با گذشت نیم‌قرن، نظریه فازی پروفسور «لطفی‌زاده» همچنان پویاست

یک قرن مجاهدت علمی و نیم‌قرن صبوری

این تصویر نمادی از مبارزات و استقامت مستمر «لطفی‌زاده» بر تداوم و تحکیم نظریه فازی است

سیدمهران دیباجی*

هیچ‌کس نمی‌دانست آن پسر متولد ۱۳۰۰ شمسی (۱۹۲۱ میلادی) از مادری روس و پدری اردبیلی در باکو، قرار است به یکی از مهم‌ترین چهره‌های مهندسی برق و هوش مصنوعی در تاریخ تبدیل شود. خودش بخش زیادی از پایه علمی خود را مدیون کالج آمریکایی (معروف به دبیرستان البرز) و تحصیلاتش در دانشکده فنی دانشگاه تهران می‌داند. تحصیلاتش زیر نظر معلمان آمریکایی در البرز و در نظام به‌شدت نظری اولین دانشگاه ایران، او را به فکر مهاجرت به ینگه‌دنیا و ادامه تحصیل در ام‌آی‌تی انداخت که بتواند آنجا مسیر علمی را جدی‌تر پیگیری کند، هرچند تهران را نیز دوست داشت. «لطفی‌زاده» در بدو ورودش به ینگه‌دنیا ترکیبی از عمق بینش ریاضی مکتب روس‌ها و احتمالا معلمان و استادان خوب تحصیلات دبیرستان و دانشگاهش در تهران را داشت، طوری که در مصاحبه‌ای می‌گوید: «تحصیل در ام‌آی‌تی برای منی که در دانشکده فنی درس خوانده بودم، بسیار ساده بود. در دانشکده فنی، برای هر درس یک امتحان کتبی و یک امتحان شفاهی داشتیم و استادان مدام در کلاس درس، حضور ذهن دانشجویان را می‌سنجیدند».

تأثیر ایده منطق فازی در علوم مختلف

در ابتدا، سیستم‌ها به جای منطق صفر و یک از منطق چندمقداره استفاده می‌کردند تا بتوان عدم قطعیت‌های بیشتری را با آن پوشش داد. از سال ۱۹۶۵ که «زاده» اولین مقاله خود در مجموعه‌های فازی را منتشر کرد، تاکنون بیش از ۷۰ هزار بار ارجاع داشته است. «زاده» در سپتامبر سال گذشته (مهرماه ۱۳۹۵) در ایمیلی به یک گروه که زیر نظر خود او اداره می‌شود، دستاوردهای فازی را این‌گونه گزارش کرده است:

- تعداد مقالات با واژه فازی در عنوان: ۳۷۱۰۰۰
- تعداد مقالات با واژه فازی در عنوان در شاخه مهندسی: ۷۶۹۷۰
- تعداد مقالات با عنوان فازی در علوم کامپیوتر: ۷۳۹۵۵
- تعداد مقالات با عنوان فازی در ریاضیات: ۳۴۶۹۲
- تعداد مقالات با عنوان فازی در پزشکی: ۲۳۹۹
- تعداد مقالات با عنوان فازی در اقتصاد: ۸۷۹
- تعداد مقالات با عنوان فازی در مدیریت: ۳۴۵۰
- تعداد پتنت‌های مرتبط با منطق فازی: ۵۶۰۰۰۰

«زاده» با ۱۷۸۰۸۹ بار ارجاع به مقالات و کتب خود، پس از «ویلیامسون» (برنده جایزه نوبل اقتصاد)، بالاترین میزان ارجاع را در دانشگاه برکلی دارد. او در بین همه پژوهشگران دانشگاه‌های برتر آمریکا در مهندسی برق و علوم کامپیوتر (ام‌آی‌تی، برکلی، استنفورد، کارنگی ملون، در علوم کامپیوتر) توانسته با اختلاف زیاد، رتبه اول ارجاعات علمی را به خود اختصاص دهد. همان‌طور که معلوم شد، «زاده» نه تنها مهندسی برق، بلکه با ابتکار خود در معرفی مجموعه‌های فازی، توانسته بر زمینه‌های علمی دیگری، از پزشکی و مدیریت تا اقتصاد و ریاضیات نیز تأثیر بگذارد.

