



# منطق الغموض

# FUZZY LOGIC

د. عادل عبدالنور  
قسم الهندسة الكهربائية  
جامعة الملك سعود



# الإنسان ام الحاسوب؟

- من الملفت أن الإنسان لا يمتلك قدرة كافية على التعامل مع كميات كبيرة من المعلومات العددية والمعطيات الدقيقة ورغم ذلك فإن له براعة مذهلة في اتخاذ قرارات معقدة
- تماماً عكس جهاز الحاسوب والذي بإمكانه القيام بأكثر العمليات الحسابية تعقيداً وفي جزء من الثانية في حين يعجز تماماً أمام أبسط الأنشطة البشرية ما لم يتم تمثيلها عددياً



- هذا التفوق الإنساني الواضح، وعجز الأنظمة العددية الفاضح دفعا بالدكتور لطفي زاده للبحث والوصول إلى نظرية منطق الغموض سنة 1965م
- ثم تطور هذا المنطق بعد ذلك ليمس معظم الجوانب التكنولوجية الحديثة على أيدي اليابانيين الذين لم يترددوا في استخدامه لتطوير منتجاتهم وصناعاتهم
- أصبح من المؤلف أن نرى في الأسواق مكيفات وكاميرات وغسالات وغيرها من الأجهزة تعمل بنظام منطق الغموض



❖ فما هو منطق الغموض؟

❖ وكيف يختلف عن المنطق الكلاسيكي؟

❖ وكيف يعمل؟

❖ وما هي تطبيقاته؟

أسئلة كثيرة سنحاول الإجابة عنها ومن خلالها سنحاول عرض هذا النوع المهم من أنواع الذكاء الاصطناعي



جاءت نظرية منطق الغموض لتسد ثغرات كبيرة في المنطق الكلاسيكي المعروف

فالمنطق الكلاسيكي يعتمد على الأساليب الكمية (Quantitative Approaches) لتحليل الأنظمة أو إصدار القرارات

وإذا ما كانت الدقة مطلوبة وممكنة عند التعامل مع الأنظمة أو القرارات البسيطة فإنها غير ممكنة وأحياناً غير مطلوبة عند التعامل مع المسائل المعقدة

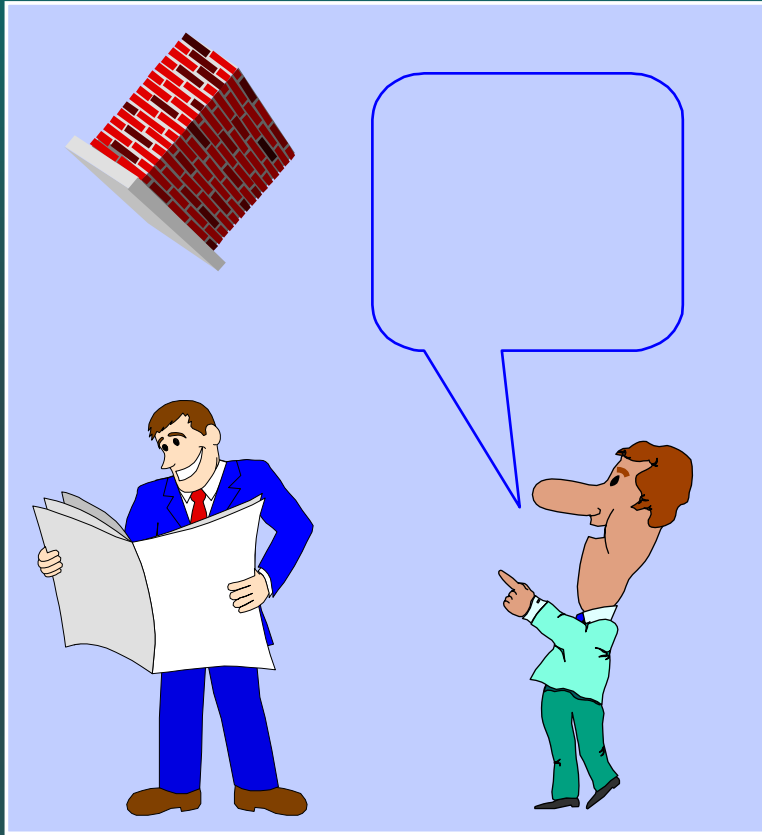


■ فكما زاد التعقيد (في مسألة ما) كلما فقدت العبارات الدقيقة فائدها وفقدت العبارات المفيدة دقتها

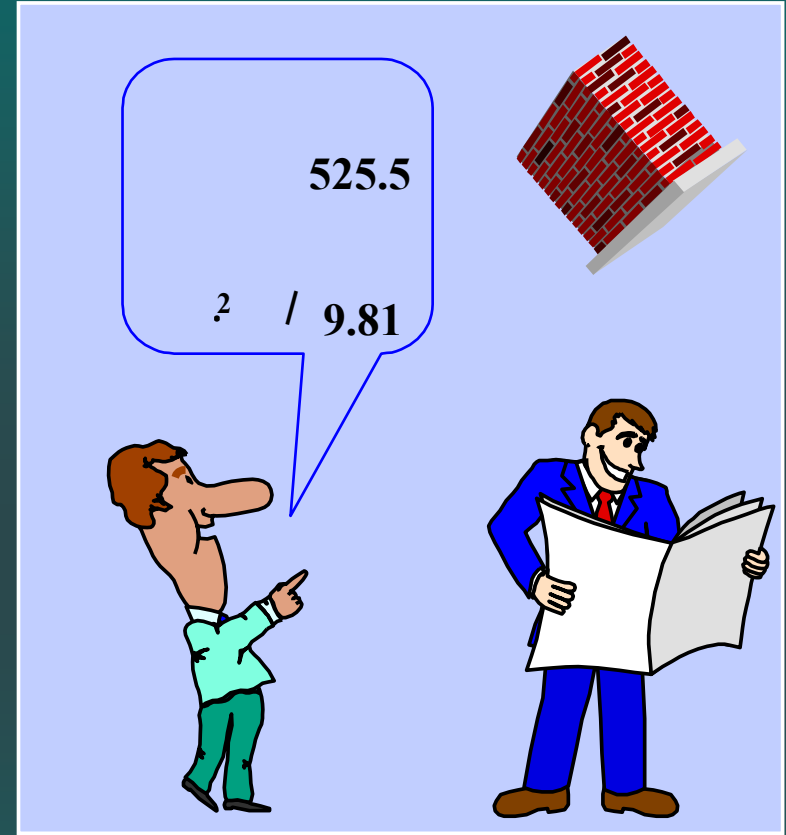
■ فالفرق بين منطق الغموض ومنطق الوضوح (Crisp logic) هو فرق فلسفي مهم يعتمد على جدلية الأهمية والدقة (الوضوح)

■ فليس كل دقيق (واضح) مهم ولا كل مهم دقيق . فالمتأمل للشكل التالي يرى أن في أحيان كثيرة تكون الدقة قاتلة والغموض رحمة





الأهمية



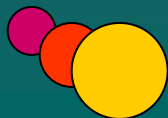
الدقة

عندما تكون الدقة قاتلة والغموض رحمة



# المجاميع الغموضيه : Fuzzy Sets

- في المجاميع الكلاسيكية (Classical Sets) ، تُحدّد عضوية العناصر بشكل دقيق وواضح
- فمثلاً ، مجموعة الأرقام السالبة تضم وبدون شك أرقاماً مثل -2 ، -17.2 ، .. وتستبعد (كذلك بدون مجال للشك) أرقاماً مثل  $7+$  ،  $2+$  ،  $111.2+$
- في أحيان كثيرة ، تكون الأشياء التي نتعامل معها في مجالات الحياة المختلفة غير قابلة لهذا التصنيف الدقيق. فكيف نعرّف مثلاً مجموعة "الأرقام التي تكبر الصفر بكثير" ؟ ، أو مجموعة "درجات الحرارة العالية" ؟





• لتمثيل المتغيرات اللغوية والمجاميع غير الدقيقة ، طرح د. لطفي زاده مفهوم المجموعة الغموضيّة Fuzzy Set

