



منطق فازی (به انگلیسی: fuzzy logic) اولین بار در پی تنظیم نظریه مجموعه های فازی به وسیله پروفسور عسکر لطفی زاده (۱۹۶۵ م) در صحنه محاسبات نو ظاهر شد



کلمه fuzzy به معنای غیر دقیق، ناواضح و مبهم است.

کاربرد این مبحث در علوم نرم افزاری را می توان بطور ساده این گونه تعریف کرد: منطق فازی از منطق ارزش های "صفر و یک" نرم افزارهای کلاسیک فراتر رفته و درگاهی جدید برای دنیای علوم نرم افزاری و رایانه ها می گشاید. زیرا فضای شناور و نامحدود بین اعداد **صفر** و **یک** را نیز در منطق و استدلال های خود به کار می گیرد. منطق فازی از فضای بین دو ارزش "برویم" یا "نرویم"، ارزش جدید "شاید برویم" یا "می رویم اگر" را استخراج کرده و به کار می گیرد. بدین ترتیب به عنوان مثال مدیر **بانک** پس از بررسی رایانه ای بیلان اقتصادی یک بازرگان می تواند فراتر از منطق "وام می دهیم" یا "وام نمی دهیم" رفته و بگوید: "وام می دهیم اگر ..."

کجا اتومبیل خود را پارک می کنید؟

تصور کنید یک روز مطلع می شوید، نمایشگاه پوشاکی در گوشه ای از شهر برپا شده است و تصمیم می گیرید، یک روز عصر به اتفاق خانواده سری به این نمایشگاه بزنید چون محل نمایشگاه کمی دور است، از اتومبیل استفاده می کنید، اما وقتی به محل نمایشگاه می رسید، متوجه می شوید که عده زیادی به آنجا آمده اند و پارکینگ نمایشگاه تا چشم کار

می‌کند، پر شده است.

اما چون حوصله صرف وقت برای پیدا کردن محل دیگری جهت پارک اتومبیل ندارید، با خود می‌گویید: هر طور شده باید جای پارکی در این پارکینگ پیدا کنم. سرانجام در گوشه‌ای از این پارکینگ محلی را پیدا می‌کنید که یک ماشین به طور کامل در آن جا نمی‌شود، اما با کمی اغماض می‌شود یک ماشین را در آن جای داد، هرچند که این ریسک وجود دارد که فضای عبور و مرور دیگر خودروها را تنگ کنید و آنها هنگام حرکت به خودرو شما آسیب برسانند. اما به هر حال تصمیم می‌گیرید و ماشین خود را پارک می‌کنید.

بسیار خوب! اکنون بیاید بررسی کنیم شما دقیقاً چه کار کردید؟ شما دنبال جای توقف یک اتومبیل می‌گشتید. آیا پیدا کردید؟ هم بله، هم نه. شما در ابتدا می‌خواستید ماشین را در جای مناسبی پارک کنید. آیا چنین عملی انجام دادید؟ از یک نظر بله، از یک دیدگاه نه. در مقایسه با وقت و انرژی لازم برای پیدا کردن یک مکان راحت برای توقف خودرو، شما جای مناسبی پیدا کردید. چون ممکن بود تا شب دنبال جا بگردید و چنین جایی را پیدا نکنید اما از این نظر که اتومبیل را در جایی پارک کردید که فضای کافی برای قرارگرفتن ماشین شما نداشت، نمی‌توان گفت جای مناسبی است.