خدمات علمی غیراز فازی

بد نیست، جدا از خدمات زیاد «زاده» در زمینه فازی، به برخی از خدمات دیگرش در مهندسی برق اشاره شود. «زاده» اولین کسی است که از سال‌های خیلی دور پیشنهاد تلفیق دانشکده‌های علوم کامپیوتر و مهندسی برق را به دانشگاه برکلی داده است. این ایده که بعدها در دانشگاه ام‌آی‌تی هم اجرا شد، یکی از نقاط مهم در تاریخ هوش مصنوعی و رباتیک بود. ایده‌های به شدت نظری علوم کامپیوتر (که از اساس بخشی از دانشکده‌های ریاضیات بود)، خود را با سخت‌افزارهای تولیدی مهندسان برق هماهنگ کرد و به سمت دنیای هوشمندتر و مدرن‌تر در واقعیت تبدیل شد. «زاده» درک عمیقی از همه شاخه‌ها و تاریخ تطور مهندسی برق و کامپیوتر به همراه شاخه‌های پایه‌ای ریاضیات (همچون آمار و احتمالات) دارد و برای همین ایده‌های کلی‌اش همواره در تغییر مسیر دانش تأثیر زیادی داشته است. به‌عنوان یک مهندس برق - کنترل که با فضای حالت با دنیای فیزیکی ارتباط برقرار می‌کند و طراحی و تحلیل سیستم‌ها را انجام می‌دهد. آثار «زاده» در زمینه تبدیل z را در تاریخ کنترل سیستم‌های گسسته در زمان بسیار مؤثر می‌دانم. هرچند کمتر پیش می‌آید در مهندسی کنترل به دستاوردهای کلیدی «زاده» در این‌باره اشاره شود.

تجربه شخصی

سال ۱۳۸۹ بود. من مانده بودم و پایان‌نامه‌ای که شب و روز مرا به شدت به خود مشغول کرده بود: کنترل‌پذیری سیستم‌های فازی. تصمیم داشتم هم‌زمان با کمک استادان خود در دانشگاه صنعتی امیرکبیر، از راهنمایی استادان بنام و صاحب‌نظر خارج از ایران نیز بهره ببرم. موضوعی بس بحث‌برانگیز بود و البته دید بهتری از سیستم‌های فازی به من داد. توانستم در یکی از گزارش‌های فنی «زاده» در دهه ۹۰ سرنخی بیابم. البته، آن گزارش را به دلیل قدیمی‌بودن، نمی‌توانستم به صورت آنلاین بیابم. تصمیم گرفتم گزارش را از خود «زاده» درخواست کنم. با کمال تعجب، با پاسخی سریع از او روبه‌رو شدم که از منشی خود خواسته‌ام تا مقاله را برایت ارسال کند. اندکی بعد، مقاله را در دانشکده برق دانشگاه تهران دریافت کردم. عشق به این زمینه مرا به ژاپن کشاند که یکی از مراکزی بود که توانسته بودند به صورت جدی کاربردهای صنعتی برای سیستم‌های فازی را بیابند. این موضوع‌های مختلف از قطارهای توکیو، ماشین لباسشویی تا مایکروفر خانه ما را شامل می‌شد. هرچند نهایتا، زمینه خود را تغییر دادم و دکتری‌ام را در فازی نگرفتم، ولی از همان دانشکده‌ای فارغ‌التحصیل شدم که با نام هوش محاسباتی و دانش سیستم‌ها، افراد زیادی را در زمینه فازی و کنترل، آموزش داده بود. در اولین سفر خود به آمریکا در سال ۲۰۱۴، با خاطره خوبی که از دکتر «زاده» داشتم، تصمیم گرفتم به دانشگاه برکلی رفته و او را از نزدیک ببینم. باز هم با مهربانی تمام پاسخ مرا داد و توانستم همراه یک دوست در جلسه‌ای که او نیز حضور داشت، شرکت کنم. در آن جلسه، «زاده» با ۹۳ سال سن، هر از گاهی نظرات علمی خود را نیز ابراز می‌کرد. نظراتی که نشان از عمق دانشش در زمینه‌های مختلف علمی در ریاضیات و مهندسی برق تا فیزیک و احتمالات داشت. باید اعتراف کنم تا آن زمان کسی را ندیده بودم که در این سن هنوز هم بتواند نظرات علمی و دقیق ارائه دهد.

