

بررسی منطق فازی و کاربرد آن در مسائل پیچیده

سید قائم موسوی^۱، رضا صادقیان^۲

چکیده

منطق فازی مفهوم حقیقت جزئی را مطرح می‌کند یعنی حقیقت چیزی بین به تمامی «درست و به تمامی نادرست» است. تئوری منطق فازی اولین بار توسط ریاضی‌دان ایرانی‌الاصل لطفی‌زاده در سال ۱۹۶۵ طی مقاله‌ای تحت عنوان مجموعه‌های فازی به شکل رسمی مطرح گردید. این تئوری در پاسخ به عدم توانایی روش بولین در بسیاری از مسائل دنیای واقعی عنوان گردید. عملیات ریاضی کلاسیک فقط (۰) و (۱) را می‌شناسد، اما بسیاری از اطلاعات دنیای واقعی دقیق نبوده و دارای ابهام می‌باشند که منطق کلاسیک نمی‌تواند حقیقت را در این زمینه به صورت علمی مطرح نماید. منطق فازی بیانگر چارچوبی مفهومی برای بررسی نظام‌مند ابهام و عدم قطعیت چه از نظر کمی و چه کیفی است. این منطق برخلاف منطق باینری یا ارسطویی همه چیز را به شکل سیاه یا سفید، بلی یا خیر قرار نمی‌دهد؛ این منطق در بازه صفر و یک قرار داشته و با دوری از مطلق‌گویی (فقط صفر یا یک) از مقدار تعلق عضوی به مجموعه بحث می‌کند. منطق فازی که اساس نگرش آن به تفکرات سوفسطایی یونان قدیم و سیستم‌های اعتقادی شرقی برمی‌گردد، جهان‌بینی جدیدی است که با نیازهای دنیای پیچیده کنونی بسیار سازگارتر از منطق ارسطویی است. منطق فازی ادعا دارد که جهان را آنطور که هست به تصویر می‌کشد. دنیای کنونی، دنیای مبهمات و عدم قطعیت است. مغز انسان عادت کرده است که در چنین محیطی فکر کند و تصمیم بگیرد و این قابلیت مغز که می‌تواند با استفاده از داده‌های ناصحیح و کیفی به یادگیری و نتیجه‌گیری بپردازد؛ در مقابل منطق ارسطویی که لازمه آن داده‌های دقیق و کمی است، قابل تأمل می‌باشد.

واژگان کلیدی: منطق فازی، منطق ارسطویی، منطق دو ارزشی، منطق چندارزشی، متغیرهای فازی.

^۱ دانشجوی دکتری علوم سیاسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرضا (نویسنده مسئول)

^۲ دانشجوی دکتری علوم سیاسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرضا

مقدمه

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. منطق دو دویی ارسطو به یک قانون منتهی شد و آن این بود: یا این یا نه این. آسمان آبی است یا آبی نیست. آسمان نمی‌تواند هم آبی باشد و هم آبی نباشد. آن نمی‌تواند هم A باشد و هم A نباشد (همان، ۲۵). در سیستم‌های دارای عدم قطعیت زیاد و پیچیدگی‌های بالا، منطق فازی روشی مناسب برای مدل‌سازی به شمار می‌رود. در سیستم فازی، عدم قطعیت پدیده‌ها دو نوع هستند:

- ۱- عدم قطعیت ناشی از ضعف دانش و ابزار بشری در شناخت پیچیدگی‌های یک پدیده؛
- ۲- عدم قطعیت مربوط به عدم صراحت و عدم شفافیت مربوط به پدیده یا ویژگی خاص. یعنی، پدیده ممکن است ذاتاً غیرصریح و وابسته به قضاوت افراد باشد. مثلاً نمره رضایت شغلی بالا برای کارمندی، ممکن است ۸۰ از ۱۰۰ باشد و برای دیگری ۹۵ (رئوف‌فرد، ۱۳۸۴: ۲).

خاستگاه منطق فازی

منطق فازی اولین بار در سال ۱۹۶۵ توسط پروفیسور لطفی‌زاده در مقاله‌ای تحت عنوان مجموعه‌های فازی مطرح شد. جنبه‌های منطقی- فلسفی این نگرش اساساً خاستگاهی فنی- مهندسی دارد که بیشتر بعد از

هر نوع بیان واقعیت، یکسره درست یا نادرست نیست. حقیقت آنها چیزی بین درستی کامل یا نادرستی کامل است. چیزی بین صفر و یک، یعنی مفهومی چندارزشی و یا خاکستری. حالت فازی چیزی بین سیاه و سفید، یعنی خاکستری است (کاسکو، ۱۳۸۰: ۲۸). منطق فازی در برابر منطق باینری یا ارسطویی که همه چیز را فقط به دو شکل سیاه و سفید، بلی یا خیر و صفر و یک می‌بیند، قرار دارد. فازی بودن همان خاکستری بودن است (همان، ۲۲). این منطق در بازه بین صفر و یک قرار داشته و با دوری از مطلق‌گویی (فقط صفر یا یک) از مقدار تعلق عضوی به مجموعه بحث می‌کند. اینشتین نیز راجع به خاکستری بودن اندیشیده بود:

”آنجا که قوانین ریاضی به واقعیات مربوط می‌شوند، حتمی نیستند و تا آنجا که آنها حتمی‌اند، نمی‌توانند به واقعیت اشاره داشته باشند“ (همان، ۲۶).

کاسکو در کتاب تفکر فازی این اختلاف را اینگونه شرح می‌دهد: ”من این مسأله را مسأله عدم انطباق نامیدم: جهان خاکستری است اما علم سیاه و سفید، ما درباره صفرها و یک‌ها صحبت می‌کنیم، اما حقیقت چیزی بین آنهاست. در این‌جا جهانی فازی داریم که توصیف آن غیرفازی است. جملات و بیان‌های منطق صوری و برنامه‌ریزی رایانه همگی به شکل درست یا نادرست، یک و صفر هستند. اما بیان‌های مربوط به جهان واقعی متفاوتند“ (همان، ۲۸).

