كلية الهندسة
قسم هندسة الروبوت و الأنظمة الذكية

جَامعة المَنارة
MANARA UNIVERSITY

# ذكاء صنعي 2

## محاضرة 2

# FUZZY LOGIC

د. فادي متوج

# لمحة تاريخية

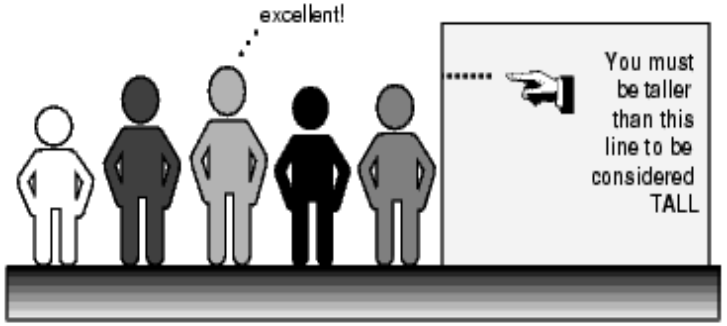
- ولادة مصطلح المنطق الضبابي بواسطة العالم لطفي زاده
*Lotfy Zadeh. "Fuzzy Sets", Information and Control, 1965*
- في البداية، بقي المنطق الضبابي إلى حد كبير مفهوماً نظرياً مع تطبيقات عملية قليلة.
- في 1970، بنى البروفسورMamdani أستاذ كلية الملكة ماري في لندن، أول نظام غامض، و كان عبارة عن متحكم للمحرك البخاري
- هذا أدى إلى تطوير واسع في تطبيقات التحكم الغامض والمنتجات الموجودة اليوم.

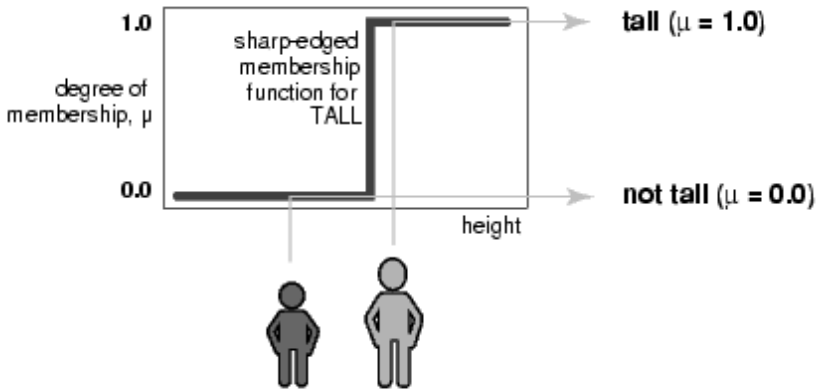
# تطبيقات التحكم الضبابي

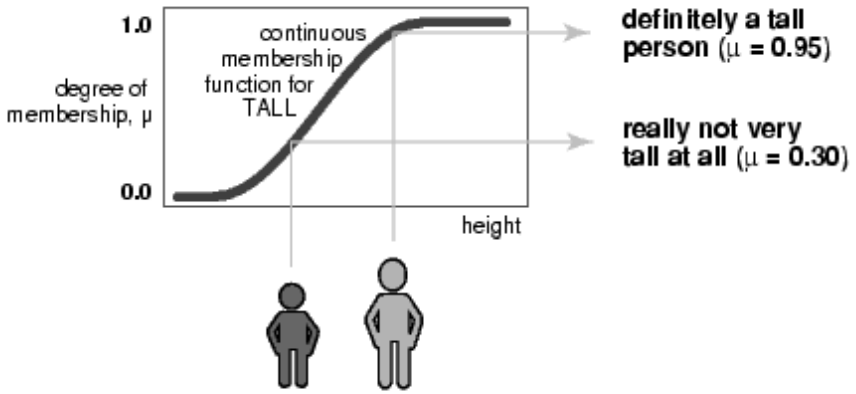
- مكيفات الهواء Air conditioners
- الغسالات / أجهزة تجفيف الغسيل washing machines /dryers
- المكانس الكهربائية Vacuum cleaners
- الكاميرات cameras
- أفران الميكروويف Microwave ovens
- ثلاجات Refrigerators
- تلفزيون Television
- آلات تصوير Photocopiers
- نظام منع انغلاق المكابح ABS
- .....

# المنطق الضبابي؟

- فرع من فروع الذكاء الصنعي يهدف إلى تقليد عملية **اتخاذ القرارعند الإنسان**
- منطق يتعامل مع **معلومات غيردقيقة** والتي عادة يستخدمها البشر.
- منطق **متعدد القيم** يوسع مفهوم المنطق الكلاسيكي المستخدم عادة في الكمبيوتر.


excellent!
You must be taller than this line to be considered TALL


1.0
degree of membership, μ
0.0
sharp-edged membership function for TALL
height
tall (μ = 1.0)
not tall (μ = 0.0)


1.0
degree of membership, μ
0.0
continuous membership function for TALL
height
definitely a tall person (μ = 0.95)
really not very tall at all (μ = 0.30)

الدقة

الغموض

عندما تكون الدقة قاتلة و الغموض رحمة

# المجموعات الكلاسيكية / المجموعات الضبابية

- في **المجموعات الكلاسيكية** تحدد عضوية العناصر بشكل واضح و دقيق. إن العنصر $x$ إما أن ينتمي للمجموعة $A$ أو لا ينتمي إليها و بالتالي فان التعبير عن عضوية عنصر ما و انتمائه إلى المجموعة سوف يحتمل أحد الأمرين (نعم،لا)، (صح ،خطأ) ، ( 0 ,1) مما يجعل هذا المنطق **ثنائي القيمة** (Two-Valued) ولايسمح بوجود حلول وسطى

في العالم الحقيقي يبدو الأمر مختلفاً، فالإنسان يعبر عن الأشياء باستخدام كلمات غامضة تحمل قدراً كبيراً من الاحتمالات، فمثلاً للتعبير عن طول شخص ما فإن الإنسان يستخدم ألفاظ مثل : (طويل، قصير، طويل جداً، قصير جداً، متوسط الطول) و لكن المنطق الثنائي القيمة يعجز عن تمثيل كل هذه الأطياف. و من هنا دعت الحاجة إلى إيجاد بديل لهذا المنطق فكانت **نظرية المجموعة الضبابية** Fuzzy Set Theory

مجموعة كلاسيكية

مجموعة غامضة

# كيف نصنف؟

في أحيان كثيرة، تكون الأشياء التي نتعامل معها في مجالات الحياة المختلفة غير قابلة لهذا التصنيف الدقيق.
فكيف نصنف مثلاً :

- الناس السعداء
- الغرف الصغيرة
- درجات الحرارة المرتفعة
- السيارات الأسرع
- معدلات الضريبة العالية
- الأرقام التي تكبر الصفر بكثير

- لتمثيل المتغيرات اللغوية والمجموعات غير الدقيقة، طرح د. لطفي زاده مفهوم **المجموعة الغامضة** Fuzzy Set
- تختلف المجموعة الغامضة عن المجموعة الكلاسيكية في أنها **تسمح لعنصر ما بالانتماء الجزئي** و يرمز لدرجة انتماء عنصر $x$ للمجموعة الغامضة $A$ بـ: $\mu_A(x)$
- في حالة المجموعات الكلاسيكية تكون $\mu_A(x)$ **ثنائية القيمة** (1 في حالة الانتماء و 0 في غير ذلك). أما في حالة المجموعات الغامضة فبإمكانها أن **تأخذ قيماً بين 0 و 1**

فالتعبير عن **عضوية عنصر** ما في نظرية المجموعة الضبابية يمكن أن يأخذ احتمالات متعددة و هي:

- إن العنصر **ينتمي** إلى المجموعة بصورة أكيدة.
- العنصر **لا ينتمي** إلى المجموعة مطلقاً.
- العنصر **ينتمي** إلى المجموعة **بصورة جزئية** أو بعبارة أخرى **بدرجة معينة**.

- يمكن أن نعرف رياضياً مجموعة غامضة $A$ كما يلي :

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

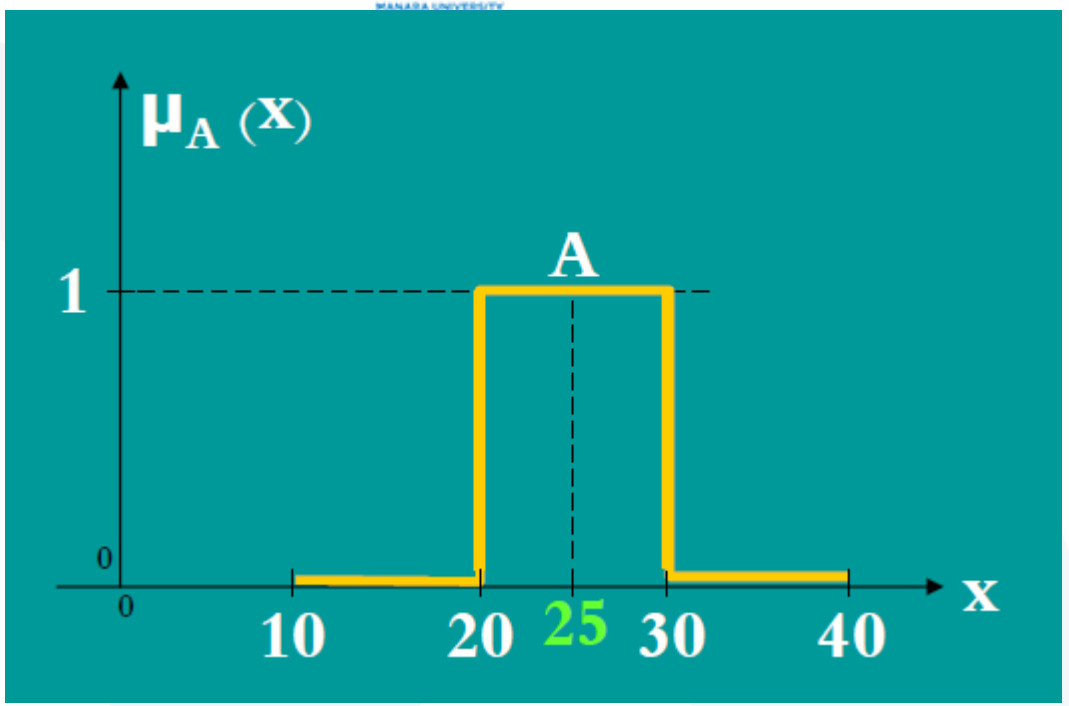
$$\mu_A(x) \in [0,1]$$

- و يطلق على **X** المجموعة الشاملة **(Universe of Discourse)** وهي تمثل كل القيم المحتملة للمتغير $x$

- لنأخذ مثلاً درجة الطقس المعتدلة، و لنفترض أن الدرجة المثالية هي 25 مع قبول كل القيم التي تكون بين 20 و 30 درجة على أنها تمثل قيماً لدرجة حرارة طقس معتدلة
- في هذه الحالة تكون المجموعة A بالمفهوم الكلاسيكي ممثلة رياضياً كالتالي :