اگر به منطق کلاسیک در علم ریاضیات مراجعه کنیم و این پرسش را مطرح نماییم که قبل از ورود به پارکینگ چند درصد احتمال می‌دادید جایی برای پارک کردن پیدا کنید، پاسخ بستگی به این دارد که واقعاً چه تعداد مکان مناسب (فضای کافی) برای توقف خودروها در آنجا وجود داشت؟ اگر به حافظه خود رجوع کنید، شاید به یاد بیاورید که هنگام ورود به پارکینگ و چرخیدن در قسمت‌های مختلف آن، گاهی خودروهایی را می‌دیدید که طوری پارک کرده‌اند که مکان یک و نیم خودرو را اشغال کرده‌اند. بعضی دیگر نیز کج و معوج پارک کرده بودند و این فکر از ذهن شما چندبار گذشت که اگر صاحب بعضی از این خودروها درست پارک کرده بودند، الان جای خالی برای پارک کردن چندین ماشین دیگر هم وجود داشت.

به این ترتیب علم ریاضیات و آمار و احتمال در مواجهه با چنین شرایطی قادر به پاسخگویی نیست. اگر قرار بود بر اساس منطق صفر و یک یا باینری کامپیوتر، روباتی ساخته شود تا اتومبیل شما را در یک مکان مناسب پارک کند، احتمالش کم بود. چنین روباتی به احتمال زیاد ناکام از پارکینگ خارج می‌شد. پس شما بل‌چه منطقی توانستید اتومبیل خود را پارک کنید؟ شما از منطق فازی استفاده کردید.

دنیای فازی

می‌پرسم <هوا ابری است یا آفتابی؟> پاسخ می‌دهی: نیمه‌ابری. می‌پرسم <آیا همه آنچه که دیروز به من گفתי، راست بود؟> پاسخ می‌دهی: بیشتر آن حقیقت داشت. ما در زندگی روزمره بارها از منطق فازی استفاده می‌کنیم. واقعیت این است که دنیای صفر و یک، دنیایی انتزاعی و خیالی است. به ندرت پیش می‌آید موضوعی صددرصد درست یا صددرصد نادرست باشد؛ زیرا در دنیای واقعی در بسیاری از مواقع، همه‌چیز منظم و مرتب سرچایش نیست.

از نخستین روز تولد اندیشه فازی، بیش از چهل سال می‌گذرد. در این مدت نظریه فازی، چارچوب فکری و علمی جدیدی را در محافل آکادمیک و مهندسی معرفی نموده و دیدگاه دانشمندان را نسبت به کم و کیف دنیای اطراف ما تغییر داده است. منطق فازی جهان‌بینی بدیع و واقع‌گرایانه‌ای است که به اصلاح شالوده منطق علمی و ذهنی بشر کمک شایانی کرده است.

پیشینه منطق فازی

تئوری مجموعه‌های فازی و منطق فازی را اولین بار پرفسور لطفی زاده (2) در رساله‌ای به نام <مجموعه‌های فازی - اطلاعات و کنترل > در سال 1965 معرفی نمود. هدف اولیه او در آن زمان، توسعه مدلی کارآمدتر برای توصیف فرآیند پردازش زبان‌های طبیعی بود. او مفاهیم و اصلاحاتی همچون مجموعه‌های فازی، رویدادهای فازی، اعداد فازی و فازی‌سازی را وارد علوم ریاضیات و مهندسی نمود. از آن زمان تاکنون، پرفسور لطفی زاده به دلیل معرفی نظریه بدیع و سودمند منطق فازی و تلاش‌هایش در این زمینه، موفق به کسب جوایز بین‌المللی متعددی شده است.

پس از معرفی منطق فازی به دنیای علم، در ابتدا مقاومت‌های بسیاری در برابر پذیرش این نظریه صورت گرفت.

بخشی از این مقاومت‌ها، چنان‌که ذکر شد، ناشی از برداشت‌های نادرست از منطق فازی و کارایی آن بود. جالب این‌که، منطق فازی در سال‌های نخست تولدش بیشتر در دنیای مشرق زمین، به ویژه کشور ژاپن با استقبال روبه‌رو شد، اما استیلای اندیشه کلاسیک صفر و یک در کشورهای مغرب زمین، اجازه رشد اندکی به این نظریه داد. با این حال به تدریج که این علم کاربردهایی پیدا کرد و وسایل الکترونیکی و دیجیتال جدیدی وارد بازار شدند که بر اساس منطق فازی کار می‌کردند، مخالفت‌ها نیز اندک‌اندک کاهش یافتند.