بنیاد منطق فازی بر شالوده نظریه مجموعه‌های منطق فازی استوار است. این نظریه تعمیمی از نظریه کلاسیک مجموعه‌ها در علم ریاضیات است. در تئوری کلاسیک



رنج‌ها)، جهان کلمات سیاه و سفید را رد کرده و در همان زمان لائوتسه به ما تائو را ارائه داد و نشان یین -یانگ متضادها را که نشانه‌ای از ترکیب چیزها و غیرچیزها و A و غیرA بود عرضه کرد (کاسکو، پیشین: ۱۰۲).

اصول منطق فازی

الف) منطق فازی پایان راه اصل امتناع تناقض است

برخی و شاید همه نظریه‌پردازان فازی بر این باورند که منطق فازی پایان راه اصل امتناع تناقض است. آنان فرآورده‌های چشمگیر فازی را وامدار انکار این اصل عنوان می‌کنند. اصل امتناع تناقض از منظر فیلسوفان و اندیشمندان منطقی مسلمان پایه و مبنای شناخت آدمی است. در آثار محققین این اصل با عناوین زیر مطرح می‌شود:

ابن‌سینا: نخستین همه قضایای صادق؛

ملاصدرا: اولین گزاره‌های حق؛

فخر رازی: روشن‌ترین بدیهیات؛

علامه طباطبائی: مقدم‌ترین اولیات.

این دیدگاه‌ها بر اهمیت جایگاه معرفت‌شناسی این اصل تأکید دارد. ارسطو نیز از این اصل با عنوان «اصل آغازین همه اصول بدیهی دیگر» نام می‌برد. ابن‌سینا از منکرین این اصل با عنوان سوفسطایی نام می‌برد. ملاصدرا نیز با بیان اینکه هر گزاره‌ای هنگام تحلیل به این اصل پایان می‌یابد، انکار این اصل را انکار جمیع مقدمات و نتایج می‌داند. در نقطه مقابل نظریه‌پردازان فازی، این منطق را پایان اصل امتناع تناقض می‌دانند و بر این عقیده‌اند که دیگر نمی‌توان با نگاه A و نقیض A، سیاه و سفید، و صفر و یک به

موفقیت‌های چشمگیر در عرصه تولیدات صنعتی، مورد توجه قرار گرفت. دو حادثه مهم در اوایل قرن بیستم منجر به تولید منطق فازی شد:

الف) به تصویر کشاندن پارادوکس‌های کلاسیک یونانی بر مبنای ریاضیات مدرن توسط برتراند راسل، ریاضی‌دان انگلیسی؛

ب) کشف اصل «عدم قطعیت» در فیزیک کوانتوم توسط ورنر هایزنبرگ فیزیکدان آلمانی.

اصل عدم قطعیت کوانتومی هایزنبرگ به ایمان کورکورانه ما به قطعیت در علوم و حقایق علمی خاتمه داد یا دست‌کم آن را در سراسر کاستی قرار داد (کاسکو، پیشین: ۱۱۶). منطق فازی بدیلی برای درک عدم قطعیت ارائه می‌دهد. از طریق این درک جدید می‌توان به روشها و استراتژی‌های خلاقانه برای کار با عدم قطعیت دست یافت که در اغلب مواقع مشخصه‌های نظام‌های اجتماعی‌اند (دیمیترف، ۱۳۸۲: ۳۵).

البته اساس این نگرش را می‌بایست در تفکرات سوفسطایی یونان قدیم و سیستم‌های اعتقادی شرقی جستجو نمود. تاریخ قدیم حالت فازی به ۲ شاخه در منطق غرب و شرق تقسیم می‌شود. منطق دودویی و بخش زیادی از جهان‌بینی ما در غرب از ارسطو گرفته شده است. او به ما آموخت که از روش بحث به ظاهر مستدل اما در واقع نادرست استفاده کرده و همواره بین متضادها، بین چیز و غیرچیزها، بین A و غیرA افتراق قائل شویم ... در مقابل، رهبران بزرگ فرهنگی شرق یعنی عرفا بودند. آنها چندمعنایی یا ابهام را نه تنها تحمل کرده بلکه آن را تشویق نیز می‌کردند. بودا در مسیرش به نورانیت معنوی یا روحی (رهایی از شهوات و

ملاصدرا انکار این اصل را سقوط در شکاکیت می‌داند. ولی طرفداران منطق فازی، این منطق را پایان راه اصل امتناع تناقض می‌دانند و معتقدند که با نگاه سیاه و سفید و صفر و یک دیگر نمی‌توان به تفسیر حقیقت عینی پرداخت.

در نگرش فازی، انسان در جریان اندیشه با مفاهیمی مواجه است که مرز مشخصی ندارند. البته به نظر می‌رسد نظریه پردازان منطق فازی تحلیل درستی از اصل تناقض نداشته باشند، چرا که در صورت انکار این اصل از سوی آنها در درجه اول خودشان را انکار کرده‌اند و با تحلیل سوره‌های عددی در گزاره‌های فازی به این نتیجه می‌رسیم که در این منطق نیز مفاهیمی وجود دارد که بصورت غیرتشکیکی و یا تشکیکی نوع اول لحاظ شده‌اند. بنابراین رابطه تقابل و تناقض در این منطق نیز مطرح می‌شود، هم در خود این مفاهیم و هم در اموری که مفاهیم قید آنها قرار می‌گیرند، مانند مفهوم سفیدی کامل و سیاهی کامل (حسین‌زاده یزدی، پیشین: ۹۱)، خود منطق فازی به اصل امتناع تناقض محتاج است و بدون آن قابل طرح نیست.

ب) هر چیزی تشکیکی (درجه‌ای) است

تشکیک در دو حوزه مطرح می‌شود: ۱- تشکیک به لحاظ واقعیت؛ ۲- تشکیک به لحاظ فهم و ادراک.

در منطق ارسطویی هر گزاره در سنجش با واقعیت می‌تواند تنها درست یا نادرست باشد. در مقابل منطق فازی بر آن است که چنین حالتی (درست یا نادرست) در علم نمی‌تواند واقعیت را آنگونه که هست به تصویر بکشد. برای روشن شدن بحث یک مثال آورده می‌شود. یک سیب سرخ را در نظر بگیرید. گزاره A سیب است، صد در صد در مورد آن درست است. یک گاز به سیب بزنید و قسمتی از آنرا

تفسیر حقایق عینی پرداخت. آنان انکار این اصل را مبناء و پایه معرفتی خویش قرار می‌دهند و فرآورده‌های چشمگیر فازی را مرهون انکار این اصل می‌دانند (حسین‌زاده یزدی، بی تا: ۱۲۳). این اصل دارای دو مضمون است:

۱- دو نقیض امکان ندارد با هم جمع شوند (امتناع اجتماع نقیضین)

۲- دو نقیض نمی‌توانند با هم رفع شوند (امتناع ارتفاع نقیضین).

