



دانشکده مهندسی کامپیوتر

گزارش پایانی درس: مبانی هوش محاسباتی

عنوان پژوهش: تمرین دوم بخش اول (مفاهیم و روش‌های فازی)

ارائه دهنده:

فرگس سادات موسوی جد

شادی شاهی محمدی

استاد درس:

دکتر کارشناس

بهار ۱۴۰۴

فهرست:

- ۱-تابع عضویت یک مجموعه فازی: ۱
- ۲-آیا یک عضویت فازی می تواند همزمان درست و نادرست باشد: ۱
- ۳-تشخیص یک مجموعه فازی را از یک مجموعه قطعی : ۱
- ۴- تعریف متغیر فازی برای مسائل واقعی:..... ۲
- درآمد برحسب پوند انگلستان: ۲
- سرعت برحسب متر بر ثانیه. ۳
- یک برنامه تلویزیونی برحسب میزان علاقه شما به تماشای آن. ۳
- یک وعده غذایی برحسب میزان تمایل شما به خوردن آن. ۴
- یک چراغ راهنمایی برحسب رنگی که روشن است. ۴
- ۵- سیستم خبره پیشبینی وضعیت هوا:..... ۵
- ۶-نقاط قوت و ضعف سیستمهای خبره فازی:..... ۸
- ۷- تفاوت های یک سیستم Mamdani و یک سیستم TSK ۹
- ۸-تفاوت بین برازش خطی تکه‌ای (Piecewise Linear Fit) و روش TSK..... ۹
- ۹-چگونه می توان تضاد را در یک سیستم مبتنی بر دانش برطرف کرد؟ ۱۱
- ۱۰-یادگیری سیستم های TSK ۱۲
- منابع: ۱۳

۱-تابع عضویت یک مجموعه فازی:

تابع عضویت تعمیم تابع مشخصه در مجموعه‌های معمولی است. تابع مشخصه به ازای مقادیری که در مجموعه وجود دارند، مقدار ۱ و به ازای مقادیری که در مجموعه وجود ندارند، مقدار صفر برمی‌گرداند. تابع عضویت به جای صفر و یک به مقادیر داخل مجموعه، یک عدد حقیقی محدود نسبت می‌دهد. این عدد حقیقی بیانگر درجه‌ی عضویت آن عنصر می‌باشد. تعریف تابع عضویت به صورت زیر است:

$$\mu: X \rightarrow [0, \alpha < \infty]$$

در صورتی که در یک مجموعه‌ی فازی مقادیر درجه‌ی عضویت عناصر بین صفر و یک باشند، به آن مجموعه‌ی فازی نرمال گفته می‌شود.

۲-آیا یک عضویت فازی می‌تواند همزمان درست و نادرست باشد:

بله. در منطق فازی، یک گزاره می‌تواند به صورت جزئی درست و جزئی نادرست باشد. برخلاف منطق کلاسیک که دو حالت (binary) است (درست یا نادرست)، منطق فازی اجازه می‌دهد که عضویت در یک گزاره به صورت پیوسته بین صفر و یک عدد حقیقی محدود (معمولاً ۱)، تعریف شود. این یعنی یک گزاره می‌تواند هم تاحدی درست و هم تاحدی نادرست باشد. [۱]

۳-تشخیص یک مجموعه فازی را از یک مجموعه قطعی :

تفاوت اصلی در توابع عضویت عناصر است. در مجموعه قطعی (Crisp Set)، عضویت به صورت دو حالت (۰ یا ۱) که با تابع مشخصه نمایش داده می‌شود؛ درحالی که در مجموعه فازی (Fuzzy Set)، عضویت می‌تواند هر مقداری در بازه‌ی $[0, \alpha]$ باشد؛ که این مفهوم را با تابع عضویت نشان می‌دهند. البته می‌توان مجموعه‌های قطعی را یک نوع خاص از مجموعه‌های فازی دانست. در واقع مجموعه‌های فازی تعمیمی از مجموعه‌های قطعی می‌باشند.

بنابراین برای تشخیص مجموعه‌ی فازی از مجموعه‌ی قطعی اگر تابع عضویت آن‌ها نمایش داده شد به راحتی می‌توان با مشاهده‌ی برد آن تابع به قطعی یا فازی بودن آن مجموعه پی برد. در مجموعه‌ی قطعی، برد تابع گسسته و فقط شامل دو عضو صفر و یک است؛ در حالی که برد تابع عضویت در مجموعه‌ی فازی بیش از دو عضو