در ژاپن استقبال از منطق فازی، عمدتاً به کاربرد آن در رباتیک و هوش مصنوعی مربوط می‌شود. موضوعی که یکی از نیروهای اصلی پیش‌برنده این علم طی چهل سال گذشته بوده است. در حقیقت می‌توان گفت بخش بزرگی از تاریخچه دانش هوش مصنوعی، با تاریخچه منطق فازی همراه و هم‌داستان است.

مجموعه‌های فازی

بنیاد منطق فازی بر شالوده نظریه مجموعه‌های فازی استوار است. این نظریه تعمیمی از نظریه کلاسیک مجموعه‌ها در علم ریاضیات است. در تئوری کلاسیک مجموعه‌ها، یک عنصر، یا عضو مجموعه است یا نیست. در حقیقت عضویت عناصر از یک الگوی صفر و یک و باینری تبعیت می‌کند. اما تئوری مجموعه‌های فازی این مفهوم را بسط می‌دهد و عضویت درجه‌بندی شده را مطرح می‌کند. به این ترتیب که یک عنصر می‌تواند تا درجاتی - و نه کاملاً - عضو یک مجموعه باشد. مثلاً این جمله که <آقای الف به اندازه هفتاد درصد عضو جامعه بزرگسالان است > از دید تئوری مجموعه‌های فازی صحیح است. در این تئوری، عضویت اعضای مجموعه از طریق تابع $u(x)$ مشخص می‌شود که x نمایانگر یک عضو مشخص و u تابعی فازی است که درجه عضویت x در مجموعه مربوطه را تعیین می‌کند و

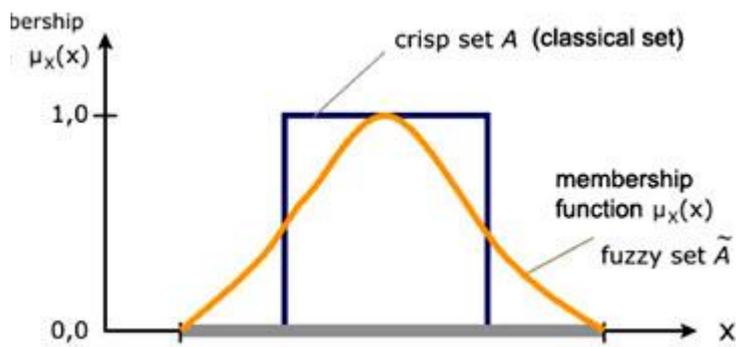
مقدار آن بین صفر و یک است (فرمول 1).

$$= \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\}$$

فرمول 1

به بیان دیگر، $u(x)$ نگاهی از مقادیر x به مقادیر عددی ممکن بین صفر و یک را می‌سازد. تابع $u(x)$ ممکن است مجموعه‌ای از مقادیر گسسته (discrete) یا پیوسته باشد. وقتی که u فقط تعدادی از مقادیر گسسته بین صفر و یک را تشکیل می‌دهد، مثلاً ممکن است شامل اعداد $0/3$ و $0/5$ و $0/7$ و $0/9$ و صفر و یک باشد. اما وقتی مجموعه مقادیر u پیوسته باشند، یک منحنی پیوسته از اعداد اعشاری بین صفر و یک تشکیل می‌شود.