**A={كل درجات الحرارة ما بين 20 و 30 درجة}**

## المجموعة الكلاسيكية

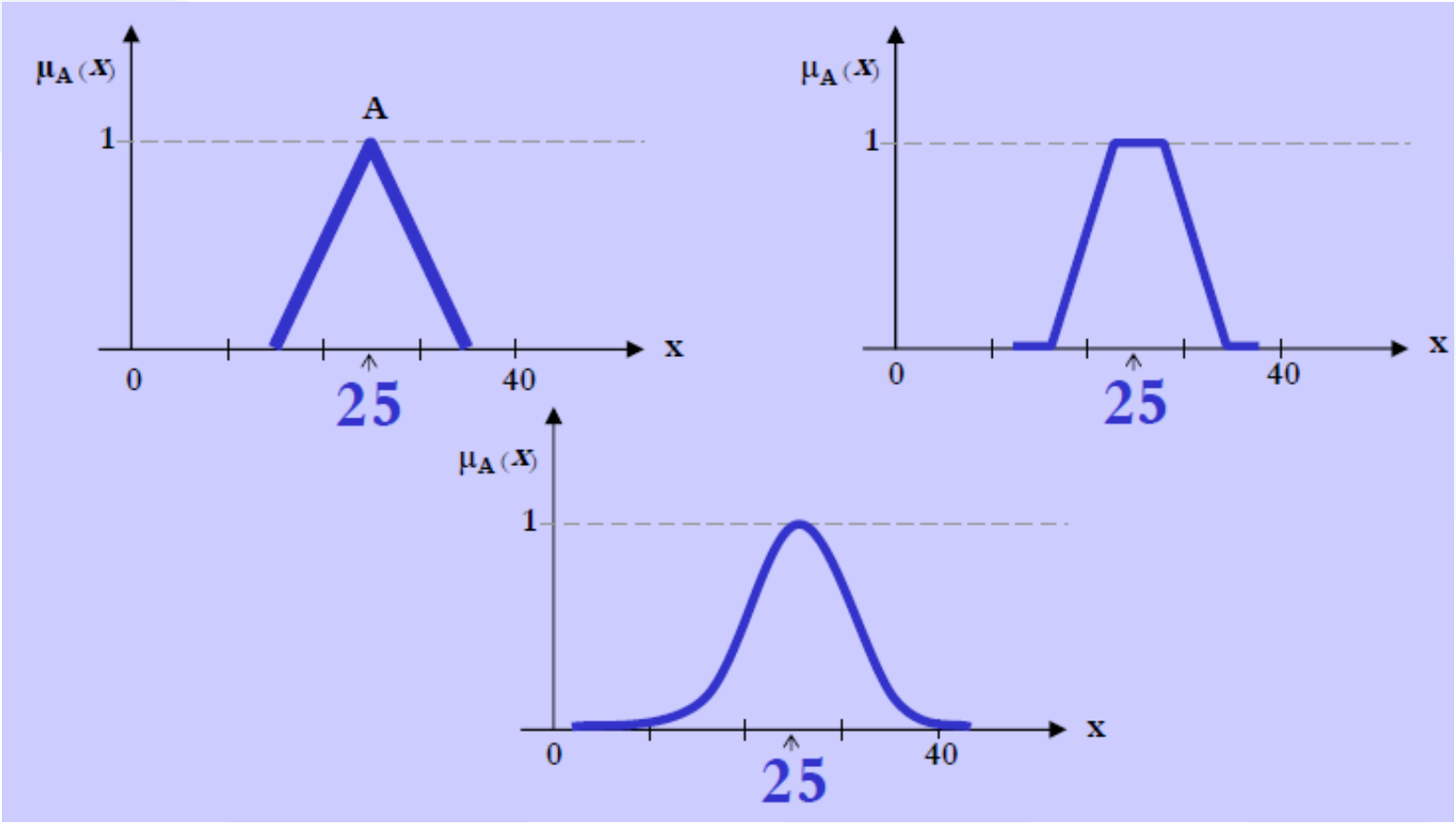



- تنتمي كل الدرجات ما بين 20 و 30 لهذه المجموعة كلياً و تستثنى كل القيم الأخرى بما فيها 19.9 و 30.1 و التي تعتبر حسب هذا المفهوم الكلاسيكي غير معتدلة (وهنا يكون هذا المنطق غير منطقي)

- بمفهوم **المنطق الغامض** يمكن تمثيل المجموعة A كما يلي:

**A={درجات حرارة الطقس المعتدلة}**

- نختار المجموعة الشاملة للقيم المحتملة X لتضم درجات الحرارة من صفر إلى 40
- و بالتالي تكون درجة انتماء القيمة 25 للمجموعة A هي 1 و تقل هذه الدرجة كلما ابتعدنا عن هذه القيمة
- يمكن تمثيل هذه المجموعة الغامضة بأكثر من طريقة




بعض المجموعات الغامضة لتمثيل درجة حرارة الطقس المعتدلة

# المتغيرات اللغوية
# ( Linguistic Variables )

- في الرياضيات أو حتى في المنطق الكلاسيكي يكون المتغير عددياً وبالتالي تكون قيمه **كمية** أما في المنطق الغامض فإن المتغيرات تحمل قيماً على شكل **كلمات** أو **جمل من اللغة** مثل "حار" ، "بارد" ، "سريع" ، "طويل" ....
- و مع إن الكلمات اقل دقة من الأرقام إلا أن هناك العديد من الدوافع التي تبرراستخدامها كبديل للأرقام منها :

- استخدام الكلمات أقرب للحس البشري يستطيع دماغ الإنسان أن يُفسّر معلومات غير دقيقة و غير مكتملة تزوده بها الحواس التي يمتلكها، و سعياً وراء محاكاة الإنسان في سلوكه وتصرفاته جاء المنطق الضبابي ليكون طريقة للحساب باستخدام الكلمات بدلاً من الأرقام

- الحساب باستخدام الكلمات بدلاً من الأرقام يمكن من التعامل بكفاءة مع مستويات من عدم الدقة و بهذا يقلل كلفة الحل.

- لتوضيح هذا المفهوم لنأخذ مثلاً الحرارة **T** كمتغير لغوي. بإمكاننا عرض هذا المتغير على الشكل التالي :

**T= {بارد جداً، بارد، معتدل، دافئ، حار، حارجداً، ....}**

- و يتم تمثيل كل قيمة لغوية من هذه القيم اللغوية عن طريق مجموعة ضبابية
- في هذا المثال يمكن أن نختار المجموعة الشاملة **X** لتضم درجات حرارة من صفر إلى 60 درجة مئوية، **X=[0 60]**
- و بذلك يمكن أن نستعمل المتغير اللغوي **"بارد"** ليمثل درجات الحرارة أقل من 10 درجات و **"معتدل"** لدرجات الحرارة القريبة من 25 و هكذا

# تابع الانتماء

# Membership Function

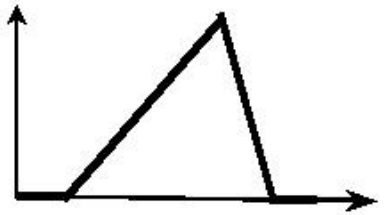
- يستعمل **تابع الانتماء (تابع العضوية)** للتعبير عن **درجة انتماء** أي عنصر من العناصر إلى المجموعات الضبابية
- و لأن المنطق الضبابي يسمح بكون العنصر ينتمي للمجموعة الضبابية **بصورة جزئية** فهو يعبر عن درجة عضوية العنصر بقيمة تتراوح بين 0 و 1
- و عليه إذا كانت **X** مجموعة من العناصر، فإن المجموعة الضبابية A يمكن أن تعرّف على أنها مجموعة من الأزواج المرتبة كالآتي :

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

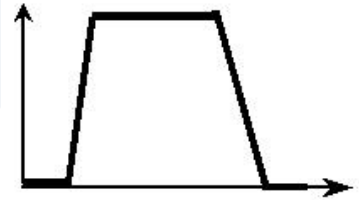
$$\mu_A(x) \in [0,1]$$

# أشكال توابع الانتماء

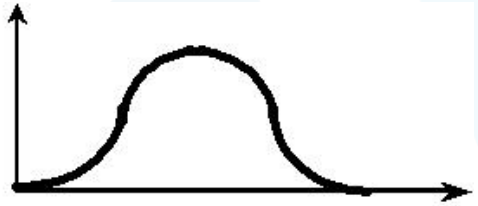
أكثر الأشكال شيوعاً هي :



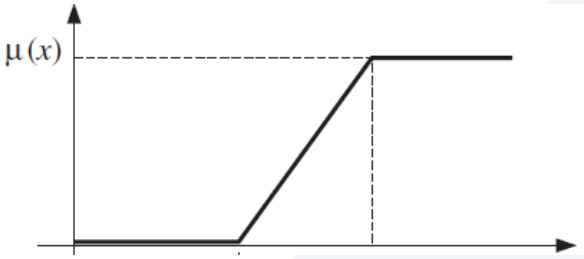
المثلثية (Triangular)



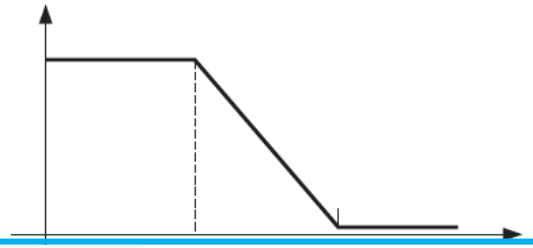
شبه المنحرفة (Trapezoidal)



الجرسية/الغاوصية (Gaussian)



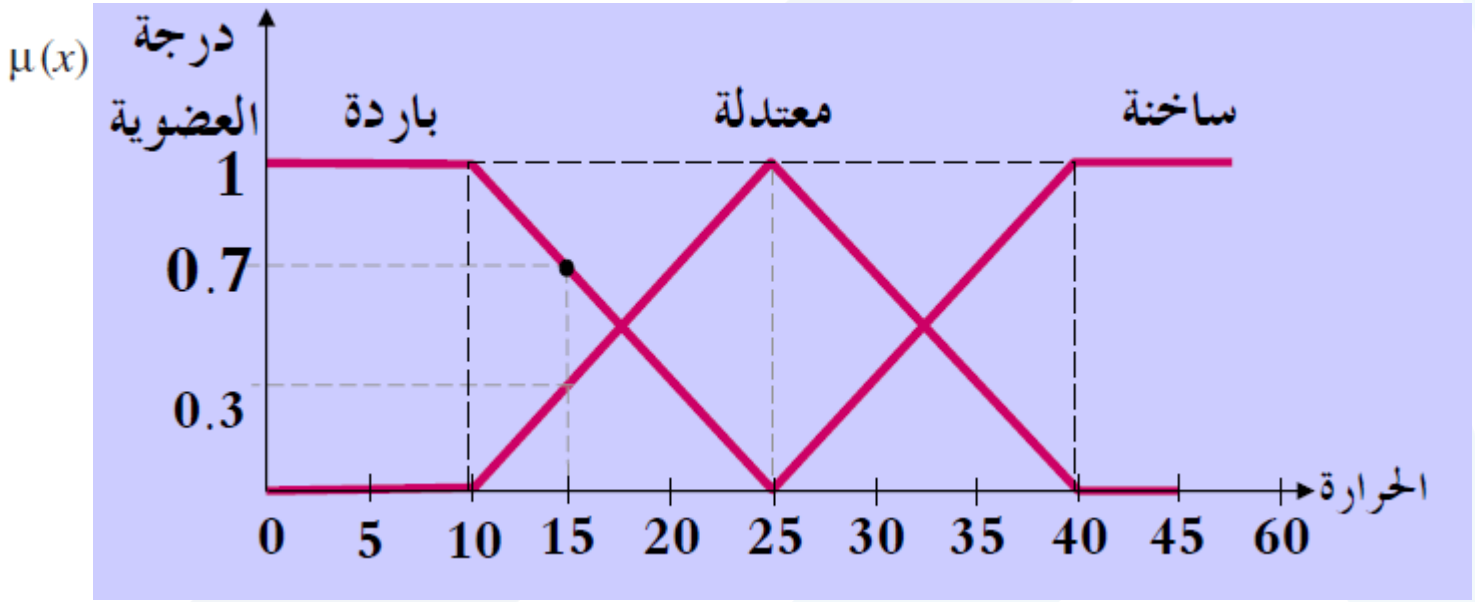

Γ-function



L-function

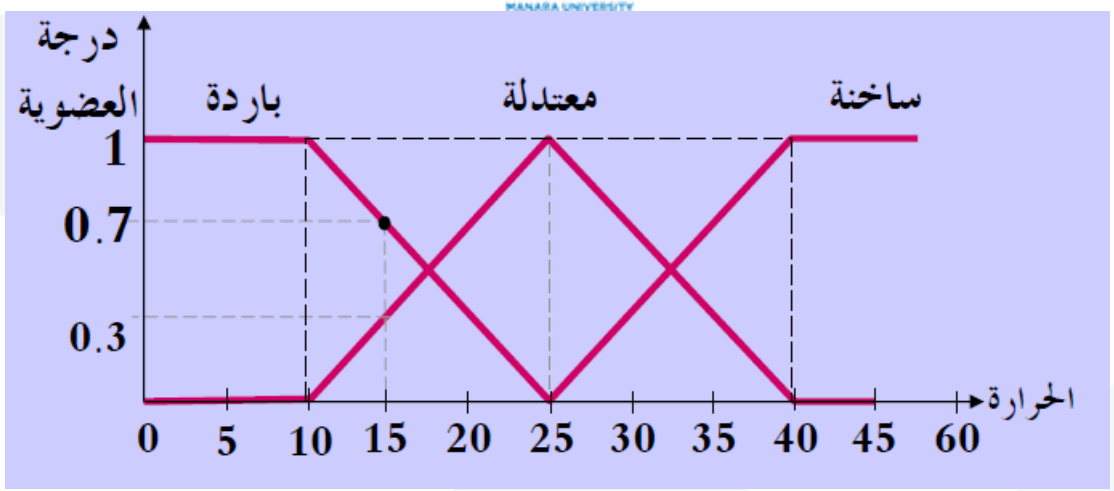
## بالعودة إلى مثال درجات الحرارة :