• تختلف المجموعة الغموضيّة عن المجموعة الكلاسيكية في أنها تسمح لعنصر ما بالانتماء الجزئي (Partial Membership) ويُرمز لدرجة عضوية عنصر  $x$  للمجموعة الغموضيّة  $A$  بـ:

$$\mu_x(A)$$

• في حالة المجاميع الكلاسيكية تكون  $\mu_x(A)$  ثنائية القيمة (1 في حالة الانتماء وصفر في غير ذلك). أما في حالة المجاميع الغموضيّة فبإمكانها أن تتخذ قيما بين الصفر والواحد



- لذا يمكن أن نعرّف، رياضياً، المجموعة الغموضيّة  $A$  كالتالي:

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

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

- ويطلق على  $X$  مسمى المجموعة الشاملة ( Universe of Discourse ) وهي تمثل كل القيم المحتملة للمتغير  $x$

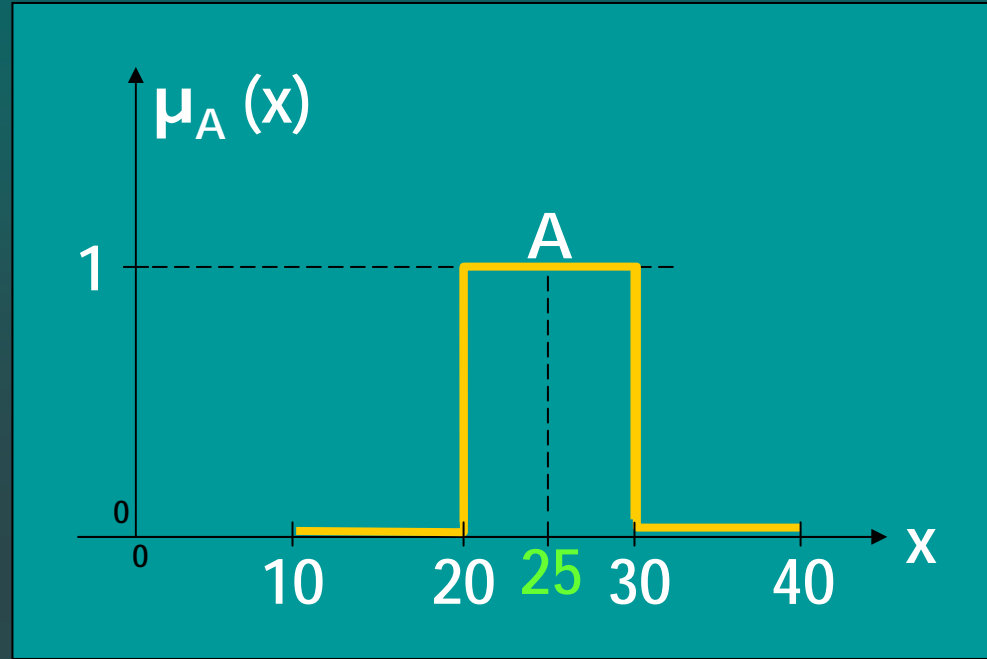


- لنأخذ مثلاً "درجة الطقس المعتدلة"، ولنفترض أن الدرجة المثالية هي 25 مع قبول كل القيم التي تكون بين 20 و 30 درجة على أنها تمثل قيمةً لدرجة حرارة طقس معتدل
- في هذه الحالة تكون المجموعة  $A$  بالمفهوم الكلاسيكي ممثلة رياضياً كالتالي :

$$A = \{ \text{كل درجات الحرارة ما بين 20 و 30 درجة} \}$$



## المجموعة الكلاسيكية



تتتمي كل الدرجات ما بين 20 و 30 لهذه المجموعة كلياً و  
تُستقصى كل القيم الأخرى بما فيها 19.9 درجة و 30.1 درجة  
والتي تعتبر حسب هذا المفهوم الكلاسيكي غير معتدلة (وهنا  
يكون هذا المنطق غير منطقي)



• بمفهوم منطق الغموض يمكن تمثيل المجموعة  $A$  كالآتي:

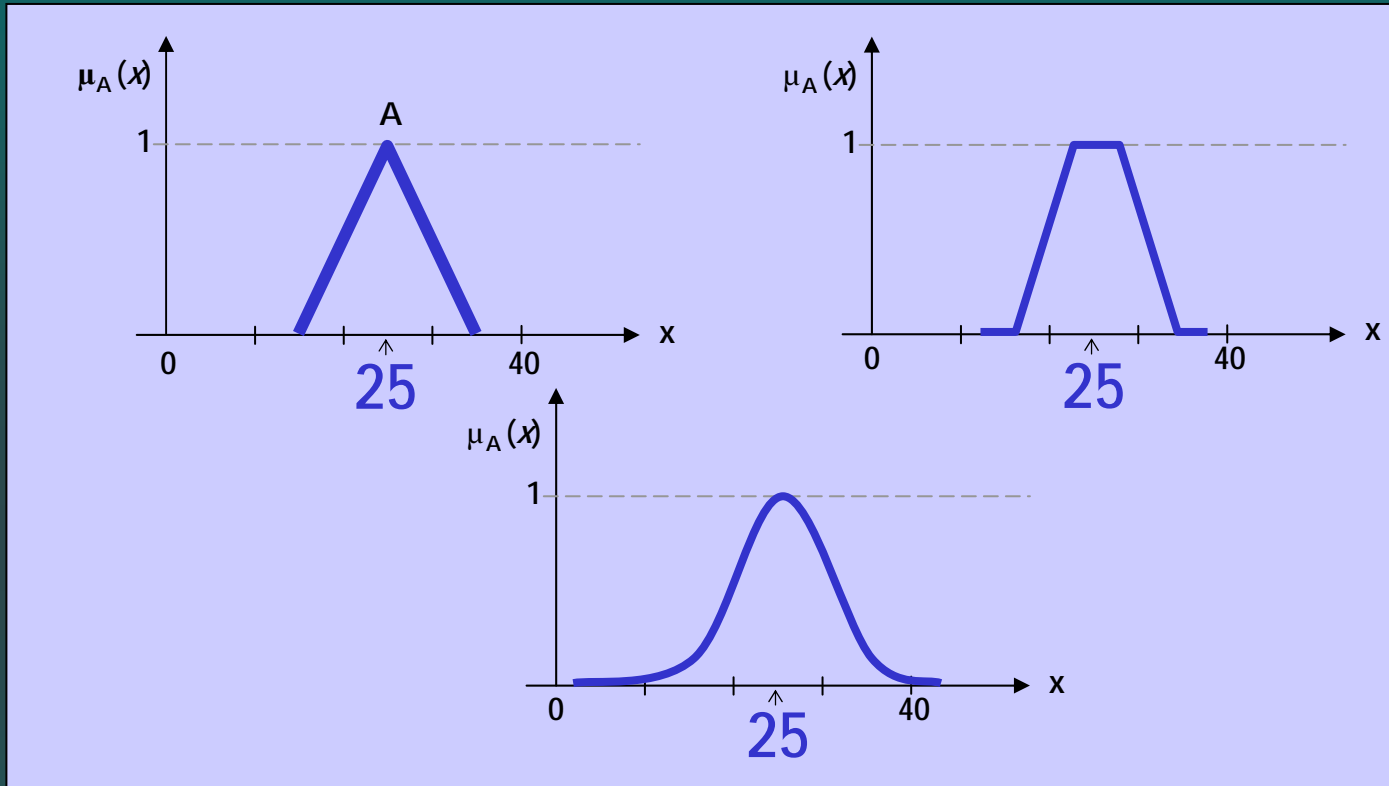
$$A = \{\text{درجات حرارة الطقس المعتدلة}\}$$

• نختار المجموعة الشاملة للقيم المحتملة  $(X)$  لتضم درجات الحرارة من صفر إلى 40

• وبالتالي، تكون درجة انتماء القيمة 25 لهذه المجموعة واحد وتقل هذه الدرجة كلما ابتعدنا عن هذه القيمة

• يمكن تمثيل هذه المجموعة الغموضية بأكثر من طريقة





بعض المجاميع الغموضية لتمثيل درجة حرارة الطقس المعتدل



# مفهوم المتغير اللغوي: Linguistic Variable:

- في الرياضيات أو حتى في المنطق الكلاسيكي يكون المتغير عددياً (Numerical) وبالتالي تكون قيمه كمّيه
- أمّا في منطق الغموض فإن المتغيرات تحمل قيماً على شكل كلمات أو جمل من اللغة مثل "حار" ، "بارد" ، "سريع" ، "طويل" ...
- وتكمن أهمية المتغير اللغوي في أن الإنسان نجح في تلخيص المعلومات الكثيرة وتحليل الأنظمة المعقدة وإصدار القرارات الصعبة عن طريق استعمال اللغة وليس بالالتجاء إلى المتغيرات الكميّة والعددية



