دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

نظریه فازی و کاربرد آن در سیستم های کنترل موجودی

یوسف رجایی شاهین قلیچ خانی صدرالدین سلطانی صدری باقری

فهرست مطالب

فهرست مطالب

مقدمه و تاریخچه [1]

- از آغاز اندیشیدن توسط انسان، همواره عباراتی بر زبانش جاری شده که مرزهای مشخصی نداشته اند. همچون خوب و بد، کوتاه و بلند، گرم و سرد، زشت و زیبا و همچنین قیدهایی مثل معمولا، تقریبا، به ندرت و... به وضوح نمی توان برای چنین کلمات و عباراتی مرز مشخصی یافت.

- در بسیاری از علوم نظیر ریاضیات و منطق، فرض بر این است که مرزها کاملا تعریف شده هستند و یک موضوع خاص یا در این محدوده قرار میگیرد و یا قرار نمی گیرد.

مقدمه و تاریخچه [1]

- باور به سیاه و سفیدها و این نظام دو ارزشی ریشه در گذشته بشر دارد .
- ارسطو بنیان گذار منطق دو ارزشی

یا A داریم یا نقیض A

- بودا با دیده ی تردید به این منطق می نگریست

هم A داریم و هم نقیض A

مقدمه و تاریخچه [1]

- منطق ارسطو اساس ریاضیات کلاسیک را تشکیل می دهد. بر اساس مبانی این منطق همه چیز تنها مشمول یک قاعده ثابت می شود که به موجب آن یا چیزی درست است یا نادرست. دانشمندان نیز بر همین اساس به تحلیل دنیای خود می پرداختند.
- مزیت این منطق در این است که عملیات ریاضی و کامپیوتری را بسیار ساده می کند. اما در مقابل به دلیل تقریب های نسبتا بالایی که در آن استفاده می شود، در بسیاری از موارد با جهان واقعی منطبق نمی باشد.
- **منطق ارسطویی دقت را فدای سهولت می کند.**

مقدمه و تاریخچه [7]

- **مثال:** [کاسکو، ۱۳۸۰]

سیبی را در دست خود فرض کنید. آیا این شیئ سیب است؟ بله، در حال حاضر شیئی که در دست شماست سیب است. حالا گازی به آن بزنید و آن را ببلعید. آیا جسم قرار گرفته در دست شما سیب است؟ گاز دیگری به آن بزنید. آیا جسم جدید هنوز یک سیب است؟ گاز دیگری به آن بزنید و همچنان ادامه دهید تا چیز دیگری از سیب باقی نماند. سیب از یک چیز به هیچ تبدیل می شود. اما در کجا سیب از مرز سیب بودن به مرز سیب نبودن می گذرد؟ زمانی که نیمی از سیب را در دست خود نگه داشتید، سیب به همان اندازه ای هست که نیست. در واقع نیمه از سیب که در دست شماست یک سیب فازی است! طیفی بین سیاه و سفید.

مقدمه و تاریخچه [7]

- **مثال:** [کاسکو، ۱۳۸۰]
- زندگی با باروری آغاز می شود. زندگی از آنجا آغاز می شود زیرا رشد در آنجا آغاز می شود. اما به چه میزان؟ چیزی که منطق فازی به بحث اضافه می کند **درجات** است. لفظ حیات فازی است. ما می توانیم خط حیات را از زمان بارداری رسم کنیم. یا با استناد به نظر دادگاه عالی در مورد پرونده «رو وِید» این خط را در سه ماهگی رسم نماییم. حال آنکه برخی افراد معتقدند این خط باید در هنگام تولد رسم شود.
- **مثال:**

نمرات دانش آموزان و دانشجویان به جای قبولی یا ردی صرف

مقدمه و تاریخچه [1]

- مشاهده می شود که بر خلاف منطق دودویی ارسطو، پدیده های واقعی فقط سیاه یا فقط سفید نیستند، بلکه تا حدودی خاکستری هستند. در واقع پدیده های واقعی همواره **فازی**، مبهم و نادقیق هستند.

- فازی در لغت به معنی کرکی، پرزدار، درهم و برهم، نادقیق، نا معلوم می باشد.[لغت نامه آکسفورد]

مقدمه و تاریخچه [1]

- **اوایل قرن بیست:**

1. پارادکس های مطرح شده توسط برتراند راسل در رابطه با منطق صفر و یک
2. کشف **اصل عدم قطعیت** توسط هایزنبرگ در فیزیک کوانتوم

مقدمه و تاریخچه [1]

- در همین میان بود که منطقیون و پیروان منطق ارسطویی برای گریز از خشکی این منطق، منطق های چند ارزشی را به عنوان تعمیم منطق دو ارزشی بنا نهادند. در این راستا منطق دانانی همچون بوخوار، کلین و هیتینگ منطق های سه ارزشی را پایه گذاری کردند. در این منطق گزاره ها بر حسب سه ارزش $(0,\frac{1}{2},1)$ ارزش گذاری می شوند. بعدها منطق چندگزاره ای توسط لوکاسیه ویچ، منطق دان لهستانی، ارائه گردید که در این منطق، هر گزاره می تواند یکی از ارزش های درستی مجموعه زیر را اختیار کند:

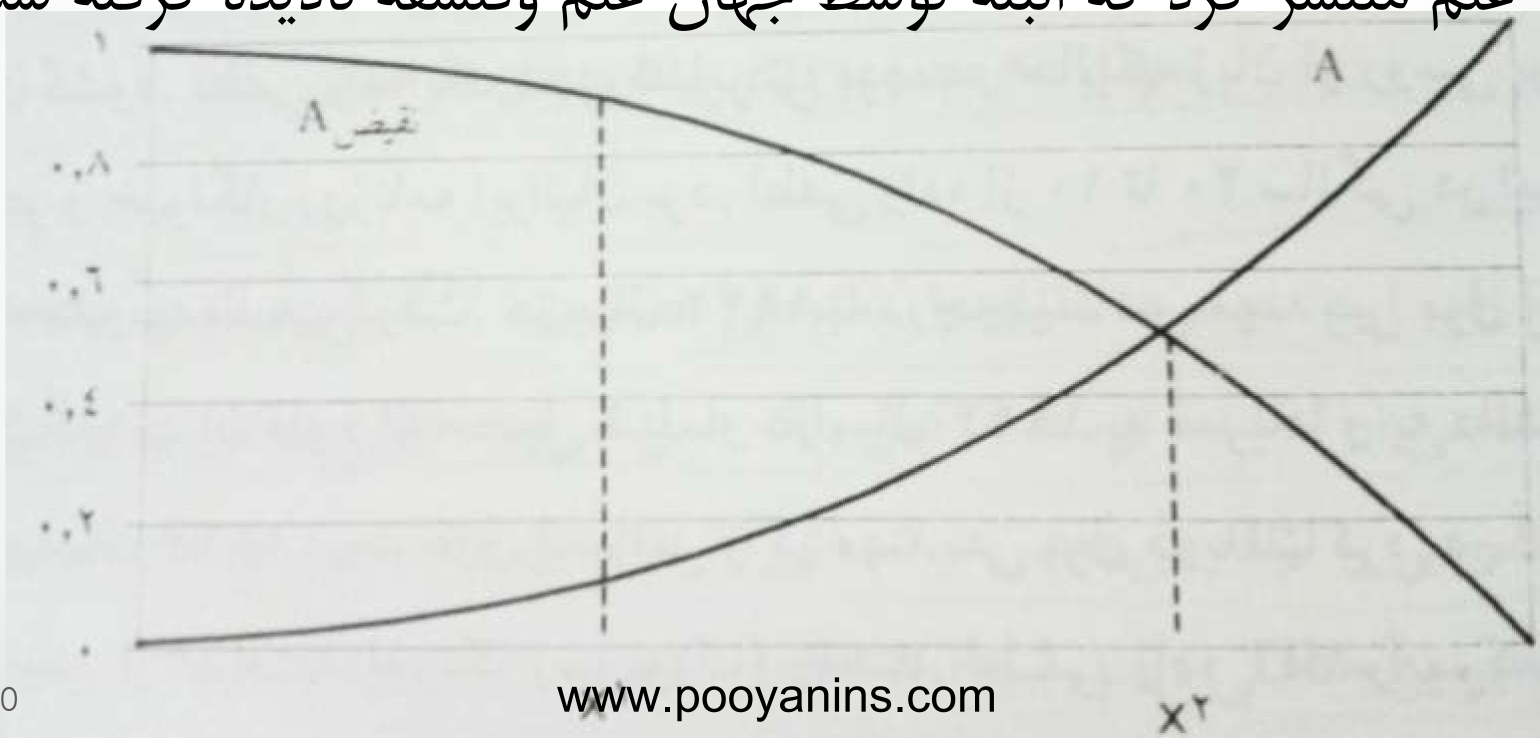
$$T_n = \{0, \frac{1}{n}, \frac{2}{n}, \dots, 1\}$$

مقدمه و تاریخچه [1]

- منطق فازی نیز یک منطق چند ارزشی است که در آن به جای درست یا نادرست، صفر یا یک، سیاه یا سفید سایه های نامحدودی از خاکستری وجود دارد.
- **تفاوت عمده بین منطق فازی و چند ارزشی در این است که در فازی، حقیقت و حتی ذات مطلب هم می تواند نادقیق باشد. به این ترتیب منطق فازی نظام انعطاف پذیری را در خدمت زبان طبیعی قرار می دهد.**

مقدمه و تاریخچه [1]

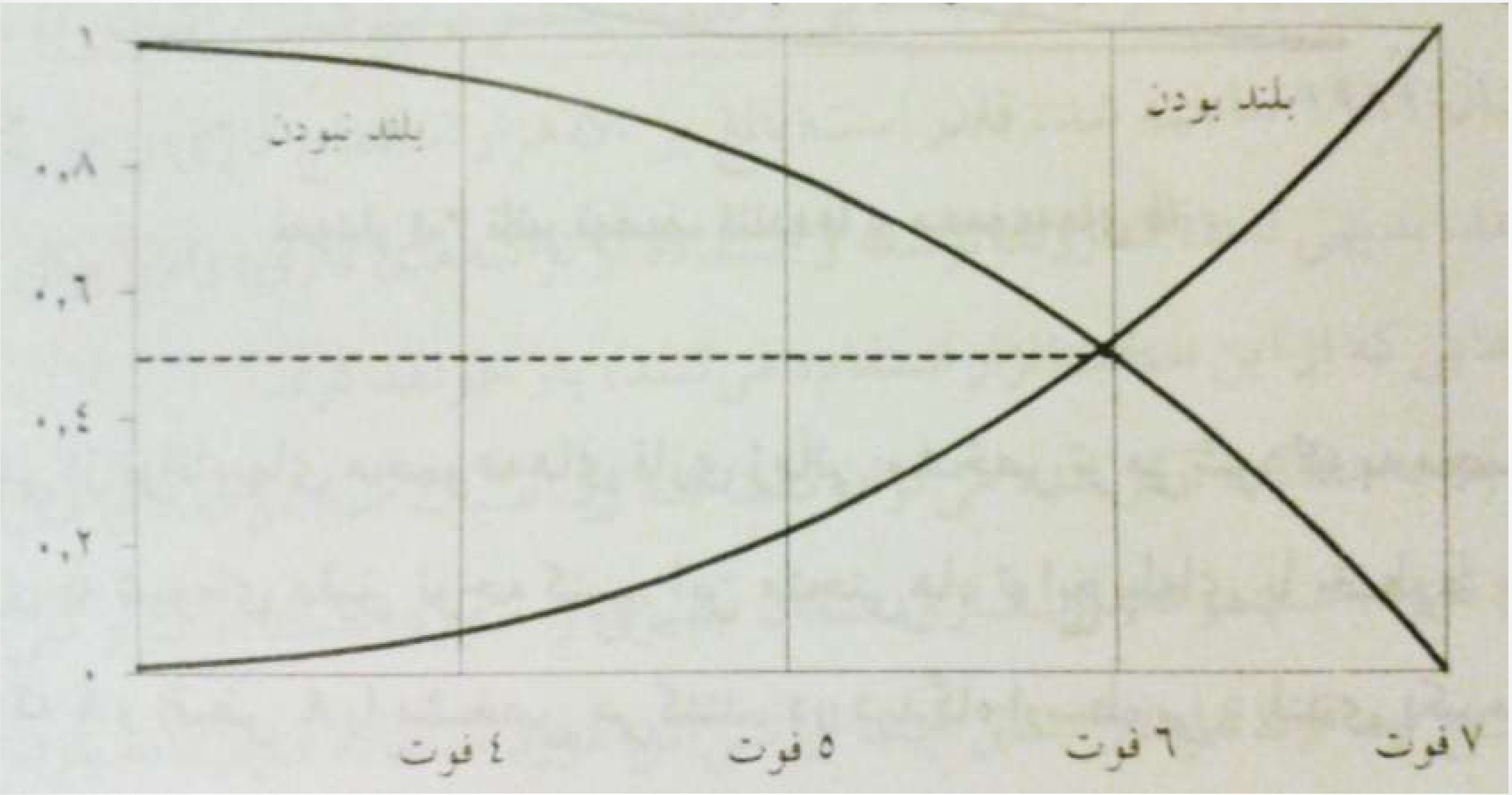
- گام بعدی را ماکس بلک با ارائه مجموعه های فازی برداشت. البته او از کلمه فازی استفاده نکرد بلکه با نام ابهام به این موضوع پرداخت. بلک در سال ۱۹۳۷ مقاله ای راجع به آنالیز منطق به نام ابهام را در مجله علم منتشر کرد که البته توسط جهان علم وفلسفه نادیده گرفته شد.