- لنختر فقط ثلاثة توابع عضوية و نسميها "باردة" و "معتدلة" و "ساخنة" . مع ملاحظة أنه بالإمكان اختيار أكثر من ثلاث توابع




ثلاث توابع انتماء للحرارة

$\mu(x)$




- من خلال الشكل نلاحظ أنه إذا كانت درجة الحرارة **15** درجة مئوية فإنها تصنف على أنها **باردة** بدرجة عضوية **0.7**
- و في نفس الوقت تصنف على أنها **معتدلة** بدرجة عضوية **0.3** و **ساخنة** بدرجة عضوية **0**
- وبذلك يكون الانتقال من مجموعة ضبابية إلى أخرى انتقالاً سلساً و مقبولاً

# العمليات المنطقية

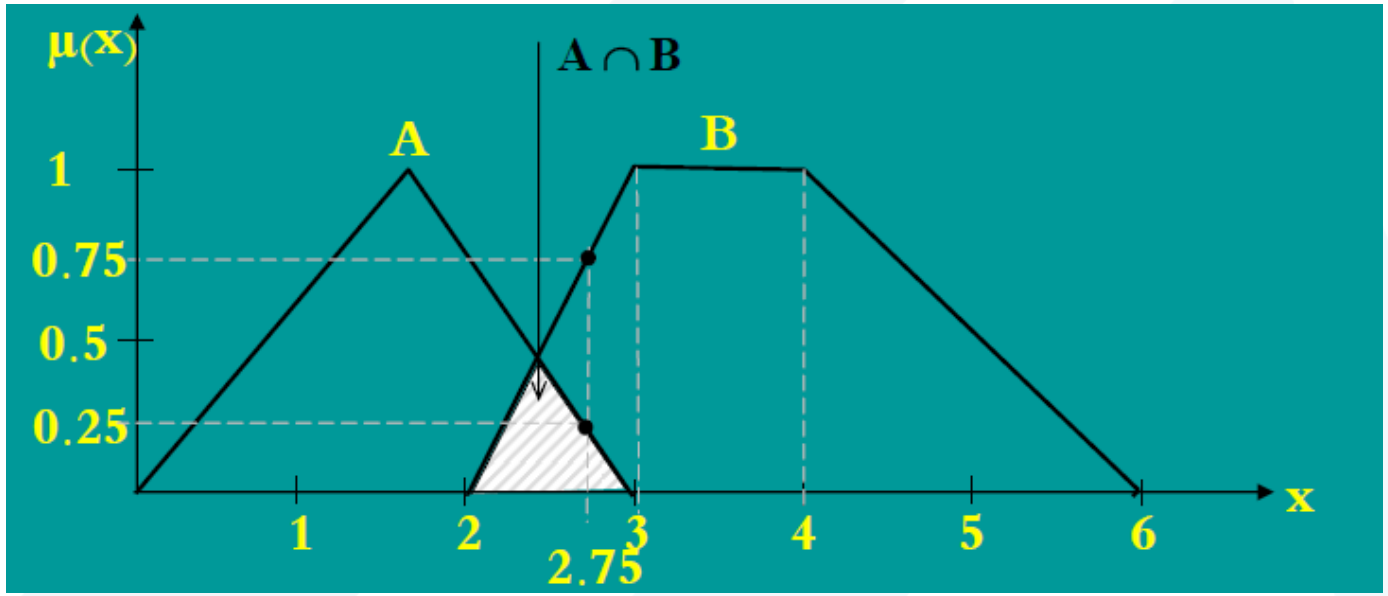
# Logical Operations

- لبناء نظام يعتمد على المنطق الغامض (Fuzzy System) نحتاج إلى عدد من العمليات المنطقية
- هناك أربع عمليات أساسية لمعالجة المتغيرات الضبابية و هي :
  - التقاطع **Intersection**
  - الاجتماع **Union**
  - التكملة **Complement**
  - الدلالة **Implication**

# التقاطع
# Intersection

$$\mu_{A\cap B}(x) = \mu\ (A\ AND\ B)$$
$$= \min\ \{\mu_A(x)\ ,\ \mu_B\ (x)\}$$

كمثال على ذلك لنأخذ الشكل التالي:



- من خلال الشكل نرى أن

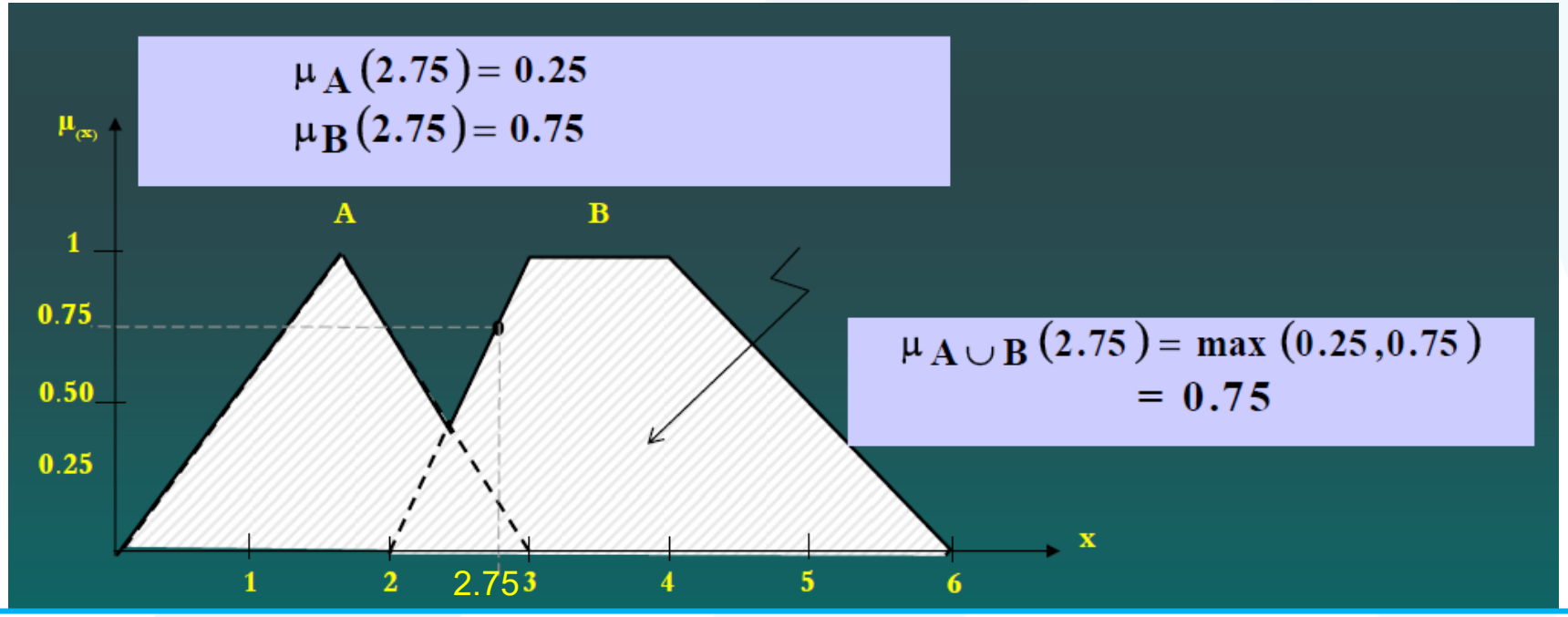
$$\mu_A(2.75) = 0.25$$
$$\mu_B(2.75) = 0.75$$

- وبالتالي

$$\mu_{A\cap B}(2.75) = \min(0.25, 0.75) = 0.25$$

# الاجتماع
# Union

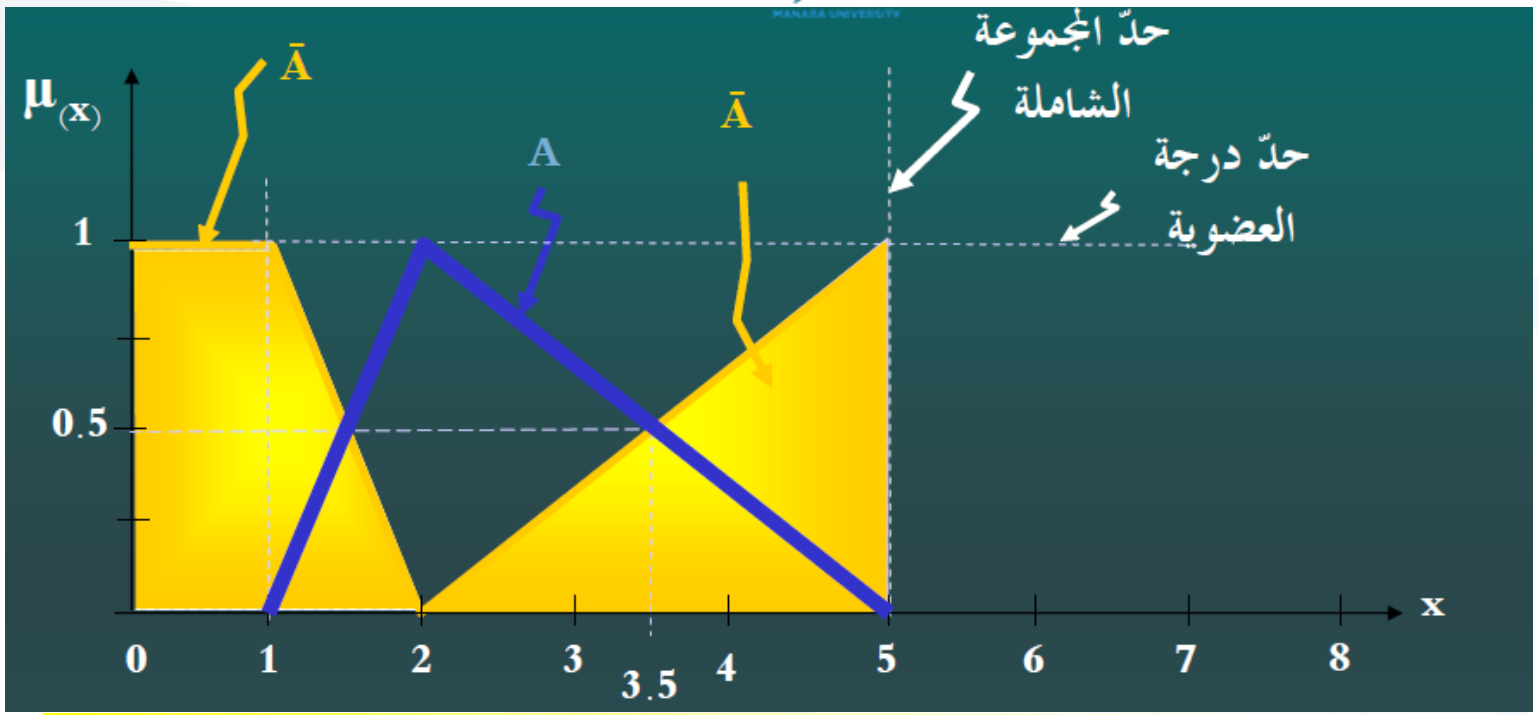
$$\mu_{A\cup B}(x) = \mu(A \text{ OR } B)$$
$$= \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$$