در منطق فازی یک شیء می‌تواند مصداق دو امر متناقض باشد (دو نقیض جمع می‌شوند)، تا حدودی مصداق A و تا حدودی مصداق نقیض A. همان‌طور که یک شیء می‌تواند مصداق هیچ یک از دو امر نقیض نباشد دو نقیض رفع می‌شوند (همان، ۱۲۴).

از جمله تناقض‌هایی که فازیون به آن اشاره می‌کنند و از آنها به عنوان شاهد مثال‌هایی برای انکار اصل امتناع تناقض استفاده می‌کنند عبارتند از: وقتی یک کرتی بگوید همه کرتی‌ها دروغگو هستند. در صورتی که گوینده، خود کرتی است. اگر همه دروغگو باشند، این جمله نیز یک

جمله کذب خواهد بود. یا تناقضی که برتراند راسل بیان می‌کند که فرق بین یک فرد تاس و یک مودار چیست؟

جواب داشتن مو است. اگر از سر یک فرد یک تار مو کنده شود، آیا آن فرد تاس است؟ پاسخ منفی است. تکرار این سوال تا آخرین مو چه چیزی را بیان می‌کند. کدام مو نقشی در تاسی فرد دارد؟ زنون دانه‌ای شن از یک تپه شنی برداشت و پرسید آیا این تپه هنوز تپه است؟ (کاسکو، پیشین: ۸۰).



در منطق کلاسیک گزاره به صورت دوتایی در نظر گرفته می‌شود که در همه زمینه‌ها مصداق همه حقیقت نیست و گزاره‌ها بصورت صفر یا یک و راست یا دروغ تعریف می‌شوند. به همین خاطر در عمل منطق ارسطویی به دسته‌بندی خشک و غیرقابل انعطاف برای ارزش گزاره در نظر گرفته می‌شود. برای گریز از خشکی و جزمیت مزبور، منطقین منطق‌های چندارزشی را به عنوان تعمیم منطق دو ارزشی پایه‌گذاری کرده‌اند: مثلاً منطق ۳ ارزشی، ۴ ارزشی و ... (وحیدیان کامیاد، بی‌تا: ۱۴۵).

ج) متغیر زبانی و قواعد پایه منطق فازی

یکی از ویژگی‌های منطق فازی در استفاده از ساختار قانون پایه منطق فازی است که طی آن، مسائل کنترلی به یک سری قوانین $IF X \text{ And } Y \text{ Then } Z$ تبدیل می‌شوند که پاسخگوی مطلوب سیستم برای شرایط ورودی داده شده به سیستم است. این قوانین ساده و آشکار برای توصیف پاسخدهی مطلوب سیستم با اصطلاحاتی از متغیرهای زبان‌شناختی به جای فرمول‌های ریاضی استفاده می‌شود. نکته جالب این جاست که گرچه سیستم‌های فازی پدیده‌های غیرقطعی و نامشخص را توصیف می‌کنند، اما تئوری فازی تئوری دقیقی است.

متغیر فازی متغیری است که مقادیرش کلمات یا جملات یک زبان طبیعی و یا مصنوعی باشد. مثلاً سن یک فرد را در نظر بگیرید، اگر مقادیری را که سن اختیار می‌کند با کلماتی نظیر نونهال، نوجوان، جوان، مسن و پیر نشان دهیم؛ متغیر سن، متغیری زبانی است (آذر و فرجی، ۱۳۸۶: ۱۹۸).

بخورید، آیا چیزی که مانده سیب است؟ یک گاز دیگر بزنید آیا باز می‌توان گفت مثلاً A سیب است، متوجه می‌شوید که با گاز زدن‌های مختلف درصدی از سیب کسر می‌گردد. در کدام مرحله سیب به غیر سیب تبدیل می‌شود؟ گاز اول، گاز دوم، گاز سوم و ... ؟

آیا نمی‌توان در هر مرحله درصدی از صدق را برای گزاره قائل شد؟ درصدی از صفر تا صد. منطق فازی چه نگرشی در این زمینه دارد؟ منطق فازی بر این نظر است که جهان را آنگونه که هست به تصویر می‌کشد. در این تفکر چنین

نیست که هر گزاره یا درست یا نادرست دانسته شود. در

مثال سیب، چنین نیست که یا A سیب است یا A سیب نیست؛ بلکه در مرحله اول که هنوز چیزی از سیب کاسته نشده، گزاره A سیب است صد در صد با واقع تطابق دارد.

وقتی که یک پنجم سیب از آن جدا شده، این گزاره هشتاد درصد صادق است. در زمانی که نیمی از سیب از بین رفته پنجاه درصد صادق و پنجاه درصد کاذب است. یعنی به همان میزانی که درست است کاذب نیز هست و این امر همین طور ادامه می‌یابد. به میزان تغییری که در سیب به وجود می‌آید، صدق گزاره هم تفاوت پیدا می‌کند. بنابراین هر گزاره در منطق فازی می‌تواند تا درجه‌ای صادق و

تاحدودی کاذب باشد. این مسئله به مثابه یک اصل در منطق فازی پذیرفته شده است. در منطق فازی اصل همه چیز تشکیکی است اصلی اساسی و محوری است (همان، ۱۲۴). اصل فازی بیان می‌دارد که همه چیز نسبی است. این بدان معنی است که در پاسخ به هر سوال سه انتخاب یا بیشتر وجود دارد و شاید طیف نامحدودی از انتخاب‌ها

بجای فقط دو انتخاب نهایی وجود داشته باشد

(کاسکو، پیشین: ۴۱).