دارد و حتی می‌تواند پیوسته باشد. البته خود مجموعه‌ی فازی نیز به صورت زوج مرتبی از عناصر و درجه‌ی عضویت آن‌ها نمایش داده می‌شود که متفاوت از مجموعه‌های قطعی می‌باشد و در صورتی که خود مجموعه داده شد می‌توان با کمک این واقعیت فازی بودن آن مجموعه را تشخیص داد. مثلاً تفاوت در تعریف یک مجموعه‌ی فازی و یک مجموعه‌ی قطعی به کمک مثال زیر مشخص می‌شود: [۲]

مجموعه قطعی:

$$\mu_A(x) \in \{0, 1\} \rightarrow A = \{x \in R \mid x > 10\}$$

مجموعه فازی:

$$\mu_A(x) \in [0, 1] \rightarrow A = \{x \mid x \text{ تقریباً بزرگ است}\}$$

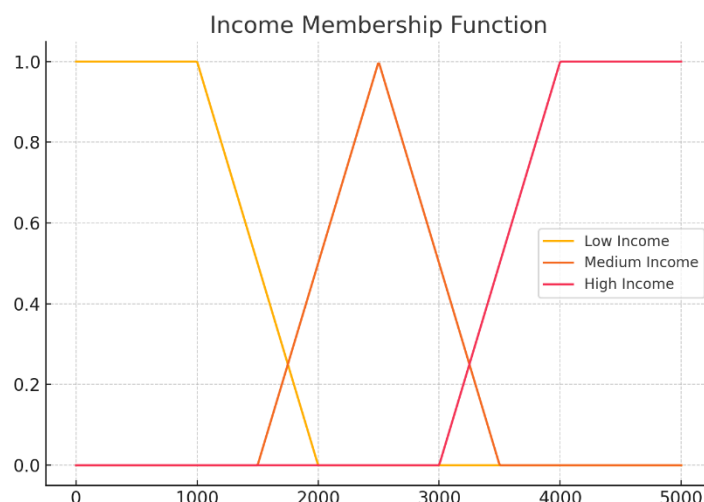
۴- تعریف متغیر فازی برای مسائل واقعی:

درآمد بر حسب پوند انگلستان:

نام متغیر: درآمد

$T(x)$: می‌تواند شامل سه مجموعه‌ی فازی شامل: درآمد کم، درآمد متوسط و درآمد زیاد باشد.

میزان اهمیت این متغیر بستگی به کاربرد آن دارد، مثلاً اگر قرار باشد به افراد با درآمد کم کمک‌هایی اختصاص یابد بهتر است مرز درآمد کم با متوسط و زیاد به صورت قطعی تعیین نشود بلکه به افرادی بلکه به صورت فازی به افرادی با درآمد بیشتر هم کمک‌هایی داده شود. بنابراین تعریف فازی از درآمد بسیار مفید است.

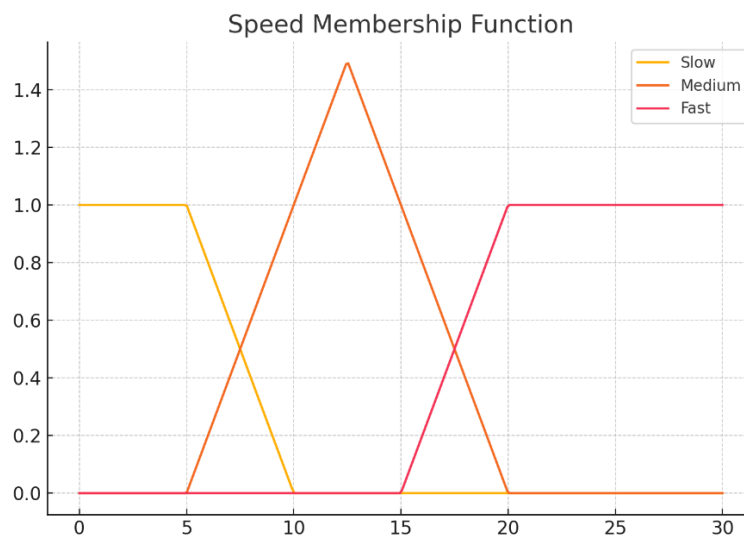


• سرعت بر حسب متر بر ثانیه.

نام متغیر: سرعت

$T(x)$: می‌تواند شامل سه مجموعه‌ی فازی شامل: کند، متوسط و سریع باشد.

در مواردی مانند جریمه کردن خودروها می‌توان از این روش استفاده کرد. به عنوان مثال بر اساس اینکه سرعت خودرو چقدر از حد مجاز فراتر رفته برای آن جریمه در نظر گرفت. یا دوربین‌های کنترل سرعت برای تشخیص خودروهای متخلف از یک سیستم فازی استفاده کنند. بنابراین فازی سازی این متغیر نیز می‌تواند مفید باشد.

