

# فصل هفتم

سیستم خبره فازی

Fuzzy Expert System

# Fuzzy Expert System

- Classical Set

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

- Fuzzy Set

$$\mu_A(x) : X \rightarrow [0, 1],$$

where

$\mu_A(x) = 1$  if  $x$  is totally in  $A$ ;

$\mu_A(x) = 0$  if  $x$  is not in  $A$ ;

$0 < \mu_A(x) < 1$  if  $x$  is partly in  $A$ .

# سیستم های خبره فازی

سیستم های خبره فازی نوعی از سیستم های خبره هستند که در آنها به جای استفاده از منطق دو ارزشی از **منطق فازی** استفاده می کند.

سیستم های خبره فازی مجموعه ای از توابع عضویت و قوانین را شامل میشوند که مجموعاً برای استدلال استفاده می شوند .

این سیستم های مبتنی بردانش یا قواعد میباشند.

قلب یک سیستم فازی یک پایگاه دانش بوده که از قواعد **اگر-آنگاه** فازی تشکیل شده است.

.

# اجزای سیستم های خبره فازی

- یک مجموعه قوانین به صورت (if.....then...)
- یک بدنه از حقایق (شامل توابع عضویت و مجموعه های فازی)
- یک موتور استنتاج (که از طریق کاربرد قوانین به حقایق دست می یابد)

اگر سرعت ماشین بالا برود، آنگاه نیروی کمتری به پدال گاز وارد کنید. اگر سرعت متوسط است نیروی متعادلی وارد کنید و اگر سرعت کم است نیروی بیشتری وارد کنید.

کلمات کم، زیاد، متوسط، متعادل به صورت یک طیف تعریف می‌شوند:

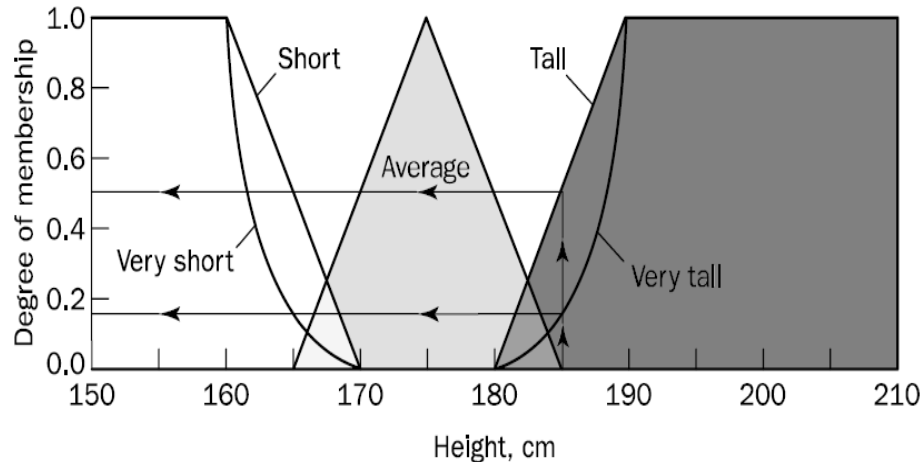
مثلا کم یعنی از صفر تا بیست، زیاد یعنی از هفتاد تا صد و متوسط یعنی از سی تا هفتاد که نقطه ثقل آن پنجاه است.

ما در واقع رفتار رانندگان را شبیه سازی می کنیم بدین معنی که قواعدی که راننده در حین حرکت استفاده می کند را به کنترل کننده خودکار تبدیل می نماییم.

**سیستم‌های فازی، مدل‌سازی در قالب کلمات هستند**

سیستم‌های فازی بر اساس تعیین موقعیت‌هایی که در نوسان هستند و درجات و مراتب آنها، استراتژی مناسبی را برای عملکرد سیستم انتخاب می‌کنند.

در سیستم‌های فازی طیفی از استراتژیها باید تعریف و تعیین شود که هر کدام برای تاثیر گذاری در چه محدوده‌های مناسب میباشند.

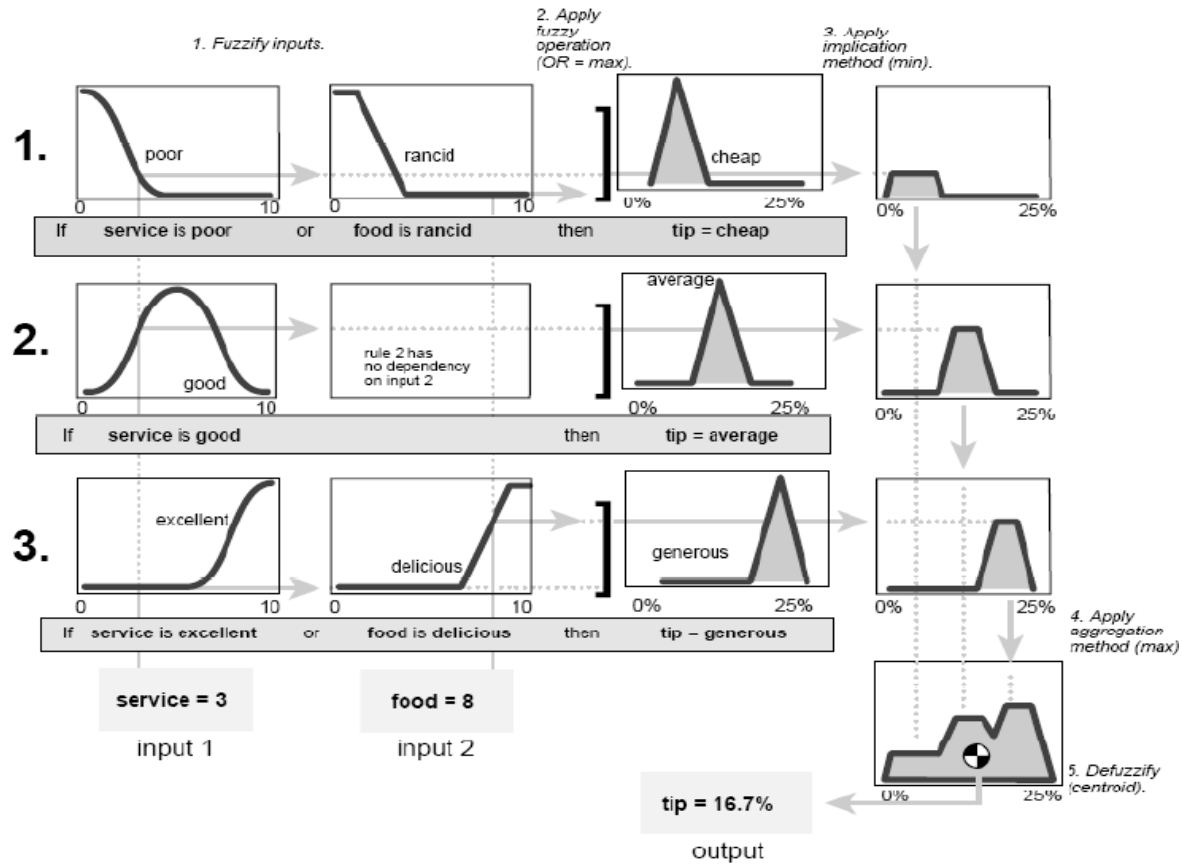
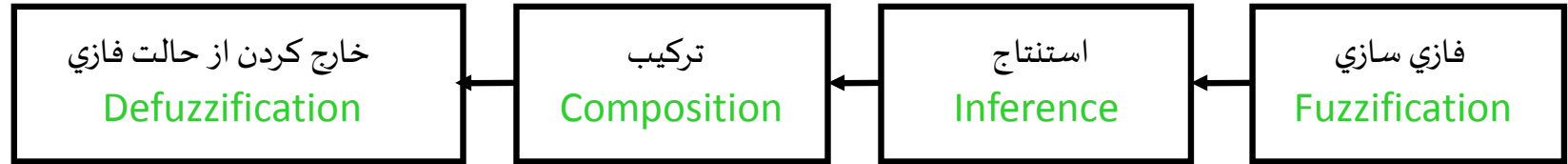


سیستم های خبره فازی علاوه بر پرداختن به عدم قطعیت قادرند استدلال عقل سلیم ویا استدلال عامه فهم را مدل بندی نمایند که انجام ان برای سیستم های معمولی بسیار دشوار است.

چگونگی اعمال متقابل و نحوه عملکرد حوادث پیچیده را پیش بینی کنیم.

بطور خلاصه نقطه شروع ساخت یک سیستم فازی بدست آوردن مجموعه ای از قواعد اگر - آنگاه فازی از دانش افراد خبره یا دانش حوزه مورد بررسی می باشد .

مرحله بعدی ترکیب این قواعد در یک سیستم واحد است.



## انواع سیستم فازی:

- ۱) سیستم های فازی خالص
- ۲) سیستم های فازی تاکاگی-سوگنو و کانگ (tsk)
- ۳) سیستم های با فازی ساز و غیر فازی ساز

## سیستم های فازی خالص

پایگاه قواعد فازی مجموعه ای از قواعد اگر-آنگاه فازی را نشان می دهد. موتور استنتاج فازی این قواعد را به یک نگاشت از مجموعه های فازی در فضای ورودی به مجموعه های فازی در فضای خروجی بر اساس اصول منطق فازی ترکیب می کند .

## مشکلات عمده سیستم فازی خالص

مشکل اصلی در رابطه با سیستم های فازی خالص این است که ورودی ها و خروجی های آن مجموعه های فازی می باشند (واژه هایی در زبان طبیعی).

## سیستم های فازی تاکاگی - سوگنو و کانگ (tsk)

برای حل این مشکل تاکاگی سوگنو و کانگ نوع دیگری سیستم های فازی معرفی کرده اند که ورودی ها و خروجی های آن متغیرهایی با مقادیر واقعی هستند.

به عنوان مثال:

- اگر سرعت اتومبیل ( $X$ ) بالاست انگاه نیروی وارد بر پدال گاز برابر است با  $Y=CX$

## مشکلات عمده سیستم فازی TSK

(۱) بخش آنگاه قاعده یک فرمول ریاضی بوده و بنابراین چارچوبی را برای نمایش دانش بشری فراهم نمی کند .

