



PEC4: Razonamiento aproximado

Presentación

Cuarta PEC del curso de Inteligencia Artificial

Competencias

En esta PEC se trabajaran las siguientes competencias:

Competencias de grado:

- Capacidad de analizar un problema con el nivel de abstracción adecuado a cada situación y aplicar las habilidades y conocimientos adquiridos para abordarlo y solucionarlo.

Competencias específicas:

- Conocer los diferentes modelos de representación del conocimiento (marcos, sistemas basados en reglas, razonamiento basado en casos, ontologías, programación lógica).
- Razonamiento basado en lógica difusa.

Objetivos

Esta PEC pretende evaluar diferentes aspectos de lógica difusa: *representación y uso de términos lingüísticos, y métodos de inferencia.*

Descripción de la PEC a realizar

Los **sistemas expertos difusos** son utilizados en diferentes ámbitos como agricultura, economía, control de satélites, etc. En esta PEC estudiaremos un caso concreto de aplicación inteligente de un aire acondicionado de una granja ecológica [1].

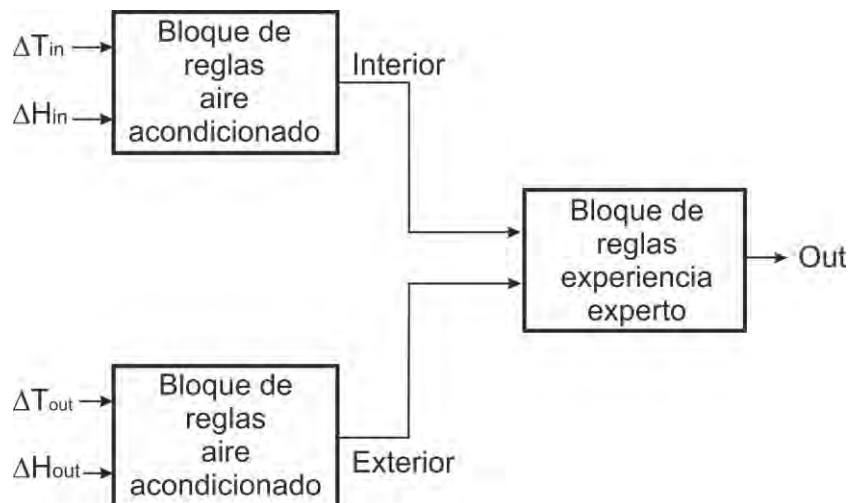
El artículo explica de forma detallada tanto el hardware como el software requeridos para implementar un sistema experto difuso de control de aire (temperatura y humedad) en una granja. El sistema consta de unos sensores que proporcionan los datos de temperatura y humedad en el interior y en el exterior de la granja, y el sistema experto difuso las trata y determina el modo óptimo de trabajo del aire acondicionado. El sistema define 4 modos de trabajo del aire acondicionado: *cooler* (C), *heater* (H), *air dehumidifying* (D), y *blower fan* (F).

Nos centraremos en la parte del sistema experto difuso y miraremos el modo en que ha de trabajar el sistema de aire bajo unas condiciones concretas. En



todo momento utilizaremos los mismos términos lingüísticos (reales) que propusieron los autores del artículo.

Consideramos el sistema jerárquico siguiente:

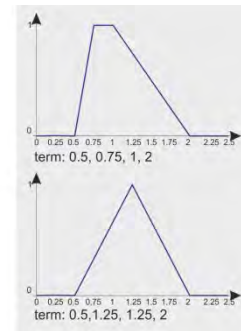
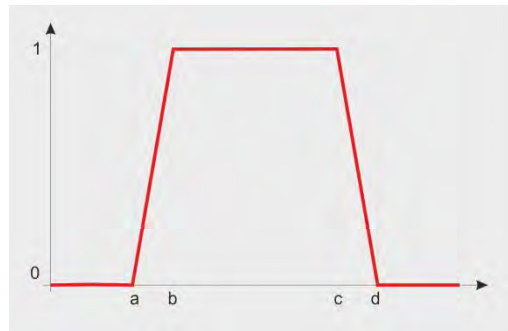


El sistema tiene 4 variables de entrada, dos de tipo T y dos de tipo H. Las variables de entrada tipo T describen la temperatura interior y exterior, y las variables tipo H describen la humedad relativa interior y exterior. Tenemos una variable de salida (llamada Out), y dos variables intermedias (llamadas Interior y Exterior).

