در صورت دستیابی به سوپرکامپیوترها نیز به قلمرو مطلوب نرسد. خواه این سوپرکامپیوترها از نوع «فون فویمان» باشند خواه از انواع دیگر. دلیل این امر، محدودیت قدرت محاسبه نیست، بلکه نبود ادارک ما از برخی روندهای موردنیاز برای اجرای وظایف شناسایی ـ هر چند ساده‌تر ـ است.

● **شما از دشواریهای زیادی سخن می‌گویید که با دستیابی به سوپرکامپیوترها نیز حل نخواهند شد. ممکن است نمونه‌ای از این دشواریها را بیان کنید؟**

بگذارید نخست از مشکلی اساسی‌تر از دشواریهای دیگر شروع کنم، مشکل تلخیص. ببینید، هنگامی که دربارهٔ تلخیص سخن می‌گویم، منظورم خلاصه کردن یک داستان کوتاه کلیشه‌ای نیست. چنین توانایی، به شکرانهٔ تلاشهای آقای «راجوشنک» و همکارانش در دانشگاه ییل و دیگر اعضای انجمن هوش مصنوعی به دست آمده است. امّا چیزی که ما قدرت فهم آن را نداریم این است که چگونه می‌توان داستانی غیرکلیشه‌ای را که کوتاه هم نیست خلاصه کرد.

● **ممکن است نمونه‌ای از داستان کلیشه‌ای به دست دهید؟**

نمونهٔ چنین داستانی را می‌توان با بررسی تصادفات اتومبیل به دست داد. این داستانها کلیشه‌ای‌اند. به عبارت دیگر، در این گونه داستان مشخصات چگونگی تصادف، زمان و محل آن و تعداد آسیب‌دیده‌ها می‌آید.

● **درست است. آیا ساختمانی از پیش تعیین شده دارد؟**

بله. کلیشه‌ای که می‌گویم، منظورم این است که ساختمان از پیش تعیین شده دارد. پس اگر شما ساختمانی از پیش تعیین شده داشته باشید، می‌توانید داستان را دریابید و آن را خلاصه کنید. دلیل اینکه تلخیص این همه دشوار می‌باشد ـ بسیار دشوارتر از ترجمهٔ ماشینی زبانی به زبان دیگر ـ این است که نیاز به فهم دارد. قدرت کامپیوتر برای خلاصه کردن یک داستان کوتاه کلیشه‌ای تا اندازه‌ای شبیه قدرت کسی است که چنین داستانی را در روزنامه می‌بیند و زبانی را که داستان بدان نوشته شده است کاملاً درنمی‌یابد؛ با اینهمه، اینجا و آنجا واژه‌هایی را تشخیص می‌دهد و بر پایهٔ آن، داستان را خلاصه می‌کند. بسیاری از مردم باکمترین توانایی در فهم زبانی که داستان بدان نوشته شده است می‌توانند آن را دریابند. امّا این کمترین توانایی، برای تلخیص داستانی که نه کوتاه است و نه کلیشه‌ای، یکسره ناکافی است.

● **گفتید که امروزه نوشتن برنامه‌ای برای خلاصه کردن**

داستان بسیار دشوار و اغلب ناممکن است. خوب پس چرا این نکته مهم است؟

توانایی تلخیص، محکی برای توانایی ادراک است که به نوبهٔ خود آزمون هوش و قابلیت به حساب می‌آید. فرض کنیم من از شخصی ناآشنا به ریاضیات، بخواهم مقاله‌ای از یک مجلهٔ ریاضی را تلخیص کند. ممکن نیست بتواند موفق به خلاصه کردن آن شود. زیرا او نمی‌تواند موضوع مقاله، نتایج و اهمیت آن را دریابد. در وضعیتهای این چنینی، داشتن سوپرکامپیوتر دردی را دوا نمی‌کند. همهٔ سوپرکامپیوترهای جهان نیز با هم، فایده‌ای نخواهند داشت. مشکل اصلی این نیست.

● **پروفسور زاده، می‌توانید نمونه‌های دیگری از این دشواریها به دست دهید که حتّی با پیشرفتهای مهمی که در طراحی سوپرکامپیوترها به دست آمده، نمی‌توان حلّشان کرد؟**

مثلاً تشخیص نژاد و زادگاه. انسان قادر به چنین کاری است. شما می‌توانید با دیدن شخصی بگویید، «آهان؛ انگار ایرلندی است» یا چیز دیگر. امّا امروزه ناممکن است برنامه‌ای به کامپیوتر بدهیم که با دیدن تصویر شخص بتواند نژاد یا زادگاه او را تشخیص دهد. نمی‌خواهم بگویم چنین چیزی اصلاً امکان‌پذیر نیست، بلکه تنها می‌گویم که در حال حاضر چنین چیزی ناممکن است. مثال دیگر تخمین سن است. فرض کنید کسی را می‌بینند و می‌گویید «بله، باید ۳۵ سالی داشته باشد». اینجا هم نمی‌توانیم برنامه‌ای به کامپیوتر بدهیم که در چنین کاری توانایی دهد و از این رو نمی‌توانیم اختلافات ظریفی همچون اختلاف میان اشخاص ۲۰ ساله و ۱۰ ساله را مشخص کنیم.