مقدمه و تاریخچه [1,2]

- سرانجام پروفسوری ایرانی به نام لطفی عسگر زاده با تغییر نام ابهام به فازی راه تازه ای را برای قبولاندن این ایده باز کرد. در سال ۱۹۶۵ لطفی زاده مقاله ای با عنوان مجموعه های فازی را در مجله اطلاعات و کنترل منتشر کرد و در آن از منطق چند مقداری برای مجموعه ها استفاده کرد. او نام فازی را برای این مجموعه ها در نظر گرفت تا آن را از منطق دودویی دور سازد.
- او این منطق را با مثالی از قد انسان آغاز کرد.

مقدمه و تاریخچه [1]



مقدمه و تاریخچه [1]

- البته منطق فازی منتقدانی هم داشت:
- پروفسور ویلیام کاهن (استاد دانشگاه برکلی): «نظریه فازی اشتباه است و مخرب. آنچه بدان نیازنمندیم تفکری منطقی تر است، نه تفکر کمتر منطقی. منطق فازی کوکایین علم است.
- پروفسور رودولف کافمن (استاد دانشگاه کالیفرنیا): «فازی سازی نوعی آسان گیری علمی است. حاصل شعارهایی عامه پسند که نظام سخت کار عملی و مشاهدات دقیق و صبورانه علمی را به همراه ندارد.

مقدمه و تاریخچه [1,5]

- عمده ترین انتقادات وارد بر منطق فازی:

۱. اولین گروه منتقدان درباره کاربرد آن سؤال می کردند.

۲. تفاوت منطق فازی و تئوری احتمالات:

۱. ضعف تئوری احتمال در تعیین استقلال میان دو پیشامد

۲. بحث احتمال و امکان

۳. ضعف تئوری احتمال در ظرفیت بررسی مفاهیم زبانی و ادراکی

۴. در منطق فازی موضوع مورد بحث نیز می تواند فازی باشد.

مقدمه و تاریخچه [1]

- ۳. سومین انتقاد وارده قهر آشکار منطق دو ارزشی بود.

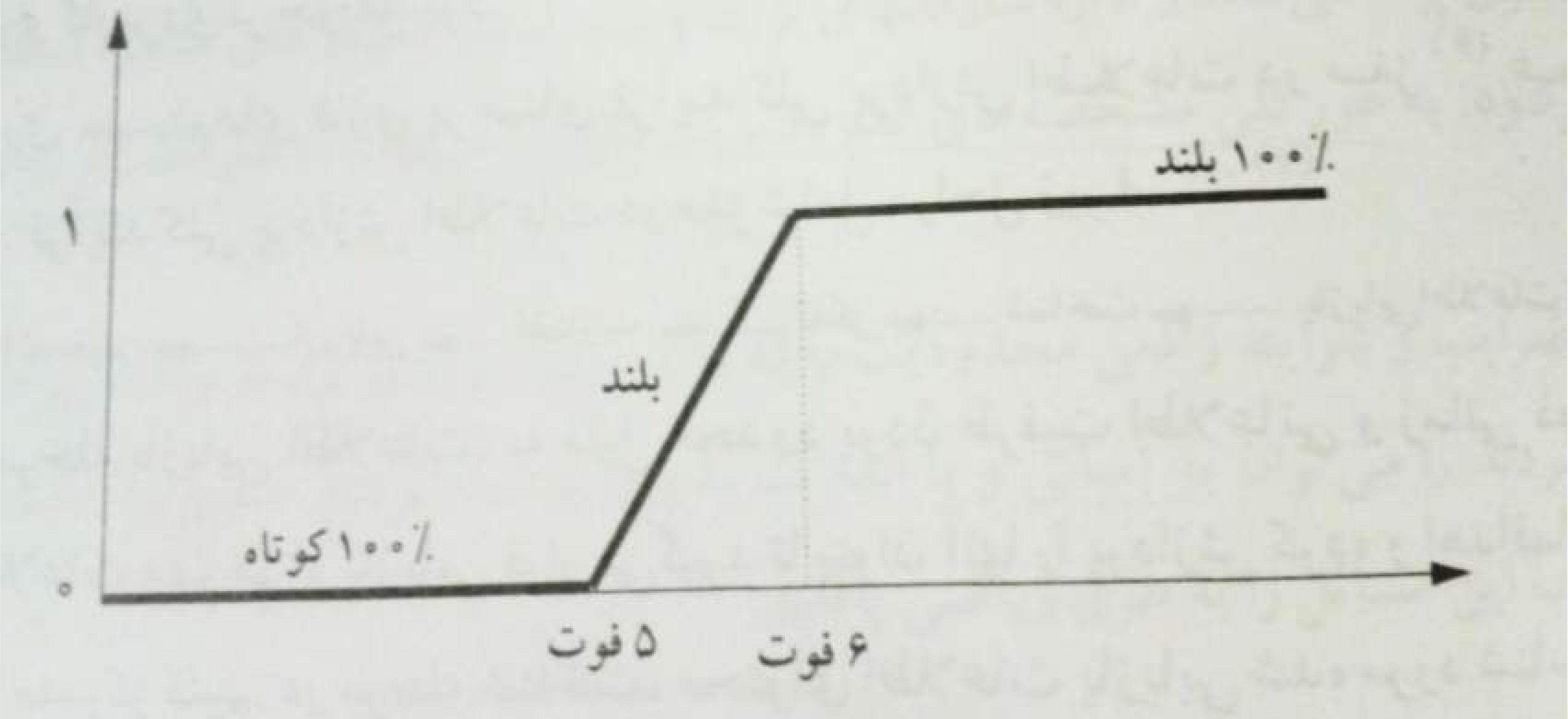
این دسته از منتقدان خود به دو گروه تقسیم می شدند:

گروه اول: منطق دو ارزشی کارایی دارد و به ما خدمت می کند و نیز ساده است. هرچند با تقریب و هزینه بالاتر

گروه دوم: از روی تعصب و خشم، اصرار به برتری منطق دوارزشی داشتند.

* در مورد این انتقاد باید اشاره داشت که هنوز هم می توان بعضی از منطق های A و نقیض A را حفظ کرد

مقدمه و تاریخچه [1]



مقدمه و تاریخچه

رابطه ها و گراف های فازی

کاربردهای تئوری فازی

عدم قطعیت

مجموعه های فازی

تئوری فازی در کنترل موجودی

اعداد فازی

نتیجه گیری

کاربردهای تئوری فازی

- **کاربردها:**
- در دهه ۱۹۷۰ اولین کاربردهای منطق فازی ظاهر گردید که اغلب به اسباب بازی های رایانه ای خلاصه می شد.
- اولین سیستم فازی توسط ابراهیم ممدانی در انگلستان ارائه شد.
- در دهه ۱۹۸۰ ژاپنی ها از این سیستمها برای کنترل استفاده کردند و تا سال ۱۹۹۰ بیش از ۱۰۰ محصول با کاربردهای سیستم های فازی ارائه کردند:

سیستم تهویه فازی، سیستم ضد بلوکه شدن ترمز، موتور ماشین، دستگاه های کپی، ماکروفرها، ماشین های لباسشویی و ظرفشویی، یخچال و...

کاربردهای تئوری فازی

- ماشین شستشوی فازی: ماشین های شستشوی فازی اولین محصول مصرفی بودند که از سیستم های فازی استفاده کردند . این ماشین ها اولین بار توسط شرکت ماتسوشیتا در ژاپن در سال ۱۹۹۰ عرضه شدند. آنها از سیستم فازی برای تنظیم اتوماتیک تعداد دورهای مناسب مطابق با نوع و میزان کثیفی و حجم لباس استفاده می کردند.
- تثبیت کننده تصویر دیجیتال
- سیستم های فازی اتومبیل
- شرکت نیسان یک سیستم ترمز ضد قفل را ابداع کرده که بر اساس کنترل کننده فازی عمل می کند.
- در آوریل ۱۹۹۲ ، متسوبیشی یک سیستم فازی را معرفی کرد که عملیات انتقال ، تعلیق ، هدایت ، تهویه و ... را در اتومبیل بطور اتوماتیک کنترل می کرد.

کاربردهای تئوری فازی

- کنترل فازی کوره سیمان: سیمان بوسیله آسیاب کلینکر که ترکیبی از مواد معدنی است در یک کوره ساخته می شود. بدلیل اینکه عملکرد این کوره غیر خطی و متغیر با زمان می باشد و داده های نمونه برداری کمی نیز دارد، کنترل آن با استفاده از روشهای کنترل متعارف کاری مشکل است. در اواخر دهه ۱۹۷۰ شرکتی در دانمارک یک سیستم فازی را برای کنترل کوره سیمان ابداع نمود.

کاربردهای تئوری فازی [2]

- **کاربرد مجموعه های فازی در مهندسی صنایع**
- تحلیل فازی
- بهینه سازی فازی
- تصمیم گیری فازی
- برنامه ریزی خطی و برنامه ریزی پویای فازی
- کنترل موجودی فازی
- رگرسیون فازی
- زمانبندی پروژه فازی
- سیستم های اطلاعاتی فازی

کاربردهای تئوری فازی [1]

کاربردهای نظریه فازی در علوم مختلف:

- بهینه سازی و تصمیم گیری
- علوم رفتاری
- مدیریت تولید
- مدیریت موجودی
- سیستم های پشتیبانی از تصمیم گیری
- کنترل کیفیت
- و ...

مقدمه و تاریخچه

رابطه ها و گراف های فازی

کاربردهای تئوری فازی

عدم قطعیت

مجموعه های فازی

تئوری فازی در کنترل موجودی

اعداد فازی

نتیجه گیری

مجموعه های فازی [2]

- **تعریف مجموعه های قطعی:**

گردآیه ای معین از اشیاء را مجموعه قطعی می نامیم. در تعریف این نوع مجموعه ها، تعریف باید روشن، دقیق و خوش تعریف باشد.

نمایش مجموعه ها با حروف بزرگ انگلیسی

نمایش عضوهای هر مجموعه با حروف کوچک انگلیسی

$A = \{a_1, a_2, a_3\}$

نمایش عضویت و عدم عضویت:

$x \in A$

$x \notin A$

مجموعه های فازی [2]

- زیر مجموعه:

$A \subset B$

- مجموعه تهی:

$\{\}$ $\emptyset$

- مجموعه مرجع: مجموعه ای را که شامل تمامی اعضای مورد بحث می باشد. با X یا U نشان داده می شود.

مجموعه های فازی [2]

- **عملگرهای مجموعه ای:**

$A\cup B=\{x \mid x\in A$ و یا $x\in B\}$

$A\cap B=\{x \mid x\in A, x\in B\}$

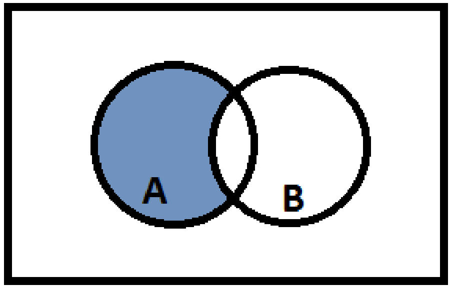
$\bar{A}=\{x \mid x\notin A, x\in X\}$

- **تابع نشانگر:** تابعی است به شکل زیر که نشان می دهد که عضوی به مجموعه A تعلق دارد(۱) یا ندارد(۰).