• لتوضيح هذا المفهوم لنأخذ مثلاً الحرارة (T) كمتغير لغوي. بإمكاننا عرض هذا المتغير على الشكل التالي:

$T = \{\text{بارد جداً ، بارد ، معتدل ، دافئ ، حار ، حار جداً ، ...}\}$

• ويتم تمثيل كل قيمة من هذه القيم اللغوية عن طريق مجموعة غموضية

• في هذا المثال يمكن أن نختار المجموعة الشاملة لتضم درجات

حرارة من صفر إلى 60 درجة مئوية ،  $X = [0 , 60]$

• وبذلك يمكن أن نستعمل المتغير اللغوي "بارد" ليمثل درجات

حرارة أقل من 10 درجات و "معتدل" لدرجات الحرارة القريبة من

25 وهكذا



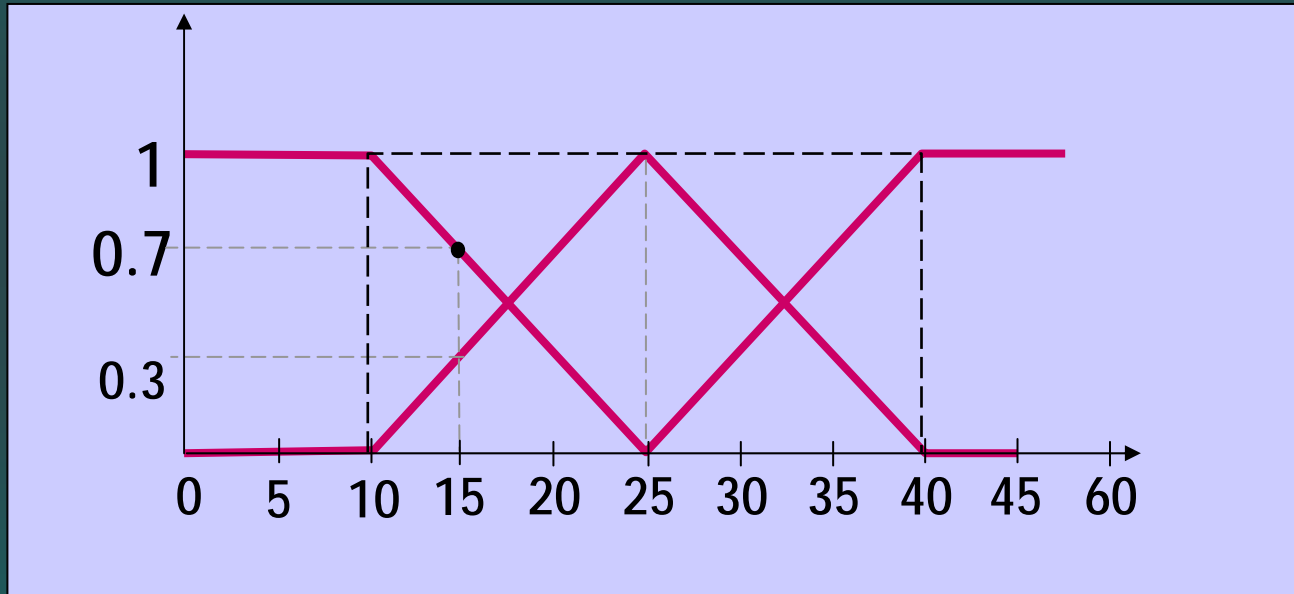


# دالة العضوية Membership Function

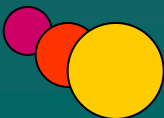
- تُستعمل دالة العضوية لتحديد كيفية انتماء أي عنصر من العناصر إلى المجاميع الغموضيّة
- والشروط الأساسي لهذه الدالة هو أن يكون مداها ما بين الصفر والواحد. أكثر الأشكال شيوعاً هي:
  - المثلثية (Triangular)
  - شبه المنحرفة (Trapezoidal)
  - الجرسية/الغاوسية (Gaussian)
- كما يمكن استعمال أي شكل آخر يفى بالغرض



لنختار مثلاً فقط ثلاث دالات عضوية ونسميها "باردة"،  
و"معتدلة"، و"ساخنة". مع ملاحظة أنه بالإمكان اختيار أكثر من  
ثلاث دالات.



ثلاث دالات عضوية للحرارة



- من خلال الشكل نلاحظ أنه إذا كانت درجة الحرارة 15 درجة مئوية فإنها تصنف على إنها باردة بدرجة عضوية 0.7
- وفي نفس الوقت تصنف على أنها معتدلة بدرجة عضوية 0.3 وساخنة بدرجة عضوية صفر
- وبذلك يكون الانتقال من مجموعة غموضية إلى أخرى انتقالاً سلساً ومقبولاً



# العمليات المنطقية Logical Operations

✘ لبناء نظام يعتمد على منطق الغموض ( Fuzzy System )، نحتاج إلى عدد من العمليات المنطقية ✘  
تحديداً ، هناك أربعة عمليات أساسية لمعالجة المتغيرات الغموضية وهي:

● التقاطع Intersection

● والاتحاد Union

● والتكملة Complement

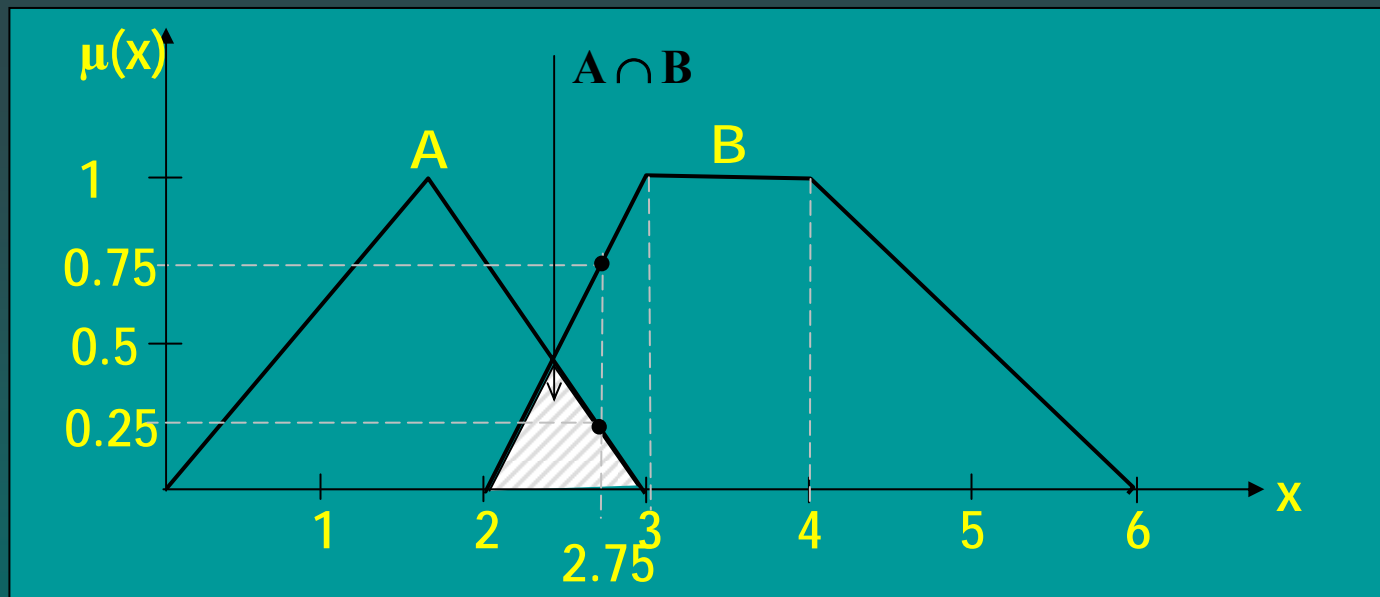
● والدلالة Implication



# التقاطع (Intersection)

$$\begin{aligned}\mu_{A \cap B}(x) &= \mu (A \text{ AND } B) \\ &= \min \{ \mu_A(x) , \mu_B(x) \}\end{aligned}$$

