

# پاسخ تمرین اول مبحث فازی

## سؤال ۱: مجموعه فازی و تابع عضویت

مجموعه فازی (Fuzzy Set) مجموعه‌ای است که به هر عنصر  $x \in X$  یک درجه عضویت  $\mu_A(x) \in [0, 1]$  نسبت می‌دهد. تابع عضویت  $\mu_A : X \rightarrow [0, 1]$  نشان‌دهنده میزان تعلق عنصر به مجموعه فازی است: مقدار صفر به معنی عدم تعلق و مقدار یک به معنی تعلق کامل.

## سؤال ۲: امکان همزمان درست و نادرست بودن

در منطق کلاسیک، یک گزاره یا درست (۱) است یا نادرست (۰). اما در منطق فازی می‌توان برای گزاره‌ها درجاتی بین صفر و یک اختصاص داد؛ بنابراین یک گزاره می‌تواند تا حدودی درست و تا حدودی نادرست باشد که این انعطاف در مدل‌سازی واقعیت انسانی مفید است.

## سؤال ۳: تشخیص مجموعه فازی از مجموعه قطعی

اگر تابع عضویت مجموعه  $A$  تنها مقادیر ۰ و ۱ بگیرد، آن مجموعه قطعی است. اما اگر

$$\exists x : \mu_A(x) \in (0, 1)$$

آنگاه مجموعه فازی است، زیرا درجه‌ای از تعلق بین صفر و یک وجود دارد.

## سؤال ۴: فازی‌سازی متغیرهای واقعی

- درآمد (پوند): متغیرهای فازی «درآمد کم»، «متوسط»، «زیاد» — برای تعیین مرز دقیق دشوار.
  - سرعت (متر بر ثانیه): «سرعت کم»، «متوسط»، «زیاد» — مرزها پیوسته‌اند.
  - علاقه به تماشای تلویزیون: «خیلی کم»، «کم»، «متوسط»، «زیاد»، «خیلی زیاد» — ذهنی است.
  - تمایل به خوردن وعده غذایی: «اصلاً ندارم»، «کم»، «متوسط»، «زیاد»، «خیلی زیاد» — پیوسته و ذهنی.
  - رنگ چراغ راهنمایی: نیاز نیست — رنگ‌ها از پیش تعریف شده و قطعی‌اند.
- متغیر «رنگ چراغ راهنمایی» فازی‌سازی نمی‌شود چون حالت‌ها قطعی و محدود هستند.

## سؤال ۵: سیستم خبره فازی پیش‌بینی وضعیت هوا

(آ) برای فشار هوا  $P = 1020 \text{ mbar}$ :

$$\mu \approx 0, \quad \mu \approx 0.6, \quad \mu \approx 0.2$$

(ب) برای نرخ تغییر فشار  $\dot{P} = -2 \text{ mbar/h}$ :

$$\mu \approx 0.7, \quad \mu \approx 0.3$$

(ج) با ترکیب درجات عضویت در شروط و ضریب اطمینان قواعد:

$$\text{اعتماد} \times \min(\mu_{\text{شرط ۱}}, \mu_{\text{شرط ۲}}) = \text{حجم نفوذ هر قاعده}$$

سپس برای نتیجه «ابری» درجه نهایی برابر با

$$\max\{\text{نفوذ قواعد منتهی به ابری}\}$$

## سؤال ۶: نقاط قوت و ضعف سیستم‌های فازی نسبت به سیستم‌های قطعی

### نقاط قوت

- مدل‌سازی عدم قطعیت و نادقیق بودن اطلاعات: داده‌های واقعی معمولاً مبهم و ناقص‌اند و سیستم‌های فازی می‌توانند با آن‌ها بهتر کار کنند.
- تفسیرپذیری و شباهت به منطق انسانی: قواعد ساده و به زبان طبیعی نوشته می‌شوند و خروجی سیستم برای انسان قابل فهم‌تر است.
- عدم نیاز به مدل دقیق ریاضی: نیاز نیست مدل صریح ریاضی مسئله استخراج شود؛ می‌توان از دانش کارشناسان بهره برد.

### نقاط ضعف

- تنظیم تجربی پارامترها: انتخاب توابع عضویت و مقادیر آن‌ها غالباً سلیقه‌ای است و نیاز به آزمون و خطا دارد.
- افزایش پیچیدگی با بزرگ شدن مسئله: تعداد قواعد با افزایش ورودی‌ها زیاد می‌شود و مدیریت سیستم دشوار می‌گردد.
- وابستگی به دانش انسانی: کیفیت سیستم به دانش و تجربه کارشناسان اولیه بستگی دارد؛ خطا یا ناقص بودن دانش منجر به عملکرد ضعیف خواهد شد.

## سؤال ۷: تفاوت Mamdani و TSK

در روش Mamdani خروجی هر قاعده یک مجموعه فازی است که پس از استنتاج و تجمع، با روش Defuzzification به عدد می‌رسد. اما در روش TSK خروجی هر قاعده تابعی جبری (معمولاً خطی) از ورودی‌هاست و در انتها با میانگین‌گیری وزنی ترکیب می‌شود.

## سؤال ۸: TSK معمولی vs Fit Linear Piecewise

- در TSK کلاسیک، توابع خروجی قواعد از پیش تعریف شده و اغلب خطی‌اند.
- در Piecewise Linear Fit با یادگیری محور بخش‌های ورودی به قطعات تقسیم و توابع خطی در هر بخش یاد گرفته می‌شوند تا تقریب دقیق‌تر گردد.

## سؤال ۹: رفع تضاد در سیستم‌های مبتنی بر دانش

روش‌های معمول:

- اولویت‌بندی قواعد
  - انتخاب قاعده با بیشترین درجه مطابقت
  - استراتژی تصادفی وزن‌دار
- در سیستم فازی نیز با اپراتورهای  $\max$  و  $\min$  و تجمع خروجی‌ها تضاد برطرف می‌شود.

## سؤال ۱۰: یادگیری پارامترهای TSK

پارامترهای توابع عضویت و ضرایب توابع خروجی با استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی مانند Gradient Descent یا روش‌های ژنتیکی تنظیم می‌شوند تا خطای سیستم روی داده‌های آموزشی کمینه شود.