دو پاسخ و یا حالت (درست یا نادرست سیاه یا سفید) می‌تواند وجود داشته باشد، قرار می‌گیرد. در واقع منطق ارسطویی را می‌توان حالت خاصی از تفکر فازی به حساب آورد. منطق فازی یک منطق بی‌نهایت مقداری است. یک منطق پیوسته است که از استدلال تقریبی بشری، الگوبرداری کرده است. منطق ریاضی با وجود اینکه دقیق‌ترین علوم و نظامات نظری است نمی‌تواند الگوهای فکری بشری تولید کند، زیرا الگوهای فکری بشر اغلب شهودی هستند. در افکار بشری و زبان‌های محاوره‌ای، مفاهیم تعریف شده اغلب با ابهام همراه هستند (وحیدیان کامیاد، پیشین: ۱۴۵).

منطق فازی معتقد است که ابهام در ماهیت علم وجود دارد. برخلاف دیگران که معتقدند باید تقریب‌ها را دقیق‌تر کرد تا بهره‌وری افزایش یابد، لطفی‌زاده معتقد است که باید به دنبال ساختن مدل‌هایی بود که ابهام را به عنوان بخشی از سیستم، مدل کند. منطق فازی، تکنولوژی جدیدی است که شیوه‌های مرسوم برای طراحی و مدل‌سازی یک سیستم را که نیازمند ریاضیات پیشرفته و نسبتاً پیچیده است، با استفاده از مقادیر و شرایط زبانی و یا به بیانی دیگر دانش فرد خبره و با هدف ساده‌سازی و کارآمدتر شدن طراحی سیستم جایگزین و یا تا حدود زیادی تکمیل می‌کند. این نظریه، قادر است بسیاری از مفاهیم، متغیرها و سیستم‌هایی را که نادقیق و مبهم هستند (همان‌طور که در عالم واقع نیز اکثراً چنین است) صورتبندی ریاضی کرده و زمینه را برای استدلال، استنتاج، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان، فراهم آورد.

تئوری مجموعه‌های فازی سعی در ایجاد نزدیکی بیشتری بین دقت ریاضیات کلاسیک و نیز ابهام کلی متغیرهای زبانی در دنیای واقعی دارد. این ویژگی منطق فازی، زمینه مناسب برای استدلال، استنتاج و کنترل تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان را فراهم آورده است (طاهری، ۱۳۸۷: ۱۰۹). در مباحثات روزانه و گفتگوهای مختلف غالباً از متغیرهای زبانی که اندازه آنها مبهم و نادقیق است بیشتر از متغیرهایی که دقیقاً معلوم هستند، استفاده می‌شود. برای نمونه مفاهیمی مانند جوان، میانسال، پیر، کوتاه، بلند، سبک، سنگین، شکر، دعا، عمل صالح، حسادت، تقوا و ... همگی از جمله متغیرهای زبانی هستند که مقدار آنها نامعلوم و مبهم هستند. منطق فازی سیستم کاملاً منعطفی را در خدمت زبان طبیعی قرار می‌دهد.

فازی و منطق فازی

واژه **فازی** در فرهنگ لغت آکسفورد، به معنای «مبهم، گنگ، نادقیق، گیج، مغشوش، درهم و نامشخص» آمده است. معانی دیگری مثل کرکی، درهم و برهم، پزدار، تیره و نامعلوم نیز از جمله معانی دیگر واژه فازی است. در مجموع، واژه فازی به مفاهیم فاقد مرز دقیق اشاره دارد. لطفی‌زاده در پاسخ به این سوال که چرا کلمه فازی را برای این نظریه انتخاب کرده است، می‌گوید: «من کلمه فازی را انتخاب کردم چون احساس می‌کردم که این کلمه با بیشترین دقت آنچه را در این نظریه آمده است، توصیف می‌کند» (قیومی، ۱۳۸۱).

فازی بودن به معنای چندارزشی بودن است و در مقابل منطق دو ارزشی که در آن برای هر سوال و یا مفهومی تنها



ب) در منطق کلاسیک تنها دو سور عمومی و وجودی مطرح هست ولی در منطق فازی با سورهای مبهم مانند اکثر، قلیل، اغلب، به ندرت، خیلی زیاد، خیلی کم و ... سروکار داریم.

ج) در منطق کلاسیک تنها قید نفی است که معنای گزاره را عوض می‌کند؛ ولی در منطق فازی، قیدهایی بسیار زیادی مانند خیلی کم، خیلی خیلی زیاد، فوری، نسبتاً کم و ... وجود دارد.

د) در منطق ریاضی، دقت مدل‌سازی بسیار زیاد است؛ ولی نمی‌تواند الگوهای فکری بشری را مدل‌سازی کند؛ در صورتی که منطق فازی با همین عبارات مبهم و نادقیق، توانسته تفکر و الگوی رفتاری بشر را مدل‌سازی و شبیه‌سازی کند (خادمی‌زارع و فخرزاد، پیشین: ۸۳).

چیزهای فازی مرزهای درهم و نامشخصی با متضاد خود دارند، با غیرچیزها. هرچه یک چیز شبیه متضاد خودش باشد، فازی‌تر است. در فازی‌ترین حالت، چیزی مساوی متضاد خودش است. لیوان آب نیمه پر و نیمه خالی، دروغگوی کرتی که می‌گوید کرتی‌ها دروغ می‌گویند، که هم دروغ می‌گوید و هم دروغ نمی‌گوید، مشتری که به همان اندازه که راضی شده است راضی نشده است (کاسکو، پیشین: ۳۵). در نظام ارسطویی راه میانه‌ای وجود ندارد. در این منطق حالت میانه نیست و شیوه‌های استدلال قطعی و صریح است. در حالیکه ریاضیات فازی بر پایه استدلال تقریبی بنا شده که در آن منطبق با طبیعت و سرشت سیستم‌های انسانی بنا شده است. در این استدلال حالت‌های صفر و یک تنها مرزهای استدلال را بیان می‌کنند و در واقع استدلال تقریبی حالت تعمیم‌یافته استدلال قطعی و صریح ارسطویی است.

