۲۴۶
انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان

مبانی مدل‌سازی فازی

جلد اول: جبر فازی

تألیف
حمید رضا خاتمی، محمد رنجبر

سرشناسه: خاتمی، محمدرضا، ۱۳۵۹ -
عنوان و نام پدیدآور: مبانی مدل‌سازی فازی/ تألیف حمیدرضا خاتمی، محمد رنجبر.
مشخصات نشر: کرمان: دانشگاه شهید باهنر (کرمان)، ۱۳۸۷.
مشخصات ظاهری: ج.: مصور.
فروست: انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان؛ ۲۴۶.
شابک: ج. ۱: 978-964-2500-33-8 دوره: 978-964-2500-42-0
وضعیت فهرست‌نویسی: فیپا
یادداشت: واژه‌نامه.
یادداشت: کتابنامه.
مندرجات: ج. ۱. جبر فازی.-
موضوع: مجموعه‌های فازی.
موضوع: ریاضیات فازی.
موضوع: اعداد فازی.
شناسه افزوده: دانشگاه شهید باهنر (کرمان).
رده‌بندی کنگره: ۱۳۸۷ ۲ م۲ خ/ QA ۲۴۸.
رده‌بندی دیویی: ۵۱۱/۳۲۲
شماره کتابشناسی ملی: ۱۳۳۵۰۳۹

مبانی مدل‌سازی فازی
مؤلف: حمیدرضا خاتمی، دکتر محمد رنجبر
ناشر: انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان
نوبت چاپ: اول، ۱۳۸۷
تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه
لیتوگرافی و چاپ: چاپخانه فرشیوه
قیمت: ۱۸۰۰۰ ریال
شابک: ۸-۳۳-۲۵۰۰-۹۶۴-۹۷۸
ISBN: 978-964-2500-33-8

پیشگفتار

با توجه به گسترش روز افزون افق‌های کاربرد نظریهٔ مجموعه‌های فازی و به ویژه جبر فازی در علوم و مهندسی، بر آن شدیم تا این ابزار قوی و کارآمد را برای حل مسایل مهندسی و مدل‌سازی فرآیندهای صنعتی در چارچوب کتاب پیش رو معرفی نماییم. اگر چه کاربرد جبر فازی به دلیل پیچیدگی و زمان‌بر بودن محاسبات با آن مشکل می‌نماید، اما بزرگ‌ترین حسن آن شبیه‌سازی عدم قطعیت‌های موجود در متغیرهای نادقیق به صورت اعداد فازی، پردازش آن‌ها در فرآیند محاسبه و در پایان به دست دادن پاسخ‌هایی واقعی‌تر و قابل اعتمادتر از نتایج حاصل از محاسبات معمولی می‌باشد. در این جا، پس از معرفی مفاهیم فازی در فصل اول، اعداد فازی و توابع عضویت آن‌ها در فصل دوم بیان می‌شوند. در فصل سوم به شیوهٔ تعمیم عملیات جبری و توابع معمولی برای اعداد فازی پرداخته می‌شود. انواع روش‌های غیرفازی‌سازی برای استفاده از پاسخ‌های فازی در فصل چهارم معرفی می‌شوند. در فصل پایانی نیز مثال‌هایی از کاربرد جبر فازی در مهندسی نفت، معدن و شیمی ارائه می‌گردد. در نگارش این کتاب، تکیه بر جنبه‌های کاربردی جبر فازی بدون مغشوش نمودن ذهن با تعاریف صرف ریاضی بوده است. لذا ممکن است برای خواننده‌ای که به جنبه‌های تئوری علاقه‌مند است، ناکافی باشد. در هر حال، راهنمایی و پیشنهادهای استادان و دانش‌پژوهان محترم در راستای رفع اشکالات احتمالی این کتاب راهگشا خواهد بود.