كمثال على ذلك ، لنأخذ الشكل التالي:



$$\mu_A(2.75) = 0.25$$

$$\mu_B(2.75) = 0.75$$

من خلال الشكل نرى أن :

وبالتالي :

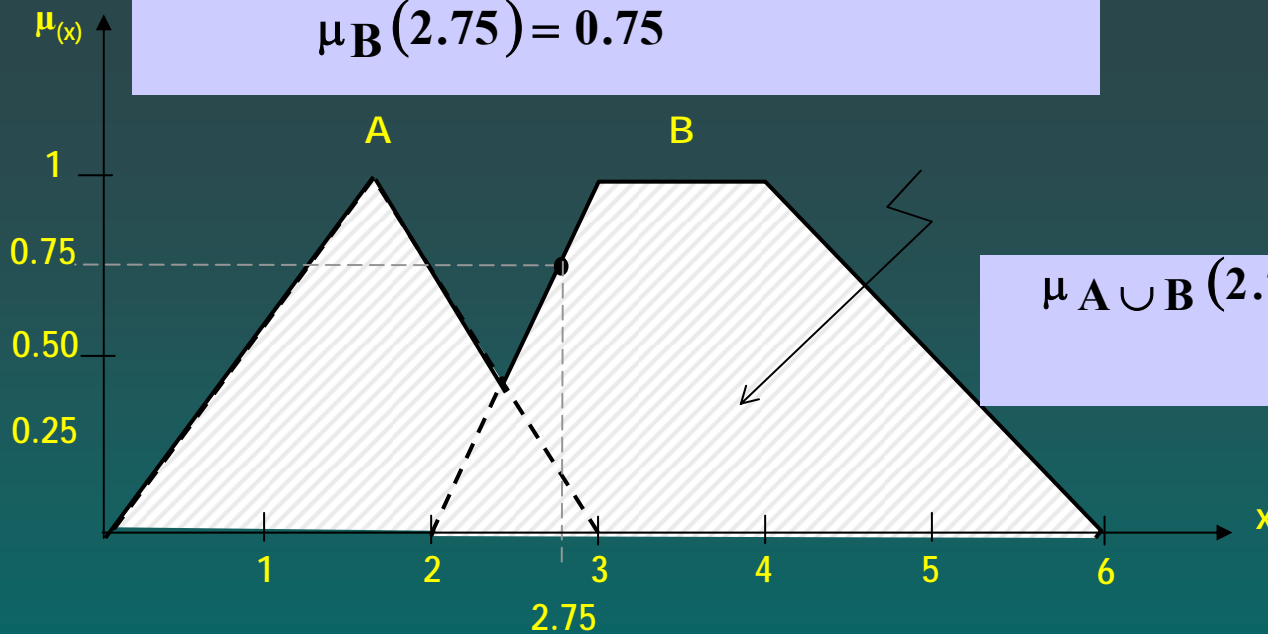
$$\begin{aligned}\mu_{A \cap B}(2.75) &= \min(0.25, 0.75) \\ &= 0.25\end{aligned}$$



# (Union) الاتحاد

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

$$\begin{aligned}\mu_A(2.75) &= 0.25 \\ \mu_B(2.75) &= 0.75\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\mu_{A \cup B}(2.75) &= \max(0.25, 0.75) \\ &= 0.75\end{aligned}$$



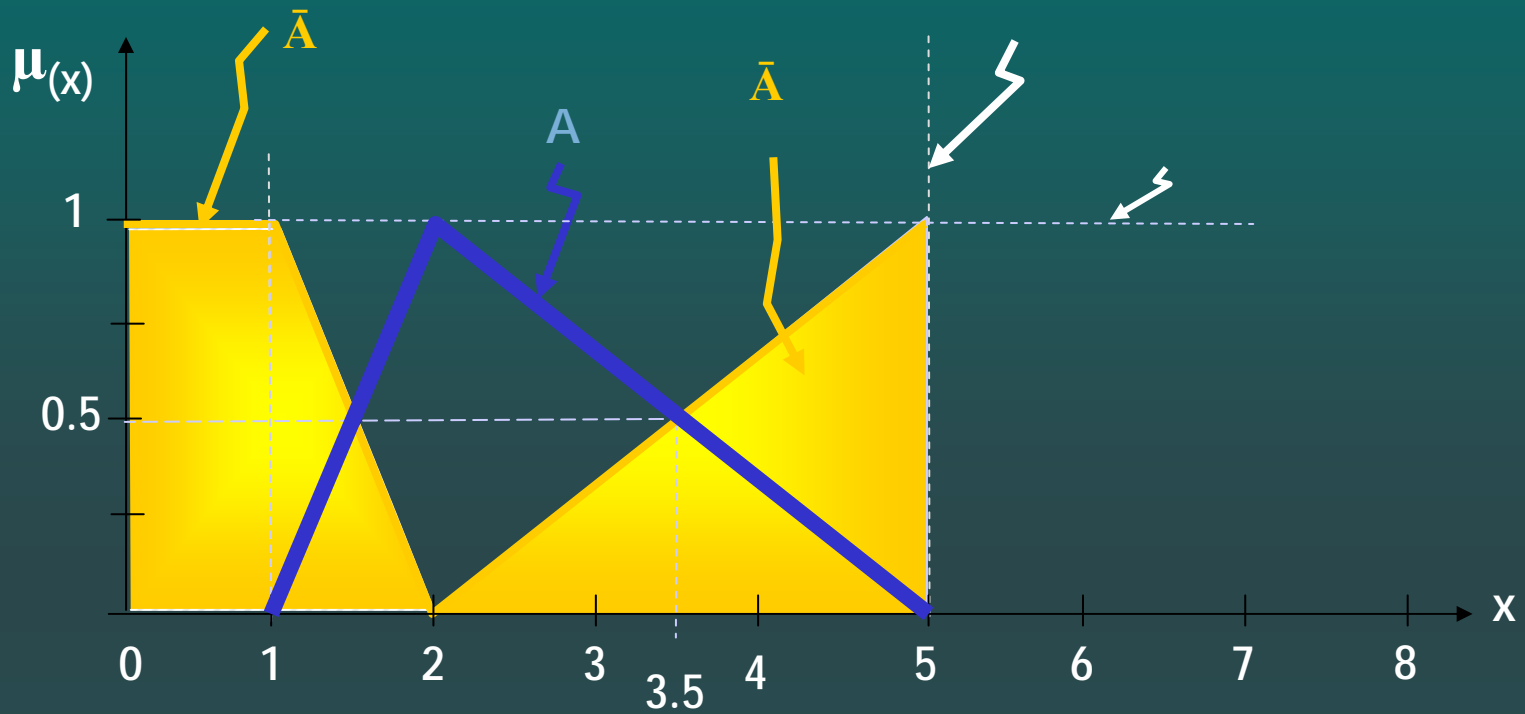
# التكملة (Complement)

- المراد بالتكملة هنا هو الجزء الذي يبقى خارجاً عن المجموعة الغموضيّة  $A$  رغم انتماء للمجموعة الشاملة  $X$
- ويُرمز لهذا الجزء بـ  $\bar{A}$
- فيما أن درجة العضوية القصوى تساوي 1 فإن درجة عضوية أي عنصر من المجموعة الشاملة للمجموعة  $\bar{A}$  يساوي:

$$\begin{aligned}\mu_{\bar{A}}(x) &= \mu(\text{NOT } A) \\ &= 1 - \mu_A(x)\end{aligned}$$







$$\begin{aligned}
 \mu_{\bar{A}}(3.5) &= 1 - \mu_A(3.5) \\
 &= 1 - 0.5 \\
 &= 0.5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mu_{\bar{A}}(1) &= 1 - \mu_A(1) \\
 &= 1 - 0 \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

المجموعة الشاملة هي ما بين 1 و 5 ■



# الدلالة (Implication)

الدلالة الغموضية هي عبارة عن مجموعة من القوانين أو العبارات الشرطية المكونة من "إذا كان كذا، إذاً كذا"

فالشرط الأول من القانون يمثل الشرط والشرط الثاني يمثل جواب الشرط أو الناتج

كمثال على ذلك، لناخذ القانون التالي:

إذا (كانت درجة الحرارة متوسطة)