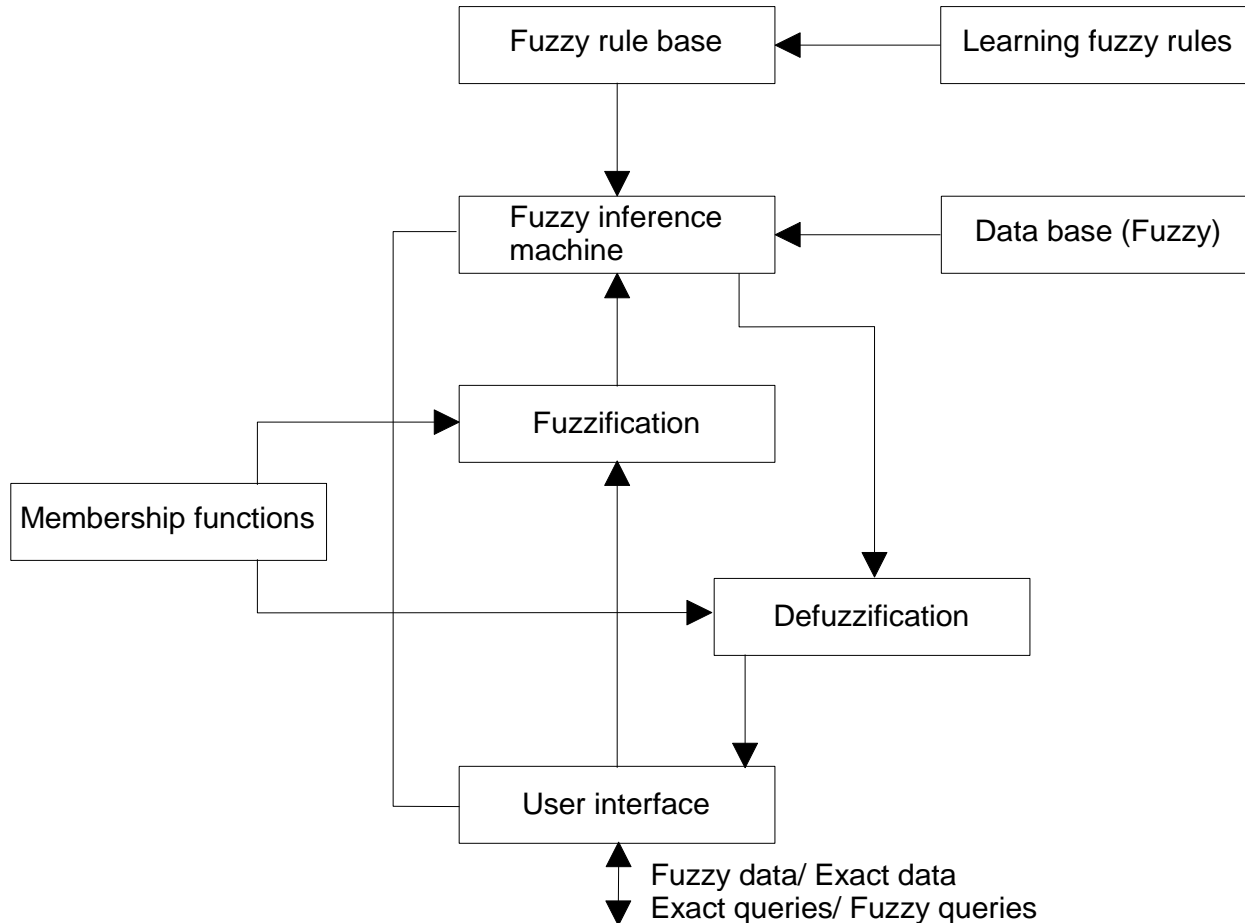
(۲) این سیستم دست ما را برای اعمال اصول مختلف منطق فازی باز نمی گذارد و در نتیجه انعطاف پذیری سیستم های فازی در این ساختار وجود ندارد.

## سیستم های با فازی ساز و غیر فازی ساز

در این روش به منظور استفاده از سیستم های فازی خالص در سیستم های مهندسی یک روش ساده اضافه کردن یک فازی ساز در ورودی است که متغیرهایی با مقادیر حقیقی را به یک مجموعه فازی تبدیل کرده و یک غیر فازی ساز، که یک مجموعه فازی را به یک متغیر با مقدار حقیقی در خروجی تبدیل می کند می باشد.



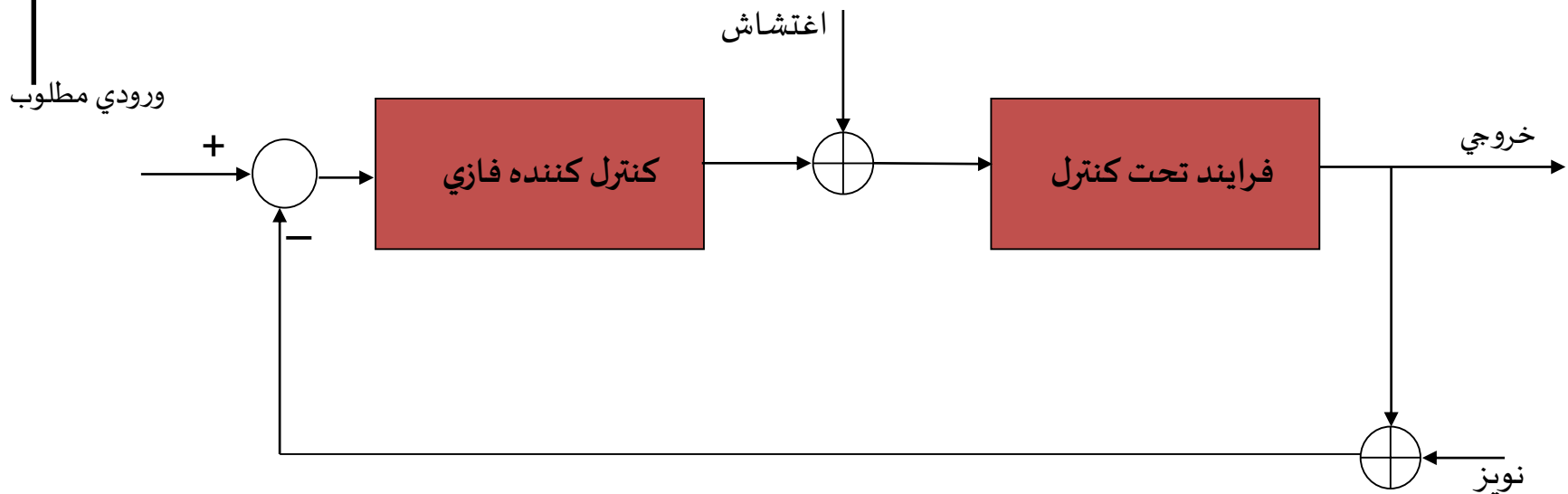
# سیستم های با فازی ساز و خیر فازی ساز



# کاربرد سیستم فازی در کنترل

# کنترل کننده فازی

وقتي سيستم فازی به عنوان کنترل کننده مورد استفاده قرار می گیرد، به آن کنترل کننده فازی اطلاق می شود.  
مسئله کنترل را می توان با توجه به دیاگرام جعبه ای زیر تعریف کرد:

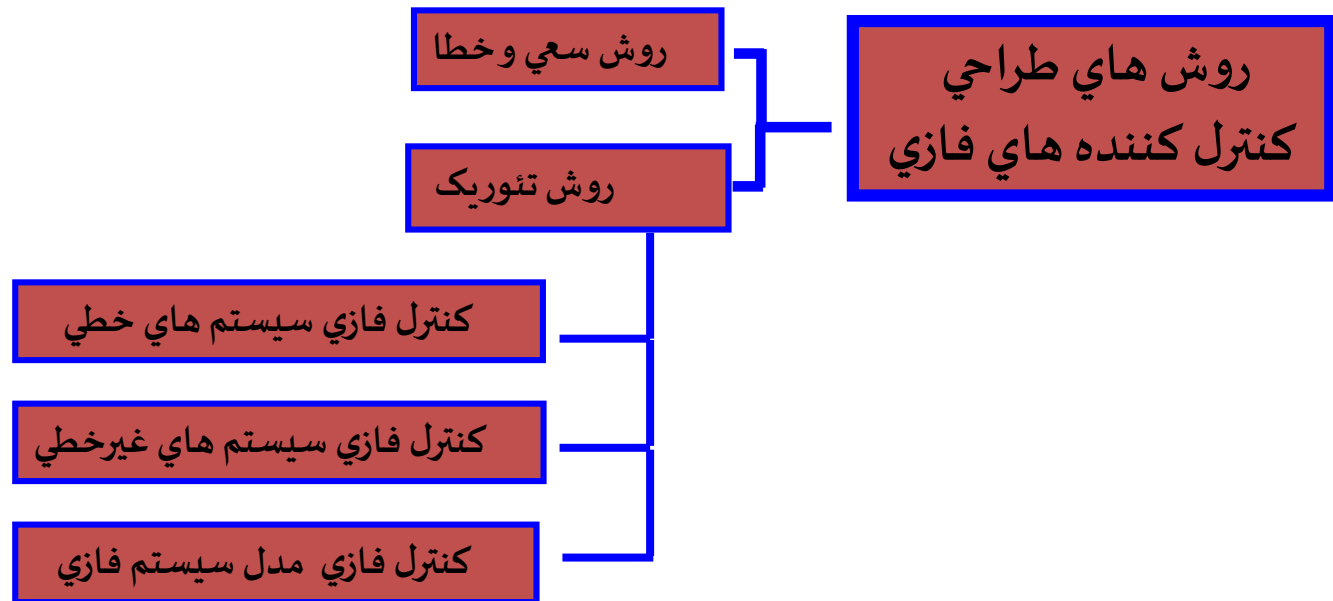


# کنترل کننده فازی

مسئله کنترل عبارت است از طراحی کنترل کننده فازی به طوری که اهداف کنترل به صورت مطلوب برقرار باشد. این اهداف عبارت است از:

- 1- خوب بودن تعقیب
- 2- کم بودن اثر نویز و اغتشاش در خروجی
- 3- کم بودن حساسیت خروجی به تغییرات فرایند تحت کنترل
- 4- پایدار بودن سیستم تحت شرایط مختلف