سخن آخر

در دهه ۹۰ و اوایل قرن بیست‌ویک، مهندسی کنترل به یک شاخه تقسیم شده بود. به جرئت، بخشی مهم از این دسته‌بندی مدیون کارهای تأثیرگذار «زاده» در دهه ۸۰ و ۹۰ میلادی بود، به گونه‌ای که بسیاری از محققان زمینه‌های قدیمی‌تر هم (مانند کنترل مقاوم-تطبیقی و غیرخطی) سری به زمینه فازی زدند و مقاله‌ای یا اظهارنظری در این مورد داشتند. این موضوع مربوط به زمانی است که «زاده» بیش از ۷۰ سال سن داشت. دکتری خود را برخلاف کارشناسی‌ارشد، به جای کنترل هوشمند (و به طور خاص فازی) در زمینه‌های نزدیک‌تر به کنترل کلاسیک انجام دادم. برایم همیشه جالب بود که نظر افرادی که آن سال‌ها را درک کرده‌اند، درباره «زاده» بدانم. «زاده» برای من نماد استمرار و استقامت در مسیر است. مسیری که بارها و بارها در طی این ۵۲ سال مورد حمله و هجوم قرار گرفت. برخی از بزرگ‌ترین دانشمندان مهندسی برق و دانش کامپیوتر بارها گفتند «منطق فازی غلط است» تا شاید سیستم‌های فازی را برای همیشه خاموش کنند. تصویری که می‌بینید، برگرفته از یکی از کنفرانس‌های تصمیم‌گیری و کنترل در آمریکاست. این تصویر شاید بتواند نمایانگر مبارزات مستمر «زاده» بر استقرار منطق فازی در دنیای علم باشد. «زاده» در این تصویر در سال ۱۹۹۸ در یک مناظره (از میان ده‌ها مناظره مشابه تا آن زمان با موضوعی مشابه) به طور نمادین در حال کشتی‌گرفتن با «مایکل اتنز»، استاد سابق دانشگاه ام‌آی‌تی است که از بزرگان کنترل کلاسیک است. البته، این پایان کار نیست و تا سال ۲۰۰۸ (یعنی زمانی که ۸۷ سال عمر داشت)، مقالاتی درباره ضرورت وجود منطق فازی منتشر می‌کرد که بیانگر استمرار در راه است. این مورد در همه انسان‌های موفق، ویژگی طلایی مشترک است. «زاده» محصول و نتیجه این استمرار را هم دید. «زاده» یک قرن زندگی کرد، درحالی‌که همه همراهان و هم‌دوره‌ای‌های خود و حتی همسرش را از دست داده بود. ولی آنچه بیش از عمر طولانی‌اش اهمیت دارد، نیم‌قرن صبوری و استقامت بر درستی مسیری بود که در منطق فازی آغاز کرده بود.