● **چرا چنین است؟ چرا نوشتن برنامه‌ای برای تخمین سن شخص بر پایهٔ تحلیل ویژگیهای فیزیکی ممکن نیست؟**

زیرا ما هنوز به خوبی نمی‌فهمیم چگونه به چنین تشخیصی می‌رسیم. به سخن دیگر، برای نوشتن برنامه ناگزیر باید بفهمیم که چگونه باید این کار راکرد. محدودیت مسائلی از این دست، در این است که ما نمی‌توانیم قوانینی راکه نیمه‌آگاهانه برای چنین تخمینی به کار می‌گیریم تمیز دهیم. البته می‌دانید که برخی چیزها این قدر دشوار نیستند. تشخیص میان شخصی که ۷۰ سال دارد و شخصی دیگر مثلاً ۵ ساله، چندان سخت نیست. من مسائلی در تخمین سن سخن می‌گویم که مانند این مثال، ناچیز نیست و می‌دانیم که نمی‌توان چنین تخمینی را بر چین و چروک یا رنگ مو منطبق ساخت. همهٔ این موارد با هم ما را قادر به تشخیص می‌کند. یا مثالی دیگر از این نوع، شناخت آهنگ در موسیقی است. مردم می‌توانند با شنیدن یکی دو مورد آهنگ را تشخیص دهند. آنها معمولاً آهنگساز را حدس می‌زنند، حتی اگر قطعه‌ای را برای نخستین بار شنیده باشند. به سخن دیگر، شیوه‌ای در تصنیف آهنگ توسط آهنگساز در کار است که سبب می‌شود با شنیدن آن بگوییم «بله، این موتسارت است» حتی اگر هرگز قطعه مزبور را نشنیده باشیم. حال اگر کسی بپرسد که چگونه دریافتید که آهنگساز موتسارت است، نمی‌توانید معیارهای خود را برای چنین تشخیصی روی کاغذ بیاورید.

● **منظورتان این است که روند تشخیص اینکه یک قطعه موسیقی از موتسارت، بتهوون یا کسی دیگر است، ناآگاهانه یا ذاتی است؟**

این کاری است که می‌کنیم، بی آنکه بتوانیم قوانینش را دریابیم. به دیگر سخن، روشهای پیش‌بینی و تصمیم‌گیری که در این زمینه به کار گرفته می‌شوند بیشتر مبهمند تا روشن. مواردی که برشمردم ـ تشخیص نژاد و زادگاه، تخمین سن، شناسایی آهنگساز یا شناخت آهنگ ـ همگی الگوی شناخت هستند. بسیاری از این مسائل، در حال حاضر با ارائه راه

عاملی که منطق فازی را از منطق چندارزشی متفاوت می کند این است که در منطق فازی می توان با سورهای نامعلوم، چون «بیشترین» و «اندکی»، «بسیاری» و «چندین» به کار پرداخت.

حل فاصلهٔ بسیار دارند و امروزه مانعی برای کاربردهای شناخت گفتار در زمینهٔ گفتار ارتباطی هستند.

● **نکتهٔ بارز در همهٔ این نمونه‌ها چیست؟ چه آموزه‌ای در آنها به چشم می‌خورد؟**

منظور من از حرفهایی که تاکنون زده‌ام، این است که دلایلی برای این احساس خود بیاورم که دستیابی به سوپرکامپیوترها در حل مسائلی که برشمردیم، امروزه فایده‌ای ندارد و این چیزی است که من خود در پی آنم. اما در این جا، همهٔ تلاش من این است که بگویم سوپرکامپیوترها و کامپیوترهای هوش مصنوعی سعی‌شان معطوف به توسعهٔ ماشینهایی است که می‌توانند کارهای معرفتی و غیرجزیی را انجام دهند، کاملاً همانند نیستند. تأثیراتی متقابل بر هم دارند امّا به لحاظ کیفی متفاوتند.

اکنون بازگردیم به بخش سوم که همان مهندسی علوم است. چیزی که

باید در اینجا بگویم، اختلاف زیاد موفقیتهای وسیعاً پایدار، درون گروه هوش مصنوعی است. هوش مصنوعی، آن‌گونه که امروزه می‌شناسیم، مبتنی بر منطق دوارزشی، یعنی منطق کلاسیک ارسطویی است و عموماً چنین پنداشته‌اند که همهٔ آنچه به عنوان شالودهٔ هوش مصنوعی موردنیاز است، همان منطق اولی است.

● **می‌گویید که هوش مصنوعی امروزه بر منطق دوارزشی بنا شده است، آیا نوعی منطق «آری، یا «خیر» در کار است؟**

بله، همین طور است. این، منطق آری یا خیر است. درواقع، منطق دوارزشی، سیستمهای منطقی گوناگون را در برمی‌گیرد که همهٔ آنها در پذیرش فرضیهٔ حقیقت دوارزشی، وجه مشترک دارند. یکی از این نظامهای منطقی همان است که منطق اولی نامیده شده است و از این رو

● با آنکه در موقعیتی معین حواس آدمی اطلاعات فراوانی دریافت می کند، امّا ذهن انسان این توانایی را دارد که اکثر این اطلاعات را کنار بزند و تنها نیروی خود را بر اطلاعاتی متمرکز کند که به کارش مربوط می‌شود.

بسیاری از مردم چنین می‌پندارند که منطق اولی، شاید با برخی تغییرات، کافی است.

● **آیا مثالی ساده در باب منطق اولی به نظرتان می‌رسد؟**

بله. فرض کنیم بگویید «انسان فانی است. سقراط انسان است. پس سقراط فانی است». این مثال نمونهٔ سادهٔ استدلال در منطق اولی است. به طور خلاصه در میان هواداران هوش مصنوعی، امروزه دو گروه دیده می‌شوند. گروه اول (گروه محافظه‌کار) بر آن است که هوش مصنوعی و به طور کلی مهندسی علوم، بایستی بر منطق و بویژه بر منطق اولی استوار باشد. یکی از هواداران اصلی این دیدگاه، «جان مک کارتی» از دانشگاه «استنفرد» است. دیگر هواداران آن عبارتند از: «فیلس نیلسون» از «SRI»، «ولفگانگ بیبل» از دانشگاه «مونیخ»، «رابرت کووالسکی» از لندن و «آلن کُلْمِروئه» از مارسی فرانسه.

گروه دیگر عقیده دارند که منطق محدود است یا ارتباطی به هوش مصنوعی ندارد. از دیدگاه هواداران این گروه، منطق اولی محدودتر از آن است که بتواند به گونه‌ای مؤثر از پس بغرنجی روندهای معرفتی انسان برآید. این گروه به جای روشهای منظم منطقی، به کاربرد تکنیکهای ویژه و شیوه‌های آزمون و خطا اعتقاد دارند. مهم‌ترین نمایندگان این گروه، «راجرشنک» از دانشگاه «ییل» و اخیراً «ماروین مینسکی» از «مؤسسهٔ تکنولوژی ماساچوست» (MIT) ـ البته با پافشاری کمتر ـ هستند.