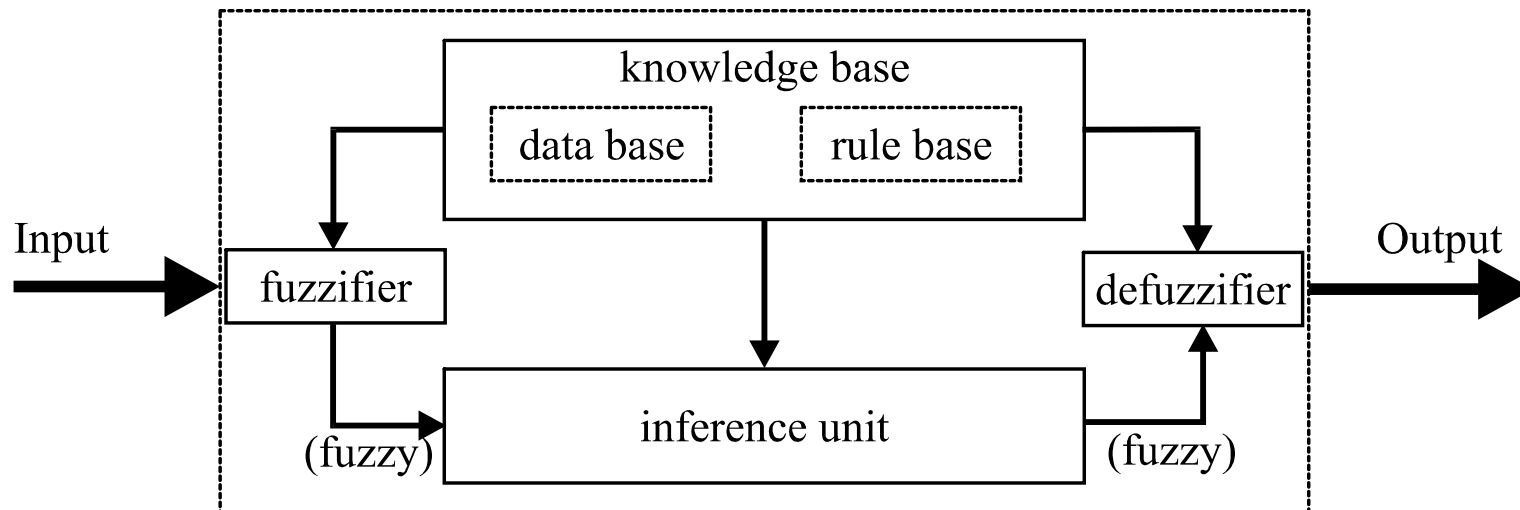
# کنترل کننده فازی



## چرا کنترل فازی؟

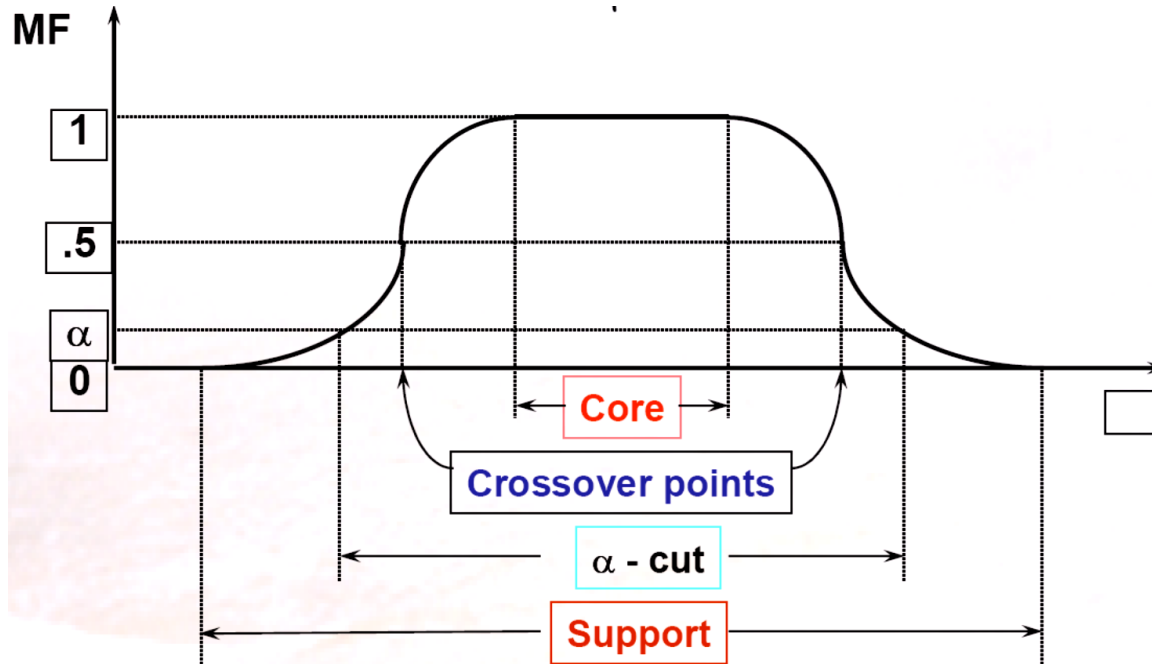
- عدم نیاز به مقادیر دقیق پارامترهای سیستم تحت کنترل
- سهولت در پیاده سازی کنترل کننده
- کاهش حجم محاسبات
- تسریع در زمان پاسخ
- انعطاف پذیری کنترل کننده
- طبیعت مقاوم کنترل کننده فازی
- کاربردهای صنعتی و آزمایشگاهی موفقیت آمیز

# ساختار کنترل کننده فازی



اجزای تشکیل دهنده کنترل کننده فازی به صورت زیر است:

- 1- فازی ساز
- 2- نافازی ساز
- 3- پایگاه قواعد و پایگاه داده ها
- 4- واحد استنتاج



هسته

ارتفاع مجموعه

نقطه گذر (معتبر)

تکیه گاه

مجموعه تهی

مجموعه تام

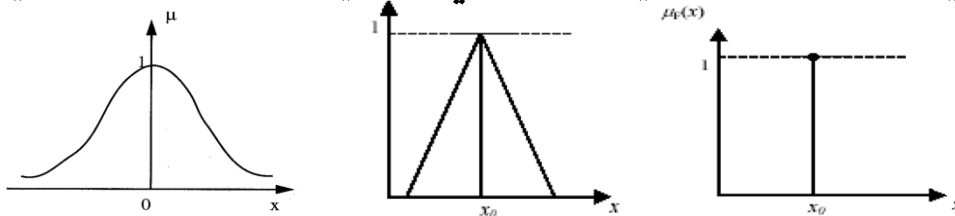
# ساختار کنترل کننده فازی

فازی ساز: نگاهی از یک نقطه به یک مجموعه فازی

معیارهای طراحی فازی ساز:

- 1- مجموعه فازی حداقل در یک نقطه، مقدار تعلق بزرگی داشته باشد
- 2- اگر ورودی سیستم به وسیله نویز خراب شود، فازی ساز باید بتواند تاثیر نویز را کاهش داده و یا حذف کند.
- 3- در ساده کردن محاسبات مربوط موتور استنتاج نقش داشته باشد.

انواع فازی سازها: فازی ساز منفرد، فازی ساز مثلثی، فازی ساز گوسین، فازی ساز دوزنقه ای



# ساختار کنترل کننده فازی

نافازی ساز: نگاشتی از مجموعه فازی به یک نقطه قطعی. وظیفه نافازی ساز مشخص کردن نقطه ای است که بهترین نماینده مجموعه فازی خروجی باشد.

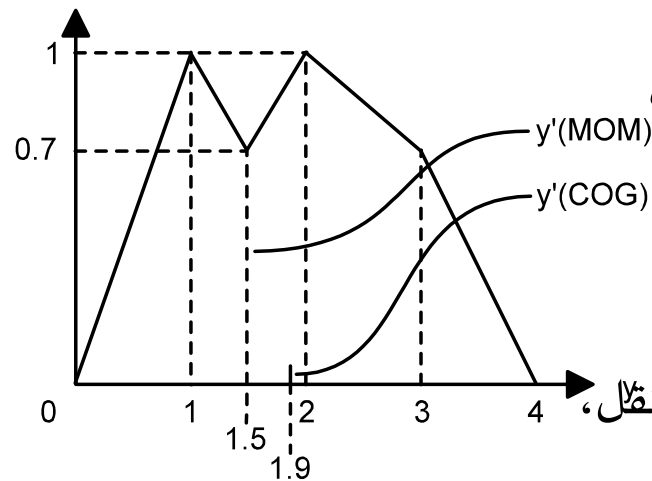
## معیارهای طراحی نافازی ساز:

1- نقطه قطعی یا باید با درجه بالا به مجموعه فازی تعلق داشته باشد و یا در وسط مجموعه فازی قرار داشته باشد.

2- تغییرات کوچک در مجموعه فازی خروجی نبایستی به تغییرات

بزرگی در نقطه قطعی منجر شود..

3- در ساده کردن محاسبات نقش داشته باشد.



انواع نافازی سازها: نافازی سازمانگین مراکز، نافازی ساز مرکز ثقل،

نافازی ساز ماکزیمم

$$y'(\text{COG}) = \frac{(0 \times 0) + (1 \times 1) + (1 \times 2) + (0.7 \times 3)}{1 + 1 + 0.7} \approx 1.9$$

$$y'(\text{MOM}) = \frac{1+2}{2} = 1.5$$

Center of gravity method (COG), and the mean of maxima method (MOM)

# ساختار کنترل کننده فازی

پایگاه قواعد فازی: پایگاه قواعد فازی از مجموعه قواعد اگر-آنگاه فازی تشکیل شده است. این بخش قلب سیستم فازی محسوب می شود. پایگاه قواعد فازی شامل قواعدی به صورت زیر است:

Rule i: IF  $x_1$  is  $A_1$  AND ....  $x_n$  is  $B_n$  THEN  $y$  is  $C_i$

پایگاه داده ها: شامل اطلاعاتی درباره شکل توابع عضویت سیستم های فازی مورد استفاده در قواعد فازی و دامنه متغیرهای فازی است

# ساختار کنترل کننده فازی

موتور استنتاج فازی: موتور استنتاج قواعد موجود در پایگاه قواعد را با هم ترکیب می کند. از آنجا که پایگاه قواعد فازی شامل قواعد اگر و آنگاه زیادی است، بایستی بتوان از روی مجموعه قواعد، یک مجموعه فازی را نتیجه گیری کرد. برای این منظور از دو روش استفاده میشود.

1- استنتاج مبتنی بر ترکیب قواعد

2- استنتاج مبتنی بر قواعد جداگانه

با توجه به تعدد استلزام ها، عملگرهای مختلف برای  $t$ -norm و  $s$ -norm و دو نوع استنتاج فوق، انتخاب های متعددی برای موتور استنتاج فازی وجود دارد. نمونه ای از این موتور های استنتاج عبارت است: موتور استنتاج حاصل ضرب، موتور استنتاج مینیمم، موتور استنتاج لوکاشیویکز، موتور استنتاج زاده، موتور استنتاج دنیس رشن

# سیستم خبره فازی

## موارد استفاده از منطق فازی در سیستم های فازی:

- تعریف معیارها و اهداف
- تعیین روابط ورودی و خروجی
- استفاده از ساختار مبتنی بر قاعده منطق فازی و شکستن مساله به یک سری قواعد IF-Then
- ساخت توابع عضویتی که معنی(مقدار) عبارات ورودی/خروجی استفاده شده در قواعد تعریف می کند
- ساخت قواعد ضروری
- آزمایش سیستم، ارزیابی نتایج، تنظیم قواعد و توابع عضویت و آزمایش مجدد تا زمانیکه نتایج رضایت بخشی بدست آید.

# سیستم خبره فازی

- منطق فازی روش فکرکردن افراد را منعکس می کند.
- منطق فازی تلاش می کند تا روش تصمیم گیری انسان را مدل سازی کند.
- منطق فازی منجر به سیستمی جدید، انسانی تر و هوشمند می شود.

# کاربرد سیستم خبره فازی

- شناسایی الگو
- سیستمهای مالی
- تحلیل داده
- و....

## ساخت یک سیستم خبره فازی : مطالعه موردی

- یک مرکز سرویس بخشهای یدکی را نگه می دارد و بخشهای خراب را تعمیر می کند.
- مشتری موارد خراب را به مرکز تحویل می دهد و معادل سالم آن را تحویل می گیرد.
- بخشهای خراب تعمیر می شوند و در دسته موارد یدکی قرار می گیرند.
- در اینجا، هدف، پیشنهاد مدیری برای مرکز سرویس است که با سیاستهای تصمیم گیری مشخص، رضایت مشتریان را جلب کند.

## ساخت یک سیستم خبره فازی : مطالعه موردی

- یک مرکز سرویس بخشهای یدکی را نگه می دارد و بخشهای خراب را تعمیر می کند.
- مشتری موارد خراب را به مرکز تحویل می دهد و معادل سالم آن را تحویل می گیرد.
- بخشهای خراب تعمیر می شوند و در دسته موارد بدکی قرار می گیرند.
- در اینجا، هدف، پیشنهاد مدیری برای مرکز سرویس است که با سیاستهای تصمیم گیری مشخص، رضایت مشتریان را جلب کند.