طرفداران منطق فازی بر این باورند که دستگاه معرفتی که آنها ارائه می‌کنند با واقعیت تطابق دارد از این رو معتقدند که؛ منطق فازی، جهان را آنگونه که هست، به تصویر می‌کشد. منطق فازی راهکاری است با آن می‌توان سیستم‌های پیچیده را که مدل‌سازی آنها با استفاده از ریاضیات و قوانین کلاسیک غیرممکن یا بسیار مشکل می‌نماید، به آسانی و با انعطاف بیشتر مدل‌سازی کند. منطق فازی به دنبال رفع ابهام در مسائل نیست؛ بلکه در جستجوی تحلیل مسائل و مشکلاتی است که در ذات آنها ابهام وجود دارد. در واقع فازی به دنبال مدل‌سازی مسائل همراه با ابهام است که انسان همواره با اینگونه مسائل ارتباط دارد (خادمی‌زارع و فخرزاد، ۱۳۹۱: ۸۰).

اجزاء سیستم فازی

هر سیستم فازی شامل پنج جزء اصلی می‌شود که عبارتند از: متغیرهای ورودی، متغیرهای خروجی، پایگاه دانش به صورت قواعد اگر و آنگاه، موتور استدلال و استنتاج و روش‌های فازی‌زدایی. قلب یک سیستم فازی پایگاه دانش است که به صورت قواعد اگر و آنگاه تعریف می‌شود. دقت سیستم فازی موتور استدلال و استنتاج است که با استفاده از قواعد پایگاه دانش، متغیرهای ورودی را به متغیرهای خروجی تبدیل می‌کند (همان، ۸۳).

مقایسه منطق فازی و منطق کلاسیک

الف) میزان درستی یک گزاره در منطق کلاسیک فقط دارای دو مقدار صفر و یک می‌باشد در صورتی که در منطق فازی؛ ارزش درستی یک گزاره می‌تواند دارای بی‌نهایت مقدار در بازه صفر و یک باشد.

ویژگیهای منطق فازی

مفهوم اساسی در منطق فازی مفهوم مجموعه فازی (گروه فازی) است. یک مجموعه فازی، گروهی از هر آن چیزی است که مقدار دقیقی ندارد. مجموعه فازی خانه‌های قدیمی را در نظر بگیرید. عمر یک خانه قدیمی چقدر است؟ تقسیم میانه خانه قدیمی و خانه نو کجاست؟ آیا یک خانه ۱۵ ساله قدیمی است؟ ۴۰ ساله چطور؟ ۹/۳۹ ساله چطور؟ ویژگی‌های منطق فازی عبارتند از:

(الف) در منطق فازی، استدلال‌های دقیق به عنوان موارد مرزی استدلال‌های تقریبی تلقی می‌شوند.

(ب) در منطق فازی، هر چیزی درجه پذیر است.

(ج) هر سیستم منطقی می‌تواند فازی شود.

(د) در منطق فازی، دانش به عنوان مجموعه‌ای از محدودیت‌های تغییرپذیر و یا به طور معادل فازی که بر روی مجموعه‌ای از متغیرها اعمال می‌شود، تعبیر می‌گردد.

(ه) استنتاج، به عنوان فرایند گسترش محدودیت‌های تغییرپذیر در نظر گرفته می‌شود.

معرفت شناسی منطق فازی

معرفت شناسی منطق ارسطویی دو ارزشی است و بر مبنای دو ارزش صفر و یک تعریف می‌شود. زیربنای معرفت‌شناسی این منطق را دو ارزش کذب و صدق (۰ و ۱) می‌سازد. این معرفت‌شناسی بر عضویت و عدم عضویت در یک مجموعه استوار است (زارعیان و سفیری، ۱۳۹۰: ۸۲). بر مبنای دستگاه معرفت منطق فازی، مجموعه‌های فازی بر سه نقطه گسست کیفی استوارند: کاملاً عضو، نقطه تقاطع و کاملاً غیرعضو. در دستگاه

معرفتی فازی از حیث پیش‌فرض معرفت‌شناسی، گزاره‌های معرفتی، فازی هستند و ماهیت درجه‌بندی دارند (همان، ۸۵).

اشتباه دستگاه معرفتی دو ارزشی آن است که آنچه تنها برای موارد خاصی صادق است، به تمام پدیده‌ها تعمیم داده است. روایت دو ارزشی از حقیقت علمی که عضویت و عدم عضویت در یک مجموعه را بازنمایی می‌کند، به تنهایی با حقیقت علمی ناسازگار و قادر به تبیین همه مسائل موجود در حوزه دانش علمی نیست؛ در حالی که در معرفت‌شناسی فازی، همه چیز به طور نسبی درجه‌بندی می‌شود و حقیقت چیزی بین صفر و یک است. منطق فازی معتقد است که ابهام در ماهیت علم است. برخلاف دیگران که معتقدند باید تقریب‌ها را دقیق‌تر کرد تا بهره‌وری افزایش یابد، پروفیسور لطفی‌زاده معتقد است که باید به دنبال ساختن مدل‌هایی بود که ابهام را به عنوان بخشی از سیستم مدل کند. در منطق ارسطویی، یک دسته‌بندی درست یا نادرست وجود دارد. تمام گزاره‌ها درست یا نادرست هستند. در منطق فازی، جملاتی هستند که مقداری درست یا نادرست هستند (رضاپور، ۱۳۸۶: ۱۲۹).

برای گریز از جزمیت و کلی‌گویی منطق کلاسیک، منطقیون منطق‌های چندارزشی را به عنوان تعمیم منطق دو ارزشی پایه‌گذاری کرده‌اند؛ مانند منطق سه ارزشی که توسط منطق‌دان لهستانی لوکاسیویچ در سال ۱۹۳۰ پایه‌گذاری شد. دیگر منطق‌دانان مانند بوخوار، لین و هی‌تینگ نیز منطق‌های سه ارزشی دیگری را معرفی کردند. گزاره‌ها در منطق سه مقداره که فرضاً سه عدد صفر و یک دوم و یک را اختیار می‌کند، از منطق دو مقداره



هستی‌شناسی منطق فازی

بر اساس منطق دو ارزشی، می‌توان هر واقعه اجتماعی را بر خودار از ویژگی منحصر به فرد تاریخی یا عمومیت (a) یا (not-a) تعریف کرد. عقلانیت انتقادی بر بعد عمومیت، تأکید دارد و بعد منحصر به فرد تاریخی واقعیت اجتماعی را کنار می‌گذارد. حال اگر ویژگی منحصر به فرد تاریخی و عمومیت را همزمان، به مثابه زیر مجموعه واقعیت اجتماعی در نظر بگیریم و ویژگی سومی را نیز با عنوان تنوع بر آن بار کنیم، در این صورت می‌توانیم وارد هستی‌شناسی فازی شویم. در هستی‌شناسی فازی، واقعیت به مثابه یک کل و پیکره قابل درک است. پیکره، سازه‌ای است که از طریق ترکیب سه بُعد واقعیت (منحصر به فرد بودن، عمومیت و تنوع) ساخته می‌شود (همان، ۱۷۶).