● **پروفسور زاده موضع شما چیست؟ آیا با موضع دو گروه یادشدهٔ هواداران هوش مصنوعی ـ محافظه‌کارانی که به منطق اولی اعتقاد دارند و گروه دیگر که برآنند منطق تنها دارای ارتباط محدودی است ـ فرق دارد؟**

موضعی که من دارم ـ که واقعاً با موضع اغلب کسانی که هوادار هوش مصنوعی هستند فرق دارد ـ این است که ما در زمینهٔ هوش مصنوعی به منطق نیاز داریم. امّا نوع منطق موردنیاز، منطق اولی نیست بلکه منطق فازی است. یعنی منطقی است که در زیر برهان نادقیق یا تقریبی نهفته است. من بدین سبب چنین احساسی دارم که استدلال اغلب مردم ـ تقریباً استدلال همهٔ مردم ـ نامعلوم است. بخش مهم چنین تعقّلی را می‌توان عقل سلیم نامید و منطق اولی دقیق‌تر و محدودتر از آن است که به عنوان الگویی مناسب در خدمت استدلال عقل سلیم قرار گیرد. دلیل اینکه چرا انسانها می‌توانند کارهایی انجام دهند که کامپیوترهای امروزی بدان خوبی ـ و یا اصلاً ـ نمی‌توانند بکنند، این است که همهٔ کامپیوترهای موجود بر پایهٔ منطق دوارزشی کار می‌کنند. به عبارت دیگر، ناتوانی کامپیوترهای امروزی برای حل برخی از مسائلی که ذکرشان پیشتر رفت، در این نیست که ما ظرفیت محاسباتی کافی نداریم. درواقع، کامپیوترهایی که امروز در اختیار ما قرار دارد ـ هم از جنبهٔ سخت‌افزاری و هم نرم‌افزاری ـ برای پردازش اطلاعات فازی و استدلال عقل سلیم طراحی نشده‌اند. به نظر من مشکل همین جاست.

● **آیا این دیدگاه ـ که کامپیوترها روندهای اندیشهٔ انسان را به خوبی تقلید نمی‌کنند ـ حاکی از وجود چیزی مقدس در شیوهٔ تفکر انسانی است؟ آیا محتمل نیست که شیوهٔ تفکر انسان دربارهٔ اشیاء چندان درست نباشد و آیا می‌توان شیوهٔ مصنوعی تفکر را که برتر باشد، تصور کرد؟**

البتّه هرکس می‌تواند چنین موضعی بگیرد، چنان که برخی از پژوهشگران هوش مصنوعی چنین موضعی دارند و از این رو تقلید ذهن انسانی در طراحی سیستمهای هوش مصنوعی، مهم نیست. یک استدلال این است که زمانی که یک هواپیما را طراحی می‌کنیم، آن را شبیه پرنده نمی‌سازیم و بدین سان یکی از استدلالها پیش می‌رود. امّا این تمثیل

هواپیماگونه، به نظر می‌آید که به طراحی سیستمهای هوش مصنوعی ربط ندارند. از این‌رو هنگامی که ما عملاً می‌کوشیم سیستمهای هوش مصنوعی بسازیم که بتواند کارهای ادراکی انسان‌وار انجام دهد، گویی مدام به الگوی انسانی بازمی‌گردیم. الگوی انسانی، الگویی بسیار مطلوب است، بهتر از آنچه که بسیاری از مردم فکر می‌کنند.

● **آیا می‌توانید مفصّل‌تر درباره منطق فازی توضیح دهید؟**

خوب است این کار را بکنم. فرقهای عمدهٔ میان منطق فازی و منطق کلاسیک دوارزشی را توضیح خواهم داد. در نظامهای کلاسیک دوارزشی، همهٔ مجموعه‌ها را با حد و مرزهای کاملاً معیّن فرض می‌کردند، بنابراین هرکس یا عضو مجموعه‌ای هست یا نیست.

البته چنین فرضی در صورتی درست است که دربارهٔ موضوعاتی همچون فانی یا غیرفانی، مرده یا زنده، مذکر یا مؤنث و مانند آنها صحبت کنید. اینها نمونه‌هایی از طبقه‌بندیها هستند که دارای حد و مرز دقیقند. امّا بیشتر طبقه‌بندیهای جهان واقعی، چنین مرزهای دقیقی ندارند. برای نمونه، اگر شما ویژگیها یا خصوصیاتی چون بلندقامت، باهوش، خسته، بیمار و همانند آنها را در نظر بگیرید، همهٔ این ویژگیها فاقد مرزهای دقیقند. منطق کلاسیک دوارزشی به گونه‌ای طراحی نشده است که به خصوصیاتی بپردازد که موضوع درجه‌بندی هستند. این نکتهٔ اصلی است. البته در اینجا تعمیم منطق دوارزشی نیز در کار است. این نظامهای منطقی تعمیم یافته را منطقهای چندارزشی خوانده‌اند. بنابراین در سیستمهای منطق چندارزشی، یک ویژگی می‌تواند متعلق به یک درجه‌بندی باشد.

● **موضوع کاملاً روشن نیست، مثلاً کلمهٔ «بلند قامت». آیا به نظر شما «بلند قامت» می‌تواند ارزشهای متعدد داشته باشد؟**

بله. بلندی قامت موضوع درجه‌بندی است، همان‌گونه که هوش، خستگی و مانند آن، چنین‌اند. معمولاً شما درجه‌هایی میان یک و صفر دارید. بنابراین می‌توانید بگویید ـ برای نمونه ـ بلندی اندام فلانی ۰/۹ است. این درجه‌ها، معیارهای عضویت به حساب می‌آیند که می‌توان آنها را ارزشهای حقیقت، تأویل کرد. در منطق کلاسیک، تنها دوارزش برای حقیقت هست: صحیح یا غلط ـ یا یک و صفر ـ در نظامهای منطق چندارزشی، بیش از دو ارزش برای حقیقت داریم. ممکن است شمار ارزشهای حقیقت محدود و یا حتی نامحدود باشد. یعنی تعداد نامحدودی درجه‌بندی که یک ویژگی بدان تعلق داشته باشد. در نظام سه ارزشی ـ برای نمونه ـ موضوعی می‌تواند درست، غلط و یا در مرز باشد. همچنین می‌توان نظامهایی داشت که در آن، هر کس ارزشهای پیوسته‌ای برای حقیقت از صفر تا یک دارد.