# التكملة
# Complement

- المراد بالتكملة هنا هو الجزء الذي يبقى خارجاً عن المجموعة الضبابية A رغم انتمائه للمجموعة الشاملة X
- و يرمز لهذا الجزء بـ $\bar{A}$
- فبما أن درجة الانتماء القصوى تساوي 1 فإن درجة انتماء أي عنصر من المجموعة الشاملة للمجموعة $\bar{A}$ يساوي

$$\mu_{\overline{A}}(x) = \mu(\text{NOT } A)$$
$$= 1 - \mu_A(x)$$




$\mu_{\bar{A}}(3.5) = 1 - \mu_A(3.5)$
$= 1 - 0.5$
$= 0.5$

$\mu_{\bar{A}}(1) = 1 - \mu_A(1)$
$= 1 - 0$
$= 1$

- المجموعة الشاملة هي ما بين 1 و 5

# الدلالة
# Implication

- هي عبارة عن مجموعة من القوانين (القواعد rules ) أو العبارات الشرطية المكونة من

**If.....Then.....**

**إذا كان كذا، إذاً كذا**

- فالشطر الأول من القانون يمثل **الشرط** و الشطر الثاني يمثل **جواب الشرط** أو الناتج
- كمثال على ذلك لنأخذ القانون التالي:

**إذا** (كانت درجة الحرارة متوسطة) **و** (درجة الرطوبة منخفضة) **إذاً** (يعتبر الطقس معتدلاً)

- في هذا القانون البسيط هناك **ثلاثة** متغيرات ضبابية. إثنان في شرط القانون وهما الحرارة و الرطوبة و الثالث في ناتج القانون و هو الطقس.
- كذلك هناك مجموعات ضبابية لهذه المتغيرات وهي "متوسطة" و يرجع الوصف إلى درجة الحرارة، و "منخفضة" لوصف الرطوبة و"معتدل" للحكم على حالة الطقس
- إذا كانت لدينا قيماً محددة لدرجة الحرارة ودرجة الرطوبة فسيحتاج قانون الدلالة إلى خطوتين لتحديد حالة الطقس

- في الخطوة الأولى يتم تقييم الشرط عن طريق تحديد مدى عضوية القيم المعطاة للمجموعات الضبابية المذكورة واستعمال العمليات المنطقية السابقة ( عملية التقاطع في هذه الحالة لوجود العطف "و" )

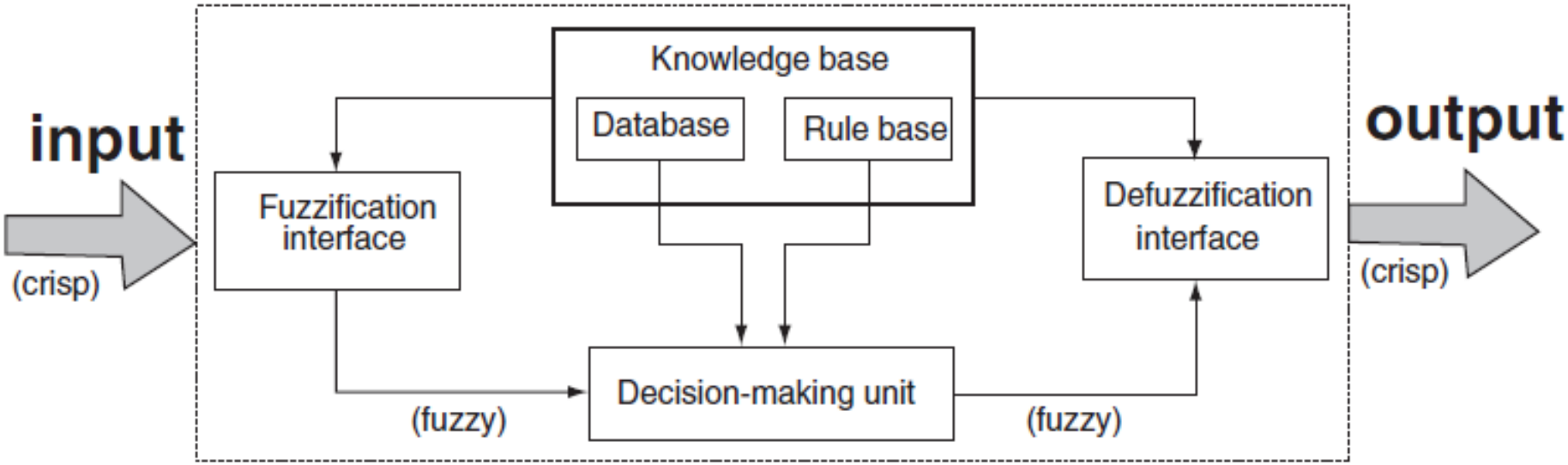
- أما في الخطوة الثانية فيتم تقييم الناتج فإذا كان الشرط متوفراً بنسب معينة، يكون القرار صحيحاً بنفس النسبة

- لنأخذ مثلاً أن درجة الحرارة تساوي **30** درجة مئوية و درجة الرطوبة **40%**
- و لنفترض أن درجة انتماء هذه الحرارة للمجموعة الضبابية **"متوسطة"** هي **0.8** و أن درجة انتماء الرطوبة للمجموعة الضبابية **"منخفضة"** هي **0.6**
- و بما أن الـ **"و"** تفيد التقاطع، فإن الشرط متوفر بدرجة عضوية **0.6** و بذلك تكون درجة انتماء الطقس للمجموعة الضبابية **"معتدل"** كذلك **0.6**

# نظام الاستنتاج(الاستدلال) الغموضي
# Fuzzy Inference System (FIS)

- نظام الاستنتاج الغموضي **FIS** هو العملية الكاملة لاتخاذ القرارات باستعمال المنطق الغامض و تجمع هذه العملية كل المكونات التي تم طرحها حتى الآن. و لها أربع خطوات أساسية:
  - ❑ التغميض Fuzzification
  - ❑ قاعدة المعرفة Knowledge Base
  - ❑ اتخاذ القرار Decision Making
  - ❑ إزالة التغميض Defuzzification

# Fuzzy Inference System




*rule base* : تحتوي على عدد من قواعد IF-THEN الغامضة

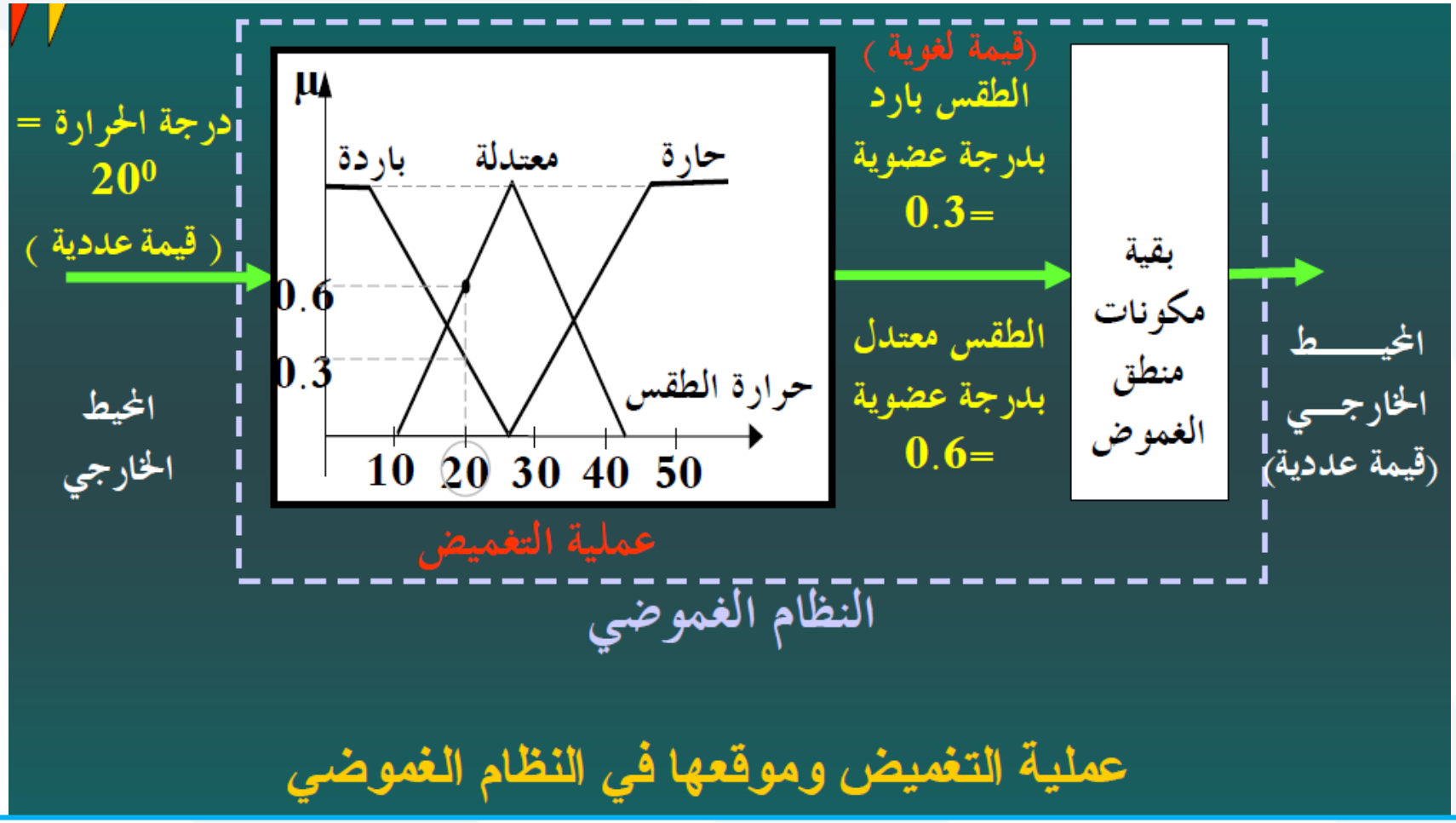
*Database* : تحدد توابع الانتماء للمجموعات الغامضة المستخدمة في القواعد الغامضة

*decision-making unit* : تجري عمليات الاستدلال على القواعد

*fuzzification interface* : تحول المدخلات العددية ( crisp) إلى قيم ضبابية (fuzzy)

*defuzzification interface* : تحول النتائج الضبابية لعملية الاستدلال إلى خرج عددي ( crisp)

# عملية التغميض
# Fuzzification



# قاعدة المعرفة
# Knowledge base

- تحتوي قاعدة المعرفة على القوانين الضبابية من نوع "إذا كان كذا، إذاً كذا"
- وقد يضم الشطر الأول من القانون أكثر من شرط واحد مثل : **إذا (كانت درجة الحرارة عالية و درجة الرطوبة معتدلة) أو (كانت درجة الحرارة معتدلة و درجة الرطوبة عالية)، إذاً (الطقس غير مريح)**
- و لا يقتصر دور قاعدة المعرفة على عملية تخزين القوانين فقط بل يتعداها إلى تحديد مدى توفر الشروط وذلك بتقييم الشطور الأولى من كل القوانين باستعمال عملية الدلالة و التي بدورها تطبق كل العمليات المنطقية من اجتماع و تقاطع و تكملة

# Example

- لنأخذ القانون السابق :
- إذا (كانت درجة الحرارة عالية و درجة الرطوبة معتدلة) أو (كانت درجة الحرارة معتدلة و درجة الرطوبة عالية)، إذاً (الطقس غير مريح)

