

**Problema 1.** La abuela María prepara sus deliciosas galletas caseras de forma artesanal desde hace más de 40 años. El toque secreto de la receta consiste en hornearlas cuidadosamente de acuerdo con las siguientes reglas:

- R1. Si las galletas están un poco crudas, entonces la temperatura del horno debe ser alta.
- R2. Si las galletas están medio hechas, entonces la temperatura del horno debe ser media.
- R3. Si las galletas están doraditas, entonces la temperatura del horno debe ser baja.

Tras diversas entrevistas con la abuela se han podido establecer los siguientes conjuntos difusos sobre un índice cromático especial (0 = galleta cruda; 10 = galleta chamuscada) y la temperatura del horno:

Índice cromático de las galletas:

*un poco crudas:* (1/4, 0.5/6, 0/7)  
*medio hechas:* (0/3, 1/5, 1/6, 0/8)  
*doraditas:* (0/5, 1/7)

Temperatura del horno (°C):

*baja:* (0/150, 1/160, 1/180, 0/190)  
*media:* (0/170, 1/190, 1/210, 0/230)  
*alta:* (0/210, 1/220, 1/240, 0/250)

Supóngase que se interpretan las reglas anteriores como implicaciones de Mamdani.

- a) Suponiendo que en cierto momento el índice cromático de las galletas es 6, ¿Cuál será el valor de temperatura aplicado al horno si se utiliza la técnica del primer valor máximo para obtener valores nítidos?
- b) Supongamos que en cierto momento el índice cromático de las galletas es *hechas*, cuya función de pertenencia viene definida por el conjunto (0/5, 1/6, 0/7) . ¿Cuál será el valor de temperatura aplicado al horno si se utiliza la técnica de la media de los máximos para obtener valores nítidos?

**Problema 2** (antecedentes compuestos). Considérese un sistema para la regulación automática de las cantidades de detergente y tiempo de aclarado que debe utilizar una lavadora industrial. El sistema dispone de las siguientes reglas:

- R1. Si la cantidad de ropa es poca o grado de suciedad es muy bajo, entonces cantidad detergente es escasa
- R2. Si cantidad de ropa es poca y grado de suciedad es alto, entonces cantidad detergente es normal
- R3. Si la cantidad de ropa es normal y grado de suciedad es bajo, entonces cantidad detergente es normal
- R4. Si la cantidad de ropa es normal y grado de suciedad es alto, entonces cantidad detergente es mucha

Los valores que toman las variables lingüísticas relacionadas con este ejemplo son los siguientes:

*cantidad de ropa (en kilos, de 0 a 7)*

*poca* (1/0 1/1 0.8/2 0/5)  
*normal* (0/3 1/4 0/6)

*cantidad detergente (en gramos, de 0 a 90)*

*escasa* (0/10 0.8/30 1/40 0/50)  
*normal* (0/40 1/50 1/60 0/80)  
*mucha* (0/50 1/80)

*grado de suciedad (de 0 a 6)*

*bajo* (1/0 0.8/2 0/5)  
*alto* (0/1 0.2/2 0.8/4 1/6)

Supongamos que vamos a lavar dos kilos de ropa con índice de suciedad 2. Considerando las reglas anteriores como implicaciones de Mamdani, calcula la cantidad de detergente a utilizar si se usa la media de los valores máximos para obtener el valor nítido.

**Problema 3** (encadenamiento de reglas). Considérese un sistema con las siguientes reglas, interpretadas como implicaciones de Mamdani:

- R1. Si la temperatura es alta entonces la presión es elevada.
- R2. Si la temperatura es baja entonces la presión es baja.
- R3. Si la presión es baja entonces la entrada de combustible debe ser grande
- R4. Si la presión es elevada entonces la entrada de combustible debe ser pequeña

Con los siguientes conjuntos difusos:

Temperatura(°C):

*baja* = (0/0 0.2/30 0.8/40 1/50 0.7/60 0.2/70 0/80)

*alta* = (0/50 0.3/60 0.8/70 1/80 1/90 0.5/100 0/110)

Presión(bar):

*baja* = (0/0 0.4/200 0.8/400 1/600 1/800 0.8/1000 0.4/1200 0/1400)

*elevada* = (0/1000 0.2/1200 0.4/1400 0.8/1600 1/1800 1/1900 0.5/2000 0/2200)

Entrada combustible(litros/hora):

*pequeña* = (0/0 0.6/1 1/2 1/3 0.4/4 0/5)

*grande* = (0/4 0.5/5 1/6 0.5/7 0/8)

Si la temperatura actual es 60°C, determina el valor para la entrada de combustible empleando la técnica del primer valor máximo para transformar valores difusos en nítidos

**Problema 4** (encadenamiento de reglas y antecedentes compuestos). Agapito lleva 8 años encargado del control de la turbina GG-35 y es ya una autoridad en su manejo. Agapito ha reconocido que para controlar la turbina solamente se fija en el ruido que produce y en un sensor de temperatura:

- R1. Si el nivel de ruido es normal y la temperatura es alta, entonces establece una velocidad suave.
- R2. Si el nivel de ruido es normal y la temperatura no es alta, entonces establece una velocidad moderada.
- R3. Si el nivel de ruido es bajo, entonces establece una velocidad alta.
- R4. Si la velocidad es suave, la fuerza de frenado debe ser normal.
- R5. Si la velocidad es moderada, la fuerza de frenado debe ser alta.
- R6. Si la velocidad es alta, la fuerza de frenado debe ser alta.

Tras diversas entrevistas con Agapito se han elaborado los siguientes conjuntos difusos para los valores del nivel de ruido, temperatura, velocidad y fuerza de frenado:

Nivel de ruido (escala 0 a 12)

*bajo* (0/1, 1/3, 1/5, 0/7)

*normal* (0/5, 1/7, 1/9, 0/11)

Temperatura (escala 20°-100° C):

*alta* (0/40, 1/60, 0/80)

Velocidad (escala 0 a 100 rpm)

*suave* (0/10, 1/30, 0/50)

*moderada* (0/30, 1/50, 0/70)

*alta* (0/40, 0.5/50, 0.5/60, 1/70, 0.5/80, 0.5/90, 0/100)

Fuerza de frenado (escala 0 a 5)

*normal* (0/1, 1/3, 0/5)

*alta* (0/3, 1/4)

Suponiendo que en cierto momento el nivel de ruido es 5,5 y la temperatura de 50° C, calcula el valor de la fuerza de frenado si se utiliza la técnica de la media de los valores máximos para obtener valores nítidos.