# فرآیند ایجاد یک سیستم خبره فازی

1. مشخص کردن مساله و تعریف متغیرهای زبانی
2. تعیین مجموعه های فازی
3. اکتساب و ساخت قواعد فازی
4. کدگذاری مجموعه های فازی، قواعد فازی و روالها برای انجام استنتاج فازی به سیستم خبره
5. ارزیابی و میزان کردن سیستم

# فرآیند ایجاد یک سیستم خبره فازی

1. مشخص کردن مساله و تعریف متغیرهای زبانی

چهار نوع متغیر زبانی پایه وجود دارد:

- زمان متوسط انتظار (میانگین تاخیر)  $m$
- فاکتور بهره برداری تعمیر از مرکز سرویس  $\rho$
- تعداد سرویس دهنده ها  $S$
- تعداد اولیه بخشهای یدکی  $n$

## متغیرهای زبانی و محدوده آنها

Linguistic Variable: <i>Mean Delay, m</i>		
Linguistic Value	Notation	Numerical Range (normalised)
Very Short	VS	[0, 0.3]
Short	S	[0.1, 0.5]
Medium	M	[0.4, 0.7]
Linguistic Variable: <i>Number of Servers, s</i>		
Linguistic Value	Notation	Numerical Range (normalised)
Small	S	[0, 0.35]
Medium	M	[0.30, 0.70]
Large	L	[0.60, 1]
Linguistic Variable: <i>Repair Utilisation Factor, ρ</i>		
Linguistic Value	Notation	Numerical Range
Low	L	[0, 0.6]
Medium	M	[0.4, 0.8]
High	H	[0.6, 1]
Linguistic Variable: <i>Number of Spares, n</i>		
Linguistic Value	Notation	Numerical Range (normalised)
Very Small	VS	[0, 0.30]
Small	S	[0, 0.40]
Rather Small	RS	[0.25, 0.45]
Medium	M	[0.30, 0.70]
Rather Large	RL	[0.55, 0.75]
Large	L	[0.60, 1]
Very Large	VL	[0.70, 1]



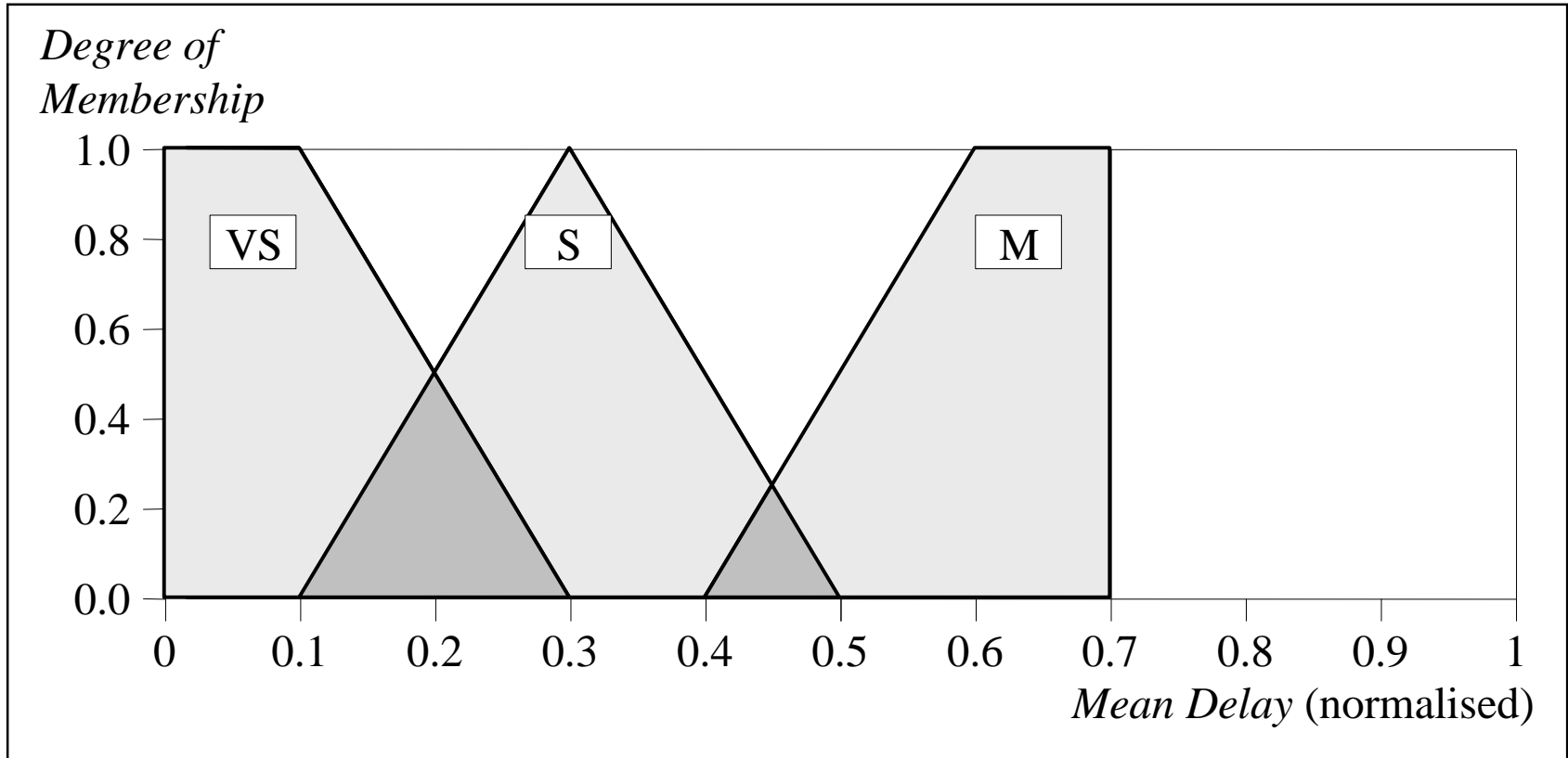
# فرآیند ایجاد یک سیستم خبره فازی

1. مشخص کردن مساله و تعریف متغیرهای زبانی

2. تعیین مجموعه های فازی

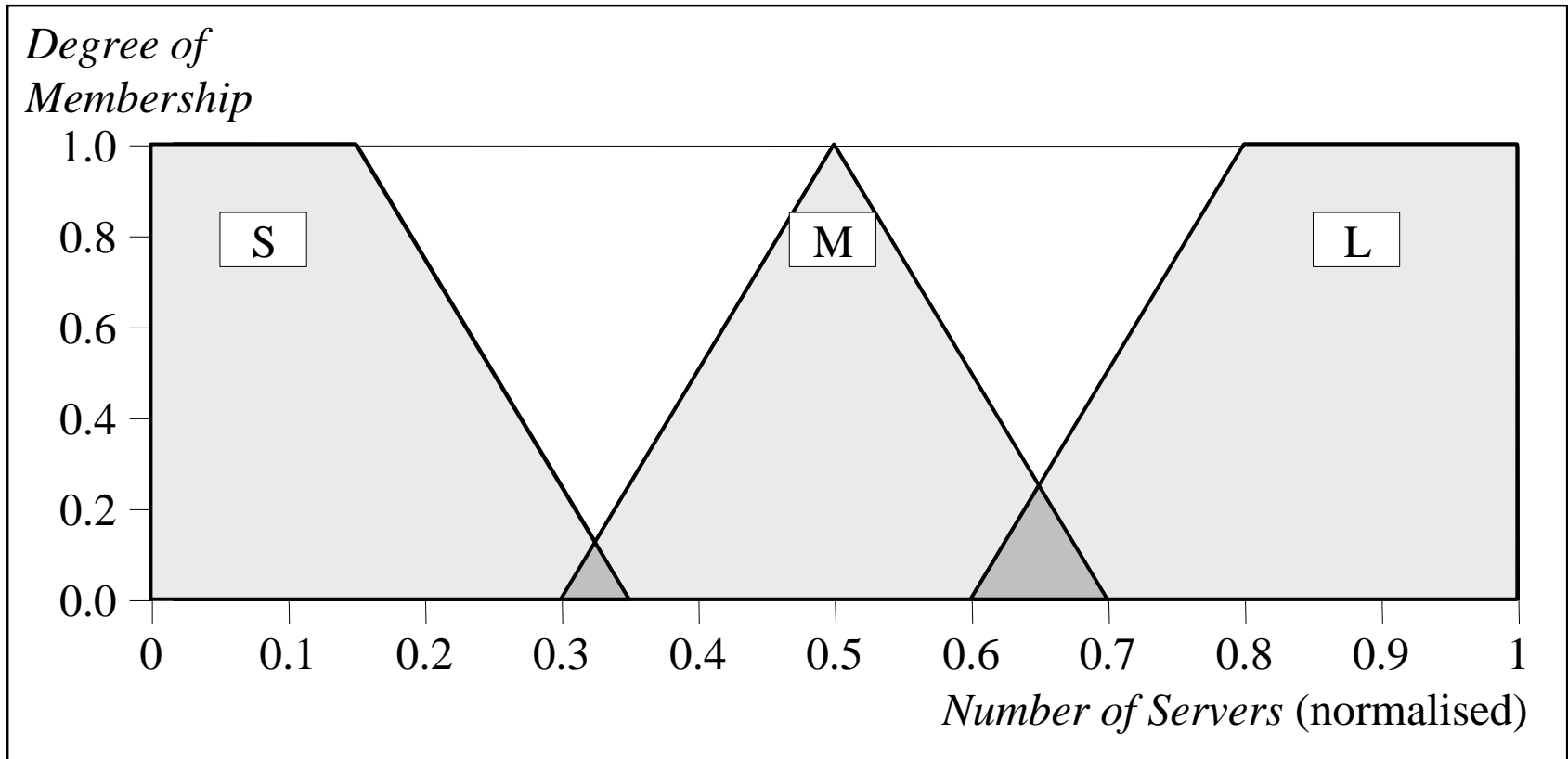
مجموعه های فازی اشکال متنوعی دارند. با این حال شکل مثلثی یا دوزنقه ای می تواند نمایش مناسبی از دانش خبره را فراهم کند و همزمان فرآیند محاسبات را ساده سازد