● **چه کسی بیشتر از همه منطق چندارزشی را گسترش داد؟**

کسی که در این زمینه بیش از همه شهرت دارد، ریاضیدان لهستانی به نام «ی. لوکاسیویچ» است. او نخستین بار در دههٔ ۱۹۲۰، مفهوم منطق چندارزشی را گسترش داد.

● **می‌توانید یکی دو مثال از موقعیتی که به منطق چندارزشی نیازمند باشد بزنید؟**

حتماً! شما برای اینکه بتوانید چیزی بگویید مانند «جان بلند قامت است» نیاز به نظام چند ارزشی دارید. چراکه بلندقامت، خصیصه‌ای است که نیاز به ارزشهای بی‌شمار حقیقت برای توصیف دارد. بدین سان، جمله‌ای به آسانی «جان بلند قامت است» به منطق چندارزشی نیاز دارد ـ مگر آنکه آگاهانه بخواهید مرزی تعیین کنید و بگویید «هرکس که بیش از ۱۸۰ سانتی متر قد داشته باشد بلند است و کمتر از آن بلند نیست» ـ به سخن دیگر، جز در مواردی که به طور ساختگی معیاری همچون مورد بالا بگذارید، به منطق چندارزشی نیاز خواهید داشت. امّا هرچند که این نظامهای منطق چندارزشی، زمانی در دسترس باشند با این همه در زبانشناسی، روانشناسی و دیگر حوزه‌هایی که شناخت انسانی نقش مهمی بازی می‌کند، زیاد مورد استفاده قرار نمی‌گیرند.

● **چرا منطق چند ارزشی به کار گرفته نشده است؟**

دلیل اینکه چنین نظامهایی به کار نمی‌روند، این است که منطق چندارزشی رواج نیافته است و اینجاست که منطق فازی خود را نشان می‌دهد. عاملی که منطق فازی را از منطق چندارزشی متفاوت می‌کند، این است که در منطق فازی می‌توان با سورهای نامعلوم همچون «بیشترین» و «اندکی»، «بسیاری» و «چندین» به کار پرداخت. سورهای فازی، کم و بیش با شمارش سر و کار دارند. از طرف دیگر این سورها نامعلومند، زیرا شماره را نه به گونه‌ای دقیق بلکه مبهم به دست می‌دهند. برای نمونه، شما می‌گویید «بسیاری» یا «بیشترین». در منطق چندارزشی، تنها دو معیار «همه» و «یکی» به کار می‌رود، درحالی که در منطق فازی معیارهای متعددی را دارید. این یکی از فرقهای مهم است.

● **آیا آنها تنها سورهای مبهم‌اند؟**

البته آنهایی که گفتم تنها مثال بودند. در واقعیت، تعداد بیشماری از سورها نامعلومند. برای نمونه می‌توان گفت «نه چندان زیاد»، «یک چند تا»، «خیلی زیادتر از ۱۰»، «تعداد زیاد»، «بسیار»، «چندتا» یا «خیلی زیاد». راههای بیشماری هست که می‌توان به شیوه‌ای تقریبی به شمارش اشیاء پرداخت.

● **به غیر از سور مبهم، چه چیز دیگری منطق فازی را از منطق چندارزشی متمایز می‌کند؟**

اختلاف بنیادی دیگر، این است که در منطق فازی، حقیقت، خود مبهم است. پس درست است که دربارهٔ چیزی گفته شود «کاملاً درست» است. همچنین می‌توان گفت «کم و بیش درست است». یا با احتمالات مبهم مانند «نه چندان محتمل»، «تقریباً ناممکن» یا «به ندرت» می‌توان سخن گفت. بدین شیوه، منطق فازی نظامی فراهم می‌آورد که به اندازهٔ کافی انعطاف‌پذیر و گویاست و همچون چهارچوبی طبیعی در خدمت معانی بیانِ زبانهای طبیعی قرار می‌گیرد. افزون بر آن، منطق فازی به یاری شناخت عقل سلیم همچون پایه‌ای برای استدلال در زمینهٔ الگوی شناخت، تحلیل تصمیم‌گیری و دیگر حوزه‌های کاربردی که در آنها اطلاعات اساسی مبهم است، به کار می‌رود. در چارچوب محدود نظامهای دوارزشی یا چند ارزشی، اثبات شده است که حل این مسأله به گونه‌ای منظم دشوار است. و به راستی مسألهٔ اصلی، شکاف بسیار بزرگ میان منطق کلاسیک دقیق و جهان واقعی نادقیق است.

● **آیا منطق فازی با دنیای واقعی نادقیق هماهنگی دارد؟**

نمی‌خواهم بگویم که منطق فازی از هر جهت سیستمی نهایی است. امّا برآنم که بسی بهتر از نظامهای منطقی سنتی، با مسائل جهان واقعی همخوانی دارد.

● **پروفسور زاده؛ آیا می‌توانید به طور فشرده بگویید که تا اینجا چه چیزی مهم‌ترین نکته بوده است؟**

بله. محدودیت درمهندسی علوم به سبب دست نیافتن به سوپرکامپیوترها نیست، بلکه به دلیل این امر است که کامپیوترها ـ چه سخت‌افزار و چه نرم‌افزار ـ مبتنی بر نوعی منطق هستند که الگوی خوبی برای خردورزی انسان نیستند. در نهایت باید گفت که مشکل به سخت‌افزار مربوط می‌شود. از آنجا که کامپیوترها اساساً ابزارهای رقومی هستند. با تکه‌های مجزای اطلاعاتی کار می‌کنند. از سوی دیگر اطلاعات مبهم، مجزا نیستند. در اطلاعات مبهم، هر مورد با مورد دیگر درمی‌آمیزد. پس نکتهٔ بسیار مهم این است: حتی با آنکه کامپیوترهای امروزی بر پایهٔ منطق دوارزشی طراحی شده‌اند. می‌توان آنها را برای پردازش اطلاعات مبهم با استفاده از منطق فازی برنامه‌ریزی کرد. امّا چنین کاری، به استفادهٔ مؤثر از تواناییهای محاسباتی کامپیوترهای امروزی میدان نمی‌دهد.

