RAZONAMIENTO APROXIMADO / INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Junio 2009 **Final**

=Sep04

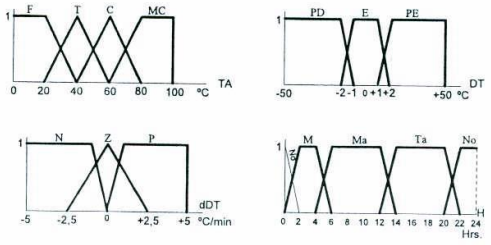
Para controlar el sistema de calefacción de una vivienda, se desea formular un modelo de control *fuzzy*, de forma que, en cada momento, se determine cuál debe ser la temperatura del agua que circula por los radiadores con el fin de mantener el ambiente a la temperatura deseada por el usuario.

El sistema de calefacción consta de los siguientes componentes: Un *termostato* electrónico. Este es el aparato donde va empotrado el sistema de control *fuzzy* a desarrollar para controlar la temperatura ambiente. El termostato posee un reloj y un programador que permite al usuario establecer diferentes temperaturas ambiente a lo largo del dia. Una *caldera* de gas natural, encargada de calentar el agua que circula por los radiadores bajo mandato del termostato. Los *radiadores*, distribuidos por la vivienda. Finalmente, los *sensores* de temperatura, conectados al termostato para indicar la temperatura ambiente actual.

El controlador difuso debe actuar sobre la variable Temperatura del Agua que circula por los radiadores (TA) para controlar la temperatura ambiente. Esta variable viene determinada en función de la Diferencia entre la Temperatura ambiente actual y la Temperatura definida por el usuario en el termostato (DT), la variación de esta diferencia de temperaturas (dDT)y la Hora actual (H), tomada del reloj del termostato. Por tanto, se manejan las siguientes variables:

- TA: Temperatura del Agua que circula por los radiadores, con valores posibles: Fría (F), Templada (T), Caliente (C) y Muy Caliente (MC). Su intervalo de valores es (0,100)ºC.
- DT: Diferencia de Temperaturas entre la que existe actualmente en el ambiente y la definida por el usuario en el termostato, con posibles valores: Por Debajo (PD), Exacto (E) y Por Encima (PE). Su intervalo de valores [-50,50]ºC. Los valores negativos indican que la temperatura ambiente está por debajo de la deseada por el usuario, mientras que los valores positivos indican que la temperatura ambiente está por encima de la deseada por el usuario.
- dDT: Variación de la Diferencia de Temperaturas, medido en grados centígrados por minuto (ºC/min.), con valores posibles: Negativa (N), cero (Z) y Positiva (P). Su intervalo de valores es [-5,5]ºC/min.
- H: la Hora actual, con posibles valores: Mañana (Ma), Tarde (Ta), Noche (No) y Madrugada (M). Su intervalo de valores es [0,24) horas.

Las variables que maneja el controlador *fuzzy* tienen asociadas las siguientes funciones de posibilidad:



Para relacionar las variables, se dispone de la siguiente base de reglas:

Regla	DT	dDT	H	→	TA
R1	--	--	Ma		F
× R2	PE	Z	No		F
× R3	E	P	No		F
R4	PE	N	Ta		T

SE PIDE:

a. Aplicar el modelo de razonamiento fuzzy para obtener el valor numérico de TA (temperatura del agua) que debe circular por los radiadores, sabiendo que es por la mañana (Ma), que la diferencia de temperaturas es de +2 ºC y que la variación de la diferencia de temperaturas es de –2,5 ºC. (5 puntos).

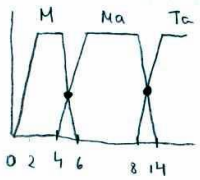
b. Extender la base de reglas del enunciado, razonando cada una de las decisiones tomadas de tal forma que sea posible tratar situaciones no contempladas que pudieran ocurrir. (5 puntos).

Solución Jun 09 / Sep 04

a) Datos de entrada: Ma, DT = +2°C, dDT = −2,5°C

Lo primero es calcular el NA (nivel de ajuste) de las reglas para la situación o estado actual:

- MA



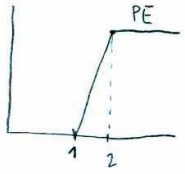
NA con $M = \frac{1}{2}$ Na con Ma = 1

NA con $Ta = \frac{1}{2}$

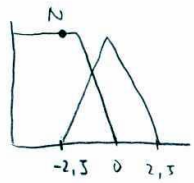
Las reglas R2 y R3 no ajustan podemos eliminarlas.

Como Ma interseda con M y Ta, no podemos eliminar las reglas que contengan alguna de las 2.