La definición de las variables es la siguiente:

Variable	Rango	Término lingüístico : puntos (a,b,c,d) ^(*)
$\Delta T_{in}, \Delta T_{out}$	Min: -15 Max: 15	NM: -15, -15, -10, -5 NS: -8, -5, -5, -1 ZO: -1.5, 0, 0, 1.5 PS: 1, 3, 3, 5 PM: 3, 8, 15, 15
$\Delta H_{in}, \Delta H_{out}$	Min: -40 Max: 40	NM: -40, -40, -26, -14 NS: -26, -14, -14, -4 ZO: -6, 0, 0, 6 PS: 4, 18, 18, 30 PM: 26, 34, 40, 40
Interior, Exterior, Output	Min: -3 Max: 3	F: -1, -1, -1, -1 C: 0, 0, 0, 0 H: 1, 1, 1, 1 D: 2, 2, 2, 2

(*) A continuación se presenta cómo se debe interpretar la secuencia de puntos (a, b, c, d). Además, en el lado derecho se añaden dos ejemplos ilustrativos, un término trapezoidal (arriba) y un término triangular (bajo).



El bloque de reglas del aire acondicionado es el siguiente:

ΔT	ΔH				
	NM	NS	ZO	PS	PM
NM	H	H	H	H	H
NS	H	H	H	D	D
ZO	F	F	F	D	D
PS	C	C	C	C	D
PM	C	C	C	C	C

El bloque describe 25 reglas definidas por un experto. La interpretación del bloque es la siguiente. Si $\Delta H = NS$ y $\Delta T = PS$ entonces el aire acondicionado debe trabajar en el modo *cooler* (C).

El bloque de reglas basado en la experiencia del experto es:

Interior	Exterior			
	H	C	D	F
H	H	F	D	F
C	F	C	D	F
D	H	C	D	F
F	H	C	D	F

En este caso, el experto definió 16 reglas empíricas. Por ejemplo, si la decisión exterior es C y la interior es D, la salida del controlador difuso es C.

Preguntas

Considerar un sistema Mamdani con t-norma min y t-conorma max.

1) Representar gráficamente las variables del sistema con las funciones de pertenencia de todos los términos.



2) Determinar el modo de trabajo del aire acondicionado considerando el siguiente conjunto de valores iniciales:

$$(\Delta H_{in}, \Delta T_{in}, \Delta H_{out}, \Delta T_{out}) = (10, 5, 20, 6)$$

Siguiendo el artículo y viendo la forma de la variable de salida, no tiene demasiado sentido calcular el valor nítido. Solamente hay que conocer qué modo de trabajo es el seleccionado y en ese nivel trabajará la máquina independientemente del porcentaje que tengamos del término seleccionado en comparación con los tres no seleccionados. El nivel que obtengamos de la variable de salida podría indicarnos el nivel en que se debería activar la máquina.

3) Volver a determinar el modo de trabajo del aire acondicionado considerando el siguiente conjunto de valores de entrada:

$$(\Delta H_{in}, \Delta T_{in}, \Delta H_{out}, \Delta T_{out}) = (10, 5, 28, 4)$$

Notas preguntas 2) y 3):

- La entrada del bloque de reglas del experto es la salida de los bloques de aire acondicionado interior y exterior.
- No se han de calcular los valores nítidos de las variables intermedias ni tampoco el de la variable de salida.
- En todos los casos, describir las reglas que se activan en cada bloque, representar gráficamente la salida obtenida y el proceso seguido para obtener el resultado.