* پژوهشگر پسادکترا در مهندسی برق (کنترل) دانشگاه ام‌آی‌تی

گروه علم: روزهای گذشته، خبری مبنی بر درگذشت پروفسور «لطفعلی عسگرزاده»، استاد برق بازنشسته دانشگاه کلمبیا و مبتکر و بنیانگذار منطق فازی، در رسانه‌های ایران منتشر شد. ماجرا از آنجا شروع شد که وب‌سایت دانشگاه تهران روز شنبه، ۲۱ مرداد، خبری با عنوان «پدر منطق فازی و دانش‌آموخته دانشگاه تهران درگذشت» منتشر کرد. گویا این وب‌سایت خبرش را براساس اطلاعات واصله از منابعی آشنا با پروفسور «لطفی‌زاده» کسب کرده بود. به هر روی، با توجه به اعتبار دانشگاه تهران، بسیاری از رسانه‌ها بدون تحقیق و جست‌وجوی بیشتر و اطمینان از درستی آن، خبر را منتشر کردند. اما بعد که آشکار شد این شایعه درست نیست، وب‌سایت دانشگاه تهران این خبر را حذف کرد و با انتشار اطلاعیه‌ای گفت: «برای این استاد گران‌قدر و دانش‌آموخته خود، آرزوی تندرستی و طول عمر باعزت می‌کند. همچنین، از خوانندگان عزیز و خانواده محترم پروفسور لطفی‌زاده برای انتشار این خبر عذرخواهی می‌کند». متأسفانه، با توجه به فاصله زمانی زیاد بین انتشار خبر اولیه و تکذیب آن، بسیاری از رسانه‌ها این خبر را منتشر کردند. حتی وب‌سایت و کانال رسمی وزارت علوم خبر «تسلیت وزیر علوم، تحقیقات و فناوری به مناسبت درگذشت بنیانگذار منطق فازی» را منتشر کرد که البته آن هم بعدها از وب‌سایت و کانال اطلاع‌رسانی وزارت علوم حذف شد. هرچند خوشبختانه خیلی زود، مشخص شد خبر درگذشت پروفسور «لطفی‌زاده» نادرست است، با توجه به اینکه انتشار این خبر موجی از کنجکاوی را در میان علاقه‌مندان به وی پدید آورد، بر آن شدیم، مجموعه مقالاتی را به ایشان اختصاص دهیم. در این ویژه‌نامه، موضوعات مختلفی از جمله زندگی‌نامه، دستاوردهای علمی، نظریه فازی و کاربردهای آن در علم و فناوری بیان شده است. ضمن آرزوی طول عمر برای وی، شما را به خواندن این ویژه‌نامه دعوت می‌کنیم.

نگاه نو

مفاهیم اجتماعی به یک منطق خاکستری نیازمند است

منطق فازی، انقلابی در پژوهش‌های اجتماعی

معصومه کمال‌الدینی
دانشجوی دکترای جامعه‌شناسی

منطق فازی (Fuzzy logic) دیدگاهی نو در روش‌شناسی پژوهش‌های اجتماعی است که به محض تولد، جایگاهی پررنگ در خانواده روش‌های تحقیق باز کرد. این روش تحقیق در برابر منطق مقوله‌ای (Categorical logic) یا کلاسیک در علم متولد شد و رشد کرد، یعنی همان منطقی که بر زبان‌نویسی کامپیوترها حاکم است: منطق صفر و یک، درست یا نادرست. چنین منطقی در فضای آموزشی نیز بر مفاهیمی چون دانش‌آموز زرنگ، تنبل، خوب و بد تأکید می‌کرد، بدون درنظرگرفتن درجات خوب‌بودن یا تنبل‌بودن. این مفاهیم همه برگرفته از منطق رایج آن زمان بود، منطق کلاسیک ارسطویی.

این منطق همه چیز را در فرایند خطی و سیاه یا سفید می‌دید: «براساس اصول و مبانی این منطق همه چیز مشمول یک قاعده ثابت می‌شود که یا آن چیز درست است یا نادرست».[1] این منطق مشهور به دودویی یا دو ارزشی، همه جهان را درست یا نادرست سیاه یا سفید و صفر و یک می‌بیند. درحالی‌که ما در علوم انسانی و مهم‌ترین شاخه آن علوم اجتماعی، با پدیده‌هایی مواجه هستیم که دو ارزشی و مطلق نیست، بلکه چندبعدی است که شناخت علل ایجاد آنها در یک شبکه علی (Causual network) به شناخت علمی و بهتر محقق از آن پدیده کمک می‌کند. مفاهیم اجتماعی را نمی‌شود براساس منطق سیاه و سفید شناخت، بلکه به یک «منطق خاکستری» نیازمند است.

منطق فازی همان منطق خاکستری مورد نیاز است که در فضای نقد بر مطلق‌گرایی منطق کلاسیک (Classical logic) و رشد اصل عدم قطعیت شکل گرفت و شکوفا شد. این اصل را «هایزنبرگ» در سال ۱۹۲۰ و در فیزیک کوانتوم کشف کرد. «هایزنبرگ» نشان داد حتی اتم‌های مغز نامطمئن هستند و با اطلاعات کامل نمی‌توانید چیزی بگویید که صد درصد مطمئن باشید.[1]

به‌طور کلی باید گفت دنیای ما انسان‌ها، دنیای عدم قطعیت‌ها و پدیده‌های مبهم است و پذیرش این فکر بود که «ماکس بلک» و پروفسور «لطفی‌زاده» را به دنیای «مجموعه‌های فازی» راهنمایی کرد. «ماکس بلک» مقاله‌ای به نام ابهام در سال ۱۹۳۷ نوشت و چند سال بعد در سال ۱۹۶۵، پروفسور «لطفی‌زاده» ریاضی‌دان، مهندس ...