- DT = +2°C NA con PE = 1



- dDT = −2,5 °C NA con N = 1

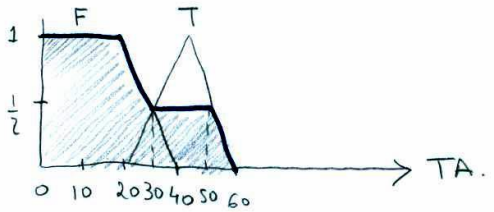


Se disparan las reglas 1 y 4

NA1 = min { 1 } = 1 ← TA = F

NA4 = min { 1, 1, $\frac{1}{2}$ } = 1/2 ← TA = T

Unión de consecuentes:



Desborrocificacion

$$g = \frac{10 \cdot 1 + 20 \cdot 1 + 30 \cdot 0{,}5 + 40 \cdot 0{,}5 + 50 \cdot 0{,}5}{1 + 1 + 0{,}5 + 0{,}5 + 0{,}5} = 25{,}7°C$$

b) Nota: no puede ser exhaustivo porque sería ineficiente

no puede ocurrir que haya los mismos antecedentes en consecuentes distintos (p.ej: DT = PD, dDT = N, H = Ha → Ta = MC la mañana ya está resuelta cualquier otra cosa sería contradicción).

Si DT = PD, dDT = N, H = No → TA = MC

Si DT = E, dDT = N, H = No → TA = C

Si DT = E, dDT = Z, H = M → TA = T

Examen Feb 08 Lógica difusa.

① Sean las distribuciones de probabilidad $\mu_P(x)$ y $\mu_Q(y)$ ¿Que operaciones hay que realizar para calcular la distribución de $\mu_P(x) \longrightarrow \mu_Q(y)$?

1) Hay que hacer la extensión cilíndrica de $\mu_P(x)$ con y y la extensión cilíndrica de $\mu_Q(y)$ con x para obtener $\mu_P(x,y)$ y $\mu_Q(x,y)$

2) Calcular la $J(x,y)$ correspondiente con $x = \mu_P(x,y)$ e $y = \mu_Q(x,y)$

② ¿Cuál es la notación para representar la distribución de probabilidad resultado de operar $\mu_P(x) \rightarrow \mu_Q(y)$?

$\mu_{P \rightarrow Q}(x,y)$

③ ¿Para que T-norma e Implicación ocurre que $\mu_P(x) \rightarrow \mu_Q(y) = \mu_P(x) \wedge \mu_Q(y)$?

Para la $T(x,y) = \min(x,y)$ y la implicación de Mamdani $J(x,y) = \min(x,y)$

④ Obtener una expresión para la implicación difusa $J(x,y)$ a partir de la T-norma $T(x,y) = \min(x,y)$, la negación $N(x) = 1-x$ y la T-conorma dual con respecto a dicha negación. Mostrar el desarrollo.

La T-conorma dual de $T(x,y) = \min(x,y)$ con respecto a $N(x) = 1-x$ es $S(x,y) = \max(x,y)$

Sabemos que $x \rightarrow y \equiv \neg x \vee y$ por lo tanto $J(x,y) = S(N(x), y)$

$= \max(1-x, y)$

Otra opción:

$x \vee y = x \vee (\neg x \wedge y)$ por lo tanto $x \longrightarrow y = \neg x \vee y = \neg x \vee (x \wedge y)$

Con esta $J(x,y) = S(N(x), T(x,y))$

$J(x,y) = \max(1-x, \min(x,y))$

(5) Sea un sistema inteligente de calefacción .....

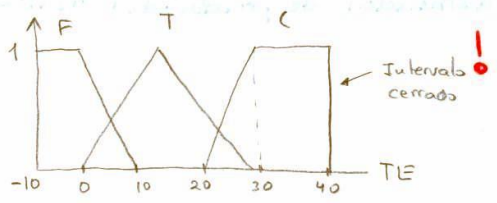
Variables :

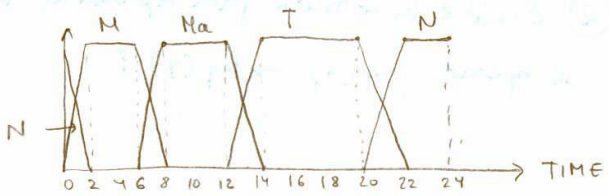
TE ≡ Temperatura exterior = { Frio (F), Templado (T), Calido (C) } TE ∈ [-40, 40] °C

TA ≡ Temperatura agua = { Agua Fría (AF), Agua Templada (AT), agua Caliente (AC) } TA ∈ (0, 100) °C

TIME ≡ Hora del día = { Madrugada (M), Mañana (Ma), Tarde (T), Noche (N) } ∈ [0, 24) h

5.1) Representar gráficamente las distribuciones de posibilidad de los valores cualitativos asociados a las variables TE y TIME.





