

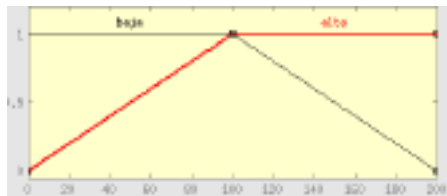
# Ejercicios 9: Lógica borrosa

Departamento de Informática / Department of Computer Science  
Universidad Carlos III de Madrid

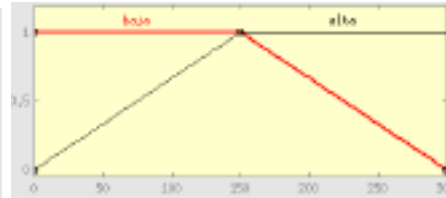
**Inteligencia Artificial**  
Grado en Ingeniería Informática  
2019/20

# Ejercicio 1: Cámara fotográfica

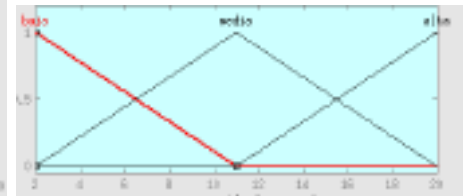
Una cámara de fotos cuenta con un controlador borroso para regular la apertura del diafragma a partir de la luminosidad que capta el sensor y de la velocidad estimada del motivo a fotografiar. La luminosidad se mide en una escala de 0 a 200 lumens, mientras que la velocidad del motivo se estima en unidades de flujo óptico que varían entre 0 y 300. La apertura se regula en unidades 'f' y varía entre 2 y 20 para el objetivo con el que cuenta la cámara. Estas variables se borrosifican utilizando los conjuntos definidos en la figura que se acompaña.



(a) Luminosidad



(b) Velocidad



(c) Apertura

# Ejercicio 1: Cámara fotográfica

Las reglas del sistema de inferencia borroso son las siguientes:

- ▶ Si la luminosidad es baja y la velocidad del motivo es baja, entonces la apertura es media.
- ▶ Si la luminosidad es baja y la velocidad del motivo es alta, entonces la apertura es alta.
- ▶ Si la luminosidad es alta y la velocidad del motivo es baja, entonces la apertura es baja.
- ▶ Si la luminosidad es alta y la velocidad del motivo es alta, entonces la apertura es media.

Calcule la apertura del diafragma para un valor de luminosidad de 100 lumens y una velocidad de 300 unidades de flujo óptico. Utilice inferencia max-min y defuzzificación mediante el método del centroide.

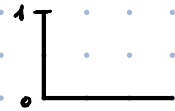
Ejercicio 1) Luminosidad = 100 Velocidad = 300

Grado  
en el que esa  
calidad toma  
los valores: alta = 1 alta = 1  
baja = 1 baja = 0

Si lumi. baja y vel. baja  $\rightarrow$  aper. media

$$S(l_{baja} \wedge v_{baja}) = \min(1, 0) = 0$$

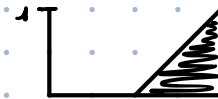
Apertura  
media



Si lumi. baja y vel. alta  $\rightarrow$  aper. alta

$$S(l_{baja} \wedge v_{alta}) = \min(1, 1) = 1$$

Apertura  
alta



Si lumi. alta y vel. baja  $\rightarrow$  aper. baja

$$S(l_{alta} \wedge v_{baja}) = \min(1, 0) = 0$$

Apertura  
baja



Si lumi. alta y vel. alta  $\rightarrow$  aper. media

$$S(l_{alta} \wedge v_{alta}) = \min(1, 1) = 1$$

Apertura  
media



Unión de los consecuentes:



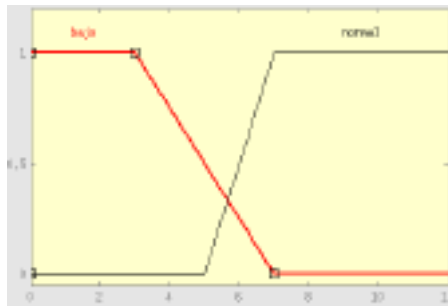
$\rightarrow$  Resultado: Apertura 12'6

## Ejercicio 2: Control de turbina

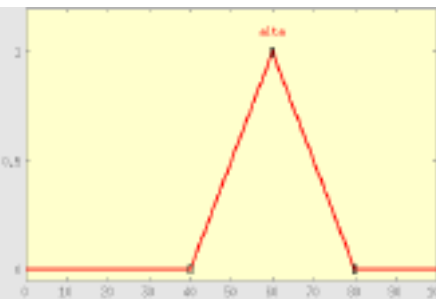
Un experto en el control de una turbina nos proporciona las siguientes reglas sobre su manejo:

- Si el nivel de ruido es normal y la temperatura es alta, entonces establece una velocidad suave.
- Si el nivel de ruido es normal y la temperatura no es alta, entonces establece una velocidad moderada.
- Si el nivel de ruido es bajo, entonces establece una velocidad alta.