مجموعه های فازی [2]

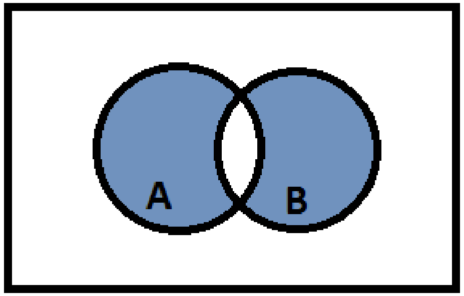
- تفاضل:

$A-B$



- تفاضل متقارن:

$$A \Delta B = (A-B) \cup (B-A)$$
$$= (A \cup B) - (A \cap B)$$



مجموعه های فازی [2]

- **عدد اصلی و مجموعه توانی:**

تعداد عضوهای A را عدد اصلی آن گویند $\longleftarrow$ $|A|$

مجموعه توانی: مجموعه متشکل از تمام زیرمجموعه های A

- **مجموعه محدب:**
- **تعریف ریاضی:**

$(\lambda x_1+(۱-\lambda)x_2)\in A$

مجموعه های فازی [2]

- **تابع عضویت:** اگر برد تابع نشانگر را از مجموعه دو عضوی {۱و۰} به بازه [۱و۰] توسعه دهیم یک تابع خواهیم داشت که به هر x از X عددی را در بازه [۱و۰] نسبت می دهد.
- **مثال:** مجموعه A را اعداد بزرگ تعریف می کنیم. مجموعه مرجع را X={1,2,3,4,5} فرض می نماییم:

$$\mu_A(x)=\begin{cases} 0 & , \quad x=1 \\ 0.1 & , \quad x=2 \\ 0.4 & , \quad x=3 \\ 0.8 & , \quad x=4 \\ 1 & , \quad x=5 \end{cases}$$

مجموعه های فازی [3]

- نمایش مجموعه های فازی:

$$A=\left\{\frac{\mu_A(x_1)}{x_1}, \frac{\mu_A(x_2)}{x_2}, \ldots, \frac{\mu_A(x_n)}{x_n}\right\}$$

$$A=\{(x, \mu_A(x)) \; ; \; x \in X\}$$

$$A=\sum_{i=1}^{n} \frac{\mu_A(x_i)}{x_i}$$

مجموعه های فازی [3]

- مثال:

$$A=\left\{\frac{0.1}{2},\frac{0.4}{3},\frac{0.8}{4},\frac{1}{5}\right\}$$

$$A=\{(2,0.1)\ ,\ (3,0.4)\ ,\ (4,0.8)\ ,\ (5,1)\}$$

$$A=\frac{0.1}{2}+\frac{0.4}{3}+\frac{0.8}{4}+\frac{1}{5}$$

مجموعه های فازی [3]

- **تکیه گاه:** مجموعه اعضایی از X را که درجه عضویتشان مثبت باشد «تکیه گاه A» گوییم. ← Supp(A)

$$Supp(A)=\{x \in X \mid \mu_A(x)>0\}$$

- **ارتفاع:** مقدار سوپریمم درجه عضویت مجموعه فازی A

$$Hgt=Sup(\mu_A(x))$$

*اگر ارتفاع مجموعه فازی A برابر ۱ باشد، آن را نرمال می گوییم.

*اگر X عضوی باشد که $\mu_A(x) = 0.5$، آنگاه X را نقطه گذر می نامیم.

مثال: در مثال اسلاید قبل:

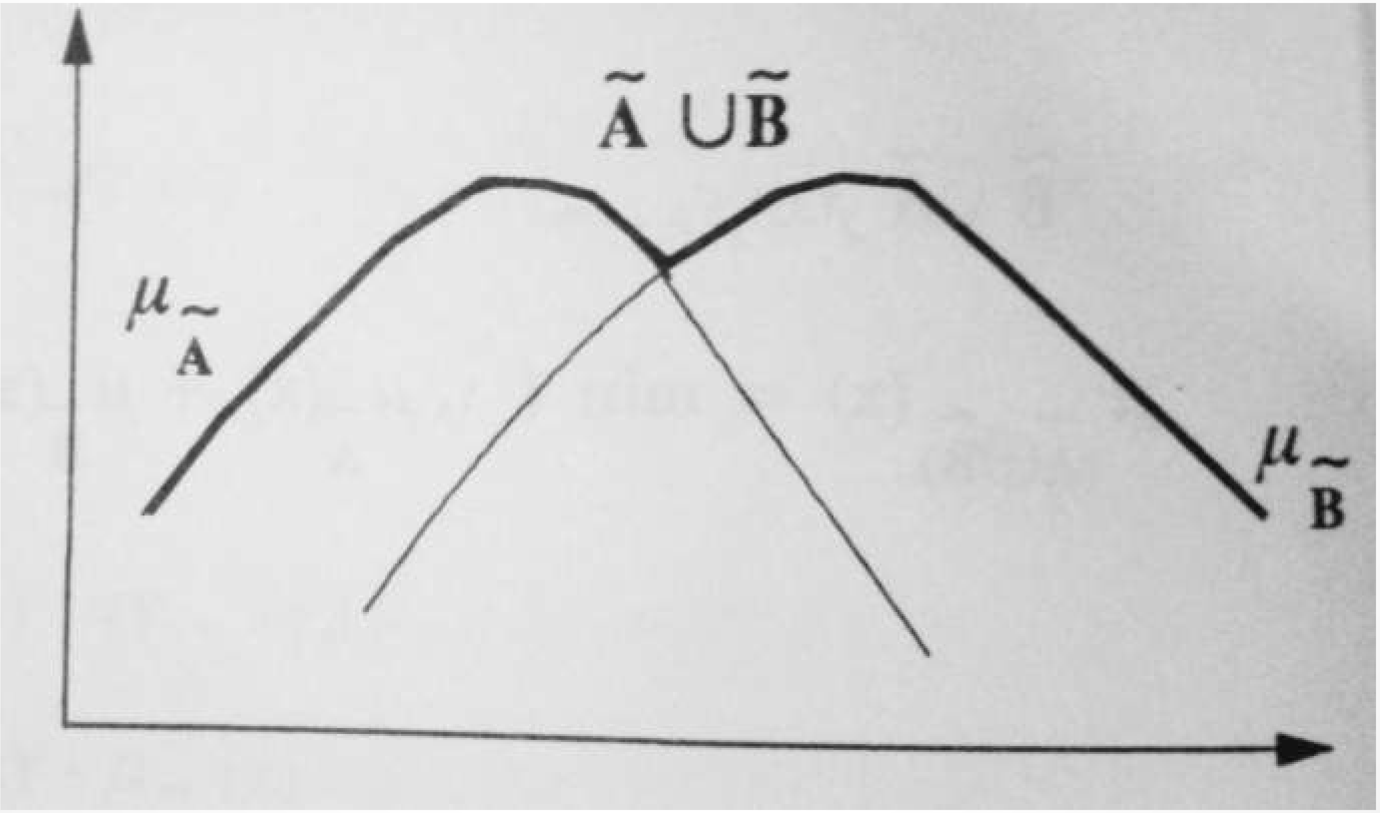
تکیه گاه: SuppA={2,3,4,5} ارتفاع:۱

نرمال است و نقطه گذر ندارد.

مجموعه های فازی [1]

- اجتماع:

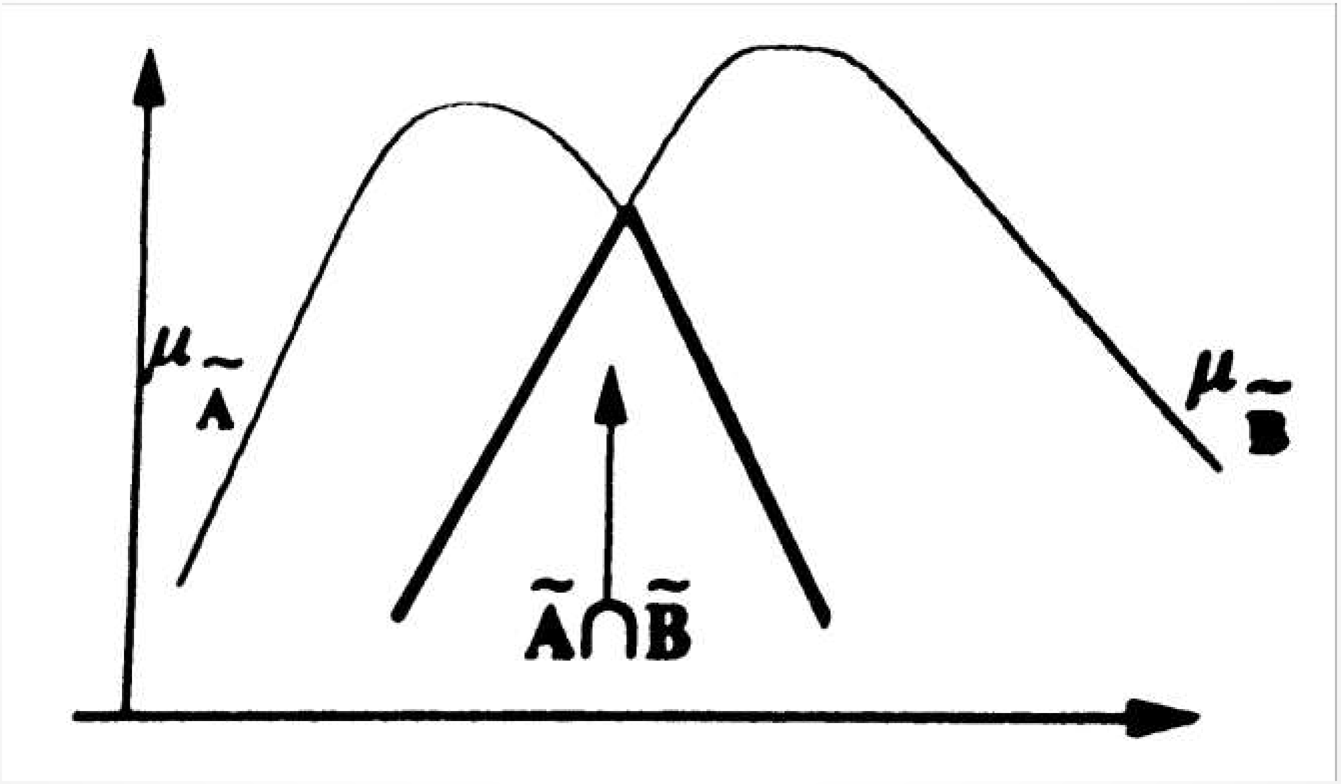
$$\mu_{A\cup B}(x)=\mu_A(x)\vee\mu_B(x)$$



مجموعه های فازی [1]

- عملگرهای مجموعه فازی:
- اشتراک:

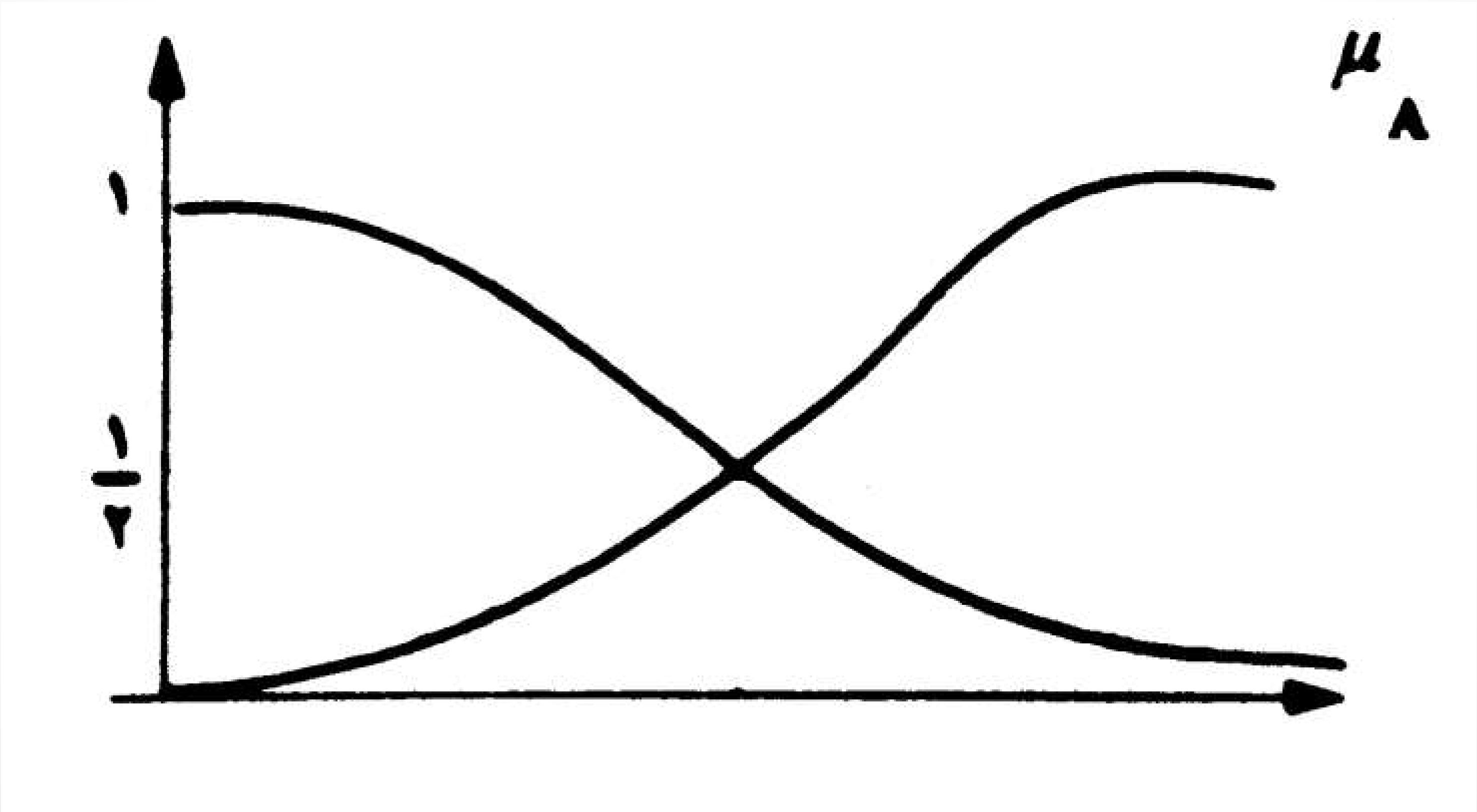
$\mu_{A\cap B}(x)=\mu_A(x)\wedge\mu_B(x)$