5.1.1) ¿ Hay posibilidad distinta de ∅ de que la temperatura (TE) sea a la vez fría (F) y templada (T) ? En caso afirmativo indique para que valores de la variable TE se cumple.

Si para TE ∈ (0, 10) OJO Intervalo abierto porque en los bordes es 0.

5.2) ¿ Cuál es la posibilidad de que la TE sea templada si hay 40°C ?

La posibilidad es 0 $\mu_T(40) = 0$

5.3) ¿ Cuál es la posibilidad de que la TE sea cálida si hay 40°C

La posibilidad es 1 $\mu_C(40) = 1$

5.4) ¿ Cuál es la posibilidad de que la TE sea templada si hay 20°C y la temperatura del agua es actualmente 40°C ?

Viendo el dibujo $\mu_T(20) = \frac{2}{3}$ con TA hay que hacer la extensión cilíndrica

$\mu_T(TE, TA) = \mu_T(20, 40) = \frac{2}{3}$ el resultado no varía.

INTELIGENCIA ARTIFICIAL Plan 96

Septiembre 2006 **Final**

Ejercicio nº 2 (5 puntos) (75 minutos)

PARTE A (2,5 puntos):

A1. Sean las distribuciones generales de posibilidad $\mu_p(x)$ y $\mu_q(y)$,¿Qué operaciones hay que realizar para poder calcular la distribución de $\mu_p(x) \wedge \mu_q(y)$?.

A2. Considerando la t-norma del producto: T (x,y) = P (x,y) = x·y, indicar una t-conorma S (x,y) que sea dual con respecto a la negación N (x) = 1-x. Demostrar la respuesta dada.

A3 Obtener una expresión para la implicación difusa J (x,y) a partir de la t-norma, negación y t-conorma dual calculadas en el apartado anterior. Mostrar su desarrollo.

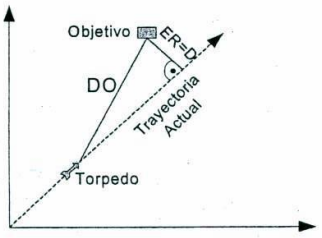
PARTE B (2,5 puntos):

Para construir un sistema de navegación automática para torpedos, se desea formular un modelo de control *fuzzy* de forma que, en cada momento, se determine la posición del timón del torpedo (PT) para que le dirija hacia su objetivo (la velocidad es constante y con valor *v*). La posición del timón en cada momento se obtiene en función de la distancia al objetivo (DO), el error cometido (ER) en caso de que el torpedo siguiera la misma dirección y la tendencia del error (dER) que se está produciendo.

Para ello, se manejan las siguientes variables:

- DO: distancia del torpedo al objetivo en el instante t medida en metros (m), con valores posibles: lejos L, intermedio I, cerca C. Su intervalo de valores es [0,2500].
- ER: Error, medido en metros (m). Se mide como la distancia entre el objetivo y el punto de corte entre la trayectoria actual del torpedo y la perpendicular a dicha trayectoria desde el objetivo (ver figura). Valores posibles: izquierda Iz, acierto A, derecha D. Su intervalo de valores es [-50,+50]. Si ER=D, significa que el objetivo se encuentra a la izquierda de la trayectoria actual del torpedo. Esta es la situación ilustrada en la figura.
- dER: tendencia del error en la trayectoria del torpedo hacia el objetivo, medida en metros por segundo (m/seg), con valores posibles: positivo P, cero Z y negativo N. La tendencia del error mide la variación del error (ER) en dos instantes de tiempo consecutivos. Su intervalo de valores es [-10,+10].
- PT: Posición del timón con respecto al eje longitudinal del torpedo medido en radianes, con valores posibles: izquierda total IT, izquierda Iz, centro Ce, derecha D y derecha total DT. Su intervalo de valores es $[0,\pi]$. Tener en cuenta que el punto central es $\pi/2$ radianes, los valores para los cuales se gira a la izquierda corresponden con $PT>\pi/2$ y los valores para los cuales se gira a la derecha corresponden con $PT<\pi/2$.

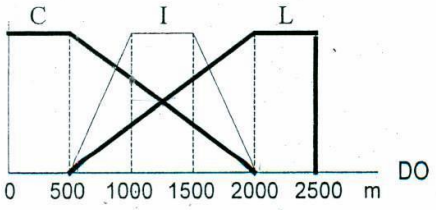
Cuando se dispara un torpedo hacia un objetivo, éste se mueve libremente sobre el plano que forma el agua donde se desplaza. Por el contrario, el torpedo puede mover su timón para corregir su trayectoria y perseguir al objetivo hasta el momento del impacto.