روش‌شناسی منطق فازی

منطق فازی علاوه بر داشتن دستگاه‌های معرفت‌شناسی و هستی‌شناسی، روش‌شناسی مخصوص به خود را نیز دارا می‌باشد. دستگاه معرفتی فازی از طریق روایت هستی‌شناسانه فازی، روایت روش‌شناسانه فازی را تولید می‌کند. در روش‌شناسی فازی، رویکرد کمی و کیفی، حضور همزمان دارند. اگر رویکرد تحلیلی را به جای کمی یا کیفی (a یا not-a)، بر کمی و کیفی (a و not-a) همزمان استوار سازیم، در این صورت، روش‌شناسی فازی رخ داده است. روش‌شناسی فازی بین دو رویکرد کیفی و کمی پل می‌زند. این پل از طریق فازی‌سازی روش تحلیل انجام می‌شود (همان، ۱۷۷).

دقیق‌تر است. ولی منطق سه مقداره نیز با حقیقت بسیار فاصله دارد. به همین منظور منطق‌های N مقداره توسط منطق‌یون از جمله لوکاسیویچ عرضه شد (کاسکو، پیشین: ۲۱). معرفت‌شناسی فازی، از طریق تأکید بر نظام چندارزشی نه تنها تقسیم‌بندی گزاره‌های معرفتی را بر مبنای صدق و کذب (صفر و یک) می‌پذیرد، بلکه در عین حال، میزان عضویت و عدم عضویت در مجموعه‌ها را درجه‌بندی می‌کند. دستگاه معرفت‌شناسی فازی را می‌توان از حیث معرفت‌شناسی، هستی‌شناسی و روش‌شناختی تحلیل کرد (ساعی، ۱۳۸۸: ۱۷۲). حقیقت الزاماً یک یا صفر نیست بلکه می‌تواند چیزی بین یک و صفر باشد. دستگاه معرفتی فازی از حیث پیش‌فرض معرفت‌شناسی، مبتنی بر گزاره‌های معرفتی فازی است. گزاره‌های معرفتی فازی ماهیت درجه‌بندی دارند (همان، ۱۷۴).

مدعای معرفت‌شناسی فازی آن است که حقیقت (گزاره علمی)، نمی‌تواند تنها به فضای دو ارزشی صفر و یک محدود شود، بلکه حقیقت، فازی (تابع درجات) و همواره ممکن است تغییر کند (کاسکو، پیشین: ۲۸). به طور کلی در دستگاه معرفتی فازی، گزاره‌های معرفتی، ماهیت فازی و درجه‌بندی دارند و گزاره‌های علمی مبتنی بر معیار ابطال‌پذیری، ارزش‌هایی در بازه (۰، ۱) اختیار می‌کنند و درجه ابطال‌پذیری، شرایط اطلاق پیدا می‌کند. بدین ترتیب، در معرفت‌شناسی فازی، تابع عضویت مبتنی بر صدق و کذب، به تابع عضویت مبتنی بر درجه صدق و کذب گزاره‌های علمی تعمیم می‌یابد (ساعی، پیشین: ۱۷۵).

سوزان هاگ این منطق را به جهت مدرج بودن صدق در آن بی‌اساس می‌داند و معتقد است که منطق فازی مفهوم منطق و هدف آن را برآورده نمی‌سازد و تنها برای استفاده در تکنولوژی مفید است (Haack, 1991: 233).

ارکهارت نیز با دیدی انتقادی معتقد است، این منطق از عهده ادعاهای خود برنیامده است و ابهام را از یک مرحله به مرحله دیگر منتقل نموده است و رفع ابهام در آن به شیوه‌ای مصنوعی صورت گرفته است (Hajec, 1998: 5).

تفاوت میان نظریه احتمالات و منطق فازی

یکی از مباحث مهم در منطق فازی، تمیز دادن آن از نظریه احتمالات در علم ریاضیات است. غالباً نظریه فازی با نظریه احتمالات اشتباه می‌شود. در حالی که این دو مفهوم کاملاً با یکدیگر متفاوتند (نوعی پرور، ۱۳۸۲: ۶۷).

منطق فازی با حقایق نادقیق سر و کار دارد و به حدود و درجات یک واقعیت اشاره دارد، در صورتی که احتمالات بر شالوده مجموعه حالات تصادفی یک پدیده استوار است و درباره شانس وقوع حالتی خاص صحبت می‌کند؛ حالتی که زمانی اتفاق بیفتد، دقیق فرض می‌شود. با این وجود فازی بودن و احتمالات اغلب با هم ترکیب می‌شوند. یک جمله در صورتی احتمالی است که احتمال یا درجه تحقق را نشان دهد و یا نتیجه یک واقعه اتفاقی را بیان کند. مثلاً، جمله شانس اینکه آنجا باشم ۵۰-۵۰ است جمله‌ای کاملاً احتمالی است. جملات احتمالی خود درجه‌ای از مفهوم فازی بودن را نشان می‌دهند. در جمله به احتمال زیاد آنجا خواهیم بود تمامی احتمالات به صورت ذهنی سنجیده شده و درجه از احتمال تا تحقق را بیان می‌کنند. در صورتی که

در روش‌شناسی فازی، تجربه داور تئوری از حیث درجه ابطال‌پذیری است. در این دستگاه آزمون تئوری ارزش‌هایی در بازه (۱،۰) تولید می‌کند که بیانگر درجه صدق و کذب توری است. ارزش یک بینگر سازگاری کامل است و ارزش صفر بر تناقض کامل شواهد تجربی با تئوری دلالت می‌کند (همان، ۱۷۷)، ارزش‌های بین صفر و یک، تصویر خاکستری از تئوری به مثابه یک مجموعه ارائه می‌دهند.