مجموعه های فازی [1]

- متمم:

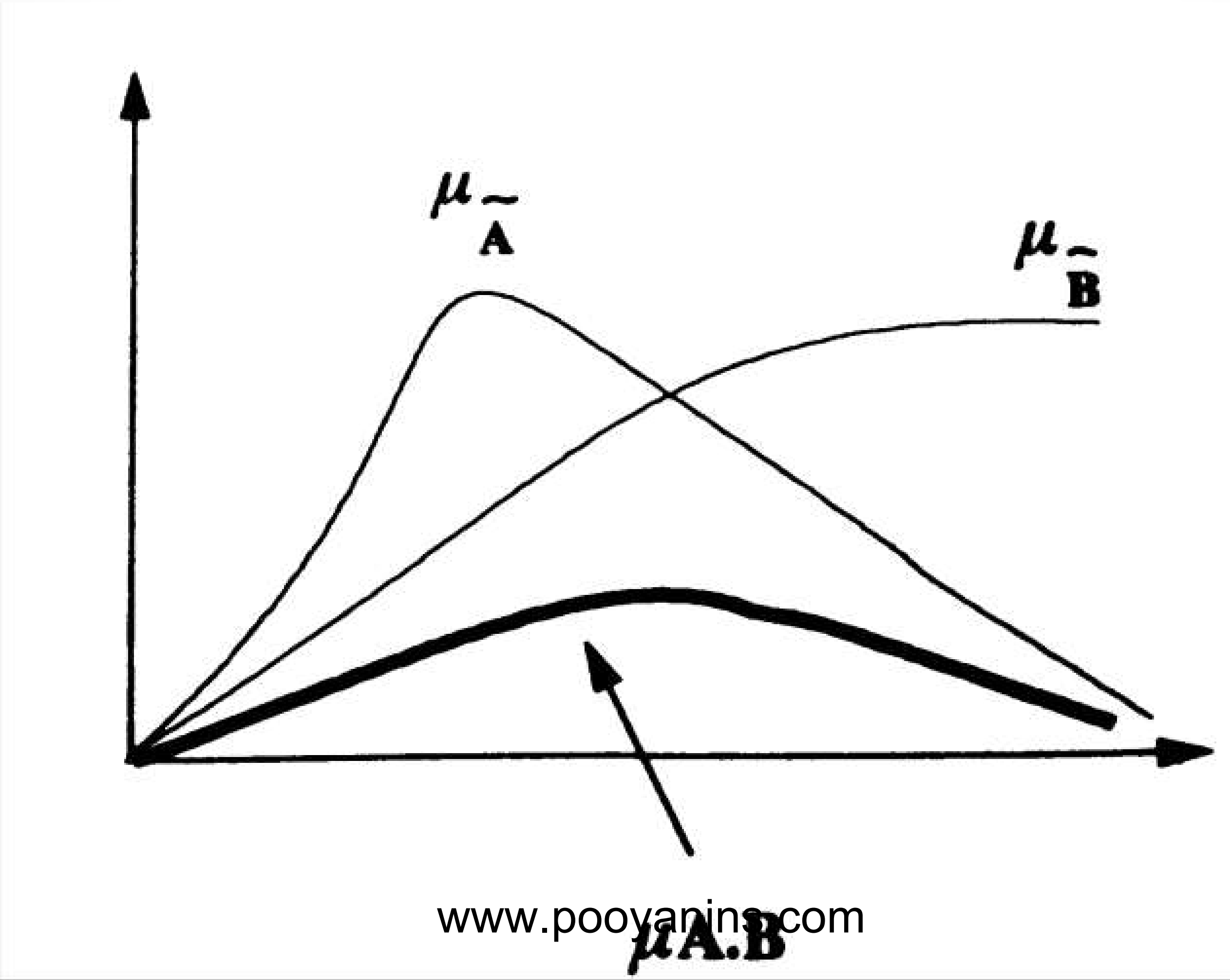
$\mu_{\bar{A}}(x)=1-\mu_A(x)$



مجموعه های فازی [1]

• حاصل ضرب:

$$\mu_{A.B} = \mu_A(\mathrm{x}).\mu_B(\mathrm{x})$$



مجموعه های فازی [2]

- این روابط در مجموعه های قطعی برقرار است اما در مجموعه های فازی برقرار نیست:

$A \cup \bar{A} = X$

$A \cap \bar{A} = \emptyset$

مجموعه های فازی [1]

- **برش:**

زیرمجموعه عناصری از مجموعه فازی A که درجه عضویت آن ها حداقل به بزرگی α باشد$(\alpha > 0)$، آلفا برش A می نامیم و با A_α نشان می دهیم.

$$A_\alpha=\{x\in X \mid \boldsymbol{\mu_A(x) \geq \alpha}\}$$

برش قوی:

$$A_\alpha=\{x\in X \mid \boldsymbol{\mu_A(x) > \alpha}\}$$

مجموعه های فازی [3]

- **مثال:**

مجموعه مرجع X={1,2,…,8} و زیرمجموعه فازی اعداد در حدود ۳ اینگونه تعریف می شود:

$$A=\{\frac{0.2}{1},\frac{0.6}{2},\frac{1}{3},\frac{0.6}{4},\frac{0.2}{5}\}$$

آلفا برش A به ازای $\alpha = 0.5$ و $\alpha = 1$ را مشخص کنید:

$$A_{0.5} = \{2,3,4\}$$
$$A_1 = \{3\}$$

مجموعه های فازی [3]

- عدد اصلی:

$$|A| = \sum_{x \in X} \mu_A(x)$$

- عدد نسبی:

$$||A|| = \frac{|A|}{|X|}$$

X: مجموعه مرجع

مجموعه های فازی [2]

- **مثال:** مدیر بخشی از یک سازمان میزان رضایت خود از ۵ نفر را به صورت زیر تعریف نموده است:

$$A = \{\frac{0.7}{a}, \frac{0.3}{b}, \frac{0.3}{c}, \frac{1}{d}, \frac{0.7}{e}\}$$

دراینصورت:

$$|A| = 0.7+0.3+0.3+1+0.7$$

و

$$||A|| = 3/5 = 0.6$$

*گویی این مدیر از ۳ نفر از افراد خود کاملا راضی است یا این که درجه رضایتش از مجموعه زیردستانش برابر ۰.۶ می باشد.

مجموعه های فازی [1,2]

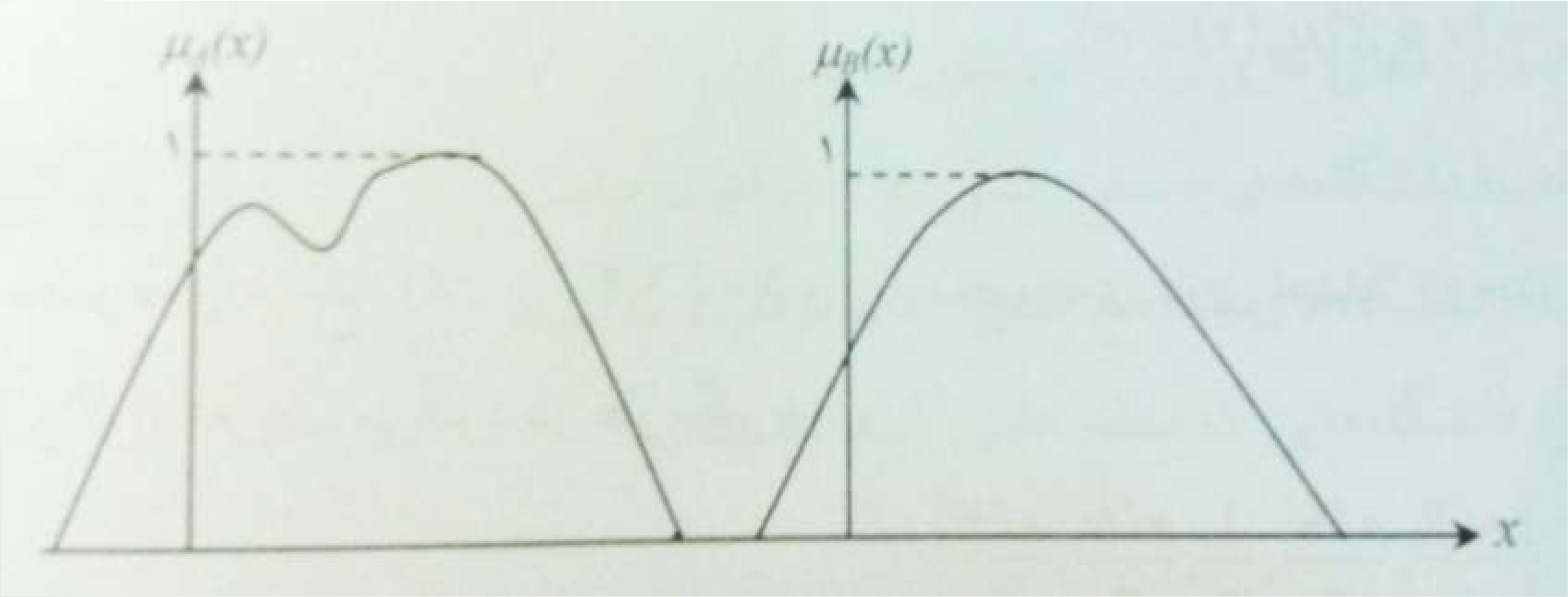
- **مجموعه فازی محدب:**

مجموعه فازی A را محدب گوییم، اگر هر آلفا برش A (برای تمام $0 \leq \alpha < 1$) محدب باشد.

تعریف ریاضی:

$$\boldsymbol{\mu}_{\boldsymbol{A}}[\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2] \geq \min[\boldsymbol{\mu}_{\boldsymbol{A}}(x_1) + \boldsymbol{\mu}_{\boldsymbol{A}} x_2)]$$

مجموعه های فازی [1]



- مقدمه و تاریخچه
- کاربردهای تئوری فازی
- مجموعه های فازی
- اعداد فازی
- رابطه ها و گراف های فازی
- عدم قطعیت
- تئوری فازی در کنترل موجودی
- نتیجه گیری

اعداد فازی [1,2,3]

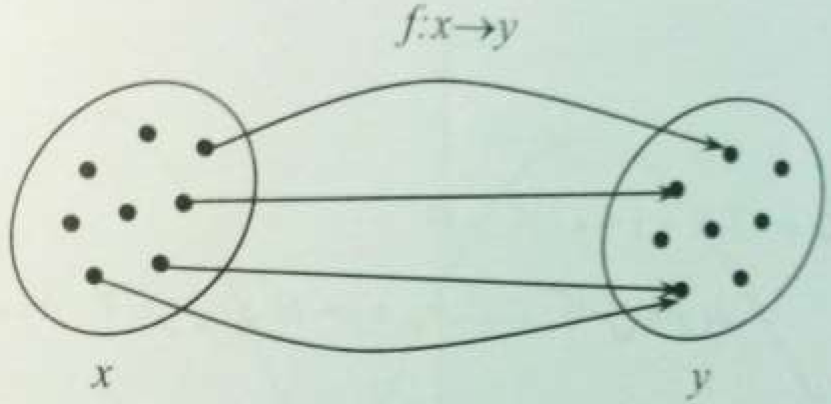
- اصل گسترش

این اصل یکی از مفاهیم اساسی تئوری مجموعه‌های فازی است که برای تعمیم مفاهیم قطعی ریاضی به مفاهیم فازی به کار گرفته میشود.

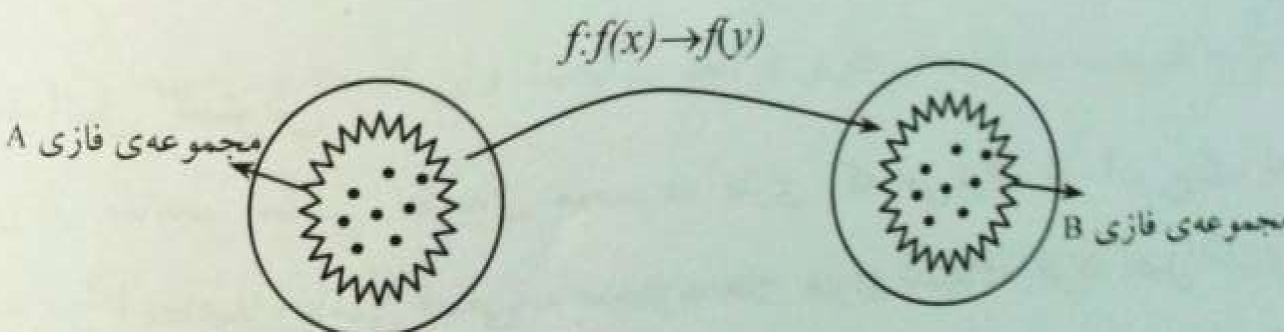
این اصل در سال ۱۹۶۵ توسط آقای "زاده" بیان شد و بعدها توسط خود ایشان و "دوبوا" و "پراد" اصلاح شد.