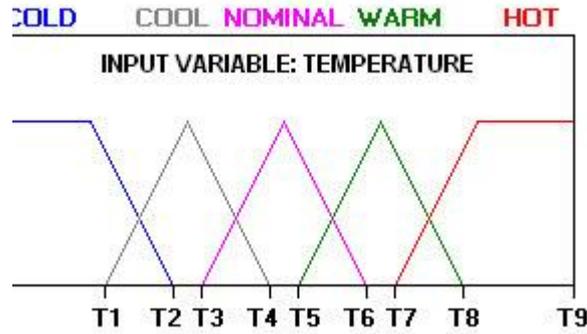
شکل 1 نموداری از نگاشت پیوسته مقادیر x به مقادیر $u(x)$ را نشان می‌دهد. تابع $u(x)$ در این نمودار می‌تواند قانون عضویت در یک مجموعه فازی فرضی را تعریف کند.



شکل 1

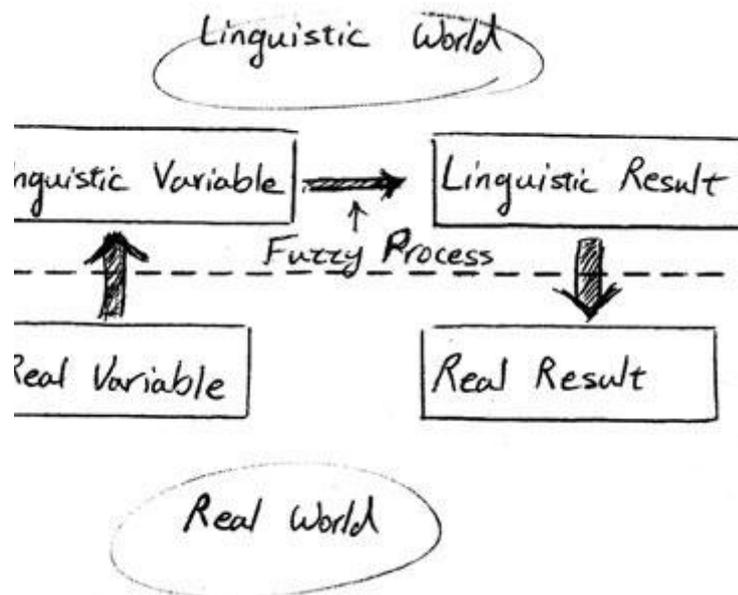
منطق فازی چگونه به کار گرفته می‌شود؟
 منطق فازی را از طریق قوانینی که <عملگرهای فازی > نامیده می‌شوند، می‌توان به کار گرفت. این قوانین معمولاً بر اساس مدل زیر تعریف می‌شوند:

IF variable IS set THEN action
 به عنوان مثال فرض کنید می‌خواهیم یک توصیف فازی از دمای یک اتاق ارائه دهیم. در این صورت می‌توانیم چند مجموعه فازی تعریف کنیم که از الگوی تابع $u(x)$ تبعیت کند. شکل 2 نموداری از نگاشت متغیر <دمای هوا > به چند مجموعه فازی با نام‌های <سرد>، <خنک>، <عادی>، <گرم> و <داغ> است. چنان که ملاحظه می‌کنید، یک درجه حرارت معین ممکن است متعلق به یک یا دو مجموعه باشد.



شکل 2

به عنوان نمونه، درجه حرارت‌های بین دمای T1 و T2 هم متعلق به مجموعه <سرد> و هم متعلق به مجموعه <خنک> است. اما درجه عضویت یک دمای معین در این فاصله، در هر یک از دو مجموعه متفاوت است. به طوری که دمای نزدیک T2 تنها به اندازه چند صدم در مجموعه <سرد> عضویت دارد، اما نزدیک نوددرصد در مجموعه <خنک> عضویت دارد.



پارادایم حاکم بر یک کنترلر فازی به این ترتیب است که متغیرهای دنیای واقعی به عنوان ورودی دریافت می‌شوند. قوانین فازی آن‌ها را به متغیرهای معنایی تبدیل می‌کند. فرآیند فازی این ورودی را می‌گیرد و خروجی معنایی تولید می‌کند و سرانجام خروجی‌ها به زبان دنیای واقعی ترجمه می‌شوند. نمودار شکل 3 مصداقی از همین روند است.

