

منطق فازی و کاربردهای آن

دکتر اسفندیار اسلامی

سرشناسه: اسلامی، اسفندیار، ۱۳۲۹ -
 عنوان و نام پدیدآور: منطق فازی و کاربردهای آن/ اسفندیار اسلامی.
 مشخصات نشر: کرمان: دانشگاه شهید باهنر (کرمان)، ۱۳۹۱.
 مشخصات ظاهری: ۳۱۳ص: جدول، نمودار.
 فروست: انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان؛ ۳۴۴.
 شابک: 978-600-201-029-2
 وضعیت فهرست نویسی: لیپا
 یادداشت: نمایه.
 موضوع: منطق فازی
 شناسه افزوده: دانشگاه شهید باهنر کرمان
 رده بندی کنگره: ۵۸/۱۳۹۱/۵الف/۶۴/۵۸
 رده بندی دیویی: ۵۱۱/۳۱۳
 شماره کتابشناسی ملی: ۲۷۸۱۴۱۶

منطق فازی و کاربردهای آن

تألیف: دکتر اسفندیار اسلامی

ناشر: انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان

طراح جلد: زهرا آقاعباسی

نوبت چاپ: اول، ۱۳۹۱

تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه

لیتوگرافی و چاپ: چاپخانه فرهنگ کرمان

قیمت: ۶۹۵۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۲۰۱-۰۲۹-۲

ISBN: 978-600-201-029-2

کلیه حقوق برای دانشگاه شهید باهنر کرمان محفوظ است.

فهرست مطالب

پیشگفتار	۹-۱۲
قسمت اول: منطق فازی، منطق مفاهیم مبهم	۱۳-۲۲۶
مقدمه	۱۵
فصل اول: مفهوم فازی	۱۷-۵۸
۱.۱ چند مثال و مدل سازی	۱۷
۲.۱ حساب گزاره ها	۲۱
۳.۱ حساب زیر مجموعه ها	۲۴
۴.۱ مجموعه های فازی	۲۷
۵.۱ نرم ها و هم - نرم های مثلثی	۳۷
۶.۱ اعداد فازی	۴۲
۷.۱ حساب اعداد فازی	۴۸
۸.۱ خواص حساب اعداد فازی	۵۴
۹.۱ تمرین	۵۶
فصل دوم: استدلال تقریبی	۵۹-۹۴
۱.۲ مقدمه	۵۹
۲.۲ استنتاج منطقی فازی	۶۱
۳.۲ تمرین	۹۳
فصل سوم: منطق فازی، یک منطق چند ارزشی	۹۵-۱۸۰
۱.۳ تاریخچه ای از منطق های چند ارزشی	۹۵
۲.۳ ارزش منطقی سوم لوکاسیویچ	۱۰۹
۳.۳ منطق های متناهی ارزشی	۱۱۷
۴.۳ منطق های بی نهایت ارزشی	۱۲۰
۵.۳ منطق فازی	۱۲۲
۶.۳ تمرین	۱۷۷
فصل چهارم: چند منطق و جبر مهم دیگر	۱۸۱-۲۲۶
۱.۴ منطق گزاره ای لوکاسیویچ	۱۸۱
۲.۴ جبر های چند ارزشی (MV-algebra)	۱۸۴

۱۹۰.....	۳.۴ منطق گویای پاولکا (RPL)
۱۹۸.....	۴.۴ منطق حاصلضرب
۲۰۷.....	۵.۴ منطق گدل
۲۱۳.....	۶.۴ تمرین
۲۲۷-۳۰۶-----	قسمت دوم: کاربردهای منطق فازی
۲۲۹.....	مقدمه
۲۳۱-۲۴۵-----	فصل اول: کنترل و سیستم‌های خبره
۲۳۱.....	۱.۱ کنترل فازی و انگیزه‌ها
۲۳۴.....	۲.۱ روش‌شناسی کنترل فازی
۲۴۷-۲۶۰-----	فصل دوم: منطق فازی برای پردازش تصویر
۲۴۷.....	۱.۲ مقدمه
۲۴۸.....	۲.۲ طرح کلی پردازش فازی تصویر
۲۵۱.....	۳.۲ اعمال در حوزه فازی
۲۵۲.....	۴.۲ تابع فازی‌زدایی
۲۵۲.....	۵.۲ چند مثال از پردازش فازی تصویر
۲۶۱-۲۷۵-----	فصل سوم: منطق فازی در پزشکی و بیوانفورماتیک
۲۶۱.....	۳.۱ مقدمه
۲۶۲.....	۳.۲ منطق فازی در پزشکی
۲۶۴.....	۳.۳ منطق فازی در بیوانفورماتیک
۲۶۶.....	۴.۳ ابر مکعب فازی
۲۶۷.....	۵.۳ کاربردی در اعتیاد به مواد مخدر
۲۶۹.....	۶.۳ کاربردی در مقایسه کروموزم‌ها
۲۷۷-۲۸۸-----	فصل چهارم: منطق فازی در سیستم‌های خبره پزشکی
۲۷۷.....	۴.۱ مقدمه
۲۷۸.....	۴.۲ مفاهیم منطق فازی
۲۸۲.....	۴.۳ سیستم‌های فازی مبتنی بر قواعد در پزشکی
۲۸۳.....	۴.۴ کاربرد منطق فازی در سیستم‌های پزشکی مبتنی بر قواعد
۲۸۹-۳۰۶-----	فصل پنجم: کاربرد منطق فازی در تحقیق در عملیات
۲۸۹.....	۵.۱ مقدمه
۲۸۹.....	۵.۲ برنامه‌ریزی خطی فازی
۳۰۷-۳۱۳-----	نمایه:

پیشگفتار

امروزه "منطق فازی" در همه جا بر سر زبان‌هاست. مقالات بسیار زیادی در رابطه با این موضوع و کاربردهای آن نگاشته شده است. موفقیت‌های فراوانی از کاربردهای آن برای عموم آشکار شده است. از میان کتاب‌هایی که در این زمینه نوشته شده، بعضی به کاربرد صرف پرداخته و شاید از دید ریاضیات آن چنان که باید و شاید به تئوری و زیر بناهای آن توجه نشده است. متأسفانه علی‌رغم توسعه روزافزون منطق فازی و به طبع آن کاربردهایش، در ایران و به زبان فارسی کم‌تر از ۵ کتاب (تا آن جا که نویسنده اطلاع دارد) نوشته شده است. هر چند که آن‌ها تا اندازه‌ای توانسته‌اند خلأ کامل را برطرف کنند ولی یکی از وظایف محققان در کشور این است که این کارها را ادامه داده و تسلیح روز این موضوع را در دسترس علاقه‌مندان مخصوصاً دانشجویان قرار دهند.

در مقالات و کتاب‌های زیادی که به زبان‌های دیگر مخصوصاً انگلیسی نوشته شده کیفیت‌ها کاملاً متفاوت است؛ یک ریاضی‌دان (منطق‌دان) گاهی از این که بعضی مقالات از نظر ریاضی ضعیف هستند، عصبانی می‌شود. اما این نباید به رد تمامی آن‌ها منجر شود. بعضی سعی می‌کنند نشان دهند که منطق فازی نادرست است و بعضی هم اغراق‌آمیز به طرفداری از آن می‌پردازند و انتظار از آن را بسیار سنگین جلوه می‌دهند. هر چند این حالات وجود دارد ولی هم چنان که ژول ورن (Jules Verne) در شروع قرن بیستم می‌گوید موفقیت‌های علمی نتیجه انتظارات مبالغه‌آمیز است.

الکان (Elkan) در مقاله‌ای ادعا می‌کند که منطق فازی غیرممکن است اثبات او براساس سوء تفاهم واضحی شکل گرفته است. ما بدون این که وارد جزئیات مطالب او شویم برای درک بهتر مطالب این کتاب ابتدا به سه سؤال می‌پردازیم: "منطق" چیست؟ "فازی" به چه معنی است؟ و اصطلاح "منطق فازی" به چه چیز(هایی) اطلاق می‌شود؟

۱- منطق چیست؟ منطق به مطالعه مفهوم(های) نتایج "منطقی" می‌پردازد. منطق با گزاره‌ها (جمله‌ها)، مجموعه گزاره‌ها و رابطه‌ی نتیجه منطقی بین آن‌ها سروکار دارد. وظیفه منطق صوری نمایش همه این‌ها با حسابی خوش تعریف است که بر مبنای بررسی‌های دقیق قرار

دارد. حساب‌های منطقی متفاوت در تعریف‌شان از جملات و مفاهیم نتیجه‌ی منطقی اختلاف دارند. آن‌ها معمولاً با نام‌های منطق‌های گزاره‌ای، منطق‌های محمولی، منطق‌های گزاره‌ای یا محمولی موجه، منطق‌های گزاره‌ای یا محمولی چند ارزشی و غیره مشخص می‌گردند. غالباً یک حساب منطقی دو مفهوم از نتیجه منطقی را در بردارد: نحو (بر پایه مفهوم اثبات) و معنی (بر پایه مفهوم درستی)؛ بنابراین سؤالات طبیعی در مورد صحت (آیا اثبات‌پذیری درستی را نتیجه می‌دهد؟) و تمامیت (آیا درستی اثبات‌پذیری را نتیجه می‌دهد؟) خودشان را مطرح می‌سازند.