و لنفترض نتائج عملية التغميض التالية:

| | الحرارة | الرطوبة |
|---|---|---|
| درجة الانتماء للمجموعة الغموضية "عالية" | 0.7 | 0 |
| درجة الانتماء للمجموعة الغموضية "معتدلة" | 0.4 | 0.8 |
| درجة الانتماء للمجموعة الغموضية "منخفضة" | 0 | 0.3 |

- ما هي القيمة التي تحدد مدى توفر شروط القانون؟

- لتبسيط القانون سنستعمل الرموز التالية :

| | | |
|---|---|---|
| x= | الحرارة | (متغير ضبابي) |
| y= | الرطوبة | (متغير ضبابي) |
| A= | حرارة عالية | (مجموعة ضبابية) |
| B= | حرارة معتدلة | (مجموعة ضبابية) |
| C= | رطوبة عالية | (مجموعة ضبابية) |
| D= | رطوبة معتدلة | (مجموعة ضبابية) |

- من خلال الجدول يصبح لدينا :

$$\mu_A(x) = 0.7 \qquad \mu_C(y) = 0$$
$$\mu_B(x) = 0.4 \qquad \mu_D(y) = 0.8$$

- و بما أن الـ "و" تفيد التقاطع و الـ "أو" تفيد الاجتماع، يصبح تقييم شرط القانون:

$$\begin{aligned} &\text{Max } [\min(\mu_A(x), \mu_D(y)), \min(\mu_B(x), \mu_C(y))] \\ &= \max [\min(0.7, 0.8), \min(0.4, 0)] \\ &= \max [0.7, 0] \\ &= 0.7 \end{aligned}$$

- و بهذا يصبح شرط القانون متوفراً بنسبة 0.7

# اتخاذ القرار

# Decision Making

- تعتبر هذه الخطوة تقليداً للطريقة البشرية في اتخاذ القرارات
- رغم أهميتها تعتبر بسيطة جداً و تعتمد أساساً على القاعدة التالية :

**" إذا كان الشرط متوفراً بنسبة معينة**

**فجواب الشرط نافذ المفعول بنفس النسبة"**

- فإذا رجعنا للقانون الضبابي الذي قيمنا مدى توفر شروطه يمكننا أن نستخلص أن الطقس ينتمي للمجموعة الضبابية **"غير مريح"** بدرجة **0.7**
- أي أن الطقس ربما أقرب لغير المريح من أي تصنيف آخر

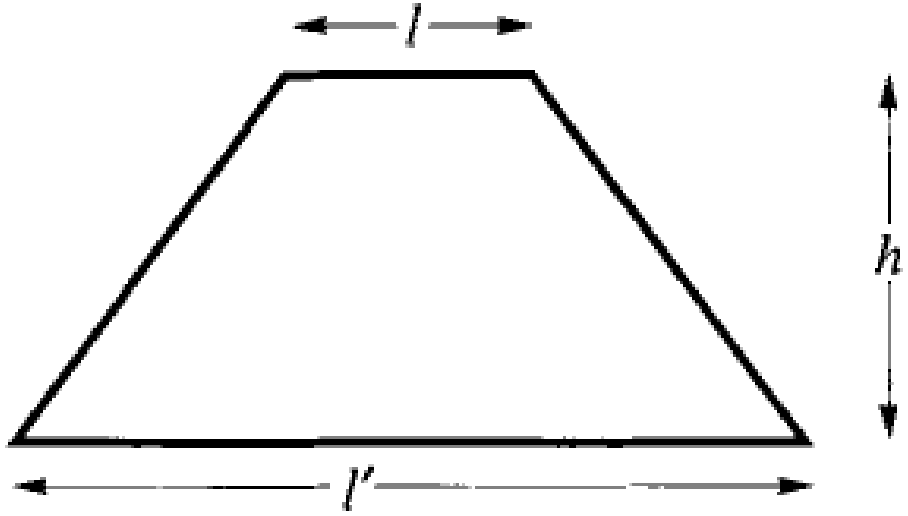
# إزالة التغميض
# Defuzzification

- إذا كانت عملية التغميض بوابة الدخول لعالم المنطق الضبابي فإن عملية إزالة التغميض هي بوابة الخروج منه
- فعن طريق هذه العملية يتم تحويل **القيم اللغوية** (الضبابية) إلى **قيم عددية** يسهل على الحاسوب و الآلات بصفة عامة التعامل معها

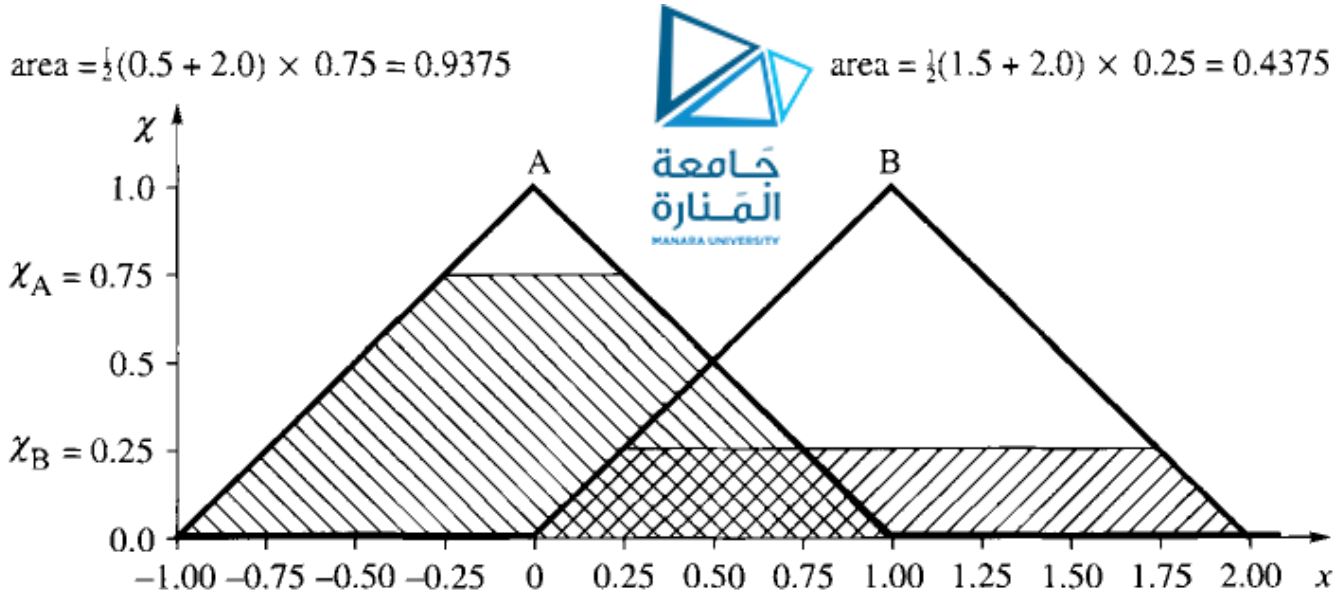
# Centroid method

- هي الطريقة الأكثر استخداما لإزالة التغميض على نطاق واسع. كما تسمى أيضاً مركز الثقل (Center of gravity) أو مركز المساحة (Center of Area COA)

$$\text{centre of gravity} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \text{centre of gravity}_i \times \text{area under curve}_i}{\sum_{i=1}^{n} \text{area under curve}_i}$$




$$\text{area} = \frac{(l + l')h}{2}$$




If $x_i$ is the centre of gravity of the area under curve $\chi_i$, then

$$\text{centre of gravity} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i \dfrac{(l_i + l_i')h_i}{2}}{\sum_{i=1}^{n} \dfrac{(l_i + l_i')h_i}{2}}$$

In the case of the curve in Figure 6.7 the calculation is

$$\text{area}_A = 0.75 \left(\frac{0.5 + 2.0}{2}\right) = 0.9375 \quad , \quad x_A = 0.00$$

$$\text{area}_B = 0.25 \left(\frac{1.5 + 2.0}{2}\right) = 0.4375 \quad , \quad x_B = 1.00$$

$$\text{centre of gravity} = \frac{(0.0 \times 0.9375) + (1.00 \times 0.4375)}{0.9375 + 0.4375} = 0.318$$

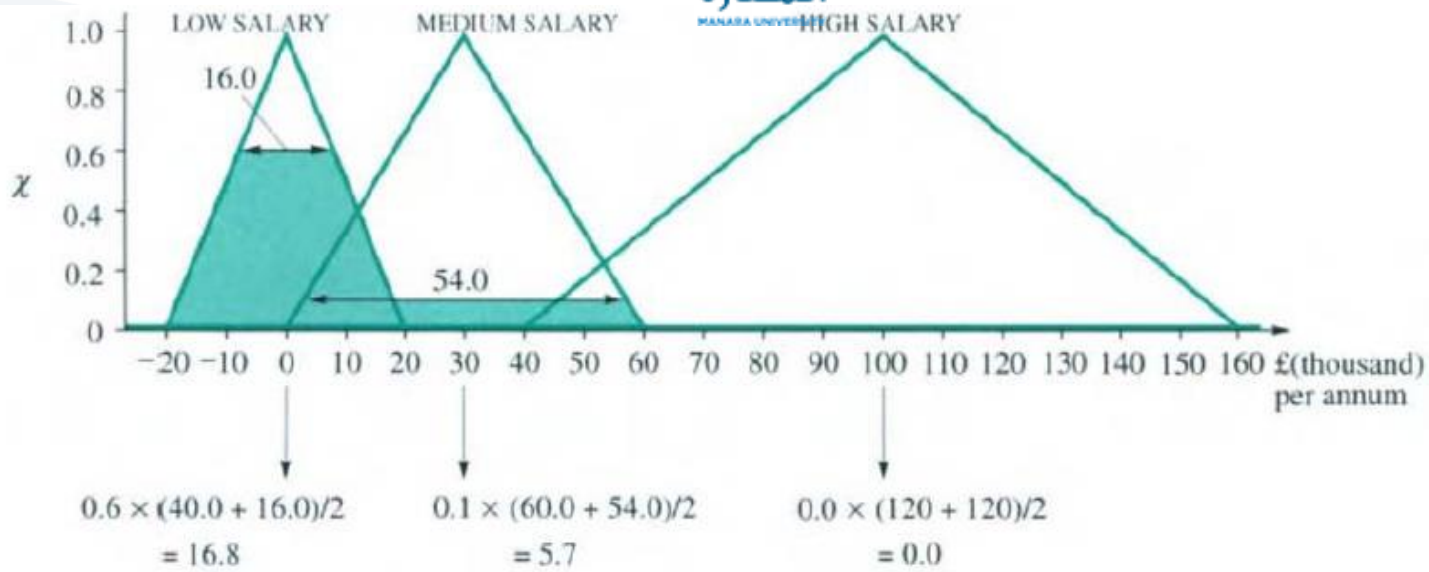
# Example

| | | |
|---|---|---|
| *If* | a person has high skills | _____ |
| *and* | that person has high responsibility | _____ |
| *and* | that person gets new business | _____ |
| *Then* | that person gets a high salary | _____ |
| *If* | a person has high skills | _____ |
| *and* | that person does their job well | _____ |
| *Then* | that person gets a medium salary | _____ |
| *If* | a person has low skills | _____ |
| *and* | that person is not experienced | _____ |
| *Then* | that person gets a low salary | _____ |

# Mr A

- Now suppose the rules are applied to Mr A who has low skill (0.9) and high skills (0.1), little responsibility (0.1), gets no new business (0.0), does his job OK (0.5) but is not a very experienced worker (0.6).

| | | |
|---|---|---|
| *If* | a person has high skills | (0.1) |
| *and* | that person has high responsibility | (0.1) |
| *and* | that person gets new business | (0.0) |
| *Then* | that person gets a high salary | (0.0) |
| *If* | a person has high skills | (0.1) |
| *and* | that person does their job well | (0.5) |
| *Then* | that person gets a medium salary | (0.1) |
| *If* | a person has low skills | (0.9) |
| *and* | that person is not experienced | (0.6) |
| *Then* | that person gets a low salary | (0.6) |




Mr A has an area of $0.6\left(\frac{40.0 + 16.0}{2}\right) = 16.8$ under the LOW SALARY curve

and $0.1\left(\frac{60.0 + 54.0}{2}\right) = 5.7$ under the MEDIUM SALARY curve.