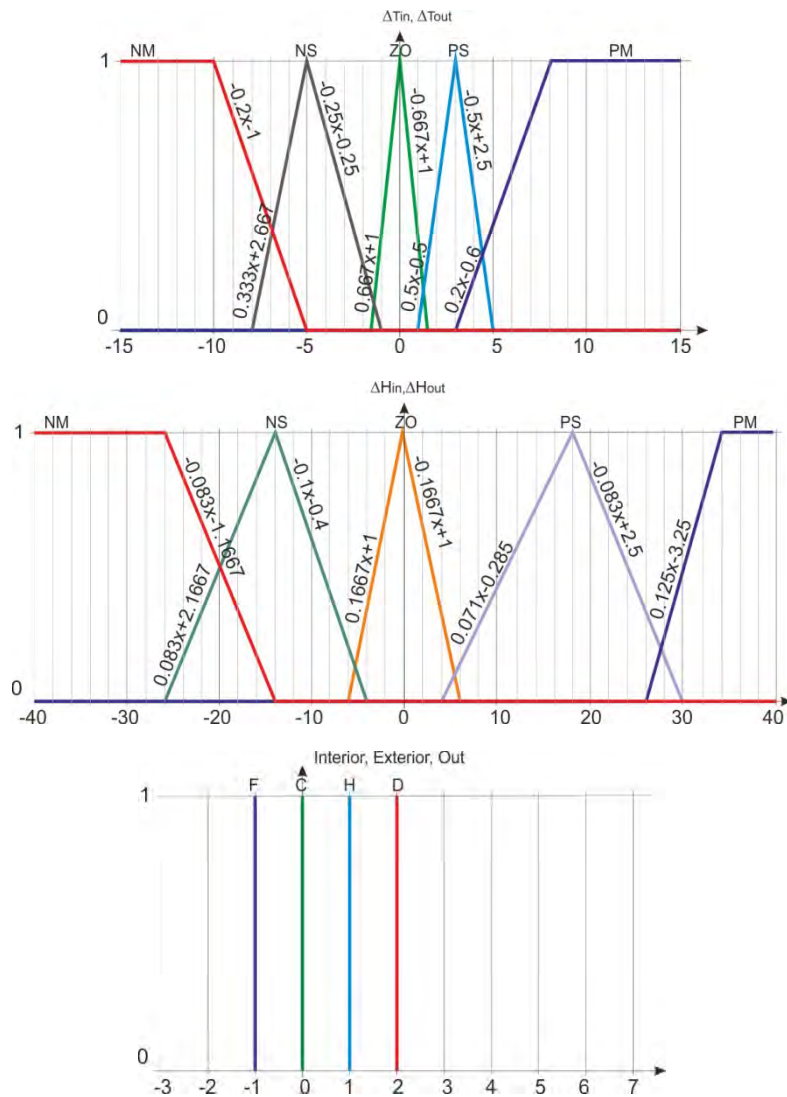
-
- [1] M.-T. Yang, C.-C. Chen, and Y.-L. Kuo, "Implementation of intelligent air conditioner for fine agriculture," *Energy and Buildings*, vol. 60, pp. 364-371, 2013.

(Artículo incluido en el documento PDF del enunciado)

Soluciones



Pregunta 1) A continuación se visualizan gráficamente los tipos de variables del sistema, y las diferentes funciones de pertenencia:



En el caso del tipo de salida al ser valores *crisp* no hay función de pertenencia, solamente vale 1 cuando la abscisa vale alguno de los valores permitidos.

Pregunta 2) Vamos a empezar los pasos para obtener el modo de trabajo del aire acondicionado considerando las siguientes entradas:

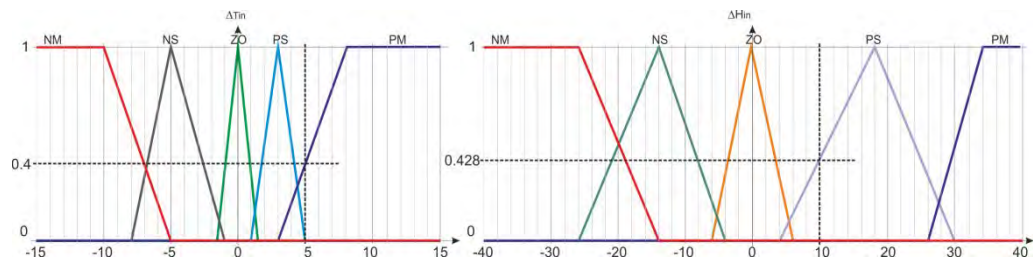


$$(\Delta H_{in}, \Delta T_{in}, \Delta H_{out}, \Delta T_{out}) = (10, 5, 20, 6)$$

Paso 1) Calcular el valor de Interior.