و (درجة الرطوبة منخفضة)

إذاً (يعتبر الطقس معتدلاً)



في هذا القانون البسيط هناك ثلاث متغيرات غموضية. إثنان في شرط القانون وهما الحرارة والرطوبة والثالث في ناتج القانون وهو الطقس

كذلك هناك مجاميع غموضية لهذه المتغيرات وهي "متوسطة" ويرجع الوصف إلى درجة الحرارة، و "منخفضة" لوصف الرطوبة، و "معتدل" للحكم على حالة الطقس

إذا كانت لنا قيماً محدّده لدرجة الحرارة ودرجة الرطوبة فسيحتاج قانون الدلالة إلى خطوتين لتحديد حالة الطقس



• في الخطوة الأولى يتم تقييم الشرط عن طريق تحديد مدى عضوية القيم المعطاه للمجاميع الغموضيه المذكورة واستعمال العمليات المنطقية السابقة (عملية التقاطع في هذه الحالة لوجود العطف "و")

• أما في الخطوة الثانية فيتم تقييم الناتج

• فإذا كان الشرط متوفراً بنسبة معينة ، يكون القرار صحيحاً بنفس النسبة



■ لنأخذ مثلاً أن درجة الحرارة تساوي 30 درجة مئوية ودرجة الرطوبة 40%

■ ولنفترض أن درجة انتماء هذه الحرارة للمجموعة الغموضية "متوسطة" هي 0.8 وأن درجة انتماء الرطوبة للمجموعة الغموضية "منخفضة" هي 0.6

■ وبما أن الـ "و" تفيد التقاطع ، فإن الشرط متوفر بدرجة عضوية 0.6 وبذلك تكون درجة انتماء الطقس للمجموعة الغموضية "معتدل" كذلك 0.6



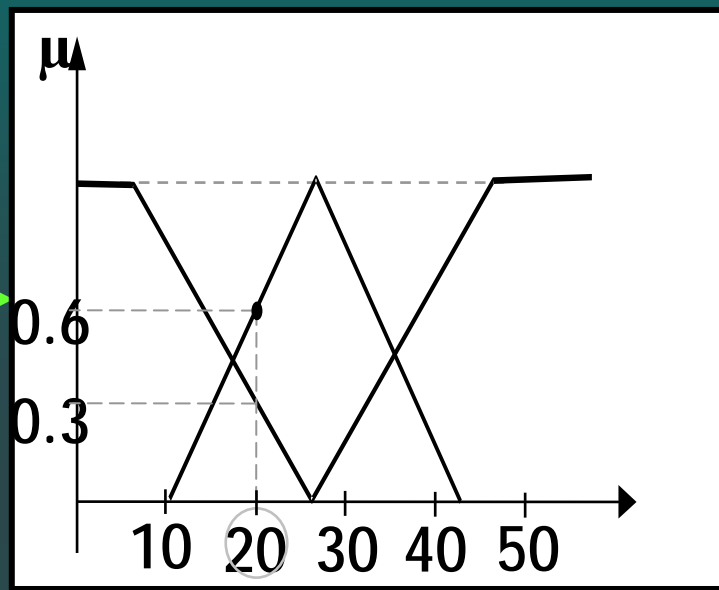
# آلية الاستنتاج الغموضي (Inference Fuzzy)

آلية الاستنتاج الغموضي هي العملية الكاملة لاتخاذ القرارات باستعمال منطق الغموض و تجمع هذه العملية كل المكونات التي تم طرحها إلى الآن. ولها أربعة خطوات أساسية

- التغميض Fuzzification
- قاعدة المعرفة Knowledge Base
- اتخاذ القرار Decision Making
- وإزالة التغميض Defuzzification



=  
20°  
( )



0.3=

0.6=

عملية التغميض وموقعها في النظام الغموضي



# قاعدة المعرفة (Knowledge base)

❖ تحتوي قاعدة المعرفة على القوانين الغموضيّة من نوع "إذا كان كذا إذاً كذا"

❖ وقد يضم الشرط 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 مُريح)

❖ ولا 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 والتي بدورها تطبق كل العمليات المنطقية من اتحاد وتقاطع وتكملة





## مثال

لنأخذ القانون السابق ولنفترض نتائج عملية التغميض التالية:

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

ما هي القيمة التي تحدد مدى توفر شروط القانون؟



## لتبسيط القانون سنستعمل الرموز التالية :

(متغير غموضي)	الحرارة	=x
(متغير غموضي)	الرطوبة	=y
(مجموعة غموضيه)	حرارة عالية	=A
(مجموعة غموضيه)	حرارة معتدلة	=B
(مجموعة غموضيه)	رطوبة عالية	=C
(مجموعة غموضيه)	رطوبة معتدلة	=D



■ من خلال الجدول يصبح لدينا إذا:

$$\mu_A(x) = 0.7$$

$$\mu_C(y) = 0$$

$$\mu_B(x) = 0.4$$

$$\mu_D(y) = 0.8$$

■ وبما أن الـ "و" تفيد التقاطع والـ "أو" تفيد الاتحاد ،  
يصبح تقييم شرط القانون:

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

■ وبهذا يصبح شرط القانون متوفراً بنسبة **0.7**



# اتخاذ القرار Decision Making

- ✱ تعتبر هذه الخطوة تقليدياً للطريقة البشرية في اتخاذ القرارات
- ✱ رغم أهميتها تعتبر بسيطة جداً وتعتمد أساساً على القاعدة التالية:

**"إذا كان الشرط متوفراً بنسبة معينة**

**فجواب الشرط نافذ المفعول بنفس النسبة"**

- ✱ فإذا رجعنا للقانون الغموضي الذي قيّمنا مدى توفر شروطه يمكننا أن نستخلص أن الطقس ينتمي للمجموعة الغموضية "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 منطق الغموض فإن عملية إزالة التغميض هي بوابة الخروج منه
- فعن طريق هذه العملية يتم تحويل القيم اللغوية (الغموضية) إلى قيم عددية يسهل على الحاسوب والآلات بصفة عامة التعامل معها
- لإتمام هذه الخطوة ، هناك عدد من الطرق المختلفة لكن أكثرها شيوعاً هي الطريقة المسماة بـ "مركز المساحة" (Center of Area) على غرار مركز الثقل. والمراد بالمساحة هنا هي مساحة القرارات المحتملة



فإذا أصدر نظام غموضي معين قراران ، يكون القرار النهائي باستعمال مركز المساحة كالتالي:

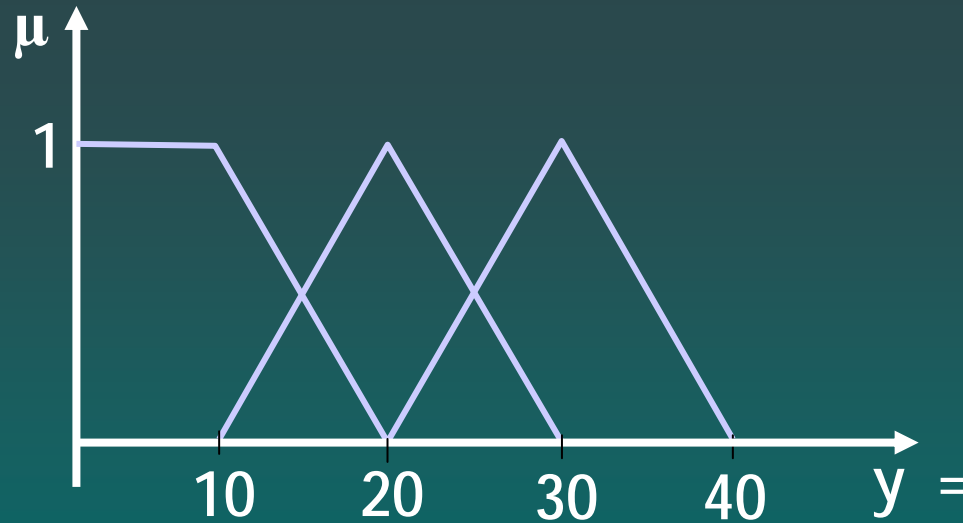
$$y_0 = \frac{y_1 \mu_Y (y_1) + y_2 \mu_Y (y_2)}{\mu_Y (y_1) + \mu_Y (y_2)}$$