His area under the HIGH SALARY curve is zero.

$$\text{salary for Mr A} = \frac{16.8 \times 0 + 5.7 \times 30}{16.8 + 5.7} = \frac{171.0}{22.5} = £7600 \text{ p.a.}$$

So Mr A earns a crisp salary of £7600 per annum.

# Mr B

Now consider Ms B who has good skills (0.8), has some responsibility (0.6), gets some new business (0.6), does her job well (0.8), and is quite experienced (0.8).

| | | |
|---|---|---|
| *If* | a person has high skills _____ | (0.8) |
| *and* | that person has high responsibility _____ | (0.6) |
| *and* | that person gets new business _____ | (0.6) |
| *Then* | that person gets a high salary _____ | (0.6) |
| *If* | a person has high skills _____ | (0.8) |
| *and* | that person does their job well _____ | (0.8) |
| *Then* | that person gets a medium salary _____ | (0.8) |
| *If* | a person has low skills _____ | (0.2) |
| *and* | that person is not experienced _____ | (0.2) |
| *Then* | that person gets a low salary _____ | (0.2) |

Ms B has an area of $0.2\left(\frac{32.0 + 40.0}{2}\right) = 7.2$ under the LOW SALARY curve,

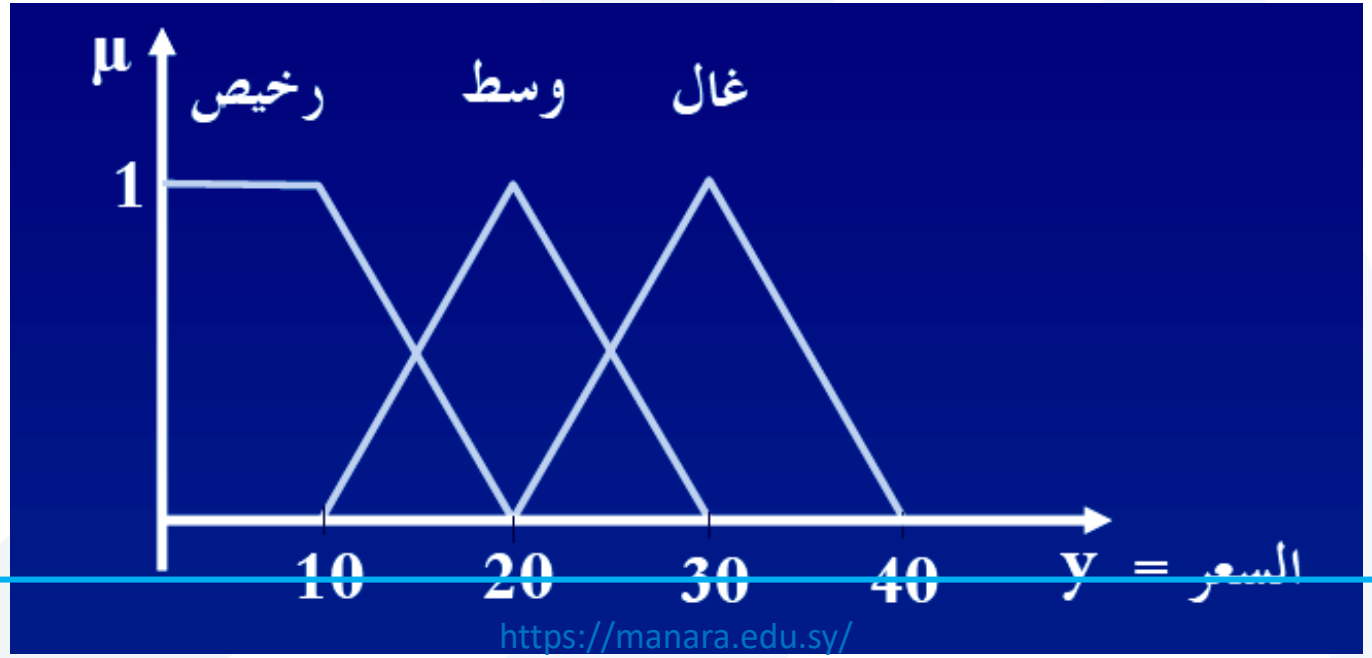
an area of $0.8\left(\frac{12.0 + 60.0}{2}\right) = 28.8$ under the MEDIUM SALARY curve,

and an area of $0.6\left(\frac{48.0 + 120.0}{2}\right) = 50.4$ under the HIGH SALARY curve.

$$\text{salary for Ms B} = \frac{7.2 \times 0 + 28.8 \times 30 + 50.4 \times 100}{7.2 + 28.8 + 50.4} = \frac{5904}{86.4} = £68{,}333 \text{ p.a.}$$

# Example 1

- نريد تصميم نظام ضبابي **لتسعير** بضاعة معينة حسب متغير **العرض** و متغير **الطلب**
- و لنفترض كذلك أن سعر البضاعة مقسم إلى ثلاث مجموعات ضبابية وهي " رخيص" ، "وسط" ، "غالي"

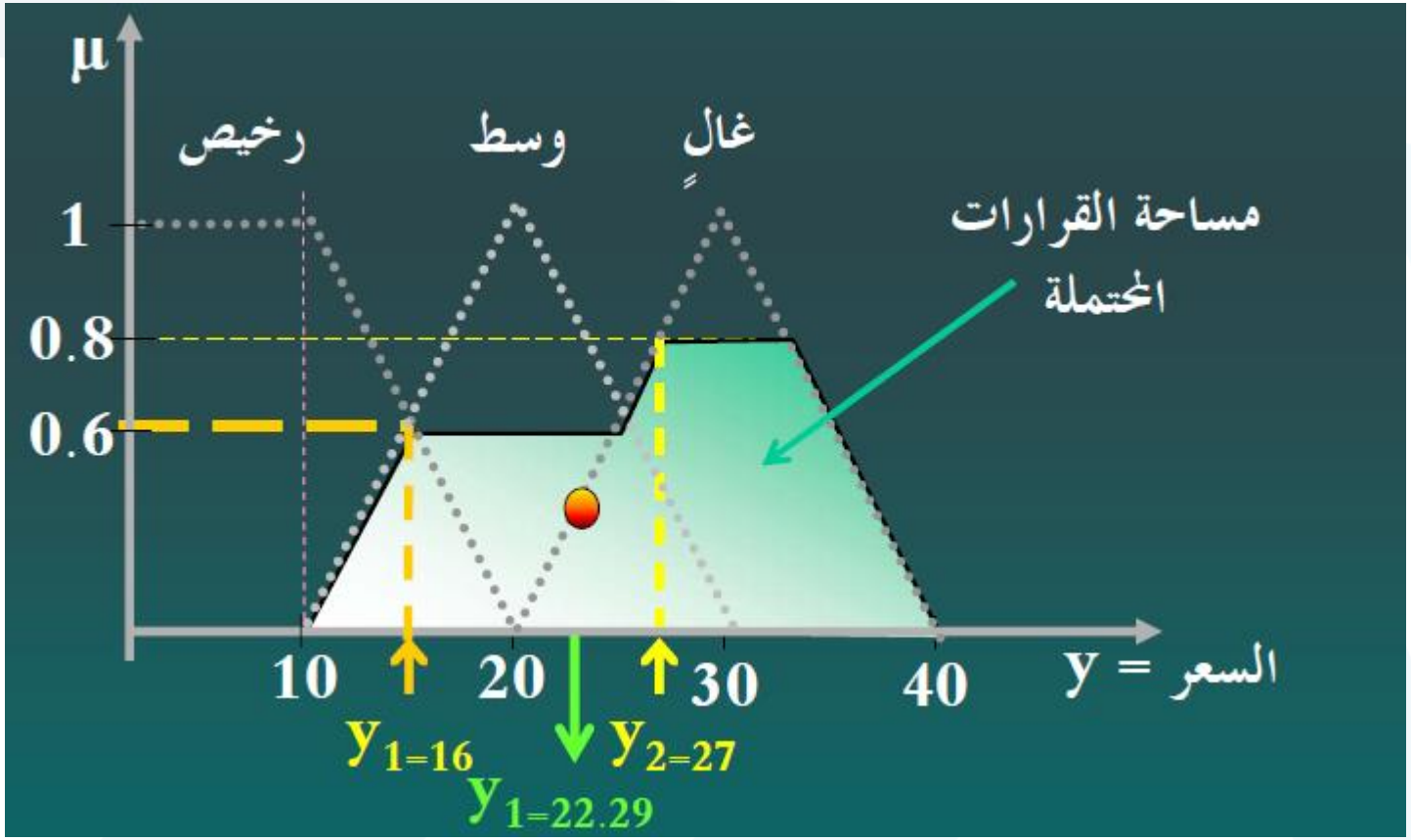


- فإذا أدخلنا قيمة العرض و قيمة الطلب سيتم تغميضهما (تحويلهما إلى قيم ضبابية) و من ثم إدخالهما لقاعدة المعرفة لاتخاذ القرار ألا وهو سعر البضاعة في هذه الحالة.
- في أغلب الأحيان يصل النظام الضبابي إلى أكثر من قرار و بنسب مختلفة، كأن يكون سعر البضاعة مثلاً :

"وسط" بدرجة عضوية 0.6 و "غال" بدرجة عضوية 0.8

- يأتي هنا دور عملية إزالة التغميض(Defuzzification) لإصدار السعر المحدد لهذه البضاعة.

- يحدد السعر كما يلي:

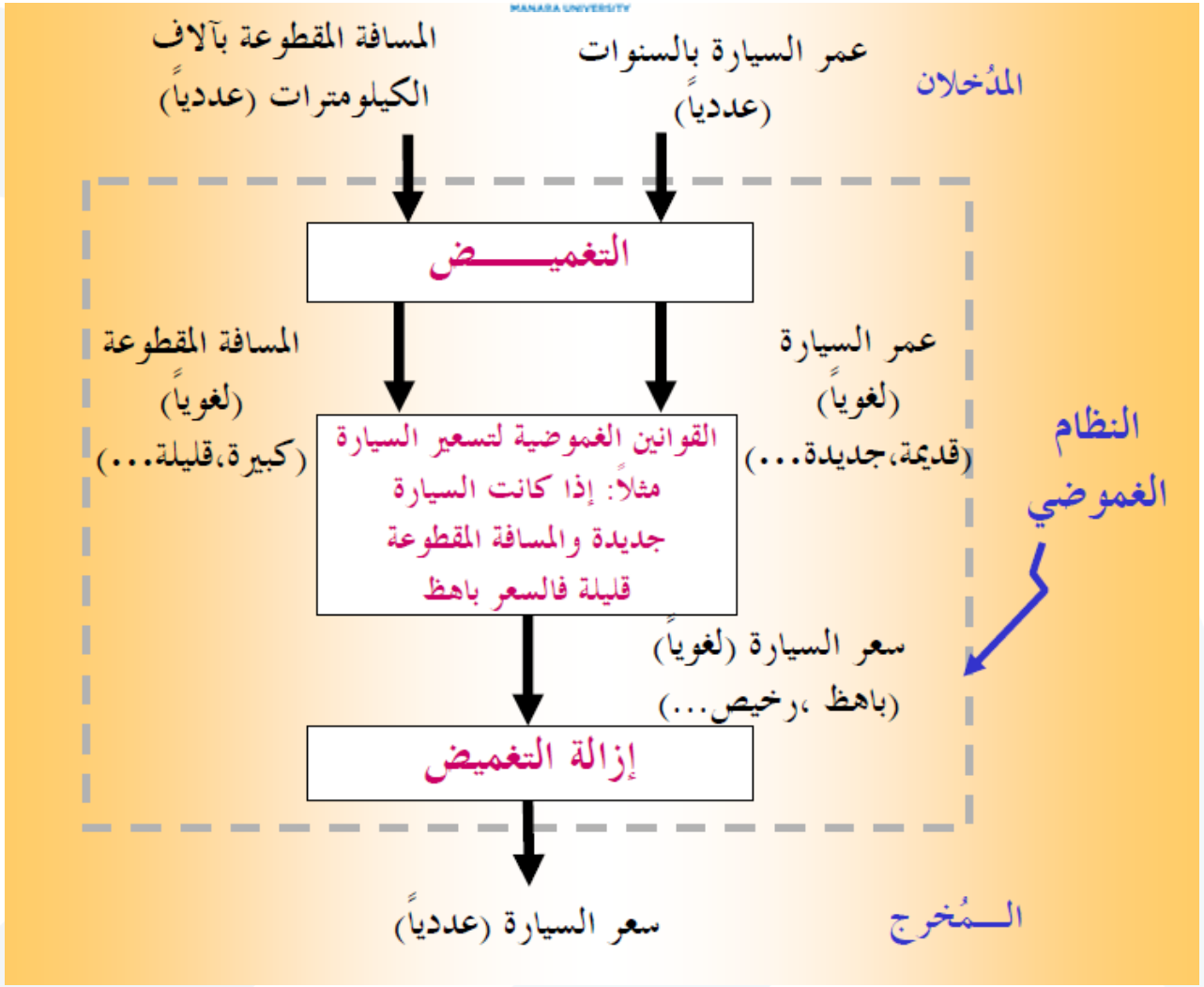


# Example 2

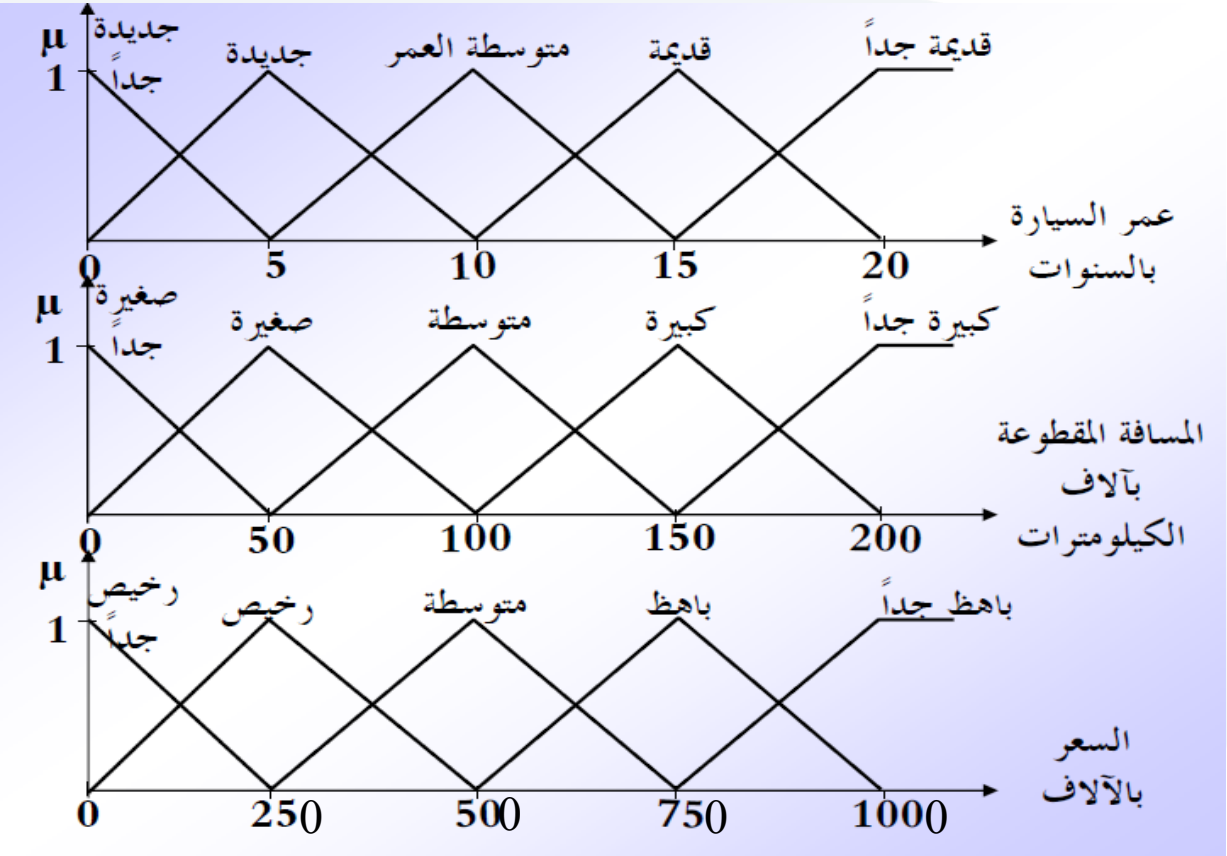
- نود في هذا المثال تصميم نظام ضبابي يساعد على تسعير نوع معين من السيارات حسب **عمر** السيارة و **المسافة** التي قطعتها منذ تاريخ الصنع
- إذاً سيكون لهذا النظام دخلين هما :

  **العمر** و **المسافة المقطوعة**

- و خرجاً وحيداً هو **سعر السيارة**
- يوضح الشكل التالي رسماً إطارياً لهذا المثال :


المدُخلان
المسافة المقطوعة بآلاف الكيلومترات (عددياً)
عمر السيارة بالسنوات (عددياً)
التغميـــــض
المسافة المقطوعة (لغوياً) (كبيرة،قليلة...)
عمر السيارة (لغوياً) (قديمة،جديدة...)
القوانين الغموضية لتسعير السيارة
مثلاً: إذا كانت السيارة جديدة والمسافة المقطوعة قليلة فالسعر باهظ
النظام الغموضي
سعر السيارة (لغوياً) (باهظ ،رخيص...)
إزالة التغميض
سعر السيارة (عددياً)
الـــمُخرج

# الخطوة الأولى : المجموعات الضبابية



# الخطوة الثانية : و ضع القوانين الضبابية

- ليس من الصعب وضع عدد من القوانين على غرار:

  إذا كانت **السيارة جديدة جداً**

  و كانت **المسافة المقطوعة صغيرة جداً**

  **إذاً سعر السيارة باهظ جداً**

- أو كمثال آخر على هذه القوانين:

  إذا كانت المسافة المقطوعة كبيرة جداً

  إذاً سعر السيارة رخيص جداً

- في الخطوة السابقة اخترنا 5 تصنيفات لعمر السيارة و 5 أخرى للمسافة المقطوعة و بالتالي يكون العدد الأقصى للحالات الممكنة 25 و بالتالي يحتاج النظام ( كحد أعلى) إلى 25 قانوناً ضبابياً
- لكن يمكن اختصار بعض هذه القوانين أحياناً
- فالقانون الأخير يعتبر اختصاراً لخمسة قوانين حيث أنه تجاهل عمر السيارة تماماً و الذي كان من المفترض أن يستنفذ 5 توليفات مختلفة تجمع بين كل وصف من الأوصاف الخمسة لعمر السيارة و المسافة المقطوعة "كبيرة جداً"

- لتسهيل التصميم، عادةً ما توضع القوانين الضبابية على شكل جدول يدعى **جدول القرار** أو **جدول القوانين الضبابي**
- توضع في الصف الاول من الجدول تصنيفات الدخل الأول
- وتوضع في العمود الأول تصنيفات الدخل الثاني
- أما باقي خلايا الجدول فتكون للخرج

المسافة المقطوعة

| | صغيرة جداً | صغيرة | متوسطة | كبيرة | كبيرة جداً |
|---|---|---|---|---|---|
| جديدة جداً | باهظ جداً | باهظ | متوسط | رخيص | رخيص جداً |
| جديدة | باهظ | باهظ | متوسط | رخيص | رخيص جداً |
| متوسطة العمر | باهظ | متوسط | متوسط | رخيص | رخيص جداً |
| قديمة | متوسط | رخيص | رخيص | رخيص جداً | رخيص جداً |
| قديمة جداً | متوسط | رخيص | رخيص جداً | رخيص جداً | رخيص جداً |

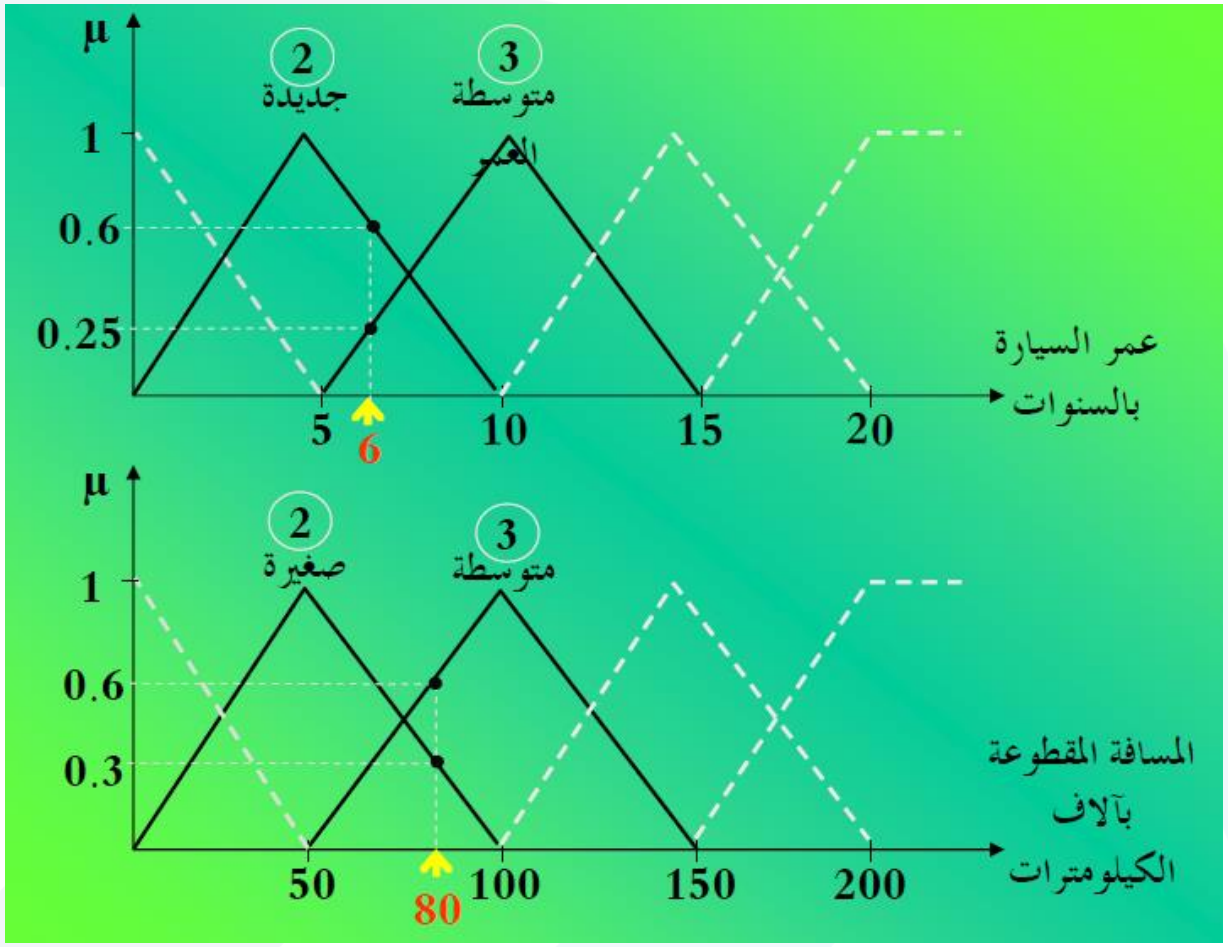
عمر السيارة

جدول القوانين الضبابي للمثال الحالي

# الخطوة الثالثة : اختبار النظام

- لاختبار النظام والإطلاع على مدى نجاعته في اتخاذ القرار، لنفترض أننا نود تسعير سيارة عمرها **6 سنوات** و قطعت مسافة طولها **80 ألف كم**
- سنبدأ إذاً بتغميض هذه القيم(تحويلها إلى قيم ضبابية) ونرى أنه، من بين كل المجموعات الضبابية، تعنينا فقط المجموعات الضبابية الأربعة التالية:
  - ❑ جديدة و متوسطة العمر بالنسبة لعمر السيارة
  - ❑ صغيرة و متوسطة بالنسبة للمسافات المقطوعة