● **آیا شما عقیده دارید علی رغم مشکلاتی که در هر دو زمینهٔ سخت‌افزاری و نرم‌افزاری سیستمهای کامپیوتری موجود در کار است، امّا با این همه می‌توان بر آنها چیره شد تا آنجا که در کامپیوترهای مرسوم، اطلاعات مبهم را به کار گرفت؟**

بله، می‌توان بر محدودیتهای سخت‌افزاری کامپیوتر رایج، به یاری نرم‌افزار چیره شد. امّا این کار، مستلزم استفادهٔ نامؤثر از کامپیوترهاست. توانایی ذهن انسان برای استدلال در شرایط مبهم، به راستی امتیاز بزرگی است. با آنکه در موقعیتی معین، حواس آدمی اطلاعات فراوانی دریافت می‌کند ـ این اطلاعات به قدری زیاد است که یک کامپیوتر معمولی را از کار خواهد انداخت ـ امّا ذهن انسان، به هر نحو این توانایی را دارد که اکثر این اطلاعات راکنار بزند و تنها نیروی خود را بر اطلاعاتی متمرکز کند که به کارش مربوط می‌شود. این توانایی ذهن انسانی برای کار کردن با اطلاعاتی که به وظیفه‌اش مربوط می‌شود، به توانایی او در پردازش اطلاعات مبهم وابسته است. مغز انسان با تمرکز بر اطلاعات مربوط به کار، میزان اطلاعات را به سطحی نظارت‌پذیر کاهش می‌دهد.

دو مقولهٔ دقت و بغرنجی، سازش ناپذیرند. همین که بر پیچیدگی سیستمی افزوده می‌شود، توانایی ما در پشتیبانی دقیق و غیربدیهی از عملکرد آن کاهش می‌یابد.

● **بدین سان شما می‌توانید با کامپیوترهای مرسوم کار کنید، امّا این کامپیوترها نامؤثرند زیرا از بنیاد با اطلاعات مبهم ناسازگارند. خوب، پس از چه کامپیوتری می‌توانید استفاده کنید؟**

در برخی موارد، چه بسا بتوانیم کامپیوترهایی را تصور کنیم که اساسشان با کامپیوترهای موجود فرق داشته باشد، چنان که ریشهٔ عملیاتی که انجام دهند در منطق فازی باشد و نه منطق دوارزشی ـ به سخن دیگر، ممکن است به سخت‌افزاری از نوع دیگر نیازمند باشند. دربارهٔ کامپیوترهای «شیمیایی»، «زیست‌شناختی» یا «مولکولی» سخن گفته شده است. برخی اندیشمندان تخیلی دربارهٔ این‌گونه کامپیوترها سخن می‌گویند، امّا ما هنوز آنها را نداریم.

● **کامپیوتر مولکولی چیست؟**

توضیحش دشوار است. گمان می‌کنم با مقایسهٔ کار مغز انسان با کار کامپیوترهای امروزی، تفاوتهای شالوده‌ای آنها را درخواهید یافت. مغز

انسان ـ به نحوی که امروزه خوب درک نمی‌کنیم ـ منطق فازی به کار می‌گیرد. بنابراین سخت‌افزار مغز بشر ـ اگر بتوان چنین چیزی گفت ـ سخت‌افزاری است که در پروراندن اطلاعات مبهم کارایی دارد. هنگامی که از کامپیوتر مولکولی یا زیست‌شناختی یا شیمیایی سخن گفته می‌شود، چیزی که به ذهن می‌آید، نزدیک به شیوهٔ پردازش اطلاعات توسّط مغز انسانی است. در همین جاست که چالشی بنیادین در کار است: چگونه می‌توان دریافت که مغز بشر اطلاعات مبهم را این گونه موثر، پردازش می‌کند.

● **در حال حاضر چه میزان از نحوهٔ پردازش اطلاعات توسّط مغز فهمیده شده است؟**

دانشمندان آگاهی زیادی از کار مغز در حد عصب دارند. امّا فعالیت انبوه در این سطح چگونه به روندهای تفکّر می‌انجامد؟ تلاش برای درک مغز از راه عصب، همچون تلاش برای درک سیستم تلفنی در یک شهر بزرگ به یاری سیم‌پیچی درون دستگاه تلفن است. می‌توان در سطوح بسیار پایین چیزی دریافت امّا در سطوح بالاتر نمی‌توان ادراک کاملی از عملکرد آن به دست داد.

● **دلایل شما برای کنار گذاشتن کامپیوترهای سنتی روشن نیست. شاید مردم تاکنون سخت نکوشیده‌اند یا زیاد کار نکرده‌اند تا برای تحقق برخی از کاربردهای هوش مصنوعی اقدام کنند؟**

واقعیت این است که من کامپیوترهای سنّتی را باتوجه به شایستگی آنها در پردازش اطلاعات کنار نگذاشته‌ام. بلکه موضع من این است که ما در این مرحله درک درستی نداریم که چگونه آنها را ماهرانه برای بررسی اطلاعات مبهم به کار گیریم. درواقع، من برآنم که شمار کاربردهای منطق فازی در رشته‌های بسیار متنوع کامپیوترهای امروزی، بسیار زیاد است. امّا سرانجام، برای دستیابی به سطح بالاترِ کارایی، لازم است کامپیوترهایی را به کار گرفت که اختصاصاً برای پرداختن به اطلاعات مبهم طراحی شده باشند. برای نمونهٔ شناخت گفتار، مسأله‌ای دور از راه حل مطلوب است. سیستمهای تشخیص گفتار ما، قابلیت محدودی برای ادراک گفتار دارند. امّا همهٔ این سیستمها برشونده نیستند. یعنی نمی‌توان تا زمانی که به توانایی انسان برای ادراک گفتار نزدیک نشوند، تغییرشان داد و به شیوه‌ای تکاملی اصلاحشان کرد. بدین سان روشن است که به طورکلی نگرهٔ دیگری ضرورت دارد.