۲- فازی به چه معنی است؟ فازی در لغت به معنی تیره، کرکی، نامعلوم، نامعین و مبهم است که در اکثر لغت‌نامه‌های انگلیسی به فارسی آمده‌اند. آن چه در این جا ما به آن می‌پردازیم، فازی بودن به معنی "ابهام" است. یک گزاره فازی دارای درجه‌ای از درستی است. هر چند معمولاً لغت "دقیق" در مقابل فازی به کار گرفته می‌شود ولی بعداً خواهیم دید که منطق فازی چند ارزشی را تعمیمی از منطق کلاسیک دقیق در نظر می‌گیریم.

مثال‌های استاندارد از گزاره‌های فازی متغیرهای زبانی را به کار می‌گیرند، به عنوان نمونه سن ارزش‌های ممکن شبیه جوان، میان سال و یا پیر دارد. جمله "مریض جوان است" با درجه‌ای درست است. هر چه سن مریض (بر حسب سال) کم‌تر باشد، جمله درست‌تر است. در هر صورت درستی یک گزاره فازی بر حسب درجه است.

در این جا باید به مرز دقیق "ابهام" و "عدم اطمینان" به عنوان درجه‌ای از اعتماد یا اعتقاد (مثلاً احتمال) توجه نمود. اگر جمله بند قبل را با گزاره "مریض هفته آینده خوب می‌شود" مقایسه کنیم. دومی ممکن است به عنوان یک گزاره دقیق به این معنی که یا کاملاً درست است یا کاملاً نادرست در نظر گرفته شود. اما نمی‌دانیم که چه حالتی خواهد بود. ما ممکن است احتمالی (شانس، درجه‌ای از اعتقاد) داشته باشیم که جمله درست است؛ اما احتمال درجه‌ای از درستی نیست.

۳- منطق فازی به چه چیز(هایی) اطلاق می‌شود؟ اصطلاح منطق فازی در تعریف متفاوت دارد وسیع و محدود. ما در این جا نظر لطفی عسکریزاده را از مقدمه مقاله‌ای می‌آوریم که: منطق فازی به معنی محدود FL_n یک سیستم منطقی است که هدف آن صوری‌سازی استدلال تقریبی است. به این معنی، منطق فازی توسیعی از منطق چند ارزشی است. هر چند که دستور کار منطق فازی کاملاً با منطق‌های چند ارزشی سنتی متفاوت است، علی‌الخصوص این که مفاهیم کلیدی این منطق مانند متغیر زبانی، قاعده اگر ... آن گاه ... فازی، صوری سازی فازی و فازی رهایی، تغییر محمولی، کیفیت درستی، اصل توسیع، قاعده

استنتاج ترکیبی و استدلال الحاقی در سیستم‌های سنتی منطق‌های چند ارزشی مورد بحث قرار نگرفته‌اند.

منطق فازی به معنی وسیع کلمه FLW تا اندازه‌ای مترادف با نظریه مجموعه‌های فازی FST است که نظریه رده‌هایی است که مرز مشخص ندارند. FST به مراتب گسترده‌تر از FL_n است و دومی را به عنوان شاخه‌ای از خود در بر می‌گیرد. باید اضافه نمود که حتی اگر با زاده در فرقی که بین منطق چند ارزشی و منطق فازی به معنی محدود قرار می‌دهد موافق باشیم، حساب صوری منطق چند ارزشی (البته به شکل غیرسنتی آن) هسته و پایه منطق فازی به معنی محدود است و نتایج کارهای شروع شده برای تشریح آن چه زاده می‌گوید با استفاده از این حساب‌ها امید بخش است.

مطالعه منطق فازی به معنی محدود آن با ارزش است. ما این منطق را به عنوان منطقی که در آن مفهوم درستی، مقایسه‌ای است درک می‌کنیم: جملات بر حسب ارزش‌های درستی‌شان مقایسه می‌شوند. هدف ما تکیه بر جزئیات خواصی است که مهم‌ترین منطق‌های چند ارزشی دارند. در آن‌ها مجموعه‌ی ارزش‌های درستی فاصله $[0,1]$ است.

خواننده‌ای که دید منطقی دارد از دیدن این که این سیستم‌های چند ارزشی مربوط به منطق فازی دارای زیبایی و عمق در مقایسه با منطق کلاسیک هستند خوشحال خواهد بود (انشاء‌الله). خواننده‌ای که بیشتر به تنوری می‌اندیشد و در محاسبات کار می‌کند از این که می‌بیند حساب گزاره‌های فازی و حساب محصولات فازی ابزاری قوی در تجزیه و تحلیل موضوعات زیر هستند لذت خواهد برد (انشاء‌الله): قیاس استثنایی فازی، قاعده استنتاج ترکیبی فازی، توابع فازی و کنترل فازی، عرض‌ها و سوره‌های فازی (مانند بسیاری، احتمالاً و غیره). مفاهیمی هستند که مورد مطالعه قرار می‌گیرند.