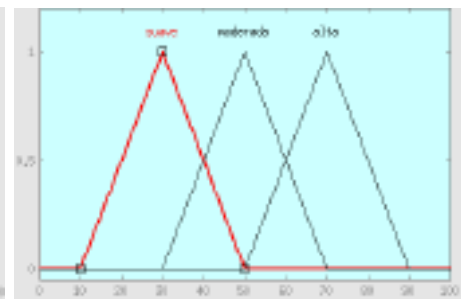
Las variables se han borrosificado utilizando los conjuntos borrosos que se acompañan en la figura y las reglas se han codificado en un controlador. Calcule la salida de ese controlador para una medida de temperatura de 20 grados y un nivel de ruido de 5db.



(a) Ruido



(b) Temperatura



(c) Velocidad

Ejercicio 2) Temperatura 20

Ruido 5

Grado  
en el que esa  
calidad toma  
los valores:

alta 0

notalta 1

baja 0.5

normal 0

Similitudes y consewentes:

Si r. normal y temp. alta  $\rightarrow$  vel. suave

$$S(r.\text{normal} \wedge t.\text{alta}) = \min(0, 0) = 0 \quad \text{Velocidad suave}$$



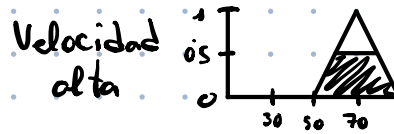
Si r. normal y temp. no alta  $\rightarrow$  vel. moderada.

$$S(r.\text{normal} \wedge t.\text{alta}) = \min(0, 1) = 0 \quad \text{Velocidad moderada}$$



Si r. bajo  $\rightarrow$  vel. alta

$$S(r.\text{bajo}) = 0.5$$



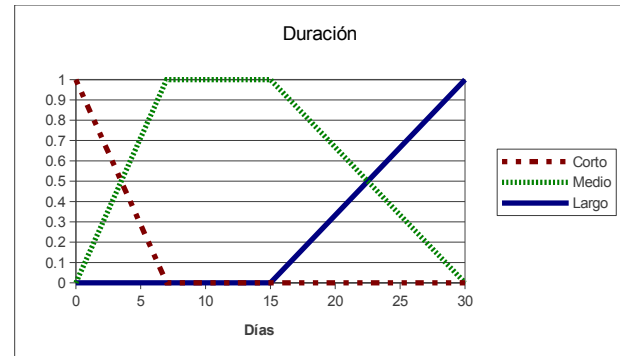
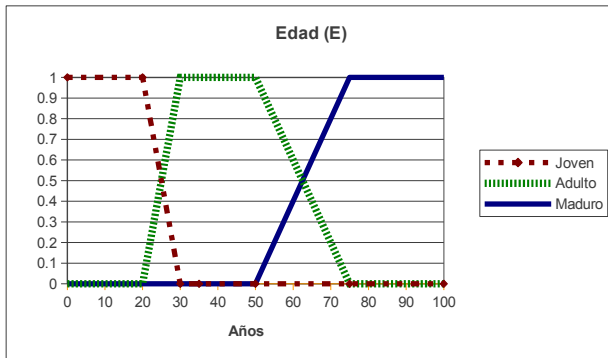
Unión de consewentes:



## Ejercicio 3: Sistema de recomendación

Un agente web va a generar una lista de viajes para un cliente. El sistema obtiene un nivel de recomendación que depende de las características del viaje y preferencias del cliente. Todas las variables se representan internamente en lógica borrosa, ya que finalmente nos basta con saber ordenar los viajes por valor de recomendación.

Para tratar la borrosificación y deborrosificación se usan las variables y conjuntos borrosos definidos en las figuras.



## Ejercicio 3: Sistema de recomendación

El experto ha decidido que se deben usar las siguientes reglas, donde la edad se define con tres términos (joven-adulto-maduro en orden creciente) y la duración del viaje con otros tres (corto-medio-largo).