● **منظور شما از اینکه می‌گویید این سیستمها برشونده نیستند، چیست؟ می‌توانید کمی بیشتر این نکته را بشکافید؟**

بله. در بسیاری از موارد، سیستمی داریم که ظرفیت محدودی دارد. امّا می‌دانیم که چگونه با اصلاح آن سیستم می‌توان سطح کارآیی آن را به جایی رساند که در برخی از تواناییهای انسان با او رقابت کند. امروزه در هوش مصنوعی، عموماً چنین موردی مشاهده نمی‌شود. یعنی بسیاری از سیستمهای هوش مصنوعی برشونده نیستند. آنها به سرعت به حد توانایی خود رسیده‌اند. به سخن دیگر، نمی‌توان آنها را از آن نقطه پیش‌تر راند.

● **می‌توانید سیستمی را مثال بزنید که برشونده نیست؟**

نمونهٔ مطلوب، همان است که پیش‌تر گفتم، یعنی برنامه‌هایی که می‌توانند تلخیص کنند. این برنامه‌ها بسیار زود به حد توانایی خود می‌رسند ـ بسته به طول داستانی که باید خلاصه شود یا بسته به میزان غیرکلیشه‌ای بودن داستان ـ نمی‌توان بدون تغییری اساسی در شیوه‌های به کار رفته، از آن حدود توانایی، فراتر رفت. نمونهٔ دیگر. ماقبل از استفاده از مدارهای مجتمع در طراحی کامپیوترها به تیوب خلاء (مدارهای مجزا) وابسته بودیم و ظرفیت کامپیوترهای اولیه برای انباشتن و جا دادن تنها در حد معینی بود. از این رو چاره‌ای نبود جز اینکه به مفهوم مدار مجتمع برسیم و در نتیجه توانستیم به مجتمع‌سازی در مقیاس بسیار بزرگ (V.L.S.I) دست یابیم. چنین مانع‌زداییهایی، ظرفیت ما را برای محاسبه، انبار کردن و اگر کلی‌تر گفته شود پردازش اطلاعات، وسیعاً بالابُرد. این وضع، به چیزی اساساً متفاوت نیاز داشت. اینجا دیگر موضوع تغییر در کار نبود بلکه موضوع دگرگونی بود. و بدین ترتیب، گمان من آن است که ما با موقعیتی مشابه این، در مورد کامپیوترهایی مواجهیم که می‌توانند کارهای معرفتی در سطح بالا بکنند. معنای این سخن چنین است که نمی‌توانیم به حل مسائلی نایل شویم که پیشتر یاد کردیم و بویژه حل مسائل تلخیص از راه اصلاح تدریجی سخت‌افزار و نرم‌افزار کامپیوترهای فعلی.

● **به سخن دیگر، آیا برخی از مسائل پیچیده‌تر از هوش مصنوعی، با نوآوریهایی در مهندسی سوپرکامپیوترها ـ نوآوریهایی همچون پردازش موازی ـ باز هم حل نخواهند شد؟**

درست است. چنین نوآوریهایی راه به جایی نمی‌برد. امّا نقش منطق فازی بیش از آن است که بخواهد تنها توانایی کامپیوترها را برای حل مسائل گوناگون ـ به منظور اجرای کارهای معرفتی مهم ـ افزایش دهد. پذیرش منطق فازی، تغییر بنیادین در نگره‌ها و بویژه در حوزهٔ علوم نظری کامپیوتر را ایجاب می‌کند. علوم کامپیوتر، امروزه گوهری ریاضی دارد. به این معنا که جهتش به سوی کشف و اثبات نتایجی است که البته می‌توان آنها را به عنوان برهانها توضیح داد. متأسفانه دو مقولهٔ دقت و بغرنجی، سازش ناپذیرند. همین که بر پیچیدگی سیستمی افزوده می‌شود،

توانایی ما در پشتیبانی دقیق و غیربدیهی از عملکرد آن کاهش می‌یابد. برای نمونه، اثبات قضیه‌ای در باب عملکرد سیستمی اقتصادی که با اقتصاد جهان واقعی مربوط باشد، دشوار است. چیزی که برای آینده انتظار دارم، شناخت فزایندهٔ ضرورت انطباق با ابهام بی‌گفتگوی جهان واقعی است. چنین تغییری ضروری است، تا بتوان اظهاراتی کرد که برهانها غیربدیهی نیستند بلکه به تجربه مربوط می‌شوند. مردم، در علوم کامپیوتر امروزی، منطق دوارزشی را برای پی‌ریزی نتایج متقن به کار می‌گیرند. امّا چنین نتایجی به سبب ارتباطی که با دنیای واقعی دارند، محدودند، زیرا بسیار دقیق هستند. به سخن دیگر، ناگزیر به همخوانی با اظهاراتی هستیم که به معیارهای بالای دقت وابسته نباشد. این انطباق با ابهام، به منطق فازی نیاز خواهد داشت. شاید به مرور زمان، پذیرش منطق فازی به مثابهٔ چهارچوب مفهومی برای علوم کامپیوتر، کم کم بیشتر شود. با این تفاسیر، توضیح این موقعیت ویژه اندکی دشوارتر از چیزهایی است که پیشتر یاد کردیم. برای این منظور، نمی‌توان تنها به علوم کامپیوتر متکی بود، بلکه به مفهومی وسیع‌تر و به خود علوم باید پرداخت. علم در زمان حاضر مبتنی بر منطق دوارزشی است. از این رو چیزی که من درباره‌اش سخن می‌گویم عبارت است از تغییر مهم در نگره، نه تنها در علوم کامپیوتر، بلکه به طورکلی در تفکر علمی. امروزه، سنت دیرپا و ژرفی در زمینهٔ احترام به اندیشهٔ ریاضی و دقیق در کار است. چه بسا پس از این، ناگزیر به عقب‌نشینی از این سنت باشیم تا بتوانیم دربارهٔ سیستمهای پیچیده و بویژه دربارهٔ سیستمهایی که در آنها خردورزی انسانی، نقشی بسیار مهم دارد، سخن گوییم.