ممکن است در ابتدا این سؤال مطرح شود که ارزش‌های درستی از کجا ناشی می‌شوند؟ چرا فاصله $[0,1]$ ؟ و یا این که وقتی می‌گوییم درجه درستی یک گزاره مثلاً 0.7 است به چه معنی است؟ با کنار نهادن بحث فلسفی در مورد هر یک از سؤالات فوق، به مثالی توجه می‌کنیم که مثلاً از شما می‌پرسند: گل رز دوست دارید؟ و شما باید در جواب، یکی از چهار گزینه زیر را انتخاب کنید: کاملاً بلی، کم و بیش، نسبتاً نه، کاملاً نه. ممکن است تعداد گزینه‌ها متفاوت باشد. ما فرض می‌کنیم که درجات درستی به طور خطی مرتب باشند با 1 به عنوان بیشترین مقدار (کاملاً بلی) و 0 به عنوان کم‌ترین مقدار (کاملاً نه). بنابراین درجات درستی می‌توانند با اعداد حقیقی در تناظر باشند. حتی اگر منطق‌هایی با تعداد متناهی درجه درستی داشته باشیم ما هیچ عدد حقیقی از مجموعه درجات درستی را حذف نمی‌کنیم. ما همیشه مجموعه $[0,1]$ را با ترتیب طبیعی روی آن در نظر می‌گیریم. ساخت‌های دیگری نیز بر حسب

سیستم منطقی مورد نظر می‌توان به عنوان درجات عضویت در نظر گرفت. از طرف دیگر این می‌تواند ما را به مطالعه سیستم‌های مجرد (مانند جبرها) از ارزش‌های درستی که لزوماً مرتب خطی نیستند رهنمون سازد.

به سؤال دوم برگردیم، درجه درستی گزاره 0.7 به چه معنی است؟ در این جا ما باید بین گزاره‌های بسیط و گزاره‌های مرکب مانند منطق کلاسیک فرق قابل شویم. فرض کنیم که گزاره بسیط است. در این سطح، ما فقط با ارزش‌دهی‌های به گزاره‌هایی بسیط کار می‌کنیم و این ارزش‌ها داده شده اند: اگر سؤال بالا پرسیده شود، شما جواب را انتخاب می‌کنید و می‌دانید که چه معنی می‌دهد. این درست مانند حالتی است که فقط با دو انتخاب کار می‌کنیم، بلی یا خیر.

حال فرض کنیم دو سؤال داریم: (i) گل رز دوست دارید؟ (ii) شما پیر هستید؟ اگر به سؤال اول جواب "کاملاً بلی" و به سؤال دوم جواب "کم و بیش" بدهید این‌ها نمی‌گویند که شما گل رز را بیشتر از آن چه پیر هستید دوست دارید. این فقط می‌گوید که درجه درستی نسبت داده شده به (i) بیشتر از درجه درستی نسبت داده شده به (ii) است. (دوباره مانند آن چه در منطق کلاسیک رخ می‌دهد: فرض کنید که به سؤال (i) جواب "بلی" و به سؤال (ii) جواب "نه" داده‌اید).

در این کتاب سعی داریم منطق فازی را از هر دو جنبه آن مورد بررسی قرار دهیم که هم برای علاقمندان به منطق نظری و هم برای علاقمندان به کاربرد مجموعه‌های فازی مفید باشد. انتخاب فصل‌ها و زیرفصل‌ها برای تدریس و استفاده تحقیقاتی کاملاً به نوع علاقه مدرسان و نیاز دانشجویان و پژوهشگران بستگی دارد. با نگاه اجمالی به فهرست مطالب و مطالعه مقدمه هر فصل می‌توان به این مهم دست یافت.

در این جا لازم می‌دانم از کلیه همکاران و دانشجویان در دانشکده ریاضی و کامپیوتر که همراهی نموده‌اند تشکر کنم. از حوزه معاونت پژوهشی و فناوری، مرکز چاپ و نشر دانشگاه شهید باهنر کرمان مخصوصاً آقای دکتر آقاعباسی و سرکار خانم درخشان‌نژاد سپاسگزارم. از خانم آذریان که تایپ اولیه کتاب را به عهده داشته و خانم مطلوب که با نهایت صبر و حوصله کار را تمام کردند متشکرم. از داوران محترم که با ارائه نظریات باارزش‌شان کتاب را قابل استفاده‌تر نمودند تشکر کرده و از هر گونه انتقاد و پیشنهاد از طرف خوانندگان و علاقمندان استقبال می‌نمایم.