فرض کنید تابع معمولی f با دامنه X و برد Y داریم. این تابع هر عدد عضو دامنه را به یک عدد در برد تابع نسبت میدهد. حال برای اینکه تابع را گسترش دهیم تا به جای نسبت دادن یک عدد از دامنه به برد، روی یک زیر مجموعه فازی از اعداد در دامنه این تابع عمل کند، باید دامنه f را به F(x) که یک مجموعه فازی است تغییر دهیم و بدیهی است که بعد از اینکه تابع روی این مجموعه عمل می‌کند، برد آن نیز مجموعه‌ای فازی میشود.

اعداد فازی [2]



شکل ۶ـ۴. روش تابع معمولی (قطعی)



اعداد فازی [1,2]

- **تعریف ۱:** فرض کنید X و Y دو مجموعه و f تابعی به صورت f:X→Y یک زیر مجموعه فازی از X باشد. اصل گسترش بیان می کند که می توانیم قلمرو f را به زیرمجموعه های فازی به صورت زیر گسترش دهیم:

$$B=f(A)=\{(y,\mu_B(y)|y=f(x),x\epsilon X\}$$

که در آن:

$$\mu_B(y)=\begin{cases} \text{Sup}\ \mu_A(x) & , f^{-1}(y)\neq\emptyset \\ 0 & \text{درغیر اینصورت} \end{cases}$$

اعداد فازی [2]

- **مثال:** فرض کنید {اعداد نسبی} $x =$ و $y = x^2$. مجموعه A نیز که زیر مجموعه ای از X است بیانگر اعداد «تقریبا ۲» می باشد که به صورت زیر تعریف می گردد:

$$A = \{\frac{0.2}{-2}, \frac{0.4}{-1}, \frac{0.6}{0}, \frac{0.8}{1}, \frac{1}{2}, \frac{0.8}{3}, \frac{0.6}{4}, \frac{0.4}{5}, \frac{0.2}{6}\}$$

با توجه به اصل گسترش y=f(A) :

$$B = f(A) = \{\frac{0.6}{0}, \frac{0.8}{1}, \frac{1}{4}, \frac{0.8}{9}, \frac{0.6}{16}, \frac{0.4}{25}, \frac{0.2}{36}\}$$

اعداد فازی [2]

- **تعریف۲:** فرض کنید $X_1, \dots, X_n$ مجموعه مرجع، $X = X_1 * \cdots * X_n$ حاصلضرب دکارتی آن ها باشد، همچنین $A_1, \dots, A_n$ ، د زیر مجموعه فازی به ترتیب از X1 تا Xn باشند. در اینصورت حاصلضرب دکارتی $A_1, \dots, A_n$ به صورت یک زیرمجموعه فازی از X تعریف می شود:

$$\mu_{A_1 * \cdots * A_n}(x) = \min\{\mu_{A_1}(x), \dots, \mu_{A_n}(x)\}$$

اعداد فازی [2]

- **مثال:** $\boldsymbol{X_1 = \{1,2\}}$ و $\boldsymbol{X_2 = \{a,b,c\}}$ و نیز A_1 و A_2 به صورت زیر تعریف می شوند:

$$A_1 = \{\frac{1}{1}, \frac{0.5}{2}\}$$

$$A_2 = \{\frac{0.4}{a}, \frac{0}{b}, \frac{1}{c}\}$$

$$A_1 * A_2 = \{\frac{0.4}{(1,a)}, \frac{0}{(1,b)}, \frac{1}{(1,c)}, \frac{0.4}{(2,a)}, \frac{0}{(2,b)}, \frac{0.5}{(2,c)}\}$$

اعداد فازی [2]

- **تعریف۳(اصل گسترش):**

$$\mu_B(y) = \begin{cases} \text{Sup}\ \min\{\mu_{A_1}(x_1), \ldots, \mu_{A_n}(x_n)\} & , f^{-1}(y) \neq 0 \\ 0 & \text{درغیر اینصورت} \end{cases}$$

اعداد فازی [1]

مثال:

A1 = { (-2,0.3) , (-1,0.7) , (0,1) , (1,0.7) , (2,0.3) }

A2 = { (1,0.5) , (2,1) , (3,0.5) }

B $= A1^2 + A2$

اعداد فازی [1]

$\tilde{A}_1$ \ $\tilde{A}_2$	۱	۲	۳
−۲	۰/۳	۰/۳	۰/۳
−۱	۰/۵	۰/۷	۰/۵
۰	۰/۵	۱	۰/۵
۱	۰/۵	۰/۷	۰/۵
۲	۰/۳	۰/۳	۰/۳

$\tilde{B} = \tilde{A}_1^2 + \tilde{A}_2$

(۵ ,۰/۳)	(۶ ,۰/۳)	(۷ ,۰/۳)
(۲ ,۰/۵)	(۳ ,۰/۷	(۴ ,۰/۵)
(۱ ,۰/۵)	(۲ ,۱)	(۳ ,۰/۵)
(۲ ,۰/۵)	(۳ ,۰/۷)	(۴ ,۰/۵)
(۵ ,۰/۳)	(۶ ,۰/۳)	(۷ ,۰/۳)

اعداد فازی [1]

که با توجه به جدول زیر مجموعه B را می‌توان به صورت زیر نوشت:

y	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
$\mu_{\tilde{B}}(y)$	۰/۵	۰/۵ ۱ ۰/۵	۰/۷ ۰/۵ ۰/۷	۰/۵ ۰/۵	۰/۳ ۰/۳	۰/۳ ۰/۳	۰/۳ ۰/۳
$\sup \mu_{\tilde{B}}(y)$	۰/۵	۱	۰/۷	۰/۵	۰/۳	۰/۳	۰/۳

B = { (1.05) , (2,1) , (3,0.7) , (4,0.5) , (5,0.3) , (6,0.3) , (7,0.3) }

اعداد فازی [1]

در حالت کلی یک عدد فازی به صورت زیر تعریف میشود:

مجموعه فازی از را یک عدد فازی حقیقی گویند، اگر:

مجموعه فازی N از R را یک عدد فازی حقیقی گویند، اگر:

۱. محدب باشد. یک مجموعه فازی محدب است اگر هر آلفابرش از آن یک مجموعه محدب باشد، یعنی:

$$\boldsymbol{\mu_A}[\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2] \geq \min[\boldsymbol{\mu_A}(x_1) + \boldsymbol{\mu_A} x_2)]$$

۲ . نرمال و تک نمایی باشد. یعنی فقط وفقط یک $\mathrm{X} \in R$ وجود داشته باشد که $\mu(\mathrm{X}) = 1$

۳. قطعه به قطعه پیوسته باشد.

اعداد فازی [2]

- **مثال:**

$$A=\{\frac{0.2}{3},\frac{0.6}{4},\frac{1}{5},\frac{0.7}{6},\frac{0.1}{7}\}$$

$$B=\{\frac{0.3}{8},\frac{0.7}{9},\frac{0.8}{10},\frac{0.7}{11},\frac{0.9}{12}\}$$

$$C=\{\frac{0.8}{3},\frac{1}{4},\frac{1}{5},\frac{0.7}{6}\}$$

A یک عدد فازی است اما B و C خیر. چرا؟

اعداد فازی [1,2]

- یکی از عوامل مهم در استفاده از تئوری مجموعه های فازی برای حل این مسایل واقعی، توجه به کارایی محاسباتی آن است. انجام محاسبات با اعداد فازی دارای پیچیدگی های زیادی است. به منظور حل این مشکل اعداد فازی خاصی معرفی شده اند:

1. اعداد LR
2. اعداد فازی مثلثی
3. اعداد فازی ذوزنقه ای

اعداد فازی [1]

اعداد فازی LR:

تعریف: عدد فازی Ũ از نوع LR است، اگر تابعی مانند L(برای چپ) و R(برای راست) واعداد اسکالر $\alpha,\beta > 0$ وجود داشته باشند،به طوریکه:

$$\mu_{\tilde{U}}(\mathbf{x}) = \begin{cases} L\left(\frac{m-x}{\alpha}\right) & x \le m \\ R\left(\frac{x-m}{\beta}\right) & x > m \end{cases}$$

که m یک عدد حقیقی برابر میانگین Ũ است

α وβ به ترتیب بازه چپ و راست

Ũ را به صورت $(m,\alpha,\beta)_{LR}$ نشان می دهیم.

اعداد فازی [1]

توابع LR دارای مشخصات زیر هستند:

۱- L وR توابعی نزولی از R^+ به [۰و۱]

۲- $L(0)=R(0)=1$

۳- $\forall x>0 \quad L(x)<1, R(x)<1$

۴- $\forall x<1 \quad L(x)>0\ ,\ R(x)>0$

۵- $[L(x)>0;\ \forall x,\ L(+\infty)=0]$ یا $L(1)=R(1)=0$

اعداد فازی [1]

مثال:

توابع LR زیر را در نظر بگیرید (به ازای $\alpha = 2$ $\beta = 3$ $m = 5$) :

$$L(x)=\frac{1}{1+x^2} \qquad R(x)=\frac{1}{1+2|x|}$$

$$\mu_{\tilde{U}}(x)=\begin{cases} L\left(\frac{5-x}{2}\right)=\frac{1}{1+\left(\frac{5-x}{2}\right)^2} & x \le 5 \\ R\left(\frac{x-5}{3}\right)=\frac{1}{1+2\left|\frac{x-5}{3}\right|} & x > 5 \end{cases}$$

اعداد فازی [1]

اعداد فازی مثلثی:

یکی از کاربردی ترین اعداد فازی است که به صورت $M=(m,\alpha,\beta)$ نشان داده می شود.

m نما، α فاصله تا کران پایین و β فاصله تا کران بالا می باشد.

به صورت $M=(a_1,a_2,a_3)$ هم نشان داده می شود.

اعداد فازی [1]

شکل ریاضی تابع عضویت عدد فازی مثلثی:

$$\mu_M(x)=\begin{cases} 1-\frac{m-x}{\alpha} & m-\alpha \le x \le m \\ 1-\frac{x-m}{\beta} & m \le x \le m+\beta \\ 0 & \text{درغیر این صورت} \end{cases}$$

اعداد فازی [2]

اعداد فازی ذوزنقه ای:

اگر در تعریف عدد فازی تک نمایی بودن را حذف نماییم، آن گاه به آن بازه فازی می گوییم. یعنی در این حالت یک بازه وجود دارد که در طول آن تابع عضویت برابر ۱ است. این بازه فازی را با تسامح **عدد فازی ذوزنقه ای** می نامند. که به صورت $M = (m_1,m_2,\alpha,\beta)$ نشان داده می شود.

*فازی ذوزنقه ای را به صورت $M = (a_1,a_2,a_3,a_4)$ نیز نشان می دهند.