اکنون می‌توان بر اساس مدل فوق قانون فازی زیر را تعریف کرد :

< خيلي زياد > كن.	< است، سرعت پنكه را >	< خيلي گرم >	اگر دماي اتاق
< زياد > كن.	< است، سرعت پنكه را >	< گرم >	اگر دماي اتاق
< همين اندازه > نگه دار.	< است، سرعت پنكه را در >	< معتدل >	اگر دماي اتاق
< كم > كن.	< است، سرعت پنكه را >	< خنك >	اگر دماي اتاق
< خاموش > كن.	< است، پنكه را >	< سرد >	اگر دماي اتاق

اگر اين قانون فزي را روي يك سيستم كنترل دما اعمال كنيم، آن گاه مي توانيم دماسنجي بسازيم كه دماي اتاق را به صورت خودكار و طبق قانون ما، كنترل مي كند. اما اين سؤال پيش مي آيد كه اگر دو يا چند قانون همزمان براي يك متغير ورودي فعال شود چه اتفاقي خواهد افتاد؟ فرض كنيد دماي اتاق برابر Tx_1 است در اين صورت هم قانون مربوط به اتاق گرم و هم قانون مربوط به دماي اتاق معتدل صادق است و مقادير U_1 و U_2 به ترتيب به دست مي آيد. طبق کدام قانون بايد عمل كرد؟ لطفي زاده خود پاسخ اين معما را نداد. در سال 1975 دو دانشمند منطق فزي به نام ممداني (Mamdani) و آسيليان اولين كنترل فزي واقعي را طراحي كردند. آنان پاسخ اين معما را با محاسبه نقطه ثقل (C) مساحتي كه از تركيب دو دوزنقه زير U_1 و U_2 در شكل 3 پديد آمده و نگاشت آن به محور t و به دست آوردن مقدار Tx_2 حل كردند.

منطق فزي، همچون منطق كلاسيك تعدادي عملگر پايه دارد. مثلاً در منطق كلاسيك از عملگرهاي AND و OR و NOT استفاده مي شود كه دانش آموزان رشته رياضي فزيك در دبirstان با آنها آشنا مي شوند. در منطق فزي معادل همين عملگرها وجود دارد كه به آنها عملگرهاي <زاده > مي گويند. اين عملگرها به صورت زير تعريف مي شوند: (فرمول 2)

به عنوان مثال تركيب AND دو متغير x و y عبارت است از كمينه مقادير $U(x)$ و $U(y)$ به عبارت ساده تر، آنجا كه هم x و y از نظر فزي < صحيح > باشند، همزمان مقادير $U(x)$ و $U(y)$ به كمترين مقدار خود مي رسند.



تفاوت ميان نظريه احتمالات و منطق فزي

يكي از مباحث مهم در منطق فزي، تميز دادن آن از نظريه احتمالات در علم رياضيات است. غالباً نظريه فزي با نظريه احتمالات اشتباه مي شود. در حالي كه اين دو مفهوم كاملاً با يكدیگر متفاوتند. اين موضوع به قدری مهم است كه حتي برخي از دانشمندان بزرگ علم رياضيات در دنيا - به ويژه كشورهاي غربي - در مورد آن با يكدیگر بحث دارند و جالب آن كه هنوز هم رياضيداناني وجود دارند كه با منطق فزي مخالفند و آن را يك سوء تعبير از نظريه احتمالات تفسير مي كنند.