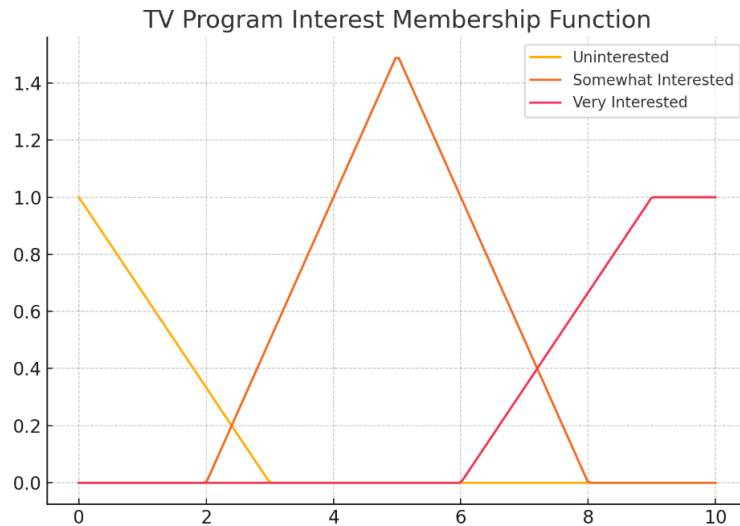


• یک برنامه تلویزیونی بر حسب میزان علاقه شما به تماشای آن.

نام متغیر: برنامه تلویزیونی

$T(x)$: می‌تواند شامل سه مجموعه‌ی فازی شامل: علاقه کم، علاقه متوسط و علاقه زیاد باشد.

بدون داشتن تعریف فازی نمی‌توان این متغیر را بکار برد زیرا علاقه یک مفهوم کیفی است و نمی‌توان به آن مقدار دقیق کمی نسبت داد. بنابراین داشتن تعریف فازی از این متغیر بسیار ضروری است.

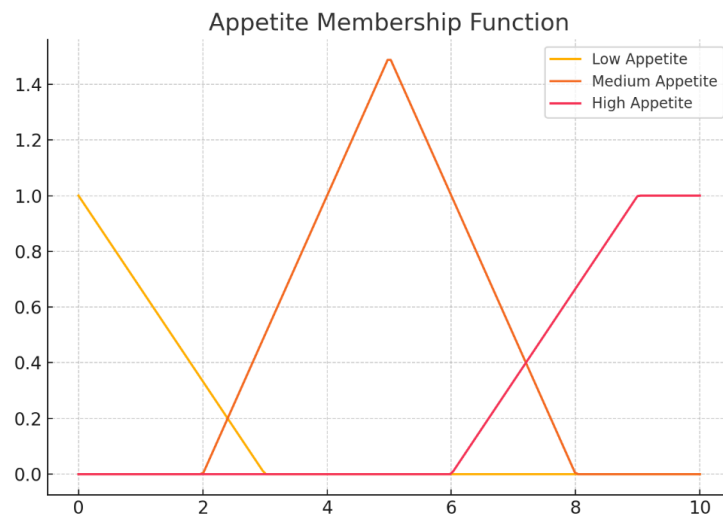


• یک وعده غذایی بر حسب میزان تمایل شما به خوردن آن.

نام متغیر: وعده غذایی

$T(x)$: می تواند شامل سه مجموعه ی فازی شامل: تمایل کم، تمایل متوسط و تمایل زیاد باشد.

این متغیر نیز مانند برنامه تلویزیونی از نوع کیفی است بنابراین فازی ساز آن بسیار ضروری می باشد.

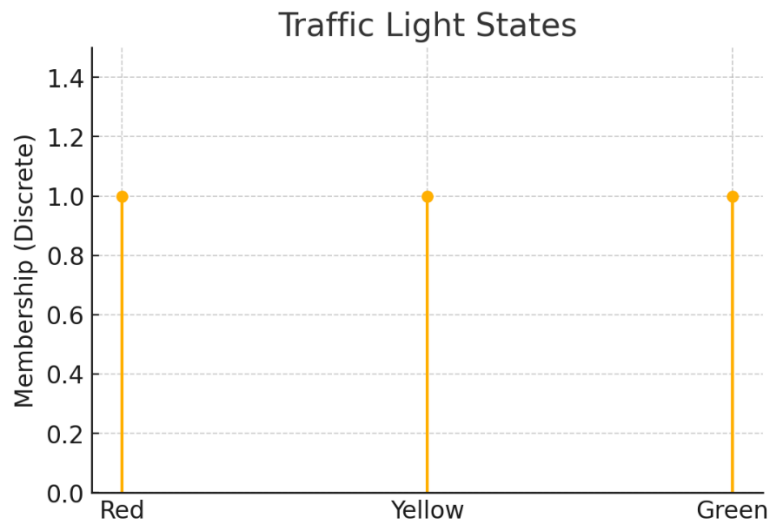


• یک چراغ راهنمایی بر حسب رنگی که روشن است.