اعداد فازی [1,2,4]

- عملگرهای ریاضی بر بازه ها و اعداد فازی

۱.جمع: A+B=$[a_1,a_3]+[b_1,b_3]=[a_1+b_1,a_3+b_3]$

۲.تفریق: A-B=$[a_1,a_3]-[b_1,b_3]=[a_1-b_3,a_3-b_1]$

۳.ضرب: AxB=$[a_1,a_3]$x$[b_1,b_3]=[a_1b_1,a_3b_3]$

۴.تقسیم: A/B=$\frac{[a_1,a_3]}{[b_1,b_3]}=\left[\frac{a_1}{b_3},\frac{a_3}{b_1}\right]$

۵.معکوس: A^{-1}=$[a_1,a_3]=[\frac{1}{a_3},\frac{1}{a_1}]$

اعداد فازی [2]

- مثال: در اعداد ذوزنقه ای:

$$D = (d_1, d_2, d_3, d_4)$$

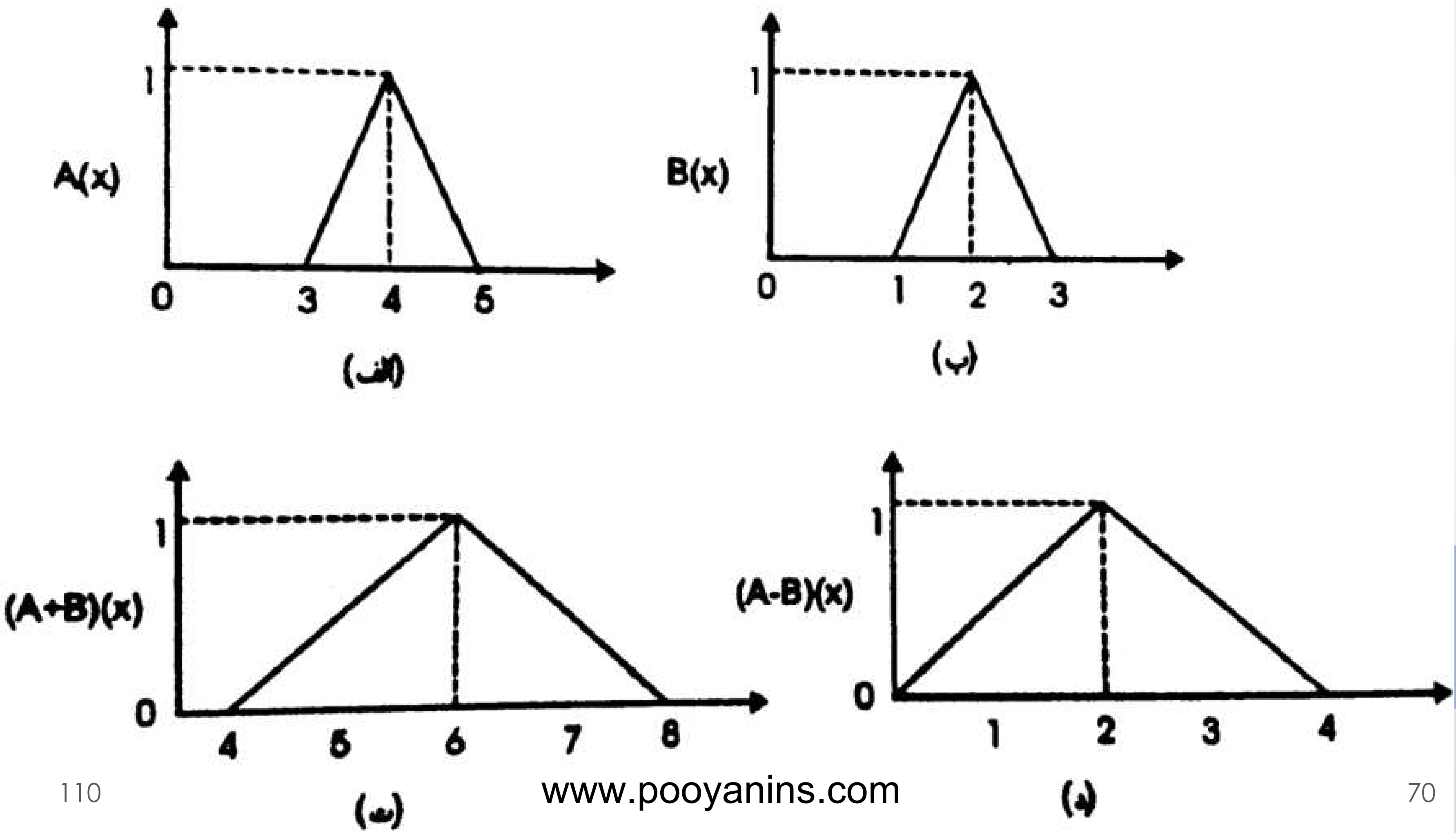
$$E = (e_1, e_2, e_3, e_4)$$

$$D + E = (d_1 + e_1, d_2 + e_2, d_3 + e_3, d_4 + e_4)$$

$$D - E = (d_1 - e_4, d_2 - e_3, d_3 - e_2, d_4 - e_1)$$

اعداد فازی [2]

- مثال در اعداد مثلثی



اعداد فازی [1]

ترتیب اعداد فازی:

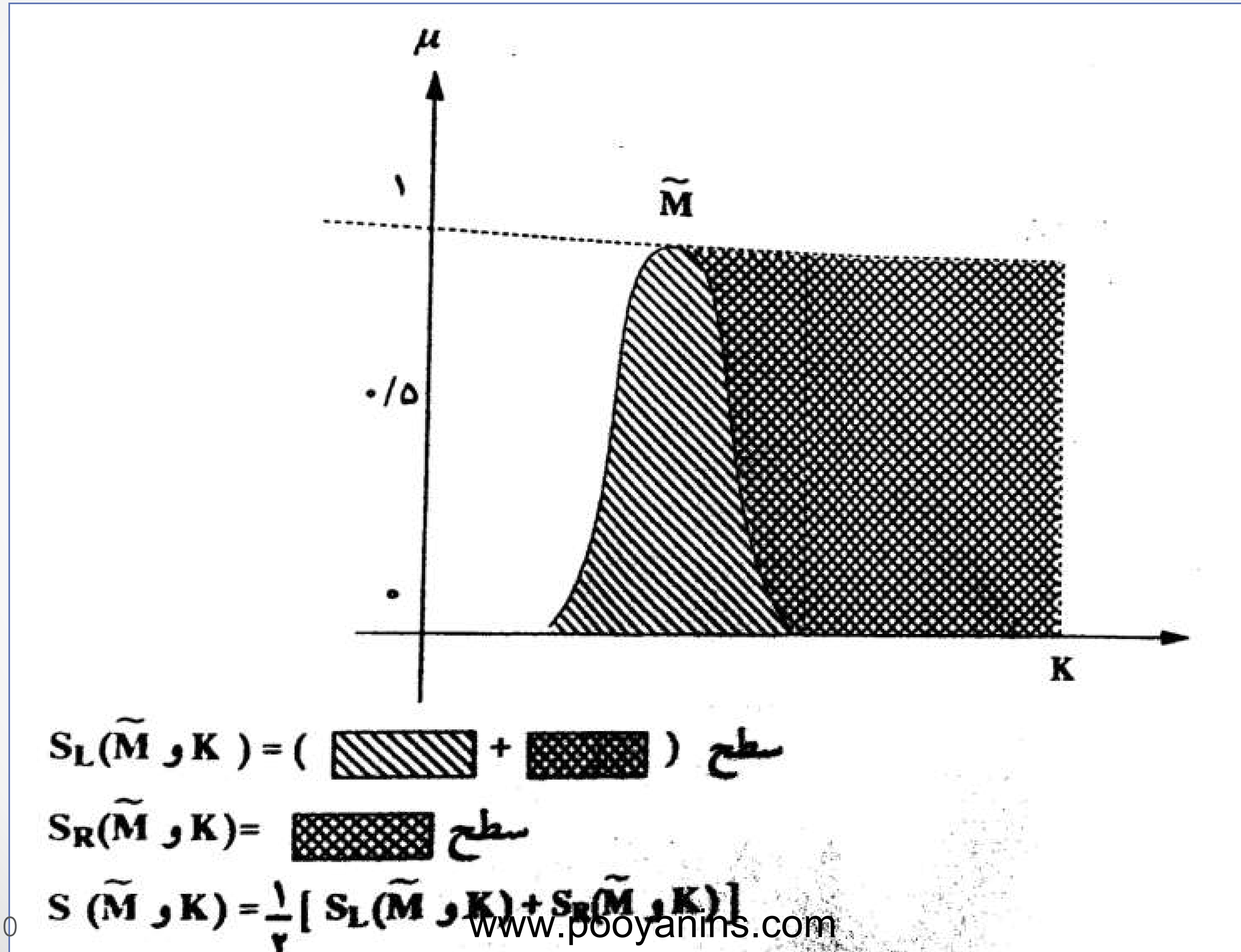
همانطور که اعداد معمولی در ریاضیات نقش اساسی دارند، اعداد فازی نیز نقش مهمی ایفا میکنند. به همین جهت یکی از مباحث مهمی که در کاربردهای عملی مطرح میشود موضوع مرتب کردن این اعداد است. برای مرتب کردن اعداد فازی سه معیار ارائه میشود که باید به ترتیب عمل شوند.

اعداد فازی [1]

- عدد قطعی k عضو R و عدد فازی M را همچنان که در نمودار نشان داده میشود در نظر بگیرید. سطح محصور بین عدد قطعی k و سمت چپ عدد فازی M را با S_L (M,k) و سمت راست عدد فازی M را با S_R (M,k) نشان میدهیم. در این صورت سطح محصور بین عدد قاطی k و عدد فازی M به صورت زیر تعریف میگردد:

$$S(\tilde{M}\ \text{و}\ K) = \frac{۱}{۲}\left[S_L(\tilde{M}\ \text{و}\ K) + S_R(\tilde{M}\ \text{و}\ K)\right]$$

اعداد فازی [1]



اعداد فازی [1]

- نکته‌ای که در انجام محاسبات باید مورد توجه قرار گیرد آن است که هرچند سطح محصور بین دو عدد با علامت مثبت در نظر گرفته میشود، اما در محاسبت بالا، اگر عدد در سمت راست (چپ) عدد فازی واقع شد، سطح هاشور خورده را منفی (مثبت) در نظر میگیریم. بنابراین S(M,k) میتواند مثبت، منفی یا صفر باشد.

اعداد فازی [1]

- **دومین معیار مرتب کردن اعداد فازی (مد یا نما):** پس از مرتب سازی اعداد فازی با معیار اول، آنهایی را که هنوز در یک دست قرار دارند می‌توان با معیار مد مرتب نمود. همچنین در حالتی که با بازهای فازی سرو کار داریم می توانیم از میانگین مدها استفاده کنیم.

- **سومین معیار مرتب کردن اعداد فازی (دامنه):** در صورتی که با به کار گیری دو معیار قبل، هنوز اعدادی هستند که در یک دست قرار دارند، با این معیار احتمالا می‌توان ترتیب خطی اعداد فازی را به دست آورد.

اعداد فازی [2]

تبدیل اعداد فازی به اعداد قطعی:

- گاهی لازم است به منظور مقایسه دو عدد فازی و یا به دلیل متغیر های زیاد و محاسبات گسترده اعداد فازی را به اعداد قطعی تبدیل کنیم. به این عمل **دی فازی کردن(defuzzification)** گفته می شود.

۱. روش میانگین

۲. روش مرکز ناحیه

۳. روش آلفابرش

اعداد فازی [2]

- **روش میانگین:**
- این روش توسط لی و لی (Lee & Li) ارائه شده و مبتنی بر میانگین و انحراف معیار است.
- **برای اعداد مثلثی:**

$$\text{میانگین} = \frac{a+b+c}{3}$$

$$\sigma = \frac{(a^2+b^2+c^2-ab-ac-bc)}{18}$$

اعداد فازی [2]

- برای اعداد ذوزنقه ای:

$$\text{میانگین} = \frac{(-a^2 - b^2 - c^2 - ab + cd)}{3(-a - b + c + d)}$$

$$\sigma = [[(\frac{1}{b-a}(\frac{b^4}{4} - \frac{ab^4}{3} - \frac{a^4}{12}) + \frac{1}{3}(c^3 - b^3) + \frac{1}{d-c}(\frac{d^4}{12} - \frac{c^3 d}{3} + \frac{c^4}{4})]/[\frac{1}{2}(-a - b + c + d)] - [(-a^2 - b^2 + c^2 + d^2 - ab + cd)/[3(-a - b + c + d)]]^{2}$$

اعداد فازی [2]

- در مقایسه دو عدد فازی، هر کدام که میانگین بزرگتری داشته باشد، بزرگ تر است و در صورت تساوی میانگین ها، هرکدام که از انحراف معیار کمتری برخوردار باشد، بزرگتر محسوب می شود.
- **مثال:** می خواهیم سه پروژه سرمایه گذاری (a,b,c) را بر اساس قابلیت انجام به موقع مقایسه کنیم. اعداد فازی هریک به صورت زیر است:

a=(5,6,8.4) b=(2,3,5) c=(1,4,4)

	a	b	C
میانگین	6.47	3.33	3.00
σ	0.51	0.39	0.50

اعداد فازی [2]

- **روش مرکز ناحیه:**

$$CA=\frac{(c-a)+(b-a)}{3}+a$$

مثال:

	a	b	c
CA	6.47	3.33	3.00

مقدمه و تاریخچه

رابطه ها و گراف های فازی

کاربردهای تئوری فازی

عدم قطعیت

مجموعه های فازی

تئوری فازی در کنترل موجودی

اعداد فازی

نتیجه گیری

رابطه ها و گراف های فازی [1]

- غالب ابزار متداول بـه منظـور مـدل سـازی ، اسـتدلال و محاسـبات سیستمهای معمول به صورت مشخص ، قطعی و صـریح مـی باشـد. فرض صریح بودن سیستم بدان معنا است که پارامترهای مدل دقیقا
- ارائه کننده پدیده نمونه سازی شـده یـا خصیصـه هـای مـورد بررسـی سیستم مدل شده باشد. بـا توجـه بـه پیچیـدگی روزافـزون و گسـترش سیستمها توانایی ما برای بررسی صریح، دقیق و همه جانبه سیسـتمها بسیار پرهزینه و زمانبر خواهد بود. به عـلاوه در نمونـه سـازی سیسـتم تلاش ما برای بیشینه سازی داده های ورودی معمولا منتج به کـاهش کارآمدی مدل بدست آمده میگردد.