**Y=** المجموعة الغموضية التي ينتمي إليها القرار  
**y<sub>1</sub>=** القرار الأول  
**y<sub>2</sub>=** القرار الثاني  
**μ=** درجة العضوية  
**y<sub>0</sub>=** القرار النهائي



■ لتوضيح هذه الخطوة، لنفترض أنه تم تصميم نظام  
غموضي لتسعير بضاعة معينة حسب متغير العرض ومتغير  
الطلب

■ ولنفترض كذلك أن سعر البضاعة مقسم إلى ثلاثة مجاميع  
غموضية وهي "رخيص"، "وسط"، و"غالي"



■ فإذا أدخلنا قيمة العرض وقيمة الطلب سيتم تغميضهما ومن ثم إدخالهما لقاعدة المعرفة لاتخاذ القرار ألا وهو سعر البضاعة في هذه الحالة

■ في أغلب الاحيان يصل النظام الغموضي إلى أكثر من قرار و بنسب مختلفة ، كأن يكون سعر البضاعة مثلاً :

"وسط" بدرجة عضوية 0.6 و "عال" بدرجة عضوية 0.8

■ يأتي هنا دور عملية إزالة التغميض لإصدار السعر المحدد لهذه البضاعة





يحدد السعر ، حسب قانون مركز المساحة كالتالي :

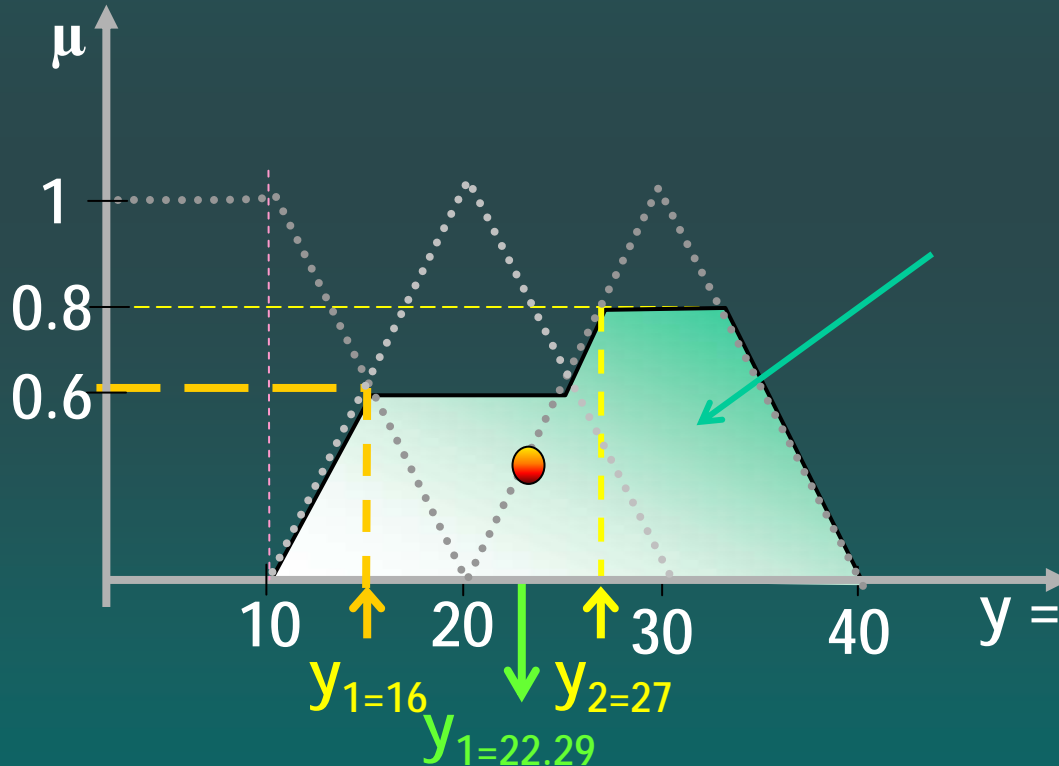
$$\frac{9.6 + 21.6}{1.4} = \frac{(0.6)(16) + (0.8)(27)}{(0.6) + (0.8)}$$

$$= 22.29$$

= السعر

16 = الاحتمال الأول للسعر

27 = الاحتمال الثاني



# مثال تفصيلي لنظام غموضي

- نودّ في هذا المثال تصميم نظام غموضي يساعد على تسعير نوع معين من السيارات حسب عمر السيارة والمسافة التي قطعها منذ تاريخ الصنع

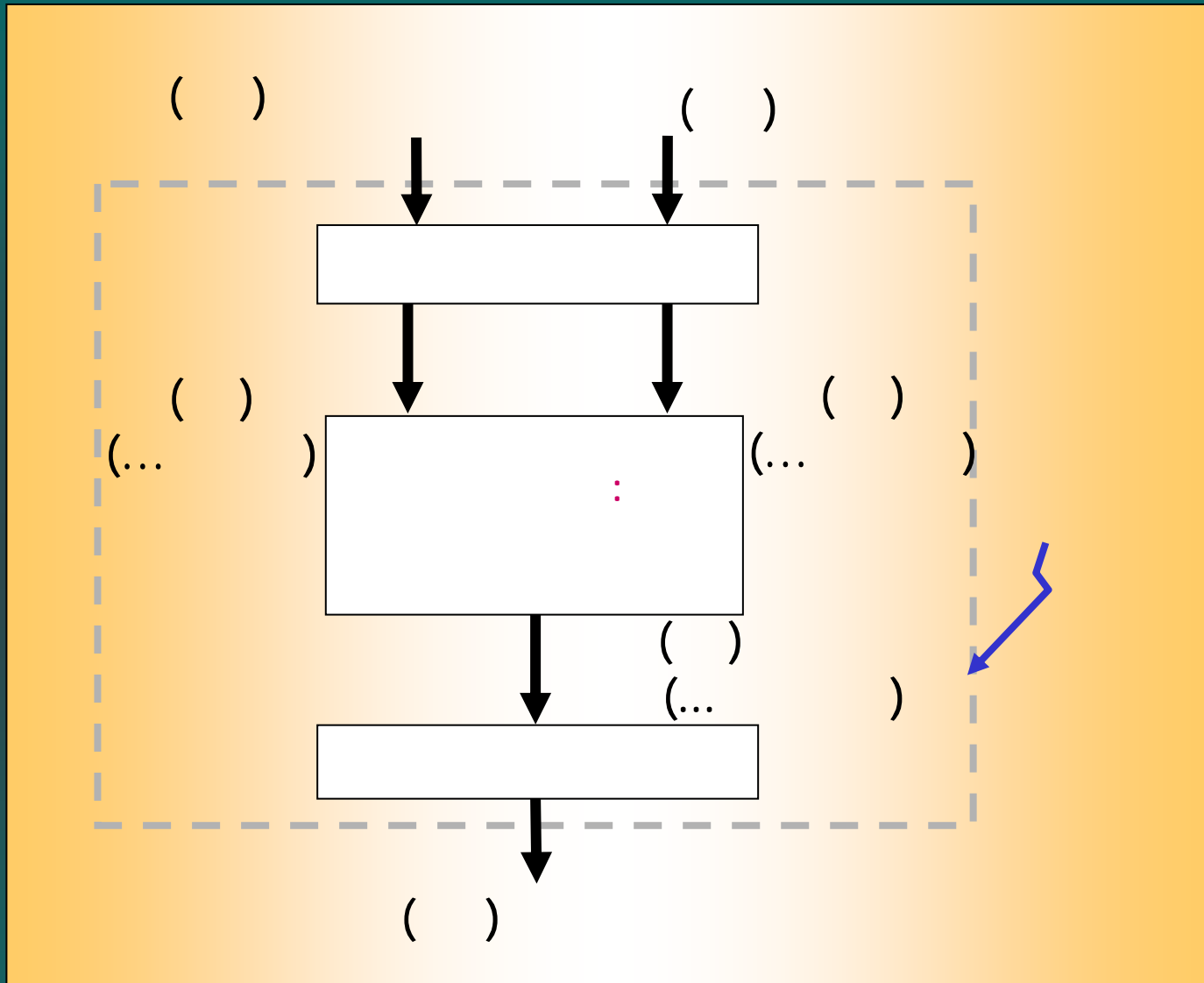
- إذا سيكون لهذا النظام مُدخلان وهما:

**العمر والمسافة المقطوعة**

- ومُخرجاً واحداً وهو **سعر السيارة**

- يوضح الشكل التالي رسماً إطارياً لهذا المثال

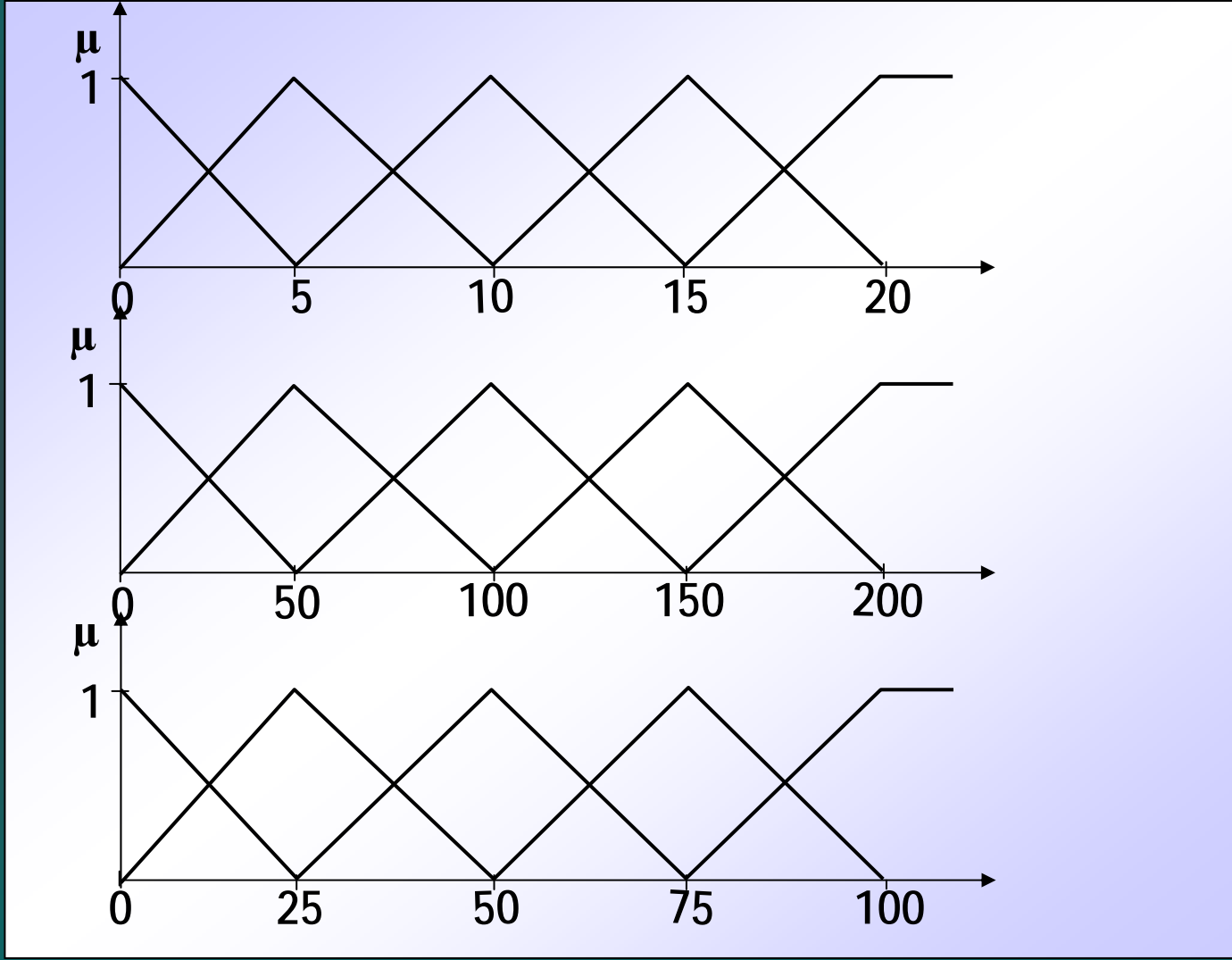




رسم إطاري لمثال تسعير السيارة باستعمال منطق الغموض



# الخطوة الأولى : المجاميع الغموضيّة



## الخطوة الثانية : وضع القوانين الغموضيّة

• ليس من الصعب وضع عدد من القوانين على غرار:

إذا كانت السيارة جديدة جداً

وكانت المسافة المقطوعة صغيرة جداً

إذا سعر السيارة باهظ جداً

• أو كمثل آخر لهذه القوانين:

إذا كانت المسافة المقطوعة كبيرة جداً

إذا سعر السيارة رخيص جداً



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



● لتيسير التصميم، عادة ما توضع القوانين الغموضيّة على شكل جدول

● توضع في الصف الأول من الجدول تصنيفات المدخل الأول

● وتوضع في العمود الأول تصنيفات المدخل الثاني

● أما باقي خلايا الجدول فتكون للمُخرج



## المسافة المقطوعة

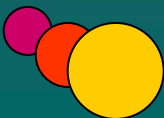
	صغيرة جداً ①	صغيرة ②	متوسطة ③	كبيرة ④	كبيرة جداً ⑤
جديدة جداً ①					
جديدة ②					
متوسطة العمر ③					
قديمة ④		رخص ②			
قديمة جداً ⑤					

عمر السيارة





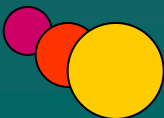
- بهذا الأسلوب، يمكن تلخيص كل القوانين في جدول مبسط
- لتبسيط الجدول أكثر ، سنرقم المجاميع الغموضيّة من 1 إلى 5 من باب الاختصار والتسهيل لا غير
  - فعدد السيارة = 1 يعني أنها صغيرة جداً
  - و 5 ترمز لأنها كبيرة جداً
- سنستعمل نفس الترتيب للمسافة المقطوعة والسعر
- في هذه الحالة يمكن أن نكمل بقية خلايا الجدول ببقية القوانين



## المسافة المقطوعة

	1	2	3	4	5
عمر السيارة	5	4	3	2	1
2	4	4	3	2	1
3	4	3	3	2	1
4	3	2	2	1	1
5	3	2	1	1	1

جدول القوائين الغموضية للمثال الحالي



## الخطوة الثالثة : اختبار النظام

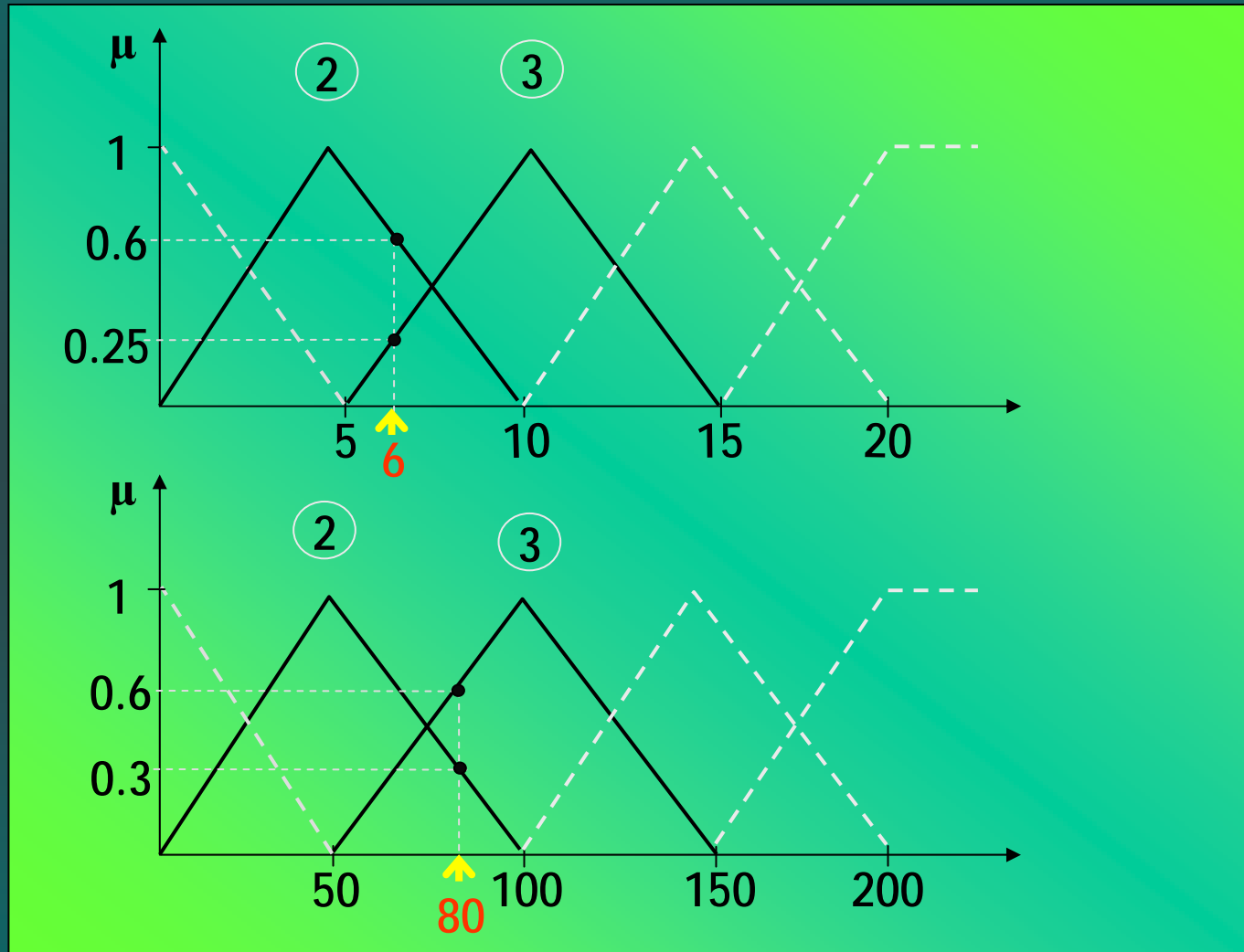
● لاختبار النظام والإطلاع على مدى نجاعته في اتخاذ القرار، لنفترض أننا نود تسعير سيارة عمرها 6 سنوات وقطعت مسافة طولها 80 ألف كلم