حمید رضا خاتمی – محمد رنجبر

فهرست مطالب

مقدمه

این حقیقت که ریاضیات به عنوان یک علم خالص، کاملاً مترادف با «دقت» در نظر گرفته می‌شود، باعث شده است که بسیاری از محققان و فلاسفه، نگران عدم کارآیی مناسب آن برای حل مسائل جهان واقعی باشند. این نگرانی از آن جا سرچشمه می‌گیرد که در منطق و نیز در علم، همواره شکافی بین تئوری و تفسیر نتایج به دست آمده از جهان نادقیق واقعی وجود دارد. دلیل این امر که وجود آن در شاخه های مختلف مهندسی به روشنی دیده می‌شود، ابهام و نقص اطلاعات قلمداد می‌گردد. از زمان ارائهٔ نظریهٔ مجموعه‌های فازی[1] [۱] گامی مؤثر در جهت رفع این مشکل برداشته شده است. نظریهٔ مجموعه‌های فازی، ابزار ریاضی لازم را برای شبیه‌سازی مفاهیم گنگ، نامشخص و مبهم فراهم می‌آورد. این نظریه می‌تواند دانش بشر را که از تجربه یا داده‌های آزمایشگاهی به دست می‌آیند، مدل‌سازی نماید.

اساس نظریه بر این استوار است که بسیاری از مفاهیم جهان چه در فلسفه، علم و یا مهندسی، مطلقاً بد یا خوب، سیاه یا سفید، صفر یا یک نیستند، بلکه مفاهیمی خاکستری هستند و بسته به نظر هر شخص می‌توانند تعابیر گوناگونی داشته باشند. از جمله این موارد می‌توان به واژگانی مانند زیاد، کم، گرم، بلند، زیبا، جوان و غیره اشاره نمود؛ این‌ها عباراتی هستند که انسان هرروزه در زندگی عادی برای توصیف پدیده‌ها و مفاهیم مشاهده شده به کار می‌برد و البته بسته به دیدگاه او معیار انتخاب یک برچسب برای آن متفاوت خواهد بود.

مثال ۱-۱- توصیف آب و هوای یک روز در زندگی روزمره با عبارتی مانند «گرم» انجام می‌شود. اگرچه این عبارت مقدار دقیق درجه حرارت روز را نشان نمی‌دهد، مبهم و نادقیق است، اما برای انسان کاملاً قابل درک و پذیرفتنی است. به عبارت دیگر، آن چه در این جا اهمیت دارد، زیاد بودن درجه حرارت است نه مقدار دقیق عددی آن.

---
[1] Fuzzy sets

مثال ۱-۲- عبارت «اتومبیل‌هایی با سرعت زیاد» تمایز روشنی با عبارت «اتومبیل‌هایی با سرعت کوچک‌تر یا مساوی ۸۰ کیلومتر بر ساعت» دارد. توصیف دوم را می‌توان به سادگی در قالب نظریهٔ مجموعه‌های معمولی به صورت زیر بیان نمود:

مجموعهٔ مرجع: کل مقادیر ممکن برای سرعت اتومبیل $U = [\,0, 200\,]$

و $A = \{\, x \in U \mid x \le 80 \,\}$

از نظر ریاضی، عبارت «کوچک‌تر یا مساوی با ۸۰»، خوش تعریف است؛ یعنی می‌توان با قطعیت اعلام نمود که آیا یک مقدار عددی خاص مثلاً ۲۵، دارای ویژگی کوچک‌تر یا مساوی با ۸۰ بودن، هست یا نیست و در نتیجه به مجموعه تعلق دارد یا خیر.

استفاده از تابع نشانگر نیز روش دیگری برای نمایش یک مجموعه است:

$$\chi_A(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } x \notin A \\ 1 & \text{if } x \in A \end{cases}$$

که در آن $\chi_A(x)$ مقدار عضویت عنصر x در مجموعهٔ A می‌باشد. در مثال بالا خواهیم داشت:

$$\chi_A(25) = 1 \quad , \quad \chi_A(72) = 1 \quad , \quad \chi_A(90) = 0$$

همان گونه که مشاهده می‌شود، برد تابع نشانگر A، مجموعهٔ $\{0,1\}$ است؛ یعنی:

$$\chi_A(x) : U \to \{0,1\}$$

اکنون با گسترش برد تابع نشانگر از مجموعهٔ $\{0,1\}$ به بازهٔ $[0,1]$ می‌توان به تعریف مجموعه‌های فازی برای مدل‌سازی مفاهیم گنگ و مبهم مانند « سرعت زیاد » رسید. در این حالت، معیار دقیقی برای تعیین تابع عضویت عنصر x در مجموعهٔ A وجود ندارد. برای مثال، با قطعیت نمی‌توان گفت که اتومبیلی با سرعت ۹۰ کیلومتر بر ساعت در مجموعهٔ اتومبیل‌هایی با سرعت زیاد، عضویت دارد. برای سرعت‌های ۱۰۰، ۱۲۰ و غیره نیز وضع به همین منوال است. در واقع، عناصر مجموعهٔ مرجع تا درجه‌ای مشخص به مجموعهٔ فازی A تعلق دارند. این درجهٔ مشخص، مقدار عضویت عنصر x در مجموعهٔ A خوانده می‌شود. مقدار عضویت به طور پیوسته از بازهٔ $[0,1]$ انتخاب و با نماد $\mu_A(x)$ نشان داده می‌شود. برای مثال، یک خبره معتقد است که سرعت ۹۰ کیلومتر برساعت به اندازهٔ ۰/۸ و یا سرعت ۱۰۰ کیلومتر برساعت به اندازهٔ ۰/۹ می‌تواند زیاد باشد:

$$\mu_A(90) = 0.8 \quad , \quad \mu_A(100) = 0.9 \quad , \quad \mu_A(120) = 1$$

۱–۱– فازی بودن: عدم قطعیت از نوعی دیگر

انواع گوناگون از عدم قطعیت در سامانه‌های جهان واقعی وجود دارند و روش‌های متنوعی نیز برای مدل‌سازی آن‌ها گسترش یافته‌اند. این که در کجا تئوری مجموعه‌های فازی کاربرد مناسبی دارد، پرسشی است که در زیر بدان پرداخته خواهد شد:

- هنگامی که معیار یا مرز مشخص و روشنی برای تعریف یک مجموعه از عناصر و اشیا وجود نداشته باشد. عدم قطعیتی که در مفاهیم مانند «دمای بالا»، «فشار متوسط»، «سنگ سخت»، «مرد جوان» و غیره وجود دارد، در این دسته قرار می گیرد. عضویت در چنین مجموعه‌هایی فقط به «بودن» و «نبودن» خلاصه نمی‌شود، بلکه به صورت درجهٔ تعلق به مجموعهٔ مورد نظر بیان می‌شود و به صورت ریاضی می‌توان آن را با مجموعه‌های فازی مشخص نمود.
- در جایی که ابهام[1] وجود دارد. برای مثال، هنگامی که تنها گستره و بازهٔ مقادیر یک پارامتر مدل شناخته شده است ولی اطلاعی از مقدار دقیق آن در بازهٔ مذکور در دست نیست، با ابهام روبرو هستیم؛ به عبارت دیگر، دربارهٔ انتخاب مقدار پارامتر از آن بازه، عدم قطعیت وجود دارد. این گونه از عدم قطعیت به خوبی با استفاده از تعریف اعداد فازی مدل‌سازی می‌شود.

عدم قطعیت‌های ذکر شده، تفاوت کاملاً مشخصی با عدم قطعیت ناشی از تصادفی بودن دارند. احتمال درجایی کاربرد پیدا می‌کند که رخدادهای مورد نظر یا درست‌اند یا نادرست، مهره‌ها یا قرمزاند یا آبی و انتخاب به تصادف از بین آن‌ها صورت می‌گیرد. اما هنگامی که اطلاعات مبهم و ناکافی دربارهٔ ذات رخدادها وجود دارد، فازی بودن مفاهیم، معنا پیدا می‌کند. برای مثال، با قطعیت نمی‌توان گفت که مهره‌ها آبی‌اند یا قرمز و یا از رنگ دیگر. تنها با تکیه بر اطلاعات و دانش می‌توان گفت که امکان آبی بودن مهره ۹۰٪ است یا میزان اطلاعات ما به اندازهٔ ۹۰٪ بر آبی بودن مهره، منطبق است.

[1] Ambiguity