Con los valores de entrada dados, se activan los siguientes términos lingüísticos:

- Variable ΔH_{in} activa el término PS con un nivel 0.428.
- Variable ΔT_{in} activa el término PM con un nivel 0.4.



Se activa la regla marcada en negrita. Entre paréntesis y en rojo marcamos el nivel conseguido que es el mínimo de los dos antecedentes – estamos considerando la t-norma mínimo –:

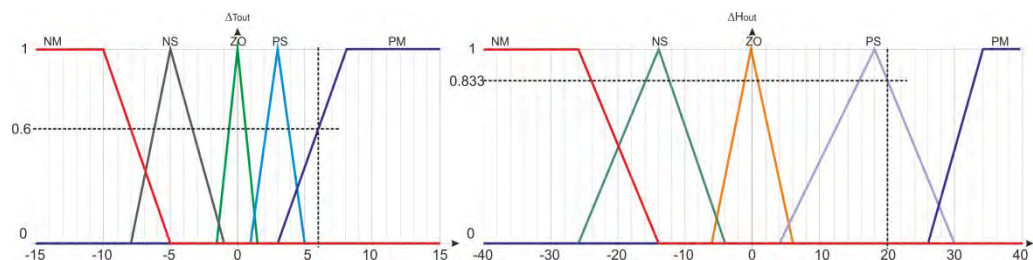
ΔT	ΔH				
	NM	NS	ZO	PS (0.428)	PM
NM	H	H	H	H	H
NS	H	H	H	D	D
ZO	F	F	F	D	D
PS	C	C	C	C	D
PM (0.4)	C	C	C	C (0.4)	C

Así pues, el valor de Interior es C con un nivel de confianza de 0.4.

Paso 2) Vamos a calcular el valor de Exterior:

Con los valores de entrada se activan los términos lingüísticos siguientes:

- Variable ΔH_{out} activa el término PS con un nivel 0.833.
- Variable ΔT_{out} activa el término PS con un nivel 0.6.





Con estos términos y niveles, se activa la regla marcada en negrita. Entre paréntesis se marca el nivel de confianza que se obtiene (mínimo de los antecedentes):

ΔT	ΔH				
	NM	NS	ZO	PS (0.833)	PM
NM	H	H	H	H	H
NS	H	H	H	D	D
ZO	F	F	F	D	D
PS	C	C	C	C	D
PM (0.6)	C	C	C	C (0.6)	C

De forma directa, obtenemos Exterior con un nivel C con un nivel de confianza 0.6.

Paso 3) Confrontamos los valores de Interior y Exterior que se han calculado en los dos pasos anteriores.

En los dos casos se activa el término C, pero con niveles distintos. Si entramos estos valores en el bloque de reglas de la experiencia del experto, tenemos el siguiente resultado:

Interior	Exterior			
	H	C (0.6)	D	F
H	H	F	D	F
C (0.4)	F	C (0.4)	D	F
D	H	C	D	F
F	H	C	D	F

Solamente se activa una regla: *si Interior = C y Exterior = C, entonces la salida es C*. El nivel de confianza que se obtiene es 0.4.

Así pues, el modo del aire acondicionado es *cooler* (C) → Entendemos que el nivel de confianza es bajo así que la máquina funcionará en el modo C durante un rato, pero seguramente cambiará en un futuro cercano.

Pregunta 3) Vamos a hacer los pasos para obtener el modo en que funcionará el aire acondicionado considerando las siguientes entradas:

$$(\Delta H_{in}, \Delta T_{in}, \Delta H_{out}, \Delta T_{out}) = (10, 5, 28, 4)$$



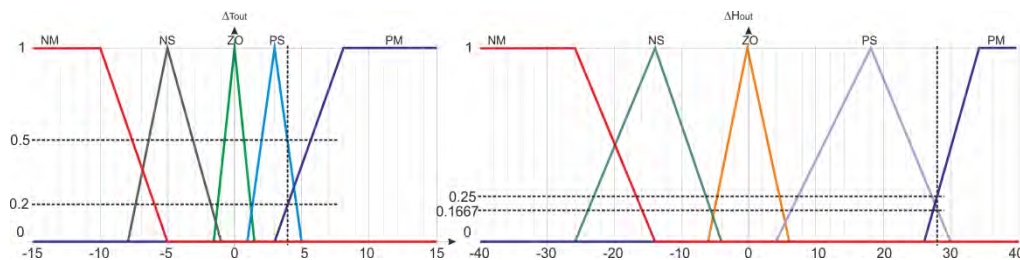
Paso 1) El paso 1 es el mismo que en la pregunta 2 y obtenemos la misma salida.