# مجموعه فازی میانگین تاخیر $m$



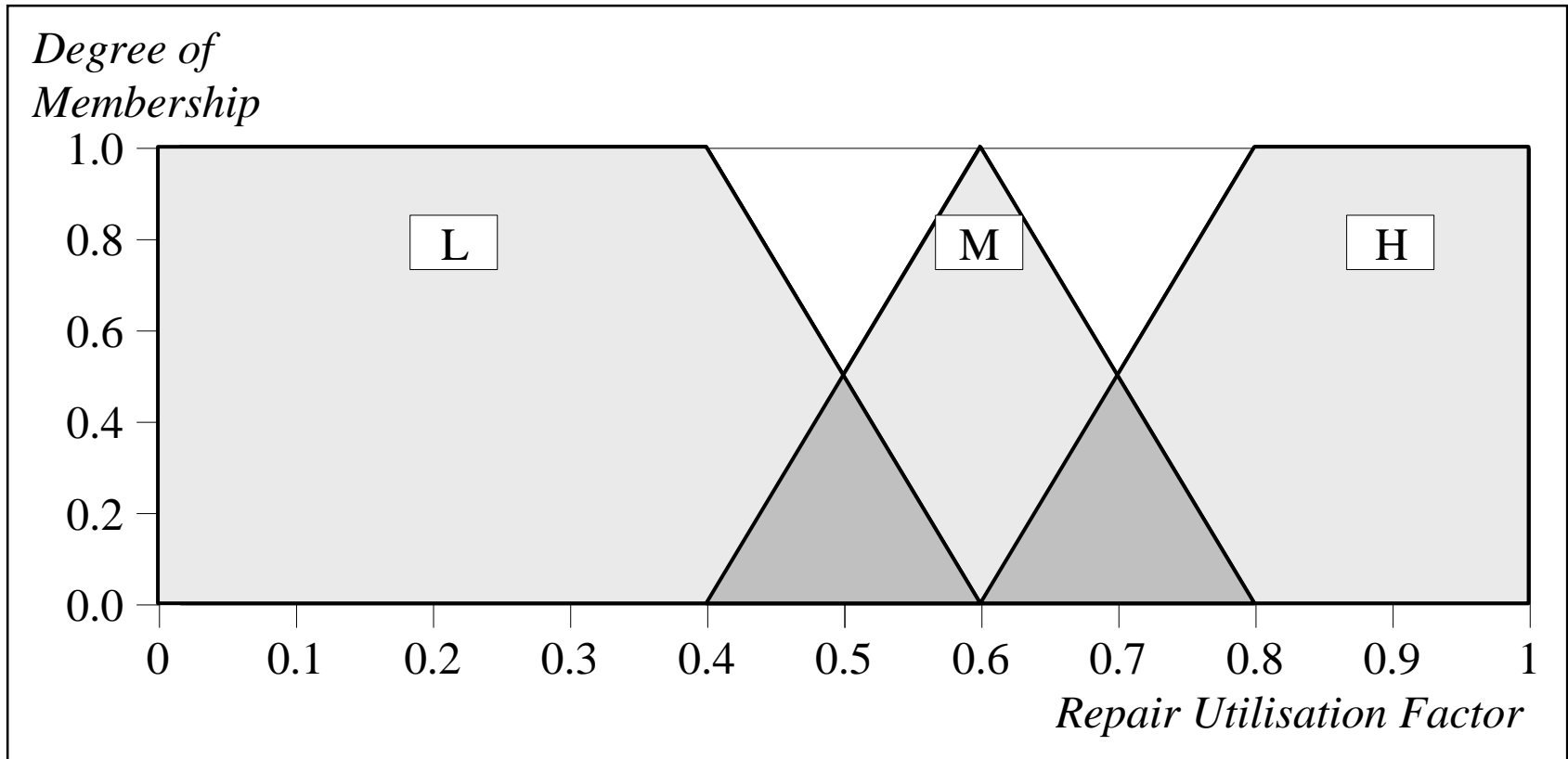
Linguistic Variable: <i>Mean Delay, m</i>		
Linguistic Value	Notation	Numerical Range (normalised)
Very Short	VS	[0, 0.3]
Short	S	[0.1, 0.5]
Medium	M	[0.4, 0.7]

# مجموعه فازی تعداد سرورس دهنده هاي $s$



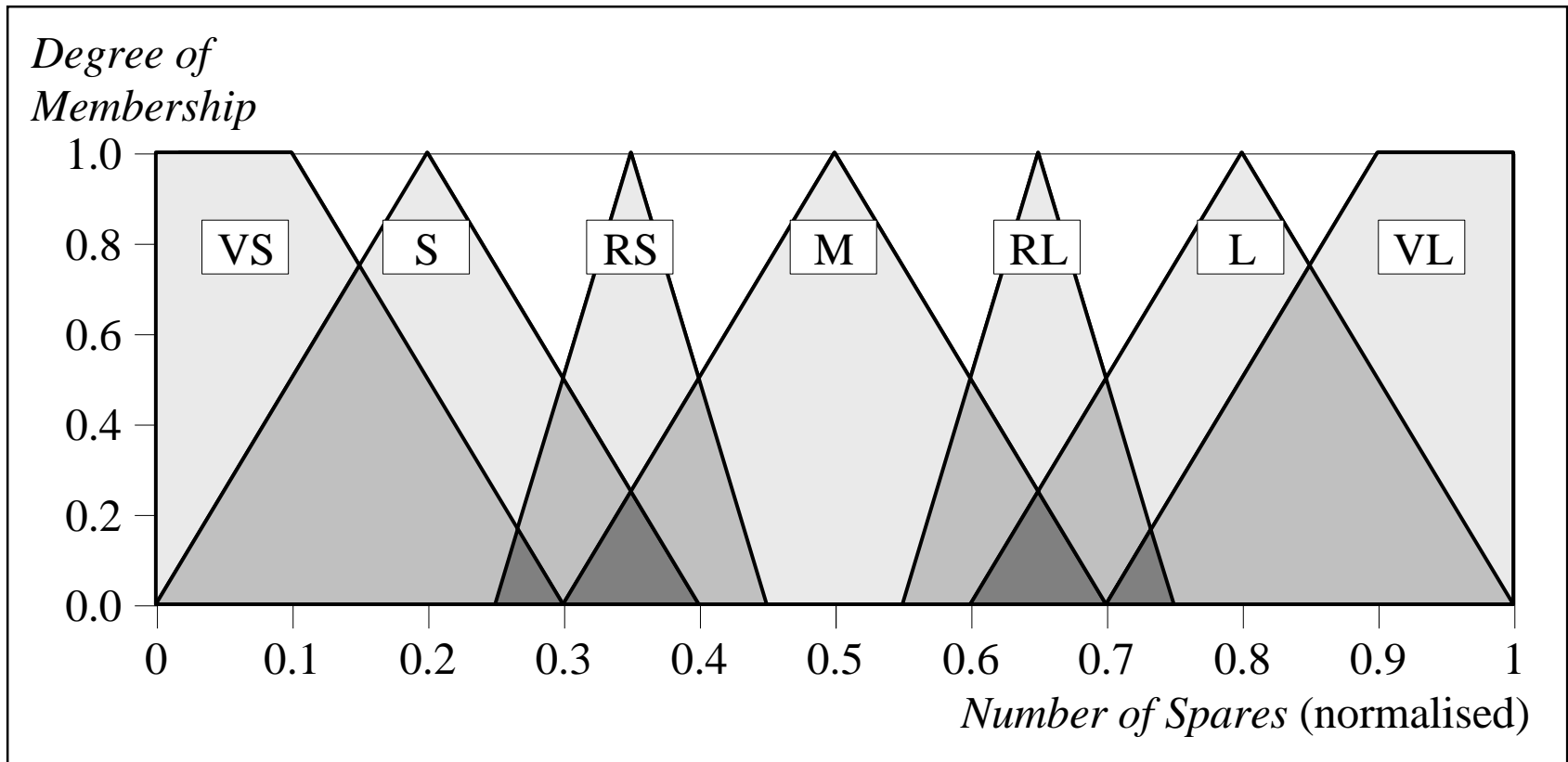
Linguistic Variable: <i>Number of Servers, s</i>		
Linguistic Value	Notation	Numerical Range (normalised)
Small	S	[0, 0.35]
Medium	M	[0.30, 0.70]
Large	L	[0.60, 1]

# مجموعه فازی فاکتور بهره برداری تعمیر $\rho$



Linguistic Variable: <i>Repair Utilisation Factor, <math>\rho</math></i>		
Linguistic Value	Notation	Numerical Range
Low	L	[0, 0.6]
Medium	M	[0.4, 0.8]
High	H	[0.6, 1]

# مجموعه فازی تعداد یدک ها $n$



Linguistic Variable: <i>Number of Spares, n</i>		
Linguistic Value	Notation	Numerical Range (normalised)
Very Small	VS	[0, 0.30]
Small	S	[0, 0.40]
Rather Small	RS	[0.25, 0.45]
Medium	M	[0.30, 0.70]
Rather Large	RL	[0.55, 0.75]
Large	L	[0.60, 1]
Very Large	VL	[0.70, 1]

# فرآیند ایجاد یک سیستم خبره فازی

1. مشخص کردن مساله و تعریف متغیرهای زبانی

2. تعیین مجموعه های فازی

3. اکتساب و ساخت قواعد فازی

از فرد خبره می پرسیم چگونه با استفاده از متغیرهای زبانی فازی تعریف شده در قبل، مساله را حل می کند.

همچنین دانش مورد نیاز از منابع دیگر نظیر کتابها، پایگاه داده های کامپیوتری، دیاگرامها و رفتار انسانی مشاهده شده جمع آوری شود.

# جدول قاعده

Rule	<i>m</i>	<i>s</i>	$\rho$	<i>n</i>	Rule	<i>m</i>	<i>s</i>	$\rho$	<i>n</i>	Rule	<i>m</i>	<i>s</i>	$\rho$	<i>n</i>
1	VS	S	L	VS	10	VS	S	M	S	19	VS	S	H	VL
2	S	S	L	VS	11	S	S	M	VS	20	S	S	H	L
3	M	S	L	VS	12	M	S	M	VS	21	M	S	H	M
4	VS	M	L	VS	13	VS	M	M	RS	22	VS	M	H	M
5	S	M	L	VS	14	S	M	M	S	23	S	M	H	M
6	M	M	L	VS	15	M	M	M	VS	24	M	M	H	S
7	VS	L	L	S	16	VS	L	M	M	25	VS	L	H	RL
8	S	L	L	S	17	S	L	M	RS	26	S	L	H	M
9	M	L	L	VS	18	M	L	M	S	27	M	L	H	RS

# پایگاه قاعده 1

1. If (utilisation\_factor is L) then (number\_of\_spare is S)
2. If (utilisation\_factor is M) then (number\_of\_spare is M)
3. If (utilisation\_factor is H) then (number\_of\_spare is L)
4. If (mean\_delay is VS) and (number\_of\_servers is S) then (number\_of\_spare is VL)
5. If (mean\_delay is S) and (number\_of\_servers is S) then (number\_of\_spare is L)
6. If (mean\_delay is M) and (number\_of\_servers is S) then (number\_of\_spare is M)
7. If (mean\_delay is VS) and (number\_of\_servers is M) then (number\_of\_spare is RL)
8. If (mean\_delay is S) and (number\_of\_servers is M) then (number\_of\_spare is RS)
9. If (mean\_delay is M) and (number\_of\_servers is M) then (number\_of\_spare is S)
10. If (mean\_delay is VS) and (number\_of\_servers is L) then (number\_of\_spare is M)
11. If (mean\_delay is S) and (number\_of\_servers is L) then (number\_of\_spare is S)
12. If (mean\_delay is M) and (number\_of\_servers is L) then (number\_of\_spare is VS)

# فرآیند ایجاد یک سیستم خبره فازی

1. مشخص کردن مساله و تعریف متغیرهای زبانی

2. تعیین مجموعه های فازی

3. اکتساب و ساخت قواعد فازی

4. کد کردن مجموعه های فازی، قواعد فازی و روالها برای انجام استنتاج فازی به

سیستم خبره

دو انتخاب داریم:

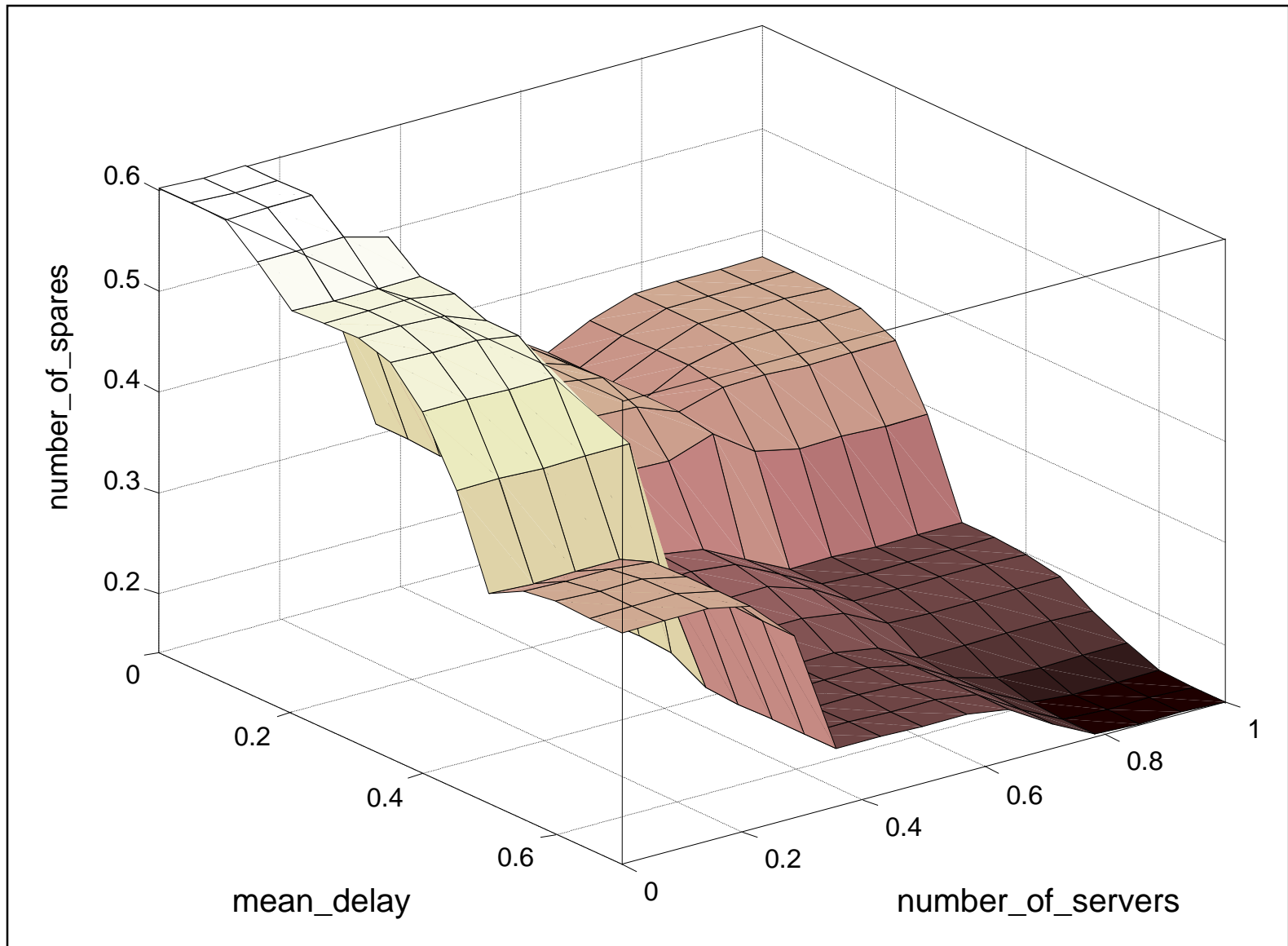
– ساخت سیستم با زبان برنامه نویسی **C/C++**، پاسکال و غیره

– بکارگیری ابزار توسعه منطق فازی نظیر **MATLAB Fuzzy Logic Toolbox** یا **Fuzzy Knowledge Builder**

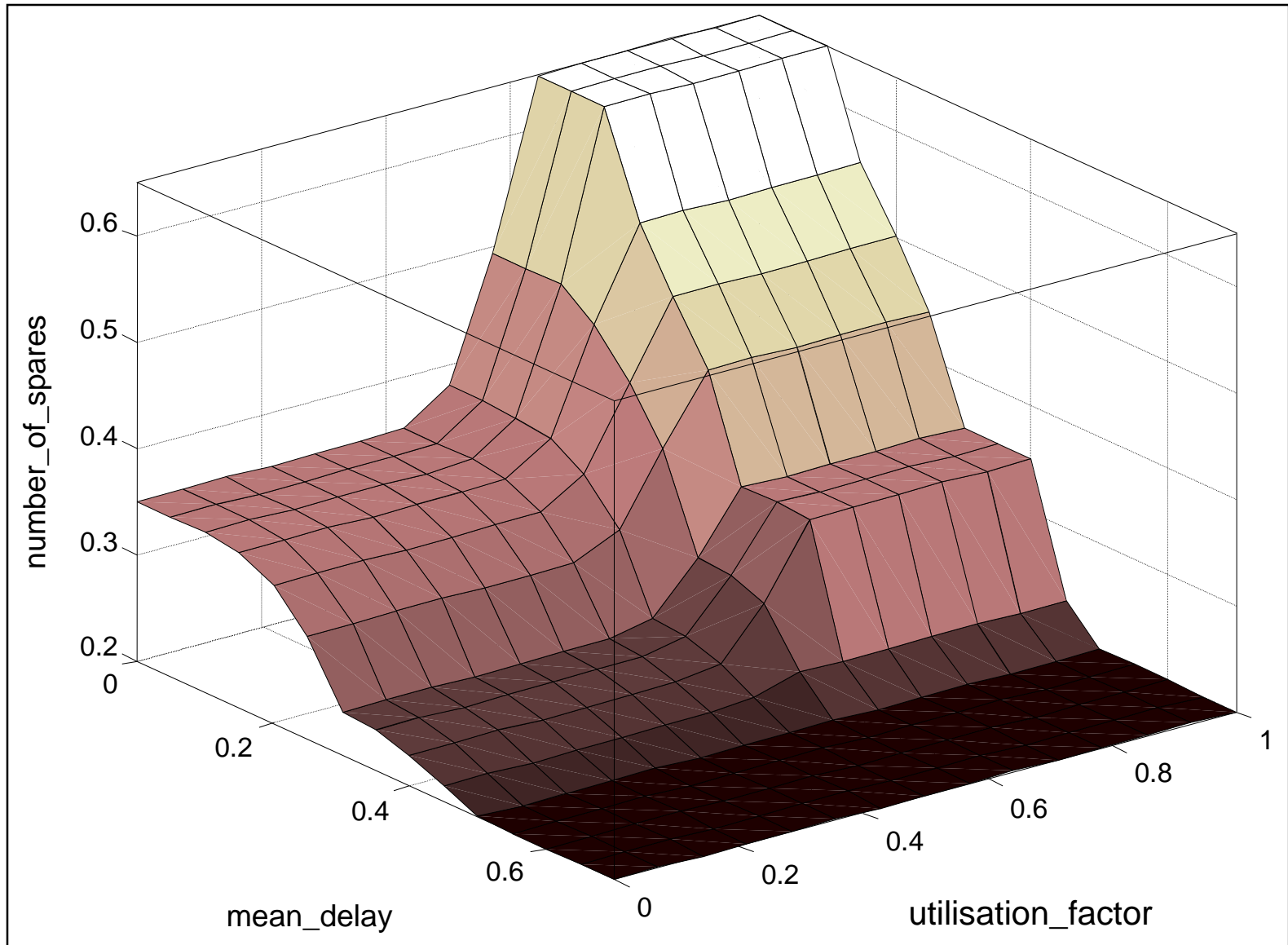
# فرآیند ایجاد یک سیستم خبره فازی

1. مشخص کردن مساله و تعریف متغیرهای زبانی
2. تعیین مجموعه های فازی
3. اکتساب و ساخت قواعد فازی
4. کد کردن مجموعه های فازی، قواعد فازی و روالها برای انجام استنتاج فازی به سیستم خبره
5. ارزیابی و میزان سازی سیستم  
سخت ترین مرحله است که بررسی می شود آیا سیستم، احتیاجات مطرح شده در شروع کار را برآورده می کند؟  
شرایط متعدد آزمایش، بستگی به مقادیر متغیرهای زبانی سیستم دارد.  
Fuzzy Logic Toolbox، فضایی را می سازد که به ما در تحلیل کارایی سیستم کمک می کند.