# تغميض المداخل للمثال الحالي



- من خلال الشكل يمكن استخلاص الحقائق التالية :

| | |
|---|---|
| السيارة | جديدة بدرجة انتماء = 0.6<br>متوسطة العمر بدرجة انتماء = 0.25 |
| المسافة المقطوعة | صغيرة بدرجة انتماء = 0.3<br>متوسطة بدرجة انتماء = 0.6 |

- يمكن إذاً سرد هذه القوانين كالتالي( مع ملاحظة إمكانية اختزالها في قانونين فقط)

جَامعة
المَنارة
MANARA UNIVERSITY

# المسافة المقطوعة

| عمر السيارة | صغيرة جداً | صغيرة | متوسطة | كبيرة | كبيرة جداً |
|---|---|---|---|---|---|
| جديدة جداً | | | | | |
| جديدة | | باهظ | متوسط | | |
| متوسطة العمر | | متوسط | متوسط | | |
| قديمة | | | | | |
| قديمة جداً | | | | | |

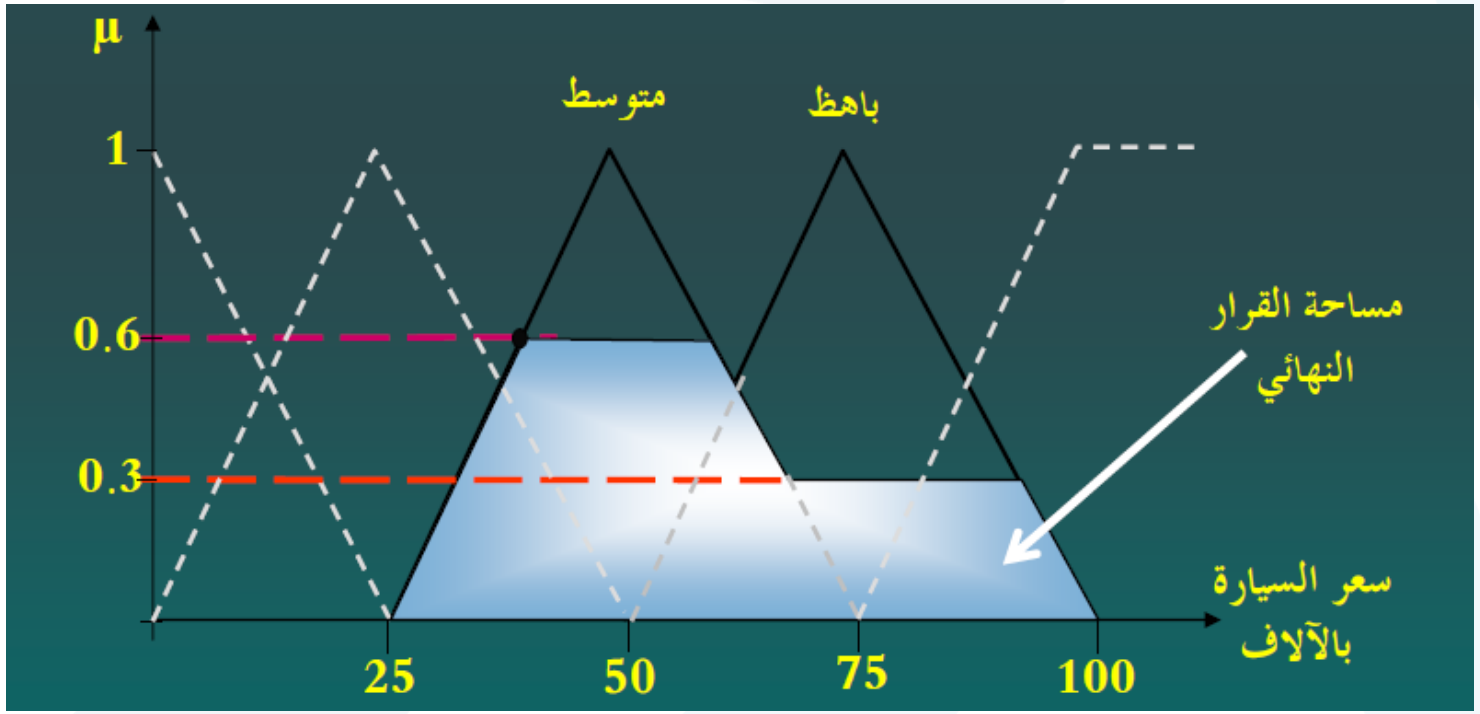
جَـامعة
المَـنارة

| | |
|---|---|
| إذا كانت السيارة جديدة | $\mu=0.6$ |
| والمسافة المقطوعة صغيرة | $\mu=0.3$ |
| إذاً سعر السيارة باهظ | $\mu= \min (0.6 , 0.3) = 0.3$ |
| إذا كانت السيارة متوسطة العمر | $\mu=0.25$ |
| والمسافة المقطوعة صغيرة | $\mu=0.3$ |
| إذاً سعر السيارة متوسط | $\mu= \min (0.25 , 0.3) = 0.25$ |
| إذا كانت السيارة جديدة | $\mu=0.6$ |
| والمسافة المقطوعة متوسطة | $\mu=0.6$ |
| إذاً سعر السيارة متوسط | $\mu= \min (0.6 , 0.6) = 0.6$ |
| إذا كانت السيارة متوسطة العمر | $\mu=0.25$ |
| والمسافة المقطوعة متوسطة | $\mu=0.6$ |
| إذاً سعر السيارة متوسط | $\mu= \min (0.25 , 0.6) = 0.25$ |

- من خلال القوانين نرى أن سعر السيارة:

باهظ بدرجة انتماء $\mu = 0.3$

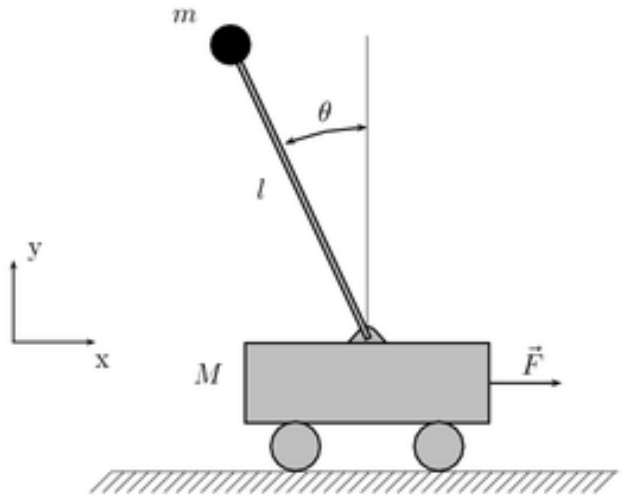
متوسط بدرجة انتماء $\mu = \max(0.25, 0.6, 0.25) = 0.6$



# موازنة النواس المقلوب

# Inverted pendulum problem

# موازنة البندول (رقاص الساعة) المقلوب



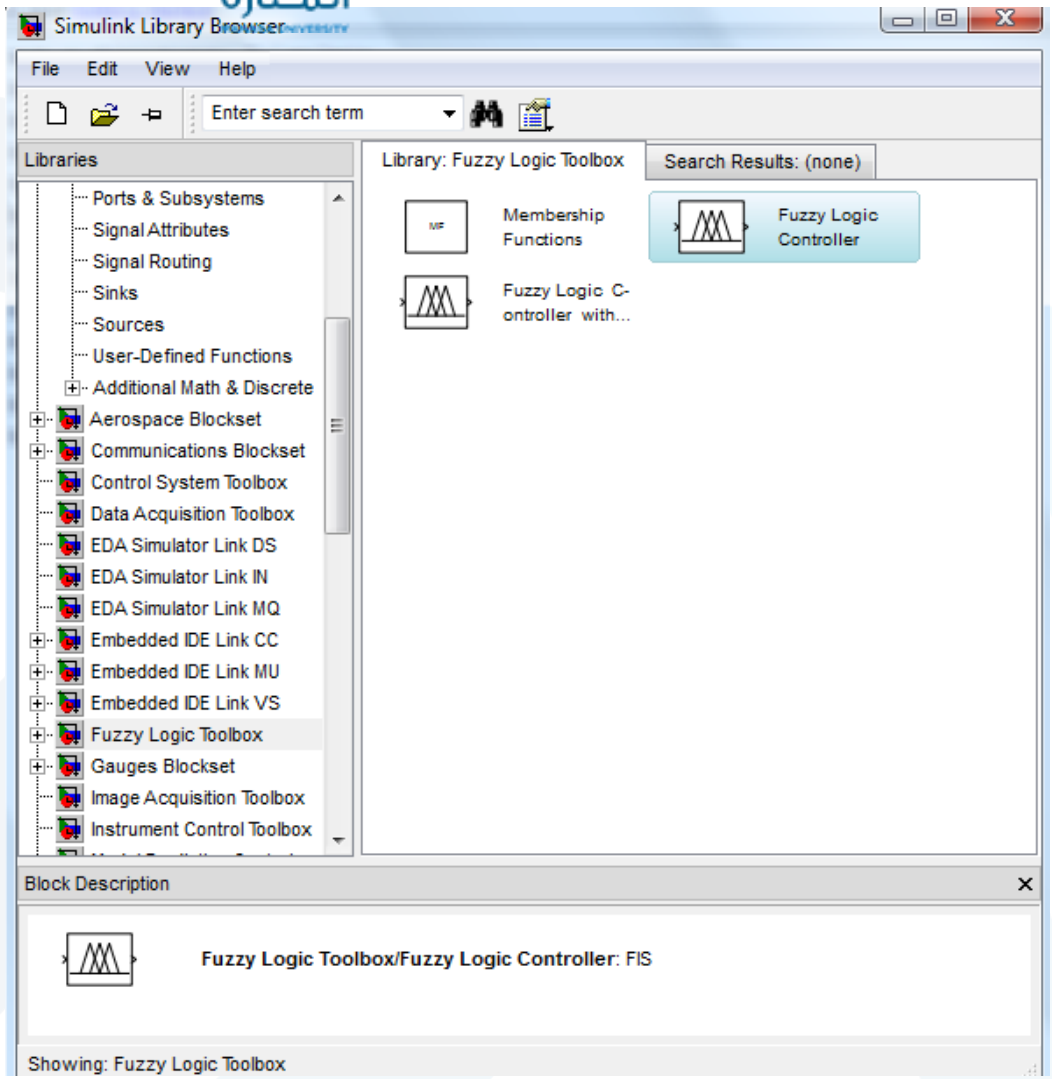

القوة F ينبغي اختيارها وفقا لمتغيرات الدخل θ (الزاوية من الوضع الشاقولي) و θ′ السرعة الزاوية.

# جدول القرار للمثال

| $\theta \backslash \dot{\theta}$ | NL | NM | NS | AZ | PS | PM | PL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NL | NL | NL | NL | NL | NM | NS | PS |
| NM | NL | NL | NM | NM | NS | PS | PS |
| NS | NL | NM | NS | NS | PS | PS | PM |
| AZ | NL | NM | NS | AZ | PS | PM | PL |
| PS | NM | NS | NS | PS | PS | PM | PL |
| PM | NS | NS | PS | PM | PM | PL | PL |
| PL | NS | PS | PM | PL | PL | PL | PL |

# بناء نماذج SIMULINK تستخدم المنطق الضبابي

- fuzblock



# نظام التحكم للمثال