● درست است. مواردی در گذشته بود که دانشمندان درگیر ریاضیات و دقت بودند و در نتیجه نمی‌توانستند به نتایج سودمند دست یابند. مثالی به نظر شما می‌رسد؟

بله، اقتصاد. بارها اثبات شده که آنچه در حوزهٔ اقتصاد رخ می‌دهد با آنچه متخصصان پیش‌بینی می‌کنند، فرق بسیار دارد. این متخصصان، چه بسا الگوهای اقتصادسنجی، ریاضیات عالی، کامپیوترهای بسیار بزرگ و مشابه آنها را به کار گرفته باشند. ولی به رغم همهٔ اینها، پیش‌بینی‌ها غلط از آب درمی‌آیند، یکسره غلط!

چرا؟ دو دلیل دارد. یکی اینکه سیستمهای اقتصادی بسیار پیچیده‌اند. دوم ـ که البته مهم‌تر هم هست ـ روانشناسی انسانی نقشی مهم در عملکرد چنین سیستمهایی دارد. این پیچیدگی به همراه تعقّل انسان، سبب می‌شود که راه‌حلهای ریاضی کلاسیک مبتنی بر منطق دوارزشی، ناموثر باشند. بنابراین، برای بررسی شیوه‌ای که بشر بتواند انبوه داده‌ها را مرتب کند تا به نوعی نتیجه‌گیری کیفی برسد، لازم خواهد بود که منطق فازی به کار گرفته شود.

● آیا منطق فازی توانسته است برخی از مسائل دشوار هوش مصنوعی را ـ که پیش‌تر مطرح کردید ـ حل کند؟ یا هنوز چنین چیزی در حد آرزو است؟

این مسائل ذاتاً پیچیده‌اند و منطق فازی به خودی خود، راه‌حلی برای آنها پیش‌رو نمی‌نهد. درواقع منطق فازی، تنها می‌تواند توان ما را برای انجام چنین کاری بالا برد، بی آنکه کامیابی ما را تضمین کند. تا اندازه‌ای به درمان سرطان می‌ماند. ممکن است شیوه‌ای رواج یابد که به پیدایی درمان یاری دهد، امّا چنین شیوه‌ای لزوماً به درمان نمی‌انجامد. پس منطق فازی لازم است، امّا شرط کافی برای یافتن راه حلهای آن مسائل نیست. بلکه ابزاری است که توان ما را برای رویارویی با مسائلی بسیار پیچیده و بسیار نامعیّن ـ که با شیوه‌های قراردادی نمی‌توان به حلشان رسید ـ بالا می‌برد. درواقع جزئی از ابزاری است که سرانجام در حل مسائل به کار خواهد رفت.

● آیا در تشویق دیگران به اینکه نیازی نیست بسیار دقیق باشند و اینکه درواقع چنین نگره‌ای، تلقی نامناسبی در چیرگی بر برخی از مسائل است، موفقیتی داشته‌اید؟

چنین روندی کند خواهد بود. ساده نیست بتوان برخی از گرایشهای بنیادی مردم را که بدان خو کرده‌اند تغییر داد. مثلاً این نگرش که باید بسیار دقیق بود.، یا اینکه ناگزیر باید بکوشیم به نتایجی دست یابیم که بتوان آنها را همچون برهانهایی بیان کرد. تغییر چنین وضعی دشوار است. بگذارید تمثیلی دربارهٔ طرز لباس پوشیدن مردم به دست دهم. منطق کلاسیک همچون کسی است که با کت و شلوار مشکی، پیراهن سفید یقه آهاری، کراوات مشکی، کفش ورنی و مانند اینها به مهمانی می‌رود. امّا منطق فازی تا حدودی به کسی می‌ماند که نامرتب لباس پوشیده است: جین، تی‌شرت و کفش کتانی. در گذشته، این لباس غیررسمی پذیرفتنی نبود. امّا امروزه وضع فرق کرده است. برخی از مردم، اگر با لباسی که هم‌اکنون شرح دادم به مهمانی می‌رفتند، خنده‌دار تلقی می‌شدند. تغییرات در نگرش مردم، نه تنها در لباس بلکه در علوم، موسیقی، هنر و حوزه‌های فراوان دیگر به بار آمده است. در علم، اشتیاق روزافزون برای واقعیت بخشیدن به چنین شکل‌گرایی، سختگیری و دقت، چه بسا که ممکن است زیانبار باشد. آزادی بیان در علوم می‌توانست همچون جنبشی که از منطق دوارزشی به سوی منطق فازی پیش می‌رود، پدید آید. منطق فازی گستردگی بیشتری دارد و موجب انعطاف زیادتر می‌شود.

● چقدر طول خواهد کشید تا نگره‌های علمی سنتی در باب دقت تغییر یابد و منطق فازی جایگزین آن شود؟

به نظر من، زمانی در حدود دو دهه به طول خواهد انجامید. منطق فازی پیش می‌تازد امّا هنوز چیزی نیست که به جنبشی یکپارچه منجر شود. به سخن دیگر، شکافهایی در کار است. این شکافها در حوزه‌های گوناگون دیده می‌شوند و البته عده‌ای که به این شکافها با تردید و دشمنی می‌نگرند، مانند مردمی هستند که اغلب دیدگاه محافظه‌کارانه توأم با بدگمانی نسبت به کسانی دارند که لباس نامرتب می‌پوشند. دشواری ترغیب مردم نسبت به این موضوع نیز وجود دارد که احترام‌برانگیزی در چه چیزی قرار دارد. رسم بر این است که چنین اهمیتی با ریاضی‌وار بودن، دقّت و کمّی‌تر بودن همراه است. این نگره‌ها که سخن «لرد کلوین» را به یاد می‌آورد که گفت: «چیزی که به راستی کمّی نباشد، علم نیست». امّا امروزه، منطق فازی با چنین برخوردی چالش دارد. بسیاری از چیزها را نمی‌توان با ارقام توضیح داد. مثلاً احتمالاتی که با واژه‌هایی مانند «بسیار محتمل» یا «بعید» بیان می‌شوند. چه بسا بتوان چنین احتمالات زبان‌شناسانه را همچون ویژگی مبهم احتمالات قراردادی عددی دانست. در این مفهوم، منطق فازی حکایت از عقب‌نشینی دارد. عقب‌نشینی از ملاکهای دقت که واقعگرایانه نیست. همانندیهای بسیاری از این دست، در تاریخ اندیشهٔ انسانی در کار است که در آن مردم درک نمی‌کنند که اهداف اعتقادی‌شان تحقق ناپذیرند.