نگاهی به منطق «زاده» ایرانی

ابهام، از باکو تا برکلی

سیدرضا مهرنیا

درباره یک آمریکایی ایرانی‌تبار متولد روسیه

انگیزه‌ها را تقویت کنیم

مسعود مجرب

زاویه‌باز

«لطفی‌زاده» سرآغاز ورود احساس به دنیای ریاضیات بود

مردی با اندیشه‌ای بدون مرز

مهدی وجودی

ابراز حالات و احساسات انسانی، نیاز به دقت اعشار ندارد و معمولا با واژه‌های کیفی (متغیرهای کلامی) بیان می‌شود. این همان نکته‌ای است که پروفسور «لطفعلی عسگرزاده» (لطفی‌زاده) را بر آن داشت تا خلأیی که بین دنیای زندگی ما انسان‌ها و ریاضیات وجود داشت، پر کند و نتیجه آن بازشدن افقی جدید در علم با عنوان منطق فازی یا منطق غیردقیق بود.

منطق فازی از دید ریاضیات کلاسیک، دقیق نیست، ولی اگر علم بخواهد در خدمت جامعه بشری درآید و مشکلات آن را حل کرده و با آنها ارتباط برقرار کند، باید صفر و یک را کنار بگذارد و بتواند با دنیای رنگین و پر از احساس ما انسان‌ها کنار بیاید. به این ترتیب بود که طیف عظیمی وارد عالم سیاه و سفید ریاضیات کلاسیک شد و ریاضیات توانست واژه‌های کلامی ما انسان‌ها را درک کند. مفاهیم نادقیق بسیاری در پیرامون ما وجود دارد که آنها را به صورت روزمره در قالب عبارت‌های مختلف بیان می‌کنیم. به‌عنوان مثال، وقتی می‌گوییم «هوا خوب است»، درواقع هیچ کمیتی برای خوب‌بودن هوا مطرح نیست تا آن را اندازه بگیریم، بلکه این یک حس کیفی است ولی همه ما انسان‌ها بدون نیاز به اعداد و ارقام دماسنج و بادسنج و رطوبت‌سنج هم می‌توانیم حس کنیم هوا خوب است.

در واقع، مغز انسان با درنظرگرفتن عوامل مختلف و براساس تفکر استنتاجی جملات را تعریف و ارزش‌گذاری می‌کند که مدل‌سازی آنها به زبان و فرمول‌های ریاضی، اگر غیرممکن نباشد، کاری بسیار پیچیده خواهد بود.

منطق فازی تلاش می‌کند شیوه‌هایی را که برای طراحی و مدل‌سازی یک سیستم نیازمند ریاضیات پیچیده و پیشرفته است، با استفاده از مقادیر زبانی و دانش فرد خبره جایگزین کند. بنابر اطلاعات پایگاه دیده‌بان علم ایران، پروفسور «لطفی‌زاده» در سال ۱۲۹۹ شمسی برابر با ۱۹۲۱ میلادی در باکو متولد شد. پدر او یک روزنامه‌نگار ایرانی و مادرش یک پزشک روس بود. او در ۱۰ سالگی همراه با خانواده به خانه پدری مراجعت کرده و در تهران ساکن شد. وی تحصیلات متوسطه را در کالج البرز (دبیرستان البرز فعلی) ...

«لطفی‌زاده»، تاریخچه زنده مهندسی برق و علوم کامپیوتر

مردی تنها، درون‌گرا و هوشمند

محمدرضا رجعتی

کاربردهای منطق فازی در علم و فناوری

ابهام، بخشی از سیستم است

مصطفی علامه‌زاده

مروری کوتاه بر دستاوردهای «لطفی‌زاده»

دشواری‌های طراحی یک ماشین متفکر

احسان ستایی