نام متغیر: چراغ راهنمایی

$T(x)$: می تواند شامل سه مجموعه ی فازی شامل: قرمز، زرد و سبز باشد.

نیازی به تعریف متغیر فازی برای آن نیست زیرا رنگ چراغ به صورت دقیق مشخص است و هیچ مقدار کیفی یا مبهم در آن وجود ندارد.

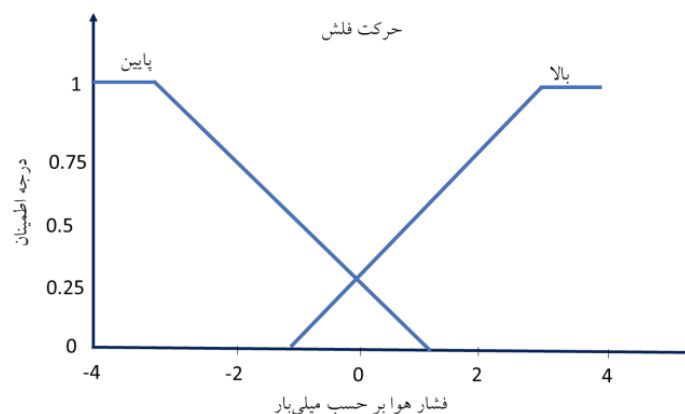


۵- سیستم خبره پیش‌بینی وضعیت هوا:

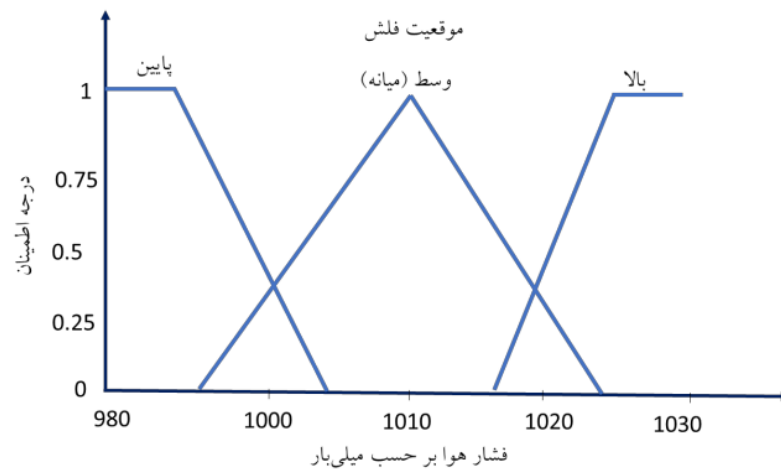
شرایط سیستم خبره:

قاعده (Rule)	شرط (Condition)	نتیجه یا اقدام (Action)	درجه اطمینان (Confidence)
R1	اگر فلش رو به پایین باشد	آنگاه آسمان ابری	۰/۸
R2	اگر فلش در وسط باشد و در حال حرکت به پایین باشد	آنگاه آسمان ابری	۰/۶
R3	اگر فلش در وسط باشد و در حال حرکت به بالا باشد	آنگاه آسمان صاف	۰/۶
R4	اگر فلش رو به بالا باشد	آنگاه آسمان صاف	۰/۸

نمودار تابع عضویت جهت حرکت فلش فشارسنج:

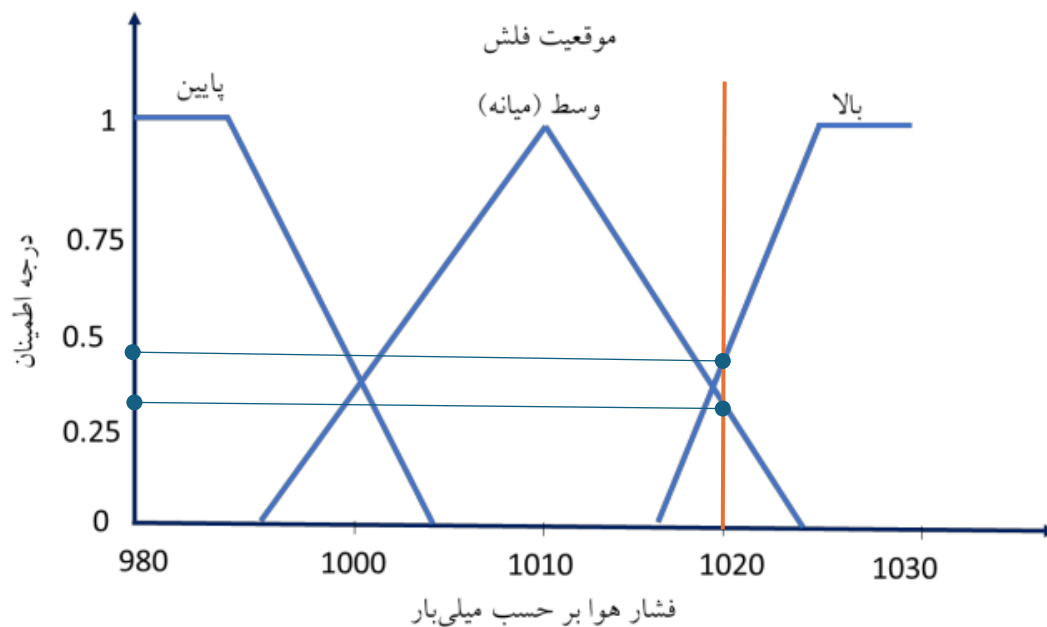


نمودار تابع عضویت موقعیت فلش فشارسنج:

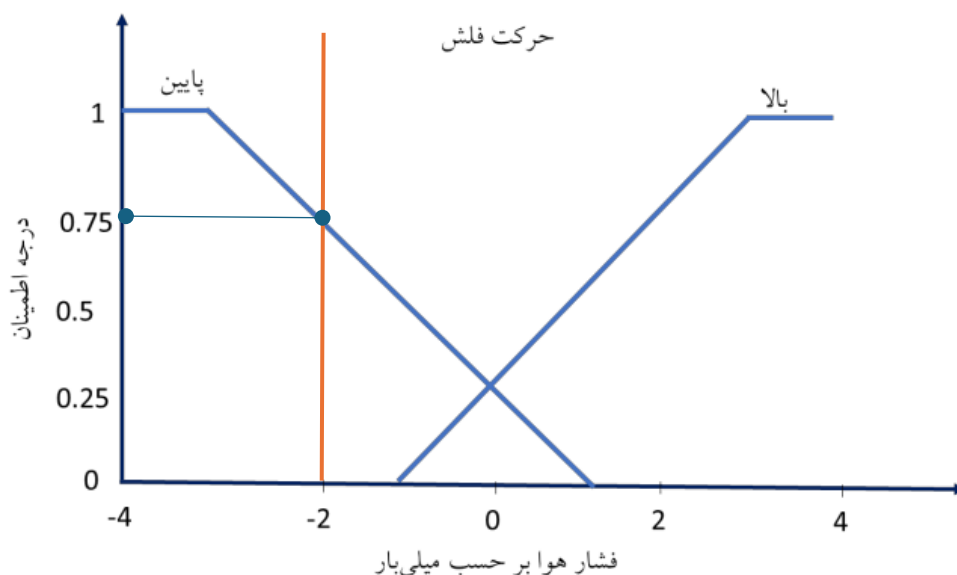


الف) اگر فشار برابر ۱۰۲۰ میلی بار باشد، مقدار عضویت فلش در دسته‌های پایین، بالا یا وسط چقدر است؟

مطابق شکل میزان درجه عضویت در مجموعه پایین برابر 0، در مجموعه وسط برابر 0.3 و در مجموعه بالا برابر 0.49 می‌باشد.



ب) اگر فشار با سرعت ۲- میلی بار در ساعت تغییر کند ، مقدار عضویت فلش در دسته‌های حرکت به پایین یا حرکت به بالا چقدر است؟ مطابق شکل میزان درجه عضویت در مجموعه پایین برابر 0.75 و در مجموعه بالا برابر 0 می‌باشد.



ج) با استفاده از مقادیر عضویت به دست آمده در بالا و میزان اطمینان قوانین داده شده در جدول، درجه اطمینان در مورد صاف یا ابری بودن آسمان را محاسبه کنید. ابتدا درجه عضویت عناصر را بر اساس ورودی داده شده محاسبه می‌کنیم و به عنوان درجه عضویت قسمت شرط هر قانون در نظر می‌گیریم. اگر قسمت شرط یک قانون شامل and تعدادی از مجموعه‌ها بود طبق قانون کمترین درجه عضویت را در نظر می‌گیریم. سپس درجه اطمینان جدید هر قانون برابر می‌شود با ضرب میزان اطمینان قبلی در درجه عضویت قسمت شرط که با محاسبه‌ی پیشینه‌ی این درجه اطمینان‌ها در قوانینی که خروجی آن‌ها مشابه است می‌توان درجه اطمینان صاف یا ابری بودن آسمان را بدست آورد. مراحل گفته شده در جدول زیر آمده است:

قاعده	درجه عضویت ورودی	میزان اطمینان	درجه اطمینان خروجی	ابری یا صاف بودن
R1:	0	0.8	0	ابری:
R2:	$\min(0.3, 0.75) = 0.3$	0.6	$0.3 \times 0.6 = 0.18$	$\text{Max}(0, 0.18) = 0.18$
R3:	$\min(0.3, 0) = 0$	0.6	0	صاف:
R4:	0.49	0.8	$0.8 \times 0.49 = 0.392$	$\text{Max}(0, 0.39) = 0.39$

۶- نقاط قوت و ضعف سیستم‌های خبره فازی:

نقاط قوت:

۱- انعطاف پذیری: این سیستم‌ها به راحتی می‌توانند با محیط‌های در حال تغییر سازگار شوند و به کمک داده‌های ناقص، غیردقیق و حاوی نویز، این محیط‌ها را مدیریت کنند. این سازگاری به ویژه در زمینه‌هایی مانند مراقبت‌های بهداشتی، که در آن داده‌ها اغلب می‌توانند خراب یا کم دقت باشند، مفید است.

۲- استدلال شبیه انسان: از آنجایی که سیستم‌های خبره فازی با متغیرهای زبانی و استدلال تقریبی کار می‌کنند، نحوه تصمیم‌گیری انسان‌ها در موقعیت‌های نامشخص را تقلید می‌کنند. این امر آنها را به ویژه در کاربردهایی که به استدلال شبه انسانی نیاز است، مفید می‌کند.

۳- مقرون به صرفه: توسعه یک سیستم خبره فازی اغلب مقرون به صرفه‌تر از طراحی یک سیستم هوش مصنوعی کامل است که به ورودی‌های داده دقیق نیاز دارد. مثلاً برای ورودی سیستم‌های فازی نیاز به حسگرهای دقیق و گران قیمت نیست. حسگرهای ارزان‌تر هم می‌توانند داده‌های مورد نیاز را تامین کنند تا سیستم عملکرد مطلوبی داشته باشد. این مقرون به صرفه بودن، سیستم‌های خبره فازی را به گزینه‌ای جذاب برای صنایعی با بودجه محدود تبدیل می‌کند. [۳]

نقاط ضعف:

۱- پیچیدگی پایگاه قوانین: با افزایش پیچیدگی مسئله، پایگاه قوانین یک سیستم خبره فازی می‌تواند بسیار بزرگ و مدیریت آن دشوار شود. در چنین مواردی، نگهداری و به‌روزرسانی سیستم می‌تواند چالش‌برانگیز باشد.

۲- مسائل مربوط به فازی‌زدایی: فرآیند defuzzification که خروجی‌های فازی را به مقادیر قطعی تبدیل می‌کند، گاهی اوقات می‌تواند منجر به کاهش دقت شود. زیرا سیستم ممکن است اطلاعات ارزشمندی را در طول فرآیند تبدیل از دست بدهد.

۳- وابستگی به دانش تخصصی: سیستم‌های خبره فازی برای تعریف پایگاه قوانین به شدت به دانش تخصصی متکی هستند. اگر دانش تخصصی ناقص یا نادرست باشد، عملکرد سیستم دچار مشکل خواهد شد. [۳]

۷- تفاوت های یک سیستم Mamdani و یک سیستم TSK

تفاوت های یک سیستم ممدانی و یک سیستم TSK به صورت زیر است: [۴]

ویژگی ها	سیستم Mamdani	سیستم TSK
نوع خروجی	تابع فازی (خروجی به صورت مجموعه فازی است)	تابع عددی (خروجی به صورت تابع ریاضی یا خطی است)
قانون نمونه	اگر x بزرگ و y کوچک باشد، آنگاه z متوسط است	اگر x بزرگ و y کوچک باشد، آنگاه $z = 2y + 1 + 0.5x$
پیچیدگی محاسباتی	نسبتاً بالا به دلیل نیاز به مرحله defuzzification	کمتر؛ چون خروجی عددی است و defuzzification ندارد
مناسب برای	سیستم های انسانی و تفسیرپذیر	سیستم های کنترل دقیق و پیاده سازی های ریاضی

۸- تفاوت بین برازش خطی تکه ای (Piecewise Linear Fit) و روش TSK

برازش خطی تکه ای:

برازش خطی تکه ای (Piecewise Linear Regression) یک روش آماری است که برای مدل سازی روابطی به کار می رود که در آن ها رابطه بین متغیر مستقل و متغیر وابسته در بخش های مختلف دامنه تغییر می کند. در این روش، دامنه متغیر مستقل به بخش هایی تقسیم می شود، و برای هر بخش یک مدل رگرسیون خطی جداگانه برازش می شود.