رابطه ها و گراف های فازی [7]

- هدف اصلی مدل کردن سیستمها به سه خصیصه شاخص هر سیستم یعنی پیچیدگی ، درجه اعتبار و عدم قطعیت وابسته است. عدم قطعیت یک قانون محوری و اساسی در هر تلاشی به منظور حداکثر کردن کارایی مدل سیستم میباشد، با این روش میتوان حالت های غیرقابل پیشبینی یا غیر مترقبه را در نمونه پوشش داد. در همه سیستمهای منطقی مرسوم فرض بر این است که اجزای آن سیستم به صورت صریح تعریف شوند.
- یکی از معانی که از واژه عدم قطعیت استنباط میشود مفهموم ابهام است. ابهام در یک سیستم مفروض
- عبارت است از عدم نوانایی در تفکیک و تمیز دادن اجزا یا خصوصیات آن سیستم.

رابطه ها و گراف های فازی [1]

- یک مجموعه فازی به صورت ریاضی با تخصیص یک مقدار که نمایانگر درجه عضویت به هر یک از عناصر موجود مجموعه مرجع است تعریف میگردد. این درجه عضویت نمایانگر میزان شباهت و تطابق یک عنصر منفرد با مفهومی است که در مجموعه فازی مورد نظر ارائه شده است.

رابطه ها و گراف های فازی [7]

- تحقیقات در مورد مجموعه های فازی در دو زمینه ریاضیات و کاربردی شاهد رشد نمایی در سالهای اخیر بوده، دامنه این تحقیقات از اصول علم ریاضی شامل منطق، جبر، آنالیز و ... تا الگوشناسی ، نظریه اطلاعات، هوش مصنوعی، شبکه های عصبی گسترده است. در نتیجه از تئوری مجموعه های فازی میتوان به عنوان یک پدیده به القوه به منظور تحقیقات میان رشته ای استفاده نمود.

رابطه ها و گراف های فازی [6]

- **تعریف گراف:**
- گراف در حقیقت نمونه رابطه ای ساده از تعاملات سیستم مدل شده میباشد.
- یک گراف روشی مناسب به منظور ارائه اطلاعات به وسیله ارتباطات بین اشیاء است، این اشیاه خود به وسیله راس ها و رابطه آنها به وسیله یال های اتصال دهنده به نمایش در میایند. در هنگام بروز ابهام در توصیف اشیاء، رابطه ها یا هر دوی آنها، طبیعی است که نیازمند طراحی یک مدل گراف فازی میباشیم.
- موارد استفاده از روابط فازی بسیار گسترده و پر اهمیت است، به خصوص در زمینه تجزیه و تحلیل خوشه های، شبکه های عصبی ، شبکه های کامپیوتری، شناسایی الگو، تصمیمگیری و سیستمهای خبره در هر یک از این موضوعات ساختار ریاضی اساسی گرافهای فازی هستند.

رابطه ها و گراف های فازی [1]

گراف G به صورت زیر تعریف میگردد:

$$G = (V, E)$$

V مجموعه راسها است که گره نیز خوانده می شوند.

E مجموعه ای از یال هاست ، یک یال (X ,Y) از مجموعه راس های V هستند.

مسیر از X به Y مجموعه ای از یال هاست به طوریکه یال های متوالی (X,a۱)(a۱,a۲)(a۲,a۳),...,(a n,y) موجود باشند. هنگامیکه مسیری از a به b در گراف وجود داشته باشد ، a و b به یکدیگر متصل خواهند بود.

رابطه ها و گراف های فازی [1]

گراف فازی نماینده ای برای نمایش داده های مبهم و روابط بین آنها می باشد.

$$G = (V, E)$$

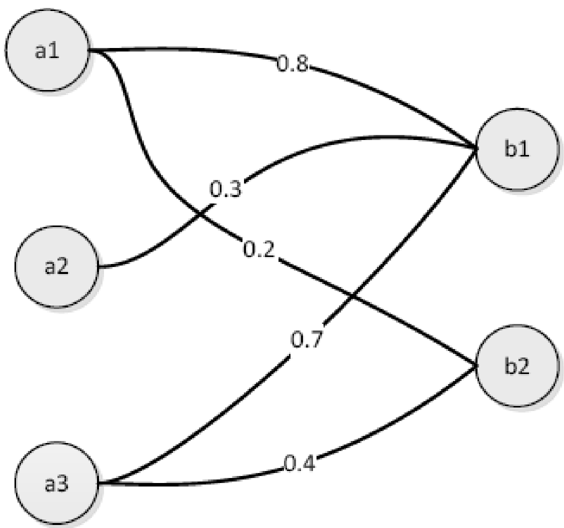
V مجموعه راس ها

E مجموعه ای فازی بین راس های گراف چنانچه V یک مجموعه فازی باشد، خواهیم داشت: $G = (V, E)$

رابطه ها و گراف های فازی [1]

جدول شماره ۱ – ماتریس رابطه فازی M_G

M_G	b_1	b_2
a_1	0.8	0.2
a_2	0.3	0.0
a_3	0.7	0.4

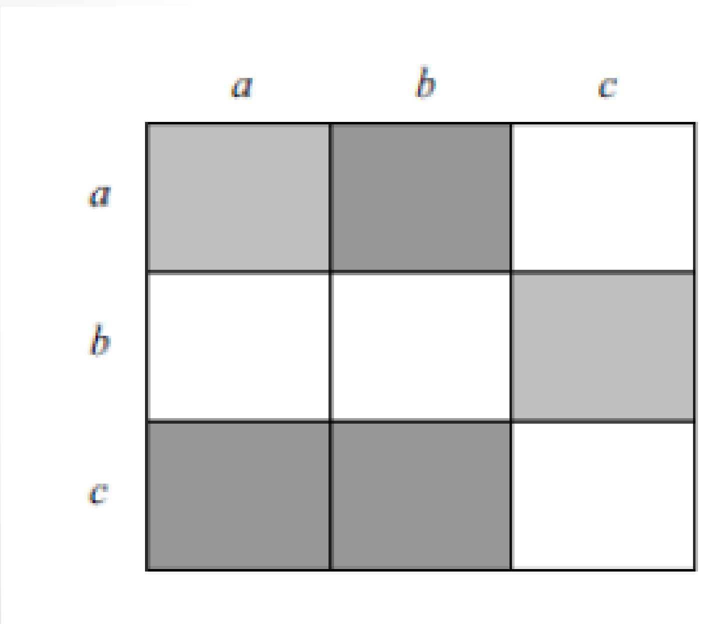


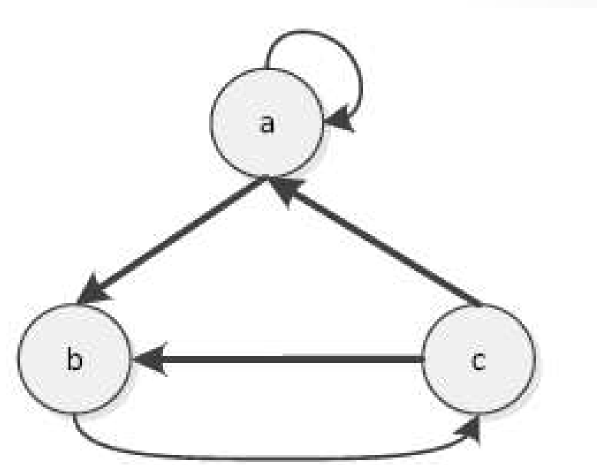
تصویر شماره ۱ – گراف فازی

- گراف فازی بیانی از رابطه فازی است، بنابراین معمولا از ماتریس فازی برای نمایش آن استفاده بر MGمیگردد. تصویر شماره ۱ مثالی از گراف فازی نمایش داده شده به وسیله ماتریس رابطه فازی اساس جدول شماره ۱ می باشد.

رابطه ها و گراف های فازی [1]

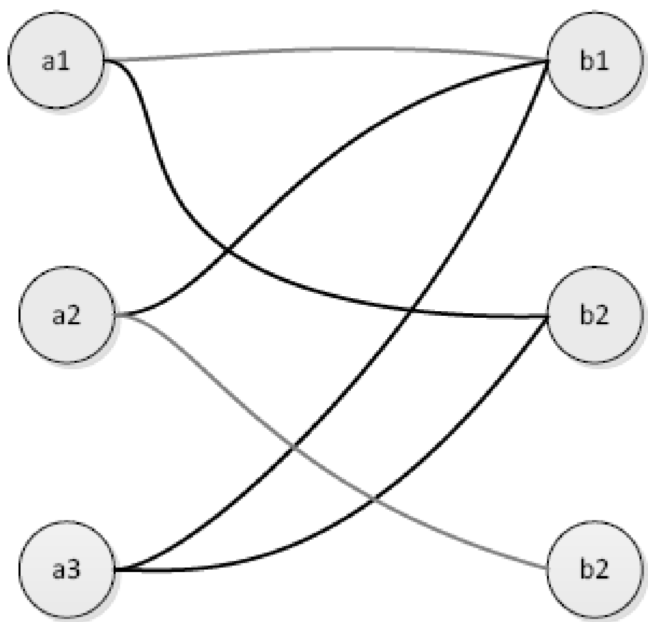
- فرض کنید که مجموعه A={a۱,a۲,a۳} و رابطه فازی R در $A \times A$ تعریف شده باشد ، در تصویر تیرگی رنگ نشان دهنده استحکام رابطه می باشد.





رابطه ها و گراف های فازی [1]

M_G	b_1	b_2	b_3
a_1	0.5	1.0	0.0
a_2	0.0	0.0	0.5
a_3	1.0	1.0	0.0



- در تصویر روبرو چنانچه رابطه فازی مانند اعداد جدول تعیین شده باشند ، گراف متناظر به شکل زیر خواهد بود.

رابطه ها و گراف های فازی [1,2]

- آلفا / برش زیر مجموعه ای از مجموعه اصلی است که اعضایش درجه عضویتی کمتر از آلفا نداشته باشند.

$$A_\alpha = \{x \in X | \mu_A(x) \geq \alpha\}$$

- مهمترین کاربرد آلفا / برش تبدیل مجموعه فازی به مجموعه قطعی می باشد.

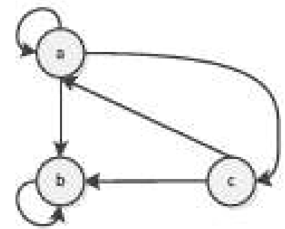
رابطه ها و گراف های فازی [1]

مثال :

اگر مجموعه $A = \{a, b, c\}$ و رابطه $R \subseteq A \times A$ به صورت زیر تعریف شده باشد :

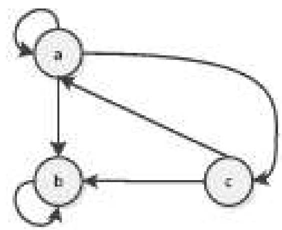
$M_R =$

	a	b	c
a	1.0	0.8	0.4
b	0.0	0.4	0.0
c	0.8	1.0	0.0



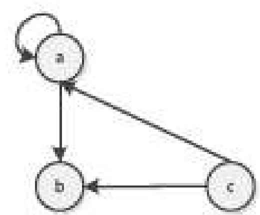
$M_{R_{0.4}} =$

	a	b	c
a	1.0	1.0	1.0
b	0.0	1.0	0.0
c	1.0	1.0	0.0



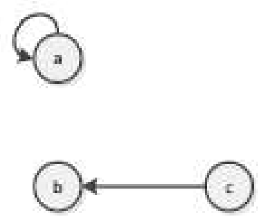
$M_{R_{0.8}} =$

	a	b	c
a	1.0	1.0	0.0
b	0.0	0.0	0.0
c	1.0	1.0	0.0



$M_{R_{1.0}} =$

	a	b	c
a	1.0	0.0	0.0
b	0.0	0.0	0.0
c	0.0	1.0	0.0



مقدمه و تاریخچه

کاربردهای تئوری فازی

مجموعه های فازی

اعداد فازی

رابطه ها و گراف های فازی

عدم قطعیت

تئوری فازی در کنترل موجودی

نتیجه گیری

عدم قطعیت [9]

- توصیف کننده نقص دانش بشر در مورد یک سیستم و وضعیت پیشرفت آن
- از نبود آگاهی سرچشمه می گیرد.
- مهمترین موضوع یافتن منبع عدم قطعیت است.