● سنبدأ إذاً بتعمييز هذه القيم و نرى أنه، من كل المجاميع الغموضيّة، تعيننا فقط المجاميع الأربعة التالية:

- "جديدة" و "متوسطة العمر" بالنسبة لعمر السيارة
- و "صغيرة" و "متوسطة" بالنسبة للمسافة المقطوعة



# تغميض المدخلات للمثال الجاري



• من خلال الشكل يمكن استخلاص الحقائق التالية:

السيارة	جديدة بدرجة انتماء = 0.6
	متوسطة العمر بدرجة انتماء = 0.25
المسافة المقطوعة	صغيرة بدرجة انتماء = 0.3
	متوسطة بدرجة انتماء = 0.6

• يمكن إذاً سرد هذه القوانين كالتالي (مع ملاحظة أنه بالإمكان اختزالها في قانونين فقط).



## المسافة المقطوعة

عمر السيارة

		2	3		
2		4	3		
3		3	3		



$$\mu=0.6$$

$$\mu=0.3$$

$$\mu = \min (0.6 , 0.3) = 0.3$$

$$\mu=0.25$$

$$\mu=0.3$$

$$\mu = \min (0.25 , 0.3) = 0.25$$

$$\mu=0.6$$

$$\mu=0.6$$

$$\mu = \min (0.6 , 0.6) = 0.6$$

$$\mu=0.25$$

$$\mu=0.6$$

$$\mu = \min (0.25 , 0.6) = 0.25$$

إذا كانت السيارة جديدة  
والمسافة المقطوعة صغيرة  
إذاً سعر السيارة **باهظ**

إذا كانت السيارة متوسطة  
العمر  
والمسافة المقطوعة صغيرة  
إذاً سعر السيارة **متوسط**

إذا كانت السيارة جديدة  
والمسافة المقطوعة متوسطة  
إذاً سعر السيارة **متوسط**

إذا كانت السيارة متوسطة  
العمر  
والمسافة المقطوعة متوسطة  
إذاً سعر السيارة **متوسط**



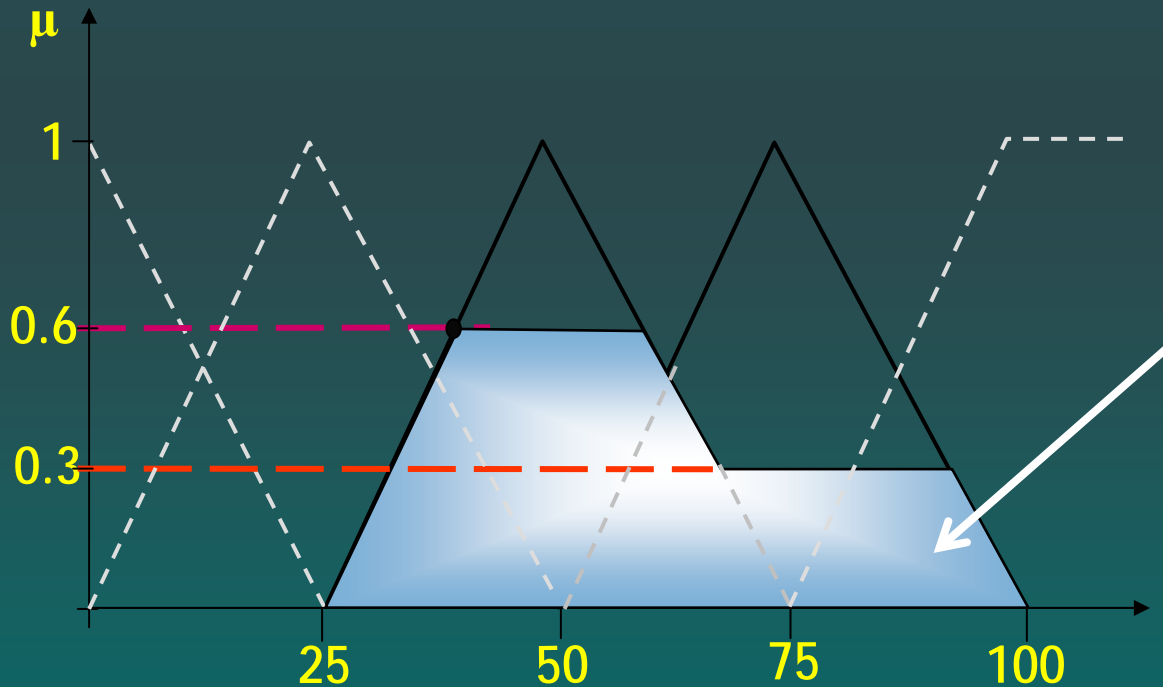
# من خلال القوانين نرى أن سعر السيارة:

$$\mu = 0.3$$

باهظ بدرجة انتماء

$$\mu = \max(0.25, 0.6, 0.25) = 0.6$$

متوسط بدرجة انتماء





✦ للوصول للقرار النهائي نحتاج إلى إزالة التغميض كالتالي:

✦ معدل مساحة القرار الأول **50000** بدرجة انتماء  $\mu = 0.6$

✦ معدل مساحة القرار الثاني **75000** بدرجة انتماء  $\mu = 0.3$

✦ السعر النهائي للسيارة =

$$58330 = \frac{(0.6)(50000) + (0.3)(75000)}{(0.6) + (0.3)}$$

✦ ونلاحظ هنا أننا في النهاية وصلنا إلى سعر محدد ودقيق رغم أن كل الخطوات التي اتبعناها في التصميم كانت مرتكزة على المتغيرات اللغوية



# تطبيق نظام الغموض عملياً

- تطبيق هذا النظام عملياً يتم عن طريق الحاسوب ويقتصر جهد المصمم عادة على اختيار المجاميع الغموضية ووضع القوانين و يتكفل الحاسوب ببقية المجهود
- في الفترة الأخيرة أصبح التصميم أكثر سهولة بتوفر العديد من البرمجيات التي تعنى بهذا المجال كبرنامج الـ **MATLAB** مثلاً والذي يمكن من خلاله تصميم نظام غموضي في وقت قصير
- إضافة إلى ذلك أصبح الآن بإمكان المهتمين اقتناء شرائح إلكترونية (Chips) بأسعار زهيدة وتحميلها بنظام الغموض بعد تصميمه لتقوم بوظيفتها بشكل مستقل عن الحاسوب





The End