- R1: SI el cliente es Joven OR el viaje es de duración Media,  
ENTONCES la recomendación es Recomendado
- R2: SI el cliente es Maduro AND el viaje es Largo,  
ENTONCES la recomendación es Desaconsejado
- R3: SI el cliente es Adulto AND el viaje es Corto OR Largo,  
ENTONCES la recomendación es Desaconsejado

1. Realizar la inferencia de tipo Mamdani para una consulta de un usuario que tiene 40 años de edad y pide un viaje de 20 días de duración.
2. Suponga que se muestran al usuario solamente viajes cuyo valor de recomendación, deborrosificado, excede 50. ¿Este viaje se le mostraría?



# Ejercicio 3)

1.) Edad 40

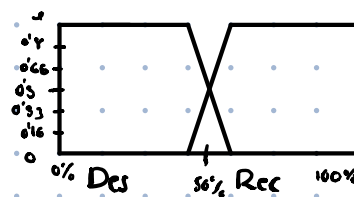
Duración 20

Recomendación

Grado en  
el que esos  
valores pertenecen:

Joven	0
Adulto	1
Maduro	0

Corto	0
Medio	0.7
Largo	0.3



Si joven o dur. media  $\rightarrow$  Recomendado

$$S(\text{joven} \vee \text{d. media}) = \max(0, 0.7) = 0.7 \text{ Recomendado}$$



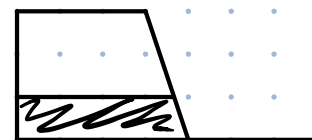
Si maduro y largo  $\rightarrow$  Desaconsejado

$$S(\text{maduro} \wedge \text{largo}) = \min(0, 0.3) = 0 \text{ Desacon...}$$

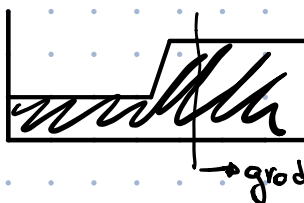


Si adulto y corto o largo  $\rightarrow$  Desaconsejado

$$S(\text{adulto} \wedge (\text{corto} \vee \text{largo})) = \min(1, \max(0, 0.3)) = 0.3$$



Union consecuentes:



Resultado: Recomendado.

$\rightarrow$  grado de recomen.

## Ejercicio 4: Robot de rescate

Un robot de rescate en incendios debe asignar un nivel de amenaza a los objetos que detecta durante su misión. Para ello utiliza dos tipos de sensores: un distanciómetro láser, que devuelve una distancia a un objeto entre 0 y 1000 m, y un calorímetro que mide la temperatura del objeto entre 0 y 100 grados centígrados. Un experto determina que un objeto tiene un mayor nivel de amenaza cuanto más próximo está y también si su temperatura es elevada. Sin embargo, objetos que están a la vez muy próximos y muy calientes no son considerados amenazas, porque corresponden a las propias partes del robot o a otros robots de rescate del mismo equipo.

1. Diseñar un sistema de razonamiento borroso que asigne un nivel de amenaza borrosa en función de reglas que hagan inferencia tipo MAMDANI como las vistas en clase (reglas fuzzy-fuzzy). El sistema deberá funcionar según el criterio dado por el experto. Todas las variables (entradas y salida) deben usar tres etiquetas borrosas. Dibujar las variables de forma clara y especificar los valores de los vértices en las figuras. Las reglas pueden darse en forma tabular o textual.
2. Explicar con un ejemplo cómo se realiza el razonamiento y qué conclusión (borrosa) se obtiene. El ejemplo debe incluir: propagación de la incertidumbre (niveles de similitud menores de 1), combinación de incertidumbre en antecedentes (reglas con más de una variable) y combinación de consecuentes (activación simultánea de más de una regla).

Queremos utilizar lógica borrosa para controlar el movimiento de un robot redondo que tiene tres sensores de distancia, distribuidos en el frente, a la derecha e izquierda. (Convocatoria ordinaria 2014-15)

- ▶ Complete el enunciado explicando cómo podrían ser los actuadores del robot.
- ▶ Defina la variable que mide cada sensor mediante etiquetas borrosas y represente las reglas que permitirían al robot evitar obstáculos.
- ▶ Ponga un ejemplo dando un valor numérico a cada sensor, explicando cómo se calculan los valores de pertenencia a cada etiqueta, qué reglas se activan y cómo se evalúa la salida.