● **آیا می‌توانید یکی دو مثال دربارهٔ موقعیتی بزنید که دانشمندان از معیارهای دقت ـ که همواره پذیرفتنی نیستند ـ عقب می‌کشند؟**

البته. مکانیک آماری مثال خوبی در این مورد است. مردم در آغاز سدهٔ نوزدهم، اعتقاد راسخی به امکان کاربرد مکانیک داشتند که در آن زمان، کسانی همچون «لاگرانژ» تعمیمش دادند و آن را برای حل همهٔ مسائل مربوط به حرکت اجسام صادق می‌دانستند. امّا بعداً مواجه با مسائل «دوجسمی»، «سه جسمی» و «n جسمی» شدند و معلوم شد که بیشتر از این نمی‌توانند پیش بروند. همین جا بود که شالودهٔ مکانیک آماری گذاشته شد. بدین سان، مکانیک آماری پس نشست. این پس‌نشینی به این مفهوم بود که: «بسیار خوب نمی‌توان چیزی را به دقت دید، پس باید آن را با آمار گفت». اکنون همین امر در مورد راه حل معادلات دیفرانسیل پیش آمده است. امروزه، ما آزادانه راه حلهای عددی را می‌پذیریم. تصور اینکه اندیشهٔ راه حل عددی، حتّی تا همین سی ـ چهل سال پیش پذیرفتنی نبود بسیار دشوار است.

● **بنابراین، پیدایی تجزیه و تحلیل عددی به عقب‌نشینی رسمیت داد؟**

همین طور است. مردم به آسانی مایل نیستند چنین چیزی بگویند. اگر کامپیوتر را برای چیرگی بر راه‌حلهای عددی به کار می‌گیرید، درواقع به کاری ارزشمند دست می‌زنید. ما تا اندازه‌ای دوست داریم فراموش کنیم که این چیزهای پذیرفتنی، ۲۰ تا ۳۰ سال پیش نپذیرفتنی بودند.

● **تا همین یک دو دههٔ پیش در کتابهایی که دربارهٔ علوم می‌خواندیم، واژهٔ علم به عنوان نام خاص به کار می‌رفت.**

بله. این نوعی تقدیس و ستایش است که درباره‌اش سخن می‌گویم. من، گاهی واژه‌ای به کار می‌گرفتم که برخی کسان ـ به سبب داشتن دیدگاهی بیشتر سنتی ـ از آن می‌رنجیدند و آن واژه بت‌پرستی بود ـ بت‌پرستی دقیق و سختگیرانه به مفهوم منطق کلاسیک. در اینجا نیز چیزی است که می‌توان به آن همچون «شکستن حریم علم» اشاره کرد. خود دانشمندان به سبب تلاش برای محترم بودن، سیستمهای منطقی منعطف‌تر را که حقیقت در آنها معیار منزلت است، انکار می‌کنند.

● **آیا ابزاری هست که بتوان با آن، چنین کسانی را از ستایش دقت بازداشت؟**

به نظر من، روندی طبیعی لازم است. امّا به سبب تأکید رایج بر هوش مصنوعی و بویژه بر سیستمهای تخصصی، علاقهٔ روزافزونی بر خردورزی نادقیق و پردازش معرفت به چشم می‌خورد و به همین سبب، هرچه بیشتر و گسترده‌تر فهمیده‌اند که سیستمهای منطقی کلاسیک برای پرداختن به عدم قطعیت نامناسب است و اینکه برای چنین منظوری، چیزی همچون منطق فازی ضرورت دارد.

● **پروفسور زاده، از آنجا که شما نخستین بار مفهوم منطق فازی را در دههٔ ۱۹۶۰ به کار بردید، آیا این امر توجه زیادی را برانگیخته است آیا دیگران هم در این راه گام گذاشته‌اند؟**

از آن زمان تاکنون در حدود ۳۰۰۰ تا ۴۰۰۰ مقاله در سراسر جهان دربارهٔ دستگاههای فازی و کاربردهای آنها نوشته شده است. دو نشریهٔ منظم نیز منتشر می‌شود؛ یکی دستگاهها و سیستم‌های فازی به انگلیسی و دیگری ریاضیات فازی به چینی. افزون بر اینها، فصلنامه‌ای نیز به نام گزارش دربارهٔ دستگاههای فازی و کاربردهای آنها در فرانسه چاپ می‌شود. کشورهایی که در این زمینه بالاترین میزان فعالیت را دارند عبارتند از: شوروی، چین، ژاپن، فرانسه، انگلستان، آلمان، لهستان، ایتالیا، اسپانیا و هند. در ایالات متحده فعالیت در این زمینه کمتر است. استقبال، فزاینده است. امّا تردیدهای فراوان و در برخی موارد دشمنی‌هایی نیز دیده می‌شود. در حال حاضر بیشترین شمار تحقیق دربارهٔ دستگاههای فازی در چین انجام می‌شود. به نظر می‌رسد درشرق هواداری از دستگاههای فازی بیشتر باشد تا سیستمهای دوارزشی. چرا که منطق آنها مانند منطق غربیها دکارتی نیست. در اینجا اینکه حقیقت، نه کاملاً درست است و نه کاملاً غلط، پذیرش بیشتری دارد. چنین وضعی، ویژگی فرهنگهای هندو، چینی و ژاپنی را تشکیل می‌دهد.

با تشکر از شما، پروفسور زاده که در این گفتگو شرکت کردید.