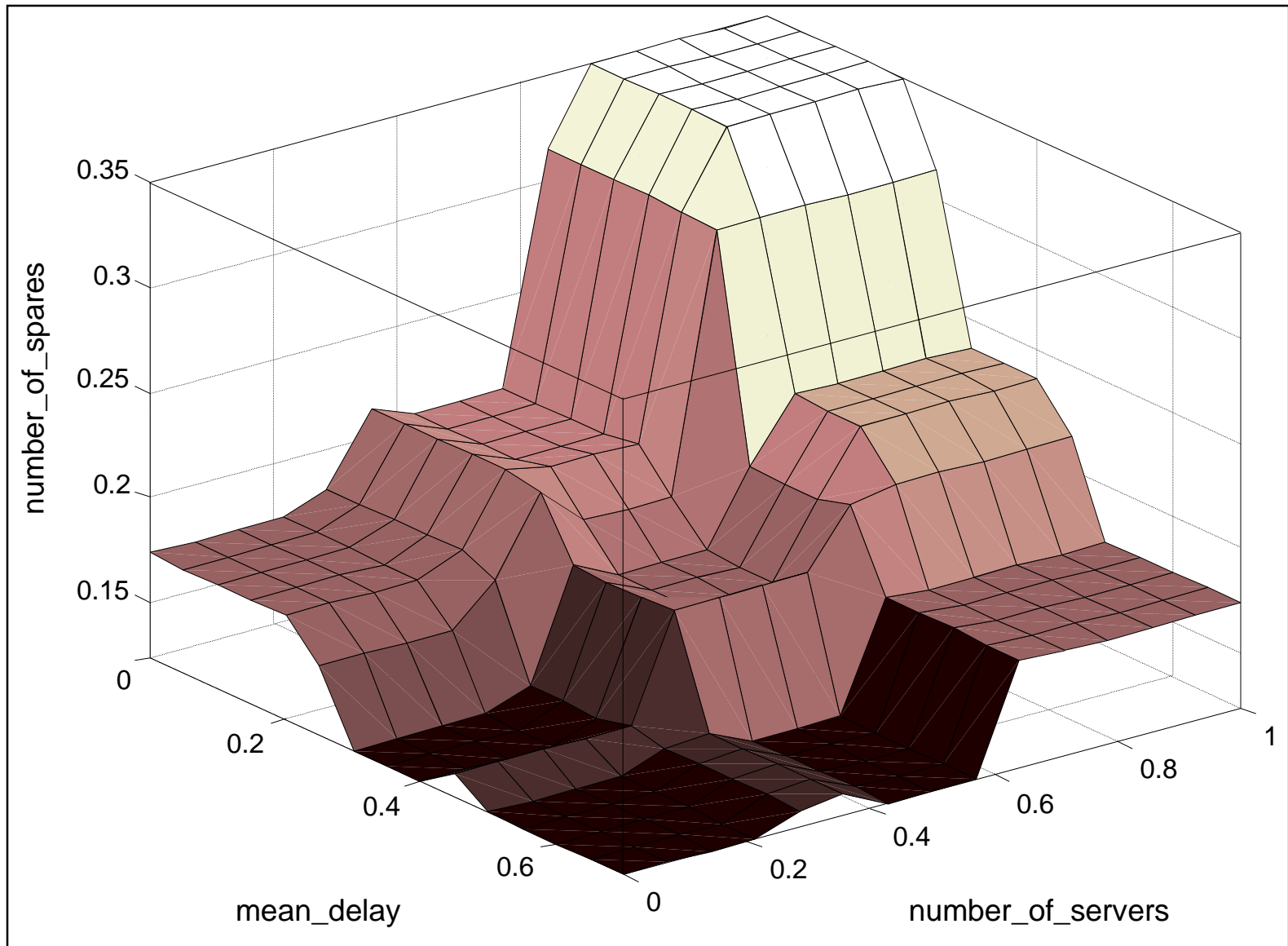
# نمایش سه بعدی پایگاه قاعده 1



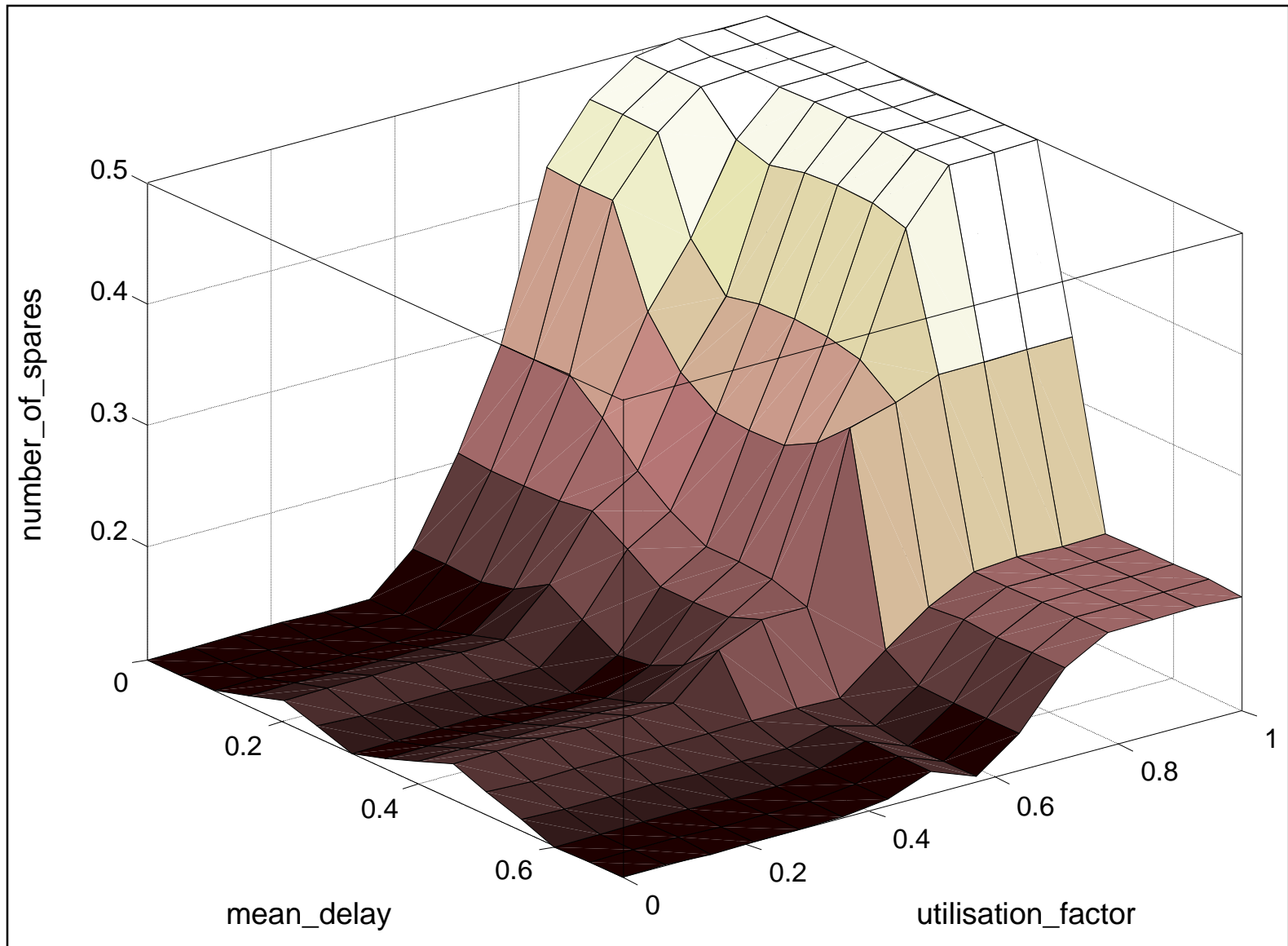
# نمایش سه بعدی پایگاه قاعده 1



# نمایش سه بعدی پایگاه قاعده 1



# نمایش سه بعدی پایگاه قاعده 1



تا این لحظه، فردخبره از کارایی سیستم رضایت ندارد

برای بهبود کارایی سیستم، از مجموعه های اضافی، نسبتاً کوچک و نسبتاً بزرگ برای عالم گفتمان تعداد سرویسها در نظر می گیریم و پایگاه قاعده را گسترش میدهیم.

# میزان سازی سیستم خبره فازی

1. بازبینی متغیرهای ورودی و خروجی مدل و در صورت لزوم، تعریف دوباره محدوده آنها
2. بازبینی مجموعه های فازی و در صورت نیاز تعریف مجموعه های اضافی در عالم گفتمان. (استفاده از مجموعه فازی عریض ممکن است باعث شود سیستم تقریبی عمل کند)
3. فراهم آوردن همپوشانی مناسب میان مجموعه های همسایه توصیه می شود، مجموعه های فازی مثلث به مثلث و ذوزنقه به مثلث بین 25 تا 50 درصد از پایه شان همپوشانی داشته باشند.
4. بازبینی قواعد موجود و در صورت لزوم افزودن قاعده جدید به پایگاه قواعد.
5. بررسی پایگاه قاعده برای فرصتهایی که قواعد پرچین بنویسد تا رفتار بیمارگونه سیستم را تسخیر کند.
6. تنظیم وزنه های اجرای قاعده. بیشتر ابزارهای منطق فازی اجازه می دهند تا اهمیت قواعد را با تغییر ضرب کننده های وزنی کنترل کند.
7. اصلاح شکل مجموعه های فازی. در بیشتر موارد، سیستمهای فازی به تخمین یک شکل بشدت مقاوم هستند.

# Fuzzy Expert System

- Fuzzy Expert System Example 2

- Purpose:

Estimating the maximum age group of the agricultural laborers having cardio vascular problem due to chemical pollution, using matrices

- eight symptoms

S1 - Chest pain,

S2 - Pain at the rib's sides,

S3 - Back pain,

S4 - Shoulder pain,

S5 - Left arm and leg pain,

S6 - Swollen limbs,

S7 - Burning chest and

S8 - Blood pressure (low or high B.P)

Initial raw data matrix of cardio vascular problem of order  $3 \times 8$

Years	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>6</sub>	S <sub>7</sub>	S <sub>8</sub>
20-30	23	18	24	16	29	10	16	10
31-43	38	32	38	31	35	18	33	10
44-65	22	21	21	22	20	11	20	5

- In order to obtain an unbiased uniform effect on each and every data so collected, we transform this initial matrix into an Average Time Dependent Data (ATD) matrix.(dividing each entry with the width of the respective class-interval.)

The ATD Matrix of cardio vascular problem of order  $3 \times 8$

Years	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>6</sub>	S <sub>7</sub>	S <sub>8</sub>
20-30	2.09	1.64	2.18	1.46	2.64	0.91	1.46	0.91
31-43	2.92	2.46	2.92	2.39	2.69	1.39	2.54	0.77
44-65	1	0.95	0.95	1	0.91	0.5	0.91	0.23

- To make the calculations easier and simpler we in the third stage using the simple average techniques convert the above average time dependent data matrix in to a matrix with entries  $e_{ij} \in \{-1,0,1\}$ .

*The Average and Standard Deviation of the above ATD matrix*

<b>Average</b>	2.00	1.68	2.02	1.62	2.08	0.93	1.64	0.64
<b>SD</b>	0.96	0.76	0.995	0.71	1.01	0.45	0.83	0.36

- Using the average( $\mu_j$ ), Standard Deviation( $\sigma_j$ ) and a parameter  $\alpha$  from the interval  $[0, 1]$ , a fuzzy matrix called the Refined Time Dependent Data Matrix (RTD Matrix) was formed. The RTD matrix with entries  $e_{ij}$ , where  $e_{ij} \in \{-1, 0, 1\}$ , was formed using the following formula [1] :

If  $a_{ij} \leq (\mu_j - \alpha * \sigma_j)$  then  $e_{ij} = -1$

else if  $a_{ij} \in (\mu_j - \alpha * \sigma_j, \mu_j + \alpha * \sigma_j)$  then  $e_{ij} = 0$

else if  $a_{ij} \geq (\mu_j + \alpha * \sigma_j)$  then  $e_{ij} = 1$

where  $a_{ij}$ 's are entries of Average Time Dependent Matrix. By varying the parameter  $\alpha$ , any number of Refined Time Dependent Data Matrices can be obtained.

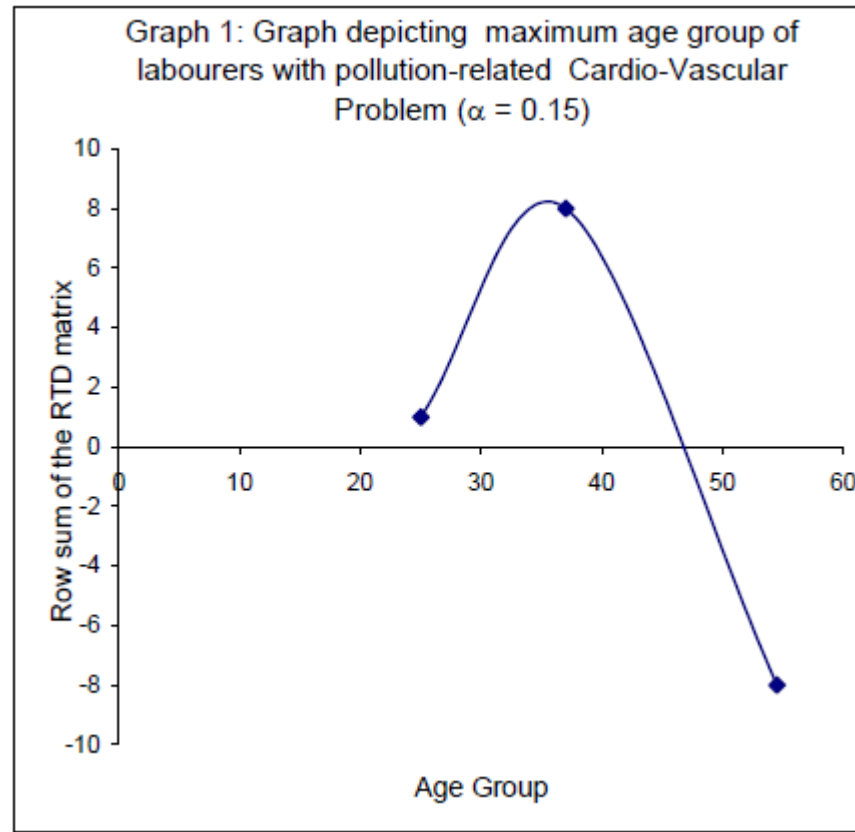
Three of such matrices obtained were as follows:

RTD matrix for  $\alpha = 0.15$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & -1 & 1 & 0 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Row sum matrix

$$\begin{bmatrix} 1 \\ 8 \\ -8 \end{bmatrix}$$

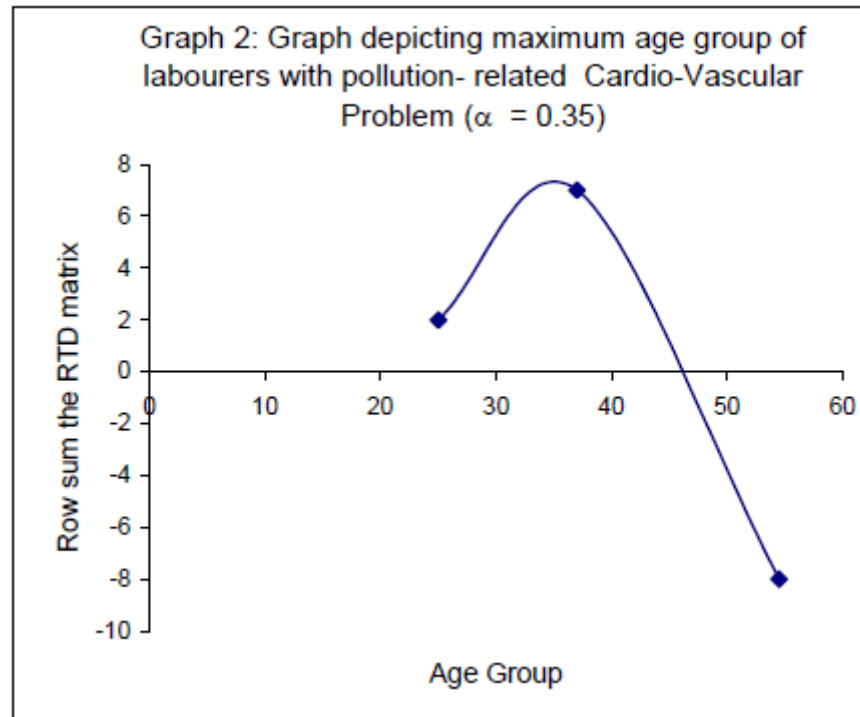


RTD matrix for  $\alpha = 0.35$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Row sum matrix

$$\begin{bmatrix} 2 \\ 7 \\ -8 \end{bmatrix}$$

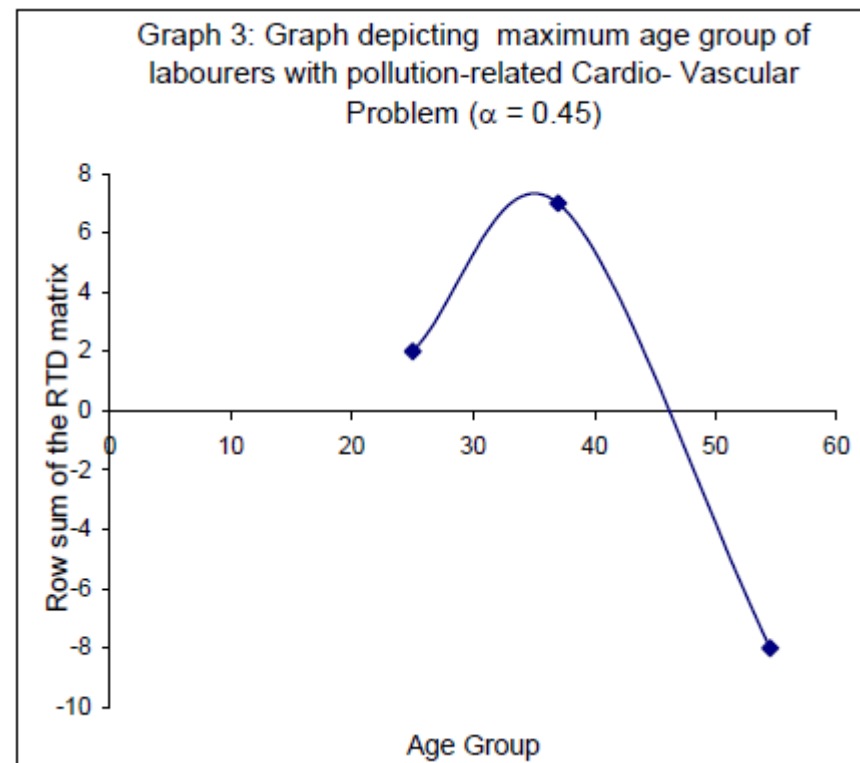


RTD matrix for  $\alpha = 0.45$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Row sum matrix

$$\begin{bmatrix} 2 \\ 7 \\ -8 \end{bmatrix}$$

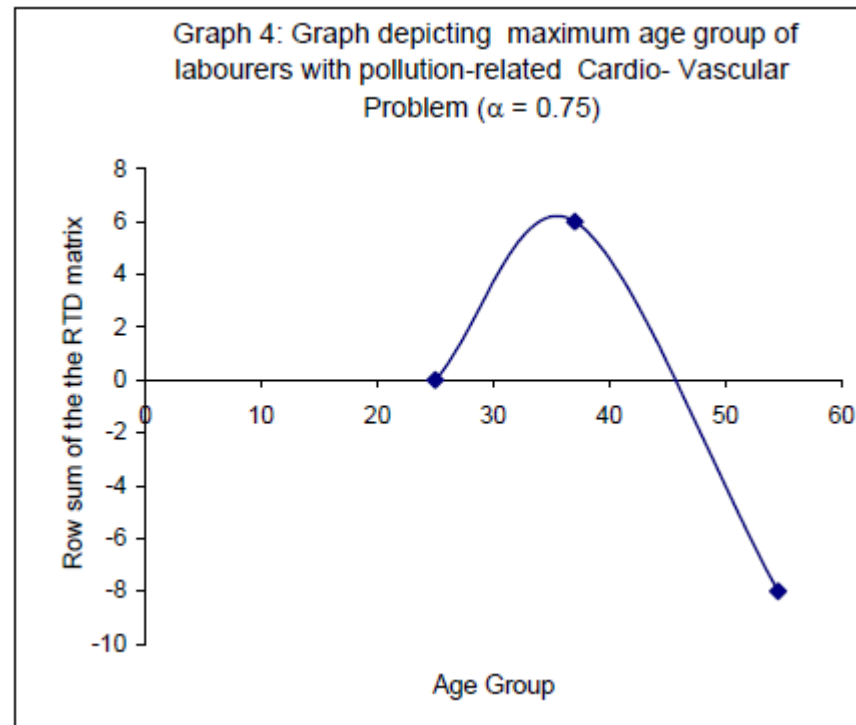


RTD matrix for  $\alpha = 0.75$

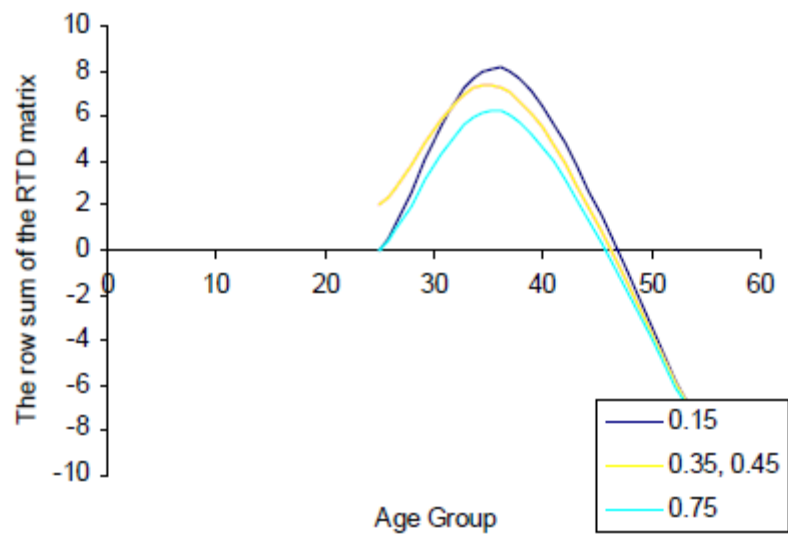
$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Row sum matrix

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 6 \\ -8 \end{bmatrix}$$



Graph 5: Graphical comparison of the maximum age group of the labourers who are affected by Cardio Vascular problem



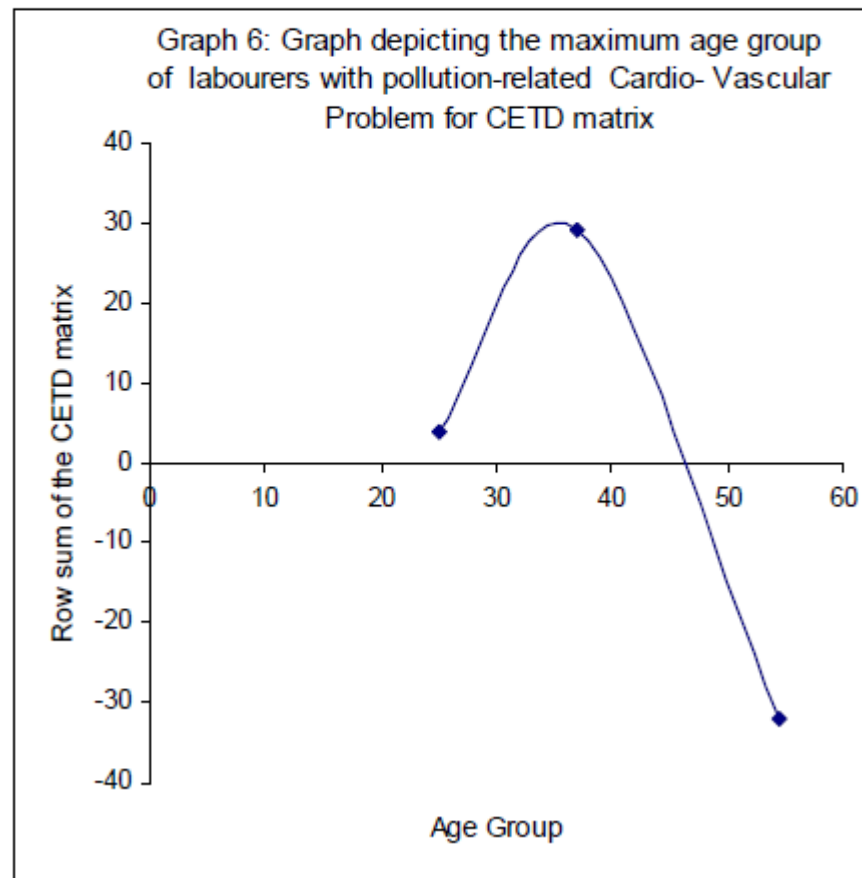
- By combining all these three matrices, the Combined Effect Time Dependent Data Matrix (CETD Matrix), which gives the cumulative effect of all these entries, was obtained.

The CETD Matrix

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -1 & 3 & 0 & -1 & 3 \\ 4 & 4 & 4 & 4 & 4 & 4 & 4 & 1 \\ -4 & -4 & -4 & -4 & -4 & -4 & -4 & -4 \end{bmatrix}$$

Row sum matrix

$$\begin{bmatrix} 4 \\ 29 \\ -32 \end{bmatrix}$$



## Reference

- [1]Artificial Intelligence (A Guide to Intelligent Systems) 2<sup>nd</sup> Edition by  
MICHAEL NEGNEVITSKY
- [2]An Introduction to Fuzzy Sets by Witold Pedrycz and Fernando Gomide
- [3]Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications by Bo Yuan and  
George J. Klir
- [4]ELEMENTARY FUZZY MATRIX THEORY AND FUZZY MODELS FOR SOCIAL  
SCIENTISTS by W. B. Vasantha Kandasamy
- [5]Wikipedia: [http://en.wikipedia.org/wiki/Fuzzy\\_logic](http://en.wikipedia.org/wiki/Fuzzy_logic)
- [6] Wikipedia: <http://en.wikipedia.org/wiki/Fuzzy>

# تبدیل داده ها: نرمال سازی



- **Min-max normalization:** to  $[new\_min_A, new\_max_A]$

$$v' = \frac{v - min_A}{max_A - min_A} (new\_max_A - new\_min_A) + new\_min_A$$

- Ex. Let income range \$12,000 to \$98,000 normalized to [0.0, 1.0]. Then \$73,000 is mapped to  $\frac{73,600 - 12,000}{98,000 - 12,000} (1.0 - 0) + 0 = 0.716$