از نگاه اين رياضيدانان، منطق فزي چيزي نيست جز يك برداشت نادرست از نظريه احتمالات كه به گونه اي غير قابل قبول، مقادير و نظريه مجموعه هاي فزي و منطق فزي اندازه گيري هاي نادقيق را وارد علوم رياضيات، مهندسي و كنترل کرده است. بعضي نيز مانند Bruno de Finetti معتقدند فقط يك نوع توصيف از مفهوم عدم قطعيت در علم رياضيات كافي است و چون علم آمار و احتمالات وجود دارد، نيازي به

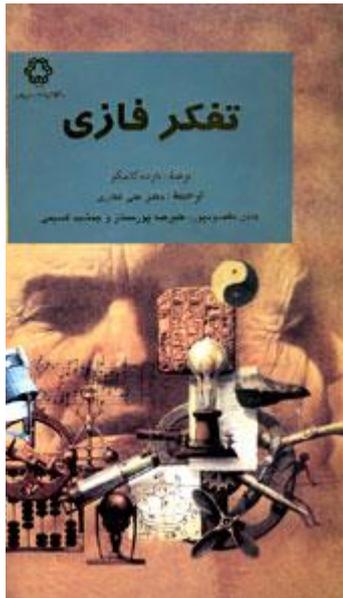
مراجعه به منطق فازی نیست

با این حال، اکثریت طرفداران نظریه منطق فازی، کارشناسان و متخصصانی هستند که به طور مستقیم یا غیرمستقیم با علم مهندسی کنترل سروکار دارند. حتی تعدادی از پیروان منطق فازی همچون بارت کاسکو تا آنجا پیش می روند که احتمالات را شاخه و زیرمجموعه‌ای از منطق فازی می نامند.

توضیح تفاوت میان این دو نظریه البته کار چندان دشواری نیست. منطق فازی با حقایق نادقیق سروکار دارد و به حدود و درجات يك واقعیت اشاره دارد؛ حال آن که نظریه احتمالات بر شالوده مجموعه حالات تصادفی يك پدیده استوار است و درباره شانس وقوع يك حالت خاص صحبت می کند؛ حالتی که وقتی اتفاق بیفتد، دقیق فرض می شود. ذکر يك مثال می تواند موضوع را روشن کند. فرض کنید در حال رانندگی در يك خیابان هستید. اتفاقاً متوجه می شوید که کودکی در اتومبیل دیگری که به موازات شما در حال حرکت است، نشسته و سر و يك دست خود را از پنجره ماشین بیرون آورده و در حال بازی‌گوشی است. این وضعیت واقعی است و نمی توان گفت احتمال این که بدن این کودک بیرون اتومبیل باشد، چقدر است

چون بدن او واقعاً بیرون ماشین است، با این توضیح که بدن او کاملاً بیرون نیست، بلکه فقط بخشی از بدن او در خارج اتومبیل قرار گرفته است. تئوری احتمالات در اینجا کاربردی ندارد. چون ما نمی توانیم از احتمال خارج بودن بدن کودک از ماشین صحبت کنیم؛ زیرا آشکارا فرض غلطی است. اما می توانیم از احتمال وقوع حادثه صحبت کنیم. مثلاً هرچه بدن کودک بیشتر بیرون باشد، احتمال این که در اثر برخورد با بدنه يك اتومبیل در حال حرکت دچار آسیب شود، بیشتر می شود. این حادثه هنوز اتفاق نیفتاده است، ولی می توانیم از احتمال وقوع آن صحبت کنیم. اما بیرون بودن تن کودک از ماشین همین حالا به واقعیت تبدیل شده است و فقط می توانیم از میزان و درجات آن صحبت کنیم

تفاوت ظریف و در عین حال پررنگی میان نظریه احتمالات و نظریه فازی وجود دارد که اگر دقت نکنیم، دچار اشتباه می شویم؛ زیرا این دو نظریه معمولاً در کنار یکدیگر و در مورد اشیای مختلف همزمان مصداق هایی پیدا می کنند. هنگامی که به يك پدیده می نگریم، نوع نگاه ما به آن پدیده می تواند تعیین کند که باید درباره احتمالات صحبت کنیم یا منطق فازی. در مثال فوق موضوع دغدغه ما کودکی است که در حال بازی گوشی است. اما يك وقت نگران این هستیم که تا چه اندازه خطر او را تهدید می کند. خطری که هنوز به وقوع نپیوسته است. يك وقت هم ممکن است نگران باشیم که بدن او چقدر بیرون پنجره است. واقعیتی که هم‌اکنون به وقوع پیوسته است.