انتقادات به نظریه فازی

همراه با گسترش این نظریه، انتقاداتی بر آن وارد شد عمده‌ترین آنها را می‌توان در سه گروه، تقسیم‌بندی کرد:

(الف) منتقدین سوال می‌کردند که کاربرد منطق جدید (منطق فازی) چیست؟ شما چه چیزی با مجموعه فازی می‌توانید انجام دهید؟

(ب) منتقدین فعال در مراکز علمی و پژوهشی منطق فازی را همان احتمال اما با لباس مبدل می‌دانستند. آنها احساس می‌کردند که لطفی‌زاده چیزی جدید ارائه نکرده و واقعاً کاری خاص انجام نداده است.

(ج) قهر آشکار منطق دو ارزشی با منطق فازی از همه مهم‌تر بود. منتقدان می‌گویند منطق دو ارزشی، کارایی دارد و هزاران سال است که به ما خدمت کرده و رایانه‌ها را به کار می‌اندازد. ممکن است مقداری هزینه داشته باشد، اما ساده است و کار می‌کند (آذر و فرجی، پیشین: ۱۳).

(د) برخی دیگر پذیرفتن منطق فازی را به منزله بی‌نظمی و آشوب در نظام علمی می‌دانند و معتقدند این منطق باعث حاکم شدن درهم ریختگی و بی‌دقتی در علم خواهد شد.



می‌توانیم مرز خاکستری بین چیزها و غیرچیزها را تثبیت کنیم. اما احتمالات با افزایش حجم اطلاعات و داده‌ها ذوب می‌شود و از بین می‌رود (همان، ۸۲).

نتیجه گیری

منطق ارسطویی امور را حصری می‌بیند، اما در منطق فازی امور دسته‌بندی و درجه‌بندی می‌شوند. به جای دوگانه‌انگاری، چندگانه‌انگاری لحاظ می‌شود. جهت رسیدن به حقیقت نه تنها روش‌های کمی ملاحظه می‌شود بلکه این منطق به منزله پلی است که میان روش‌های کمی و کیفی قرار دارد. با تقسیم مسائل به شکل دو وجهی حقیقت رقیق و کم مایه می‌شود، ولی با منطق فازی امور شناور و انعطاف‌پذیر می‌شوند و با وارد شدن زمان‌مندی و مکان‌مندی ظرفیت پدیده‌ها نگریسته می‌شوند و شناخت حقیقت هموارتر می‌شود. علیرغم منافع بسیاری که منطق ریاضی (کلاسیک) دارد، نمی‌تواند الگوهای فکری بشری را توصیف کند؛ زیرا الگوی فکر بشری اغلب شهودی و تقریبی است. منطق فازی، روشی متفاوت را برای مسائلی فراهم می‌آورد که نیاز به کنترل دارند. این روش بر آنچه که سیستم باید انجام دهد متمرکز است، نه بر چگونگی انجام کارها. به کارگیری منطق فازی، ساده می‌باشد و می‌تواند موضوعات پیچیده‌ای را که با روش‌های معمولی ریاضی قابل حل نیستند را به سادگی و در زمان کمتری حل نماید. این منطق نظیر دانش و اطلاعات فرد خیره و ماهر عمل می‌کند. منطق فازی زمینه یک تفکر و جهان‌بینی نو را در عرصه ریاضیات، علوم مهندسی و علوم انسانی فراهم آورده است.

جمله ممکن است آنجا باشم کاملاً نامعلوم و غیرقابل پیش‌بینی است و در واقع فازی بودن آن حالت را بیان می‌کند (کارتالوپولس، ۱۳۸۱: ۷). احتمالات تصویر سیاه و سفید جهان را تغییر نمی‌دهد و حتی تلاشی هم در تغییر آن ندارد. قانون A غیر A ارسطو همواره در احتمالات معتبر است. به همین علت نیز بود که انیشتین گفت "خداوند تاس بازی نمی‌کند" (کاسکو، پیشین: ۳۸).

در منطق فازی هم نظیر احتمالات با درصدهای بین صفر و صد کار می‌شود. اما در منطق فازی رخدادها به صورتی درجه‌بندی شده، توصیف و تشریح می‌شوند، برخلاف رخدادهای اتفاقی که یا تماماً واقع شده یا اساساً واقع نمی‌شوند (همان، ۳۷). در آخر اینکه نظریه احتمالات با هدف حل بخشی از مشکلات منطق ارسطو ارائه شد و نظریه‌ای است که در ریاضی کاربرد دارد و مبتنی بر شانس و یا حالت اتفاقی است. براساس این نظریه، هر واقعه عددی مرتبط به خود دارد که عبارت است؛ احتمال وقوع آن واقعه (حق‌بین، بی‌تا: ۳۲). نظریه احتمالات در زمینه‌های مختلف کاربرد دارد ولی نمی‌تواند عدم انطباق بین منطق و حقیقت را به صورت واضح مشخص کند. احتمالات مسأله عدم انطباق را حل نکرده، بلکه مشکل را پیچیده‌تر ساخت. احتمالات فقط نظریه جدیدی را روی نظریه سیاه و سفید حالت دو مقداری قرار داد (کاسکو، پیشین: ۳۲).

داشتن اطلاعات در نظریه احتمالات راه رسیدن به حقیقت را هموار می‌کند و از درصد ابهام می‌کاهد هر چه اطلاعات بیشتر باشد احتمالات کمتر می‌شود. حالت فازی در وارن این جهت حرکت می‌کند. اطلاعات بیشتر حالت فازی بیشتر. هر چه اطلاعات بیشتری داشته باشیم بهتر

از طرفی تئوری پردازان این منطق به وضوح مطرح نمی‌کنند که اصول و گزاره منطق فازی آیا فازی هستند یا نه؟ هرگونه جواب به این پرسش آنها را به دردسر خواهد انداخت. در صورت مثبت بودن به این نتیجه می‌رسیم که معیارهای آنها برای رسیدن به حقیقت هم می‌تواند کمی درست و هم می‌تواند تا حدودی نادرست باشد و اینگونه معیار منجر به کنه حقیقت نخواهد شد. اگر جواب منفی باشد آنها ناخواسته در ورطه منطق ارسطویی صفر و یک می‌غلطند. زیرا ناگزیرند از فرمول درست یا غلط استفاده کنند. در آخر اینکه منطق فازی می‌تواند در کنار دیگر منطق‌ها عنوان یک منطق فلسفی را به خود اختصاص دهد اما قبل از آن باید به شکل زیربنایی و بنیادین اولاً دقیق و منظم شود و ثانیاً داعیه‌اش مبنی بر اینکه فقط این منطق می‌تواند تمامی حقیقت را ارائه دهد را منعطف و به گزاره این "منطق نیز می‌تواند به کشف حقیقت کمک می‌کند" تغییر دهد.