روش TSK:

مدل فازی TSK (تاکاگی-سوگنو-کانگ) نوعی سیستم فازی پیشرفته است که برای مدل سازی دقیق روابط غیرخطی میان ورودی ها و خروجی ها به کار می رود. برخلاف مدل های فازی سنتی مانند ممذانی که خروجی هر قاعده به صورت یک مقدار فازی بیان می شود، در TSK خروجی هر قاعده یک تابع ریاضی (معمولاً خطی یا ثابت) از ورودی هاست. این مدل با ترکیب چندین قاعده فازی و استفاده از وزن دهی بر اساس درجه انطباق ورودی با شرایط هر قاعده، خروجی نهایی را به شکلی نرم و پیوسته محاسبه می کند. ساختار TSK باعث می شود که هم دقت محاسبات بالا باشد و هم پیاده سازی آن برای کاربردهای کنترلی و پیش بینی بسیار کارآمد و بهینه باشد.

۱- نوع تقسیم بندی فضای ورودی:

برازش خطی تکه ای: فضای ورودی را به بخش های مجزا تقسیم می کند (مثلاً بر اساس مقدار متغیر ورودی)، و برای هر بخش یک مدل خطی جداگانه تعریف می شود. مرز بین بخش ها معمولاً به صورت صریح و قطعی است. مدل TSK: از قواعد فازی برای تقسیم بندی فضای ورودی استفاده می کند. هر قاعده فازی یک مدل محلی (معمولاً خطی) را توصیف می کند، و خروجی نهایی از ترکیب وزن دار این مدل ها بر اساس درجه عضویت ورودی ها به دست می آید.

۲- پیوستگی خروجی

برازش خطی تکه ای: ممکن است در نقاط مرزی بین بخش ها ناپیوستگی ایجاد شود، زیرا مدل ها به صورت جداگانه و بدون همپوشانی تعریف می شوند. مدل TSK: به دلیل استفاده از توابع عضویت فازی و ترکیب نرم مدل های محلی، خروجی نهایی پیوسته و بدون پرش است.

۳- انعطاف پذیری و توانایی مدل سازی

برازش خطی تکه ای: مدلی ساده و قابل تفسیر است، اما در مواجهه با داده های پیچیده یا نویزی عملکرد محدودی دارد.

مدل TSK: انعطاف پذیری بالاتری دارد و می تواند رفتارهای غیرخطی پیچیده را با دقت بیشتری مدل سازی کند.

۴- ساختار مدل و تفسیرپذیری

برازش خطی تکه‌ای: مدل‌ها به صورت صریح تعریف می‌شوند و تفسیر آن‌ها نسبتاً ساده است.

مدل TSK: ساختار مدل بر اساس قواعد فازی است که ممکن است تفسیر آن‌ها برای کاربران غیرمتخصص دشوارتر باشد، اما در عوض قابلیت مدل‌سازی پیچیده‌تری را فراهم می‌کند.

۹- چگونه می‌توان تضاد را در یک سیستم مبتنی بر دانش برطرف کرد؟

تضاد در سیستم‌های مبتنی بر دانش زمانی رخ می‌دهد که قوانین مختلف، خروجی‌های متناقض برای یک ورودی واحد تولید کنند. برای حل تضاد:

وزن‌دهی به قوانین: به قوانین مختلف وزن اختصاص داده شود تا قوانین معتبرتر تأثیر بیشتری داشته باشند.

اولویت‌دهی (Rule Ranking): قوانین را بر اساس دقت یا تجربه‌ی متخصص اولویت‌بندی می‌کنند.

استفاده از روش‌های یادگیری ماشینی: در سیستم‌های مبتنی بر دانش، برای رفع تضاد میان قوانین یا دانش‌های ورودی، می‌توان از دو رویکرد فازی و یادگیری ماشین استفاده کرد:

منطق فازی: در این رویکرد، به جای استفاده از قوانین قطعی، از قوانین فازی با درجات عضویت مختلف استفاده می‌شود. این امر به سیستم امکان می‌دهد تا تضادها را به صورت نرم و با وزن‌دهی به قوانین مختلف حل کند. به عنوان مثال، در صورت وجود تضاد میان دو قاعده، سیستم می‌تواند خروجی را به صورت ترکیبی از نتایج هر دو قاعده محاسبه کند.