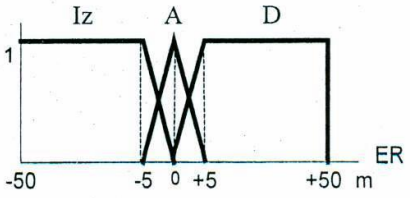


La figura de la derecha muestra un torpedo que se ha disparado hacia un objetivo e ilustra el significado de las variables descritas anteriormente.

Las variables que maneja el controlador *fuzzy* tienen asociadas las siguientes funciones de posibilidad:

Las variables distancia del torpedo al objetivo (DO) y error (ER) que se manejan tienen asociadas las siguientes funciones de posibilidad:





SE PIDE:

B1. ¿Hay posibilidad distinta de cero de que la distancia del torpedo al objetivo (DO) sea a la vez cerca (C) e intermedia (I)?. En caso afirmativo, indique para qué valores de la variable DO se cumple esta condición.

B2. ¿Cuál es la posibilidad de que la distancia del torpedo al objetivo (DO) sea cerca (C) si el torpedo está a 1000 metros del objetivo?. ¿Cuál es la posibilidad de que la distancia del torpedo al objetivo sea lejos (L) si está a 2500 metros?.

B3. ¿Cuál es la posibilidad de que la distancia del torpedo al objetivo (DO) sea cerca (C), teniendo en cuenta que el torpedo está a 1000 metros del objetivo y que el error (ER) es actualmente de –5 metros?.

B4. Completar el modelo de control *fuzzy* que permita en cada momento determinar la posición del timón del torpedo (PT) para que le dirija hacia su objetivo.

Ej lógica difusa Sep06.

A1. $\mu_p(x)$ y $\mu_q(y)$: $\mu_p(x) \wedge \mu_q(y)$

Primero hay que hacer la extensión cilíndrica de $\mu_p(x)$ con y y la extensión cilíndrica de $\mu_q(y)$ con x para obtener $\mu_p(x,y)$ y $\mu_q(x,y)$

A continuación ya podemos calcular $\mu_p(x,y) \wedge \mu_q(x,y)$: con ma T-Norma $T(x,y)$ con $x = \mu_p(x,y)$ e $y = \mu_q(x,y)$

A2. $T(x,y) = P(x,y) = x \cdot y$

$N(x) = 1 - x$

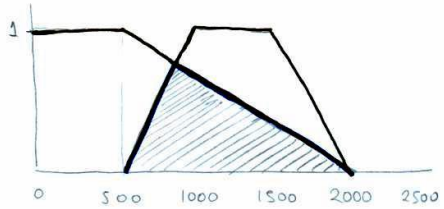
$$S(x,y) = N\big(T(N(x), N(y))\big) = N\big(T(1-x, 1-y)\big) = N\big((1-x)(1-y)\big)$$

$$= N\big(1 - (x+y) + x \cdot y\big) = \underline{x + y + x \cdot y}$$

A3. $T(x,y) = x \cdot y$ $N(x) = 1 - x$ | $S(x,y) = x + y + x \cdot y$

$$J(x,y) = S(N(x), y) = S(1-x, y) = 1 - x + y + y - xy = 1 - x + 2y - xy$$

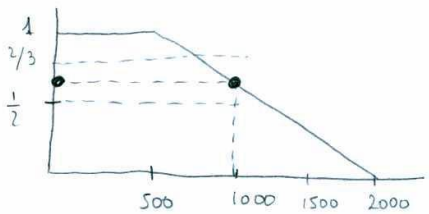
B1. $\mu_{cerca}(DO) \wedge \mu_{intermedia}(DO)$



Se cumple la condicion para valores DO comprendidos entre 500 y 2000 . m.

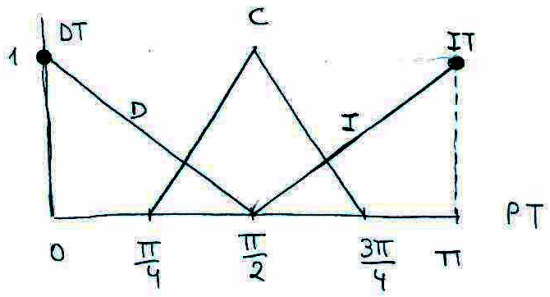
$DO \in (500, 2000)$

B2. $\mu_{cerca}(DO = 1000) = \frac{7}{12}$ $\mu_{lejos}(DO = 2500) = 1$



B3. $\mu_{cerca}(DO = 1000)$ y $\mu(ER = -5)$?

Dependen de 2 variables distintas hay que hacer la extension cilíndrica de $\mu_{cerca}(DO = 1000)$ con $\mu(ER = -5) \rightarrow \mu_{cerca}(DO = 1000, ER = -5) =$

$= \frac{7}{12}$.

B4.