عدم قطعیت [10]

- **چارچوب مواجهه با عدم قطعیت**

- مبهم بودن

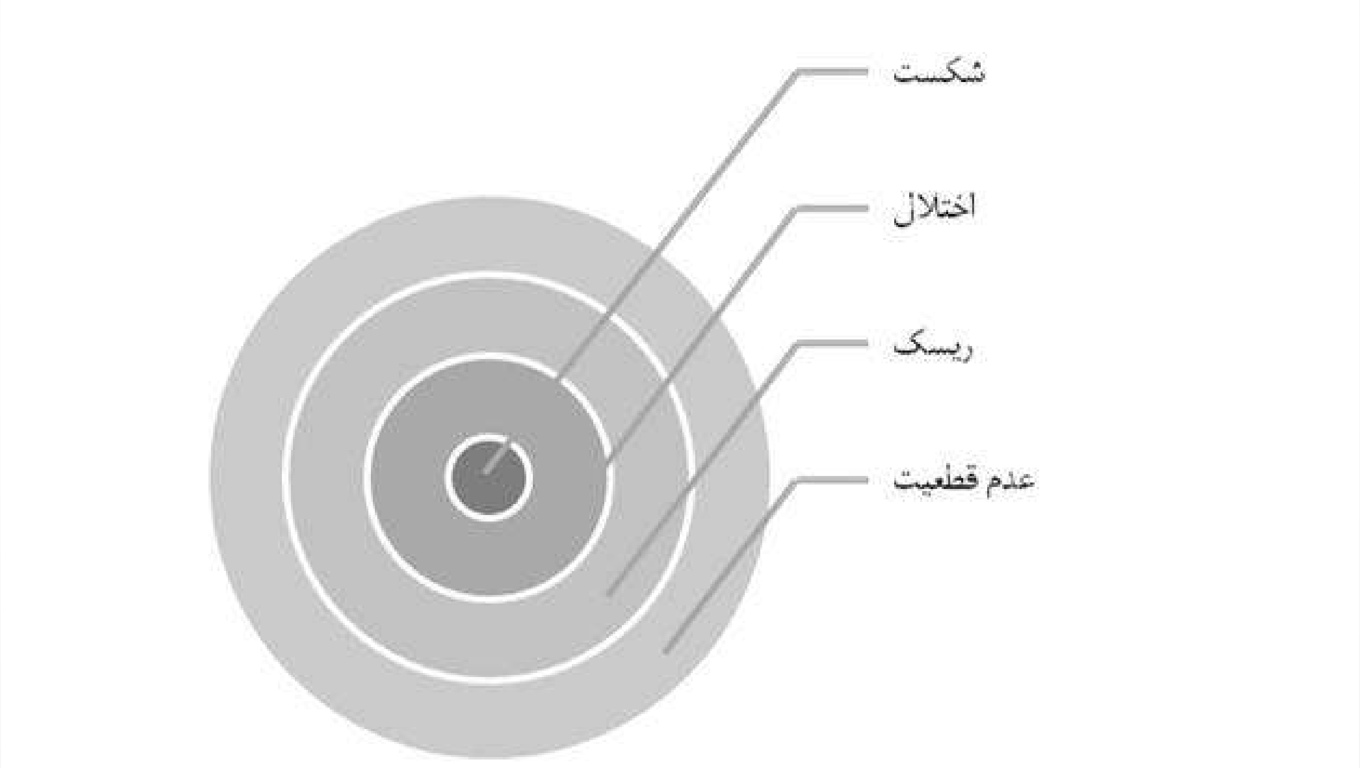
استفاده از مجموعه های فازی

- سربسته بودن

استفاده از اندازه های فازی

عدم قطعیت [10]

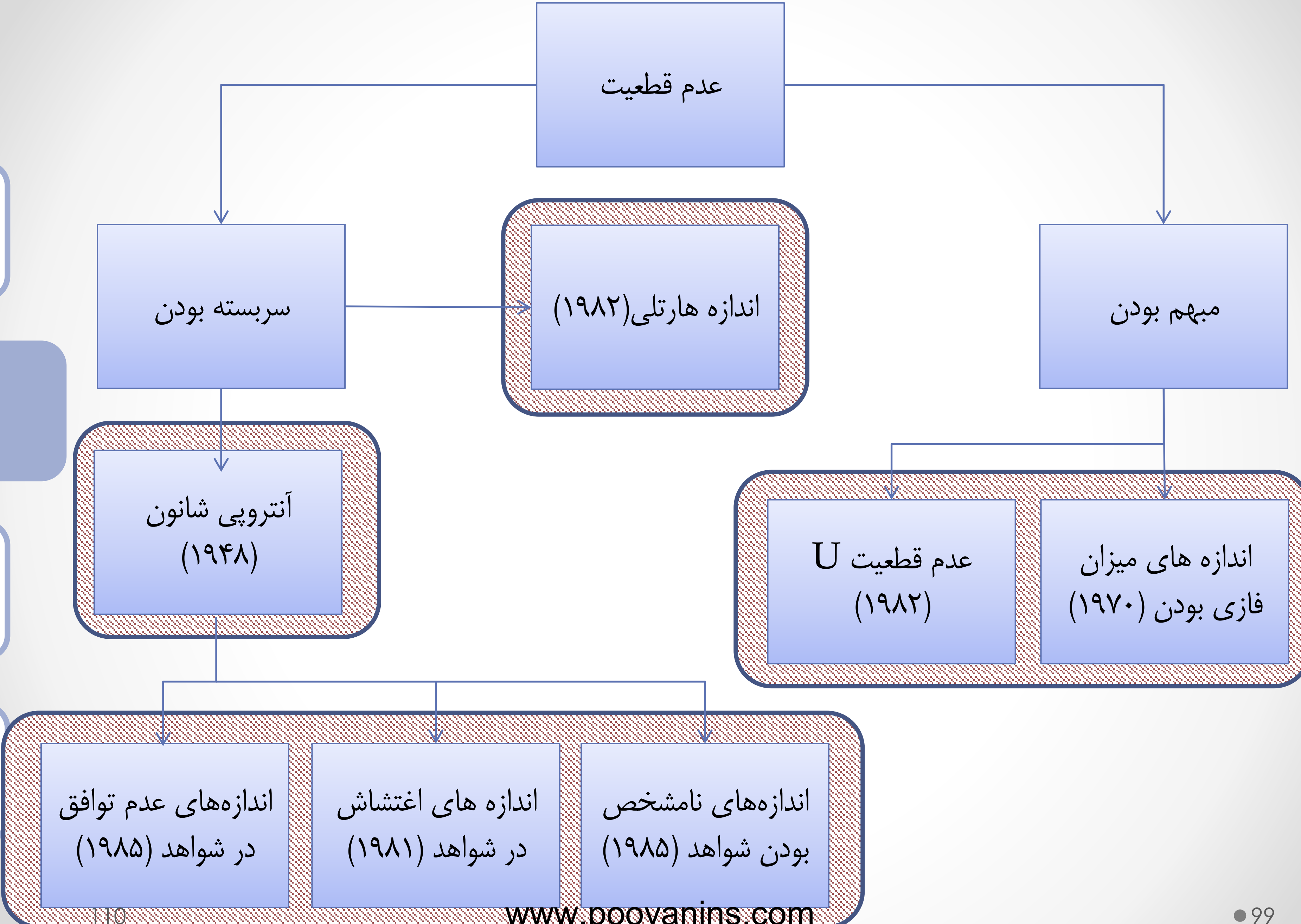
• سطوح عدم قطعیت



عدم قطعیت

- **عدم قطعیت دانش** [11]

- فعالیت های عمدی از سوی سیستم رقیب
- عدم وجود اطلاعات کافی
- عدم قطعیت ناشی از تفکرات بشر


عدم قطعیت
مبهم بودن
اندازه هارتلی(۱۹۸۲)
سربسته بودن
اندازه های میزان فازی بودن (۱۹۷۰)
عدم قطعیت U (۱۹۸۲)
آنتروپی شانون (۱۹۴۸)
اندازه‌های نامشخص بودن شواهد (۱۹۸۵)
اندازه های اغتشاش در شواهد (۱۹۸۱)
اندازه‌های عدم توافق در شواهد (۱۹۸۵)

عدم قطعیت [11]

- اندازه الزام و امکان:

- Bel (A∪ B) = min [Bel (A) , Bel (B)]
∀ A,B $\epsilon\rho(x)$

- Pl(A∩ B) = max[PL (A) , Pl (B)]
∀ A,B $\epsilon\rho(x)$

عدم قطعیت [12]

- اندازه الزام و امکان دوگان یکدیگرند

- $N(A) = 1 - \prod(A)$

- $\prod(A) = 1 - N(A)$

- مقدمه و تاریخچه
- رابطه ها و گراف های فازی
- کاربردهای تئوری فازی
- عدم قطعیت
- مجموعه های فازی
- تئوری فازی در کنترل موجودی
- اعداد فازی
- نتیجه گیری

تئوری فازی در کنترل موجودی [4]

- مشکلات موجودی در ساخت، خدمات نگهداری و عملیات تجاری شایع است. در تمامی این موارد برای فاکتورهایی اعم از تقاضا، هزینه های گونان، Lead Time و بسیاری از موارد دیگر با عدم قطعیت مواجه هستیم. در اکثر مقالات مربوطه با این عدم قطعیت به عنوان احتمالات برخورد شده و برای حل مسائل مربوطه از قوانین احتمالات کمک گرفته می شود و این در حالیست که بنا بر نظریه دکتر لطفی زاده رفتار واقعی این فاکتور ها به صورت فازی بوده و برای رسیدن به بهترین و بهینه ترین جواب بهتر است از تئوری فازی کمک بگیریم تا هر چه بیشتر مسئله را به دنیای واقعی نزدیک کنیم.

تئوری فازی در کنترل موجودی [8]

- **نگاهی به چند مدل کنترل موجودی فازی**

- لی و همکاران در سال ۱۹۹۸: مدل EPQ با پارامتر های فازی،تقاضای سالیانه و تولید در آن یک عدد فازی مثلثی بودند.
- داس و همکاران در سال ۲۰۰۴: مدل موجودی چند محصولی با پارامتر های فازی و احتمالی ،بدون کمبود.

تئوری فازی در کنترل موجودی [8]

- روی و همکاران در سال ۲۰۰۹: مدل موجودی با رویکرد تولید مجدد برای کالا های معیوب در محیط فازی،استفاده از الگوریتم ژنتیک،

- بورک و همکاران در سال ۲۰۱۲: مدل EPQ فازی با چندین قلم کالا و با نرخ تولید کراندار،دوره زمانی سفارش و تقاضا بصورت اعداد مثلثی فازی،برای حل از روش ضریب افزاینده لاگرانژ استفاده شد.

مقدمه و تاریخچه

رابطه های فازی

کاربردهای تئوری فازی

عدم قطعیت

مجموعه های فازی

تئوری فازی در کنترل موجودی

اعداد فازی

نتیجه گیری

نتیجه گیری

- منطق فازی می تواند روش متفاوتی برای کنترل یا طبقه بندی مسئله ارائه کند. این روش به جای اینکه سعی داشته باشد بفهمد سیستم چگونه کار می کند،بیشترتکیه بر چیزی دارد که سیستم باید انجام دهد حتی اگر مدلسازی ریاضیاتی سیستم امکان پذیر باشد، فرد باید بیشتر بر حل مسئله توجه داشته باشد. از طرف دیگر، روش فازی نیاز به دانش تخصصی کافی برای فرمول بندی قانون، ترکیب مجموعه ها و خارج کردن از حالت فازی دارد. عموما، برای مراحل بسیار پیچیده در زمانی که مدل ریاضیاتی ساده (مانند تبدیل مسائل) برای مراحل غیرخطی یا در زمانی که فرآیند دانش تخصصی (به صورت زبانی فرمول بندی شده) استفاده می شود، کاربرد منطق فازی می تواند مفید باشد.بر طبق مقالات ارائه شده، اگر روشهای قدیمی نتایج رضایت بخشی را به همراه دارد، اگر مدل ریاضیاتی کافی و قابل حل وجود داشته باشد و یا اگر مسئله غیر قابل حل است، کاربرد منطق فازی قابل توصیه نمی شود .

منابع

1. علم مدیریت فازی،عادل آذر ،حجت فرجی، مرکز مطالعات بهرهوری ایران، ۱۳۸۱
2. مباحث نوین در تحقیق عملیات،دکتر منصور مومنی،چاپ دوم ۱۳۸۷،موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه تهران
3. نظریه های فازی،بارت کاسکو، ۱۳۸۰انتشارات دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی
4. ارائه یک مدل موجودی جدید EPQچند کالایی با تقاضای فازی تصادفی،ابوافضل کاظمی،محمد رضا ملکیان، ۱۳۹۱
5. Lotfi A. Zadeh Probability Theory and Fuzzy Logic, 2002

- 6-zadeh L.A fuzzy sets,information and control 1965
- 7-kasko B.fuzzy,fuzzy thinking:the new science of fuzzy logic,newyork 1993
- 8-International Journal of Production Economics Volume 113 issue 2 2008 G. Yazgı Tütüncü; Onur Aköz; Ayşen Apaydın; Dobrila Petro -- Continuous review inventory control in the presence
- 9-zadeh L.A Fuzzy sets,1945
- 10- NRC (2000), National Research Council (US), 'Risk analysis and Uncertainty in Flood Reduction Studies'. National Academic Press

- 11 Ivanov D, Sokolov B, (2009), Adaptive Supply Chain Management, Springer
- -12 Liu B. (2009), Some Research Problems in Uncertainty Theory, Journal of Uncertain Systems, Vol.3, No.1, pp.3-10.