شکل 4

يك دیدگاه درباره علت بحث و جدل علمی میان دانشمندان این است که برخی از ریاضیدانان اتکا به علم آمار و احتمال را کافی می دانند و نظریه فازی را يك برداشت غیرکارآمد از جهان درباره ما تلقی می کنند. به عنوان مثال، اگر به مورد كودك و اتومبیل مراجعه کنیم، این پرسش مطرح می شود که اگر نگرانی و دغدغه نهایی ما احتمال وقوع حادثه است، دیگر چه نیازی به این است که ما درباره درجات <بیرون بودن تن كودك از اتومبیل

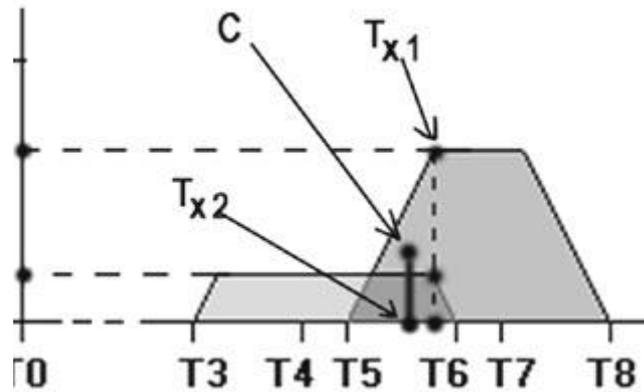
بحث درباره ابعاد فلسفی منطق فازی بسیار شیرین و البته گسترده است. متأسفانه مجال برای طرح گسترده ابعاد فلسفی منطق فازی در این مقاله وجود ندارد. از این رو اگر مایل به مطالعه بیشتر در این زمینه هستید، کتاب بسیاری خواندنی <تفکر فازی> را که در پی نوشت دوم انتهای مقاله معرفی کرده ام، توصیه می کنم. (شکل 4)

کاربردهای منطق فازی

منطق فازی کاربردهای متعددی دارد. ساده ترین نمونه يك سیستم کنترل دما یا ترموستات است که بر اساس قوانین فازی کار می کند. سالهاست که از منطق فازی برای کنترل دمای آب یا میزان کدرشدن آبی که لباس ها در آن شسته شده اند در ساختمان اغلب ماشین های لباسشویی استفاده می شود.

امروزه ماشین های ظرفشویی و بسیاری از دیگر لوازم خانگی نیز از این تکنیک استفاده می کنند. منطق فازی در صنعت خودروسازی نیز کاربردهای فراوانی دارد. مثلاً سیستم ترمز و ABS در برخی از خودروها از منطق فازی استفاده می کند. یکی از معروف ترین نمونه های به کارگیری منطق فازی در سیستم های ترابری جهان، شبکه مونوریل (قطار تک ریل) توکیو در ژاپن است. سایر سیستم های حرکتی و جابه جایی بار، مثل آسانسورها نیز از منطق فازی استفاده می کنند.

سیستم های تهویه هوا نیز به وفور منطق فازی را به کار می گیرند. از منطق فازی در سیستم های پردازش تصویر نیز استفاد ه می شود. يك نمونه از این نوع کاربردها را می توانید در سیستم های <تشخیص لبه و مرز> اجسام و تصاویر (3) (مشاهده کنید که در رباتیک نیز کاربردهایی دارد. به طور کلی خیلی از مواقع در ساختمان سیستم های تشخیص الگوها (Pattern Recognition) مثل سیستم های تشخیص گفتار و پردازش تصویر از منطق فازی استفاده می شود.