El valor de Interior es C con un nivel de confianza 0.4.

Paso 2) Obtener el valor de la variable Exterior.

Con los valores de entrada que se dan, se activan los siguientes términos:

- Variable ΔH_{out} : se activan los términos PS con un nivel 0.1667, y el término PM con un nivel 0.25.
- Variable ΔT_{out} : se activan los términos PS con un nivel 0.5, y el término PM con un nivel 0.2.



En este caso se activan las siguientes reglas:

ΔT	ΔH				
	NM	NS	ZO	PS (0.1667)	PM (0.25)
NM	H	H	H	H	H
NS	H	H	H	D	D
ZO	F	F	F	D	D
PS (0.5)	C	C	C	C (0.1667)	D (0.25)
PM (0.2)	C	C	C	C (0.1667)	C (0.2)

Entre paréntesis y en rojo se han marcado las activaciones después de aplicar la t-norma mínimo.

En este caso el resultado agregado será que Exterior vale C con un valor de 0.2 (aplicando la t-conorma máximo) y D con un valor 0.25.

Paso 3) Obtener el valor del modo del aire acondicionado.

Después de los dos primeros pasos tenemos:

- Interior: vale C con un nivel de confianza 0.4.



- Exterior: vale C con un nivel de confianza 0.2, y D con un valor de 0.25.

Si entramos estos valores al bloque de reglas de la experiencia del experto, obtenemos el siguiente resultado:

Interior	Exterior			
	H	C (0.2)	D (0.25)	F
H	H	F	D	F
C (0.4)	F	C (0.2)	D (0.25)	F
D	H	C	D	F
F	H	C	D	F

Las reglas que se activan son:

- Si Interior es C y Exterior es C entonces la salida es C. El nivel de confianza es el mínimo de $(0.4, 0.2) = 0.2$.
- Si Interior es C y Exterior es D entonces la salida es D. El nivel de confianza es el mínimo de $(0.4, 0.25) = 0.25$.

En este punto vemos que el SE ha de decidir el modo de trabajo y tiene dos opciones, C y D → escogerá el modo D porque tiene un nivel de confianza más alto.

Recursos

Para hacer esta PEC el material imprescindible es el Tema 2 - Sistemas difusos, del módulo 4.

Criterios de valoración

La pregunta 1 vale **2 puntos** y las preguntas 2 y 3 valen **4 puntos** cada una.

Formato y fecha de entrega

Para dudas y aclaraciones sobre el enunciado, dirigiros al consultor responsable del aula.

Hay que entregar la solución en un archivo PDF usando una de las plantillas entregadas conjuntamente con este enunciado. Adjuntar el fichero a un mensaje en el apartado Entrega y Registro de EC (REC).



El nombre del archivo debe ser *Apellidos_Nombre_IA_PEC4* con la extensión .pdf (PDF).

La fecha límite de entrega es el: **19 de diciembre (a las 24 horas)**.

Razonad la respuesta en todos los ejercicios. Las respuestas sin justificación no recibirán puntuación.

Nota: Propiedad intelectual

A menudo es inevitable, al producir una obra multimedia, hacer uso de recursos creados por terceras personas. Es por tanto comprensible hacerlo en el marco de una práctica de los estudios de Informática, siempre que se documente claramente y no suponga plagio en la práctica.

Por lo tanto, al presentar una práctica que haga uso de recursos ajenos, se presentará junto con ella un documento en el que se detallen todos ellos, especificando el nombre de cada recurso, su autor, el lugar donde se obtuvo y el su estatus legal: si la obra está protegida por copyright o se acoge a alguna otra licencia de uso (Creative Commons, licencia GNU, GPL ...).

El estudiante deberá asegurarse de que la licencia que sea no impide específicamente su uso en el marco de la práctica. En caso de no encontrar la información correspondiente deberá asumir que la obra está protegida por copyright.

Deberán, además, adjuntar los archivos originales cuando las obras utilizadas sean digitales, y su código fuente esté corresponde.