فهرست منابع

فارسی:

- ۱- آذر، علی و فرجی، حامد (۱۳۸۶)، علم مدیریت فازی، تهران: انتشارات موسسه کتاب مهربان نشر.
- ۲- حق‌بین، فریده (بی‌تا)، «مبانی توصیف زبان؛ منطق ارسطویی یا منطق فازی»، مجله بیدار، شماره ششم.
- ۳- حسین‌زاده یزدی، مهدی (بی‌تا)، «جستاری در مبانی معرفتی فازی»، فصلنامه علمی-پژوهشی دانشگاه قم، سال نهم، شماره چهارم.
- ۴- خادمی زارع، حسن و فخرزاد، محمدباقر (۱۳۹۱)، «شناسایی و تحلیل کاربرد منطق و سیستم‌های فازی در قرآن کریم»، فصلنامه اندیشه نوین دینی، سال هشتم، شماره ۳۱.

نظریه مجموعه‌های فازی برای اقدام در شرایط عدم اطمینان طراحی شده و این کار را با استفاده از متغیرهای زبانی و عادی روزمره انجام می‌دهد که می‌توان با کمک آنها مسائل و متغیرهای کیفی را کمی کرده و مورد ارزیابی قرار داد. بنابراین، منطق فازی منطقی مناسب برای علوم مختلف از جمله علم مدیریت است که بیشتر مواقع با متغیرهای کیفی سروکار دارند. به کمک منطق فازی، از کلی‌گویی و مطلق‌گویی دور شده و مسائل را بیشتر به سمت جواب صحیح‌تر سوق می‌دهیم. منطق فازی در عصر کنونی که با تغییرات سریع همراه با پیچیدگی‌های بگرنج توأم شده است، می‌تواند پاسخی مناسب باشد. این منطق ابزار مناسبی برای مواجهه با مفاهیم و استدلال‌های نادقیق و تقریبی است. نقد مخالفان منطق فازی مبنی بر عدم کارایی آن شاید تا قبل از دهه ۱۹۷۰ میلادی کمی وارد باشد ولی در حال حاضر دیگر موضوعیتی ندارد و هیچکس نمی‌تواند در زندگی عملی منکر اختراعات ناشی از تولیدات این دستگاه معرفتی شود. در جنبه عملی و فایده‌رسانی به سیستم‌های مختلف و کمک به رفاه و آسایش بشر منطق فازی کارایی و عملکرد مناسبی دارد و در آینده هم بیشتر موثر خواهد بود. در بعد نظری با توجه به انکار اصل موضوعه امتناع تناقض این منطق دچار یک پارادوکس می‌شود چرا که هنگام تحلیل عمیق گزاره‌های این منطق مشخص می‌شود که آنها تحلیل درستی از این اصل ندارد و علیرغم اینکه این اصل یکی از بنیان‌های اصلی آنهاست، ناشیانه ادعای گذر از آن دارند. در صورت صحت این مدعا اساساً ضمن اینکه حرفی برای ارائه ندارند، تلویحاً اقدام به انکار خودشان می‌کنند و وقتی که یک دستگاه خودش را انکار کند؛ چیزی برای اثبات نخواهد داشت.



- ۵- دمیتروف، ولادیمیر (۱۳۸۲)، دانش و مردم، بکارگیری منطق فازی در تشریح پیچیدگی‌های اجتماعی، مترجم: احمد جواهریان، چاپ اول، تهران: انتشارات خوارزمی.
- ۶- رضاپور، رضا (۱۳۸۶)، «پایه‌سازی سیستم‌های هوشمند بوسیله منطق فازی»، اولین کنفرانس مهندسی کامپیوتر لاهیجان.
- ۷- رئوف‌فرد، زهرا (۱۳۸۴)، همراهان ارتباط گستر، منطق فازی.
- ۸- زارعیان، مریم، سفیری، خدیجه (۱۳۹۰)، «علوم انسانی بومی برمبنای منطق فازی»، فصلنامه مطالعات معرفتی در دانشگاه آزاد اسلامی، سال پانزدهم.
- ۹- ساعی، علی (۱۳۸۸)، «دانشنامه علوم اجتماعی، فازی‌سازی دموکراسی»، مجله بیدار، دوره ۱، شماره ۱.
- ۱۰- طاهری، سارا (۱۳۸۷)، آشنایی با نظریه مجموعه‌های فازی، چاپ دوم، مشهد: انتشارات جهاد دانشگاهی.
- ۱۱- قیومی، صدرا (۱۳۸۱)، «منطق فازی و مبانی فلسفی آن»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد فلسفه، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۱۲- کارتالوس، اس‌وی (۱۳۸۱)، منطق فازی و شبکه‌های عصبی (مفاهیم و کاربردها)، مترجم: محمد جورابیان، تهران: انتشارات یزدان.
- ۱۳- کاسکو، بارت (۱۳۸۰)، تفکر فازی، مترجم: علی غفاری و دیگران، چاپ دوم، مشهد: انتشارات دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.
- ۱۴- نوعی‌پرور، بهروز (۱۳۸۵)، «منطق فازی چیست؟»، ماهنامه شبکه، شماره ۷۱.
- ۱۵- وحیدیان کامیاد، علی (بی‌تا)، «روش‌های کاربرد منطق فازی در بینش اسلامی»، دانشگاه آزاد اسلامی، شماره پنجم.

لاتین:

1-Haack, Susan (1991). *Philosophy of Logics*. Sixth Edition. Cambridge University Press.

2-Hajec, Peter (1998). *Ten Question and One Problem on Fuzzy Logic*. Elsevier Science.



پښتونستان د علومو او انساني مطالعاتو فریښی
پرتال جامع علوم انسانی