شکل 3

$$T_x = (1 - u(x))$$

$$ND_y = \text{minimum}(u(x), u(y))$$

$$R_y = \text{maximum}(u(x), u(y))$$

فرمول 2

منطق فازی و هوش مصنوعی

جالبترین کاربرد منطق فازی، تفسیری است که این علم از ساختار تصمیم گیری‌های موجودات هوشمند، و در راس آن ها، هوش انسانی، به دست می‌دهد.

این منطق به خوبی نشان می‌دهد که چرا منطق دو ارزشی < صفر و یک > در ریاضیات کلاسیک قادر به تبیین و توصیف مفاهیم نادقیقی همچون < گرما و سرما > که مبنای بسیاری از تصمیم گیری‌های هوشمند را تشکیل می‌دهند، نیست .

شاید یکی از جالبترین کاربردهای منطق فازی هوش مصنوعی در بازی‌های رایانه‌ای و جلوه‌های ویژه سینمایی باشد . برخی از خوانندگان که بخش هنر و سرگرمی ماهنامه شبکه را دنبال می‌کنند، ممکن است مقاله ارباب حلقه‌ها را در شماره 41 به یاد بیاورند. در آنجا درباره چگونگی تولید جلوه‌های ویژه در این فیلم سینمایی صحبت کردم و از نرم‌افزار Massive نام بردم. از این نرم‌افزار در بسیاری از صحنه‌های فیلم برای تولید حرکات لشکر موجودات متخاصم استفاده شده بود .





شکل 5

در این برنامه متخصصان کامپیوتر و انیمیشن ابتدا موجوداتی را به صورت الگو ایجاد کرده بودند و سپس به کمک منطق فازی مصداق‌هایی تصادفی از این موجودات خیالی پدیدآورده بودند که حرکات تصادفی - اما از پیش تعریف شده ای - در اعضای بدن خود داشتند .

این موجودات در حقیقت دارای نوعی هوش مصنوعی بودند و می‌توانستند برای نحوه حرکت دادن اعضای بدن خود تصمیم بگیرند . در عین حال تمام موجوداتی که در یک لشکر به سویی می‌تاختند یا با دشمنی می‌جنگیدند، از جهت حرکت یکسانی برخوردار بودند و به سویی یک هدف مشخص حمله می‌کردند(شکل 5) .

این ساختار کاملاً پیچیده و هوشمند به فیلمسازان اجازه داد که این موجودات افسانه‌ای را در دنیای مجازی کامپیوتر به حال خود رها کنند تا به سویی دشمنان حمله کنند و این همه بی تردید بدون بهره‌گیری از منطق فازی امکانپذیر نبود .

شرکت Massive Software که به دلیل به کارگیری منطق فازی برای ایجاد هوش مصنوعی در طراحی لشکریان فیلم ارباب حلقه‌ها برنده جایزه اسکار شد، بعداً این تکنیک را در فیلم‌های دیگری همچون I.Robot و King Kong نیز به کار برد .

استفاده از منطق فازی برای هوشمند کردن موجودات نرم‌افزاری تنها گونه‌ای از کاربردهای این نظریه در هوش مصنوعی است . منطق فازی در هوشمند ساختن روبات‌های سخت‌افزاری نیز کاربردهای زیادی دارد . در شماره‌های آتی ماهنامه شبکه به این موضوع بیشتر خواهیم پرداخت .

پی‌نوشت:

1-گاهی از او با نام <زاده> نیز نام برده می‌شود و برخی از قوانین منطق فازی به پیروی از آداب تاریخی علم ریاضیات، با کلمه Zadeh نامگذاری شده‌اند .

2-تفکر فازی- نوشته بارت کاسکو - ترجمه دکتر علی غفاری - انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی

3- Edge Detection Systems

شبکه آموزشی - پژوهشی مادسیج
با هدف بهبود پیشرفت علمی
و دسترسی راحت به اطلاعات
برای جامعه بزرگ علمی ایران
ایجاد شده است



madsg.com
مادسیج

IRan Education & Research NETwork
(IRERNET)