یادگیری ماشین: در این رویکرد، از الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای شناسایی و حل تضادها استفاده می‌شود. این الگوریتم‌ها می‌توانند از داده‌های گذشته برای یادگیری الگوهای تضاد و ارائه راه‌حل‌های مناسب استفاده کنند. به عنوان مثال، در سیستم‌های خبره، می‌توان از مدل‌های یادگیری ماشین برای پیش‌بینی و انتخاب قاعده مناسب در صورت وجود تضاد میان قوانین استفاده کرد. [۵]

استفاده از مکانیسم‌های کنترل تداخل (Conflict Set Resolution Strategies): در موتور استنتاج، معمولاً یک مجموعه تضاد (conflict set) شامل همه قوانین قابل اجرا در یک لحظه تولید می‌شود. با استفاده از روش‌هایی مانند:

اولین تطابق : قانون اولی که در پایگاه دانش قرار گرفته و با شرایط مطابقت دارد، اجرا می‌شود.

آخرین فعال‌شده (Recency) : قوانینی که از داده‌هایی استفاده می‌کنند که اخیراً به پایگاه داده افزوده شده‌اند، اولویت دارند.

تخصص‌گرایی (Specificity) : قانونی که شرایط دقیق‌تر یا خاص‌تری دارد (مثلاً با تعداد بیشتری شرط)، اجرا می‌شود.

تصادفی : در شرایطی که تضاد بحرانی نیست، ممکن است انتخاب به‌صورت تصادفی انجام شود.

۱۰- یادگیری سیستم‌های TSK

آموزش یا یادگیری در سیستم‌های TSK معمولاً شامل دو مرحله اصلی است:

۱- ساختاردهی به قواعد فازی (یادگیری پیش‌شرط‌ها): در این بخش، هدف این است که مشخص شود چند قانون فازی باید وجود داشته باشد و این قوانین در چه نواحی از فضای ورودی فعال می‌شوند:

روش خوشه‌بندی فازی: این الگوریتم‌ها داده‌های آموزشی را به خوشه‌هایی تقسیم می‌کنند که هر خوشه نماینده یک قانون فازی است. مثلاً اگر داده‌ها به ۳ خوشه تقسیم شوند، سیستم دارای ۳ قانون خواهد بود.

تقسیم‌بندی شبکه‌ای: اگر تعداد ویژگی‌های ورودی کم باشد، می‌توان فضای ورودی را به‌صورت منظم تقسیم کرد و برای هر ناحیه (سلول شبکه) یک قانون مستقل تعریف نمود. این روش برای مسائل با بُعد پایین بسیار ساده و کاربردی است، اما در مسائل با ابعاد بالا منجر به افزایش شدید تعداد قوانین می‌شود.

۲- تنظیم پارامترهای خروجی (یادگیری ضرایب توابع خطی): در مرحله دوم، سیستم باید ضرایب توابع ریاضی که در قسمت «آنگاه» هر قانون وجود دارند را براساس داده‌های موجود تعیین کند:

استفاده از روش کمترین مربعات: این روش، ضرایب معادلات خطی را به‌گونه‌ای تعیین می‌کند که خطای خروجی سیستم نسبت به داده‌های واقعی کمینه شود. این الگوریتم سریع و مؤثر است ولی در برابر نویز داده‌ها مقاومتی ندارد.

روش‌های یادگیری ترکیبی: در این روش‌ها مانند ANFIS، از الگوریتم گرادیان نزولی برای بهینه‌سازی توابع عضویت و از روش کمترین مربعات برای تنظیم ضرایب خروجی استفاده می‌شود. این رویکرد به صورت هم‌زمان هم ساختار قوانین را بهبود می‌دهد و هم پارامترهای عددی مدل را بهتر می‌کند.

منابع:

- [1] L. A. Zadeh, "The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning—I," *Inf Sci (N Y)*, vol. 8, no. 3, pp. 199–249, Jan. 1975, doi: 10.1016/0020-0255(75)90036-5.
- [2] T. J. . Ross, "Fuzzy Logic with Engineering Applications," p. 652, 2005, Accessed: Apr. 30, 2025. [Online]. Available: https://books.google.com/books/about/Fuzzy_Logic_with_Engineering_Application.html?id=3zcgIKPl8L0C
- [3] "What Is A Fuzzy Expert System In Ai? - Ontechnos." Accessed: Apr. 30, 2025. [Online]. Available: <https://www.ontechnos.com/what-is-a-fuzzy-expert-system-in-ai>
- [4] "Comparison Between Mamdani and Sugeno Fuzzy Inference System | GeeksforGeeks." Accessed: May 01, 2025. [Online]. Available: <https://www.geeksforgeeks.org/comparison-between-mamdani-and-sugeno-fuzzy-inference-system/>
- [5] "TRENDS Research & Advisory - The Impact of AI and Machine Learning on Conflict Prevention." Accessed: May 01, 2025. [Online]. Available: <https://trendsresearch.org/insight/the-impact-of-ai-and-machine-learning-on-conflict-prevention/?srsltid=AfmBOoqh5r5ycUbNHYVH1MBs-5msefvavOAmbWtXoVnr9LT6zIeSl1xe>