

## PAC4: Raonament aproximat

### Presentació

Quarta PAC del curs d'Intel·ligència Artificial

### Competències

En aquesta PAC es treballen les següents competències:

#### Competències de grau:

- Capacitat d'analitzar un problema amb el nivell d'abstracció adient a cada situació i aplicar les habilitats i coneixements adquirits per abordar-lo i solucionar-lo.

#### Competències específiques:

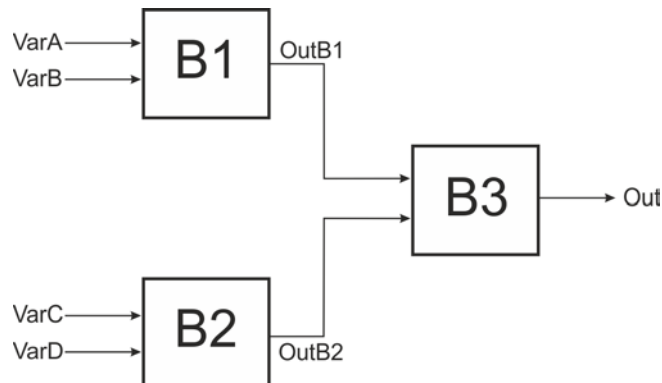
- Conèixer els diferents models de representació del coneixement (marcs, sistemes basats en regles, raonament basat en casos, ontologies, programació lògica).
- Raonament basat en lògica difusa.

### Objectius

Aquesta PAC pretén avaluar diferents aspectes de lògica difusa: *representació i ús de termes lingüístics, i mètodes d'inferència.*

### Descripció de la PAC a realitzar

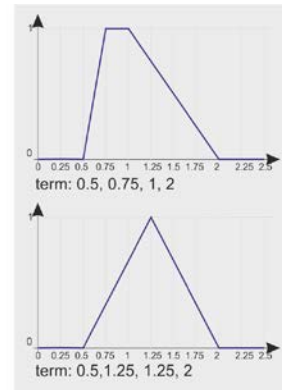
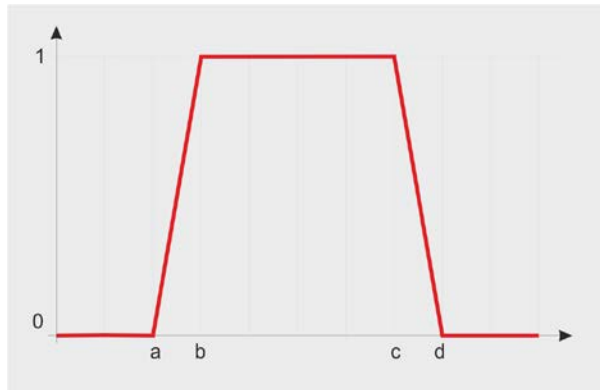
Considerem un **sistema expert jeràrquic difús** compost de 3 blocs de regles (B1, B2 i B3), amb 4 variables d'entrada (VarA, VarB, VarC i VarD), 2 intermèdies (OutB1 i OutB2) i 1 de sortida (Out), distribuïts tal com es mostra a la figura següent:



Ens proporcionen els termes lingüístics associats a cadascuna de les variables.

Variable	Rang	Terme lingüístic : punts (a,b,c,d) *
VarA	Min: -2 Max: 8	VL: -2, -2, -1, 1 L: -1, 1, 1, 4 M: 1, 5, 5, 6 H: 5, 6, 6, 7 VH: 6, 7, 8, 8
VarB	Min: 0 Max: 2	L: 0, 0.2, 0.2, 1.2 M: 0.4, 0.8, 0.8, 1.4 H: 0.8, 1.0, 2.0, 2.0
VarC	Min: 0 Max: 2	L: 0, 0.6, 0.6, 1.2 M: 0.6, 0.8, 1.4, 1.6 H: 0.8, 1.6, 2.0, 2.0
VarD	Min: 0 Max: 2	VL: 0, 0, 0, 0.2 L: 0, 0.2, 0.2, 0.4 AM: 0.2, 0.4, 0.4, 1.2 H: 0.4, 1.2, 1.2, 2.0 VH: 1.2, 2.0, 2.0, 2.0
OutB1	Min: -2 Max: 2	VL: -2, -2, -2, -1 L: -2, -1, -1, 0 M: -1, 0, 0, 1 H: 0, 1, 1, 2 VH: 1, 2, 2, 2
OutB2	Min: 0 Max: 2	L: 0, 0.8, 0.8, 1.38 M: 0.8, 1.38, 1.38, 1.75 H: 1.38, 1.75, 1.75, 2.0
Out	Min: 0 Max: 1	VL: 0, 0, 0, 0.25 L: 0, 0.25, 0.25, 0.5 M: 0.25, 0.5, 0.5, 0.75 H: 0.5, 0.75, 0.75, 1 VH: 0.75, 1, 1, 1

(\*) A continuació es presenta com s'ha d'interpretar la seqüència de punts (a,b,c,d).  
A més, al costat dret s'afegeixen dos exemples il·lustratius, un terme lingüístic trapezoïdal (dalt)  
i un terme lingüístic triangular (sota).





Ens detallen de forma concisa les regles associades als blocs de regles.

#### Bloc B1

Id. regla	VarA		VarB	OutB1
01	VL	AND	L	VL
02	VL	AND	M	VL
03	VL	AND	H	L
04	L	AND	L	L
05	L	AND	M	L
06	L	AND	H	M
07	M	AND	L	M
08	M	AND	M	M
09	M	AND	H	M
10	H	AND	L	L
11	H	AND	M	M
12	H	AND	H	H
13	VH	AND	L	H
14	VH	AND	M	VH
15	VH	AND	H	VH

#### Bloc B2

Id. regla	VarC		VarD	OutB2
01	L	AND	VL	L
02	L	AND	L	L
03	L	AND	AM	L
04	L	AND	H	L
05	L	AND	VH	M
06	M	AND	VL	L
07	M	AND	L	M
08	M	AND	AM	M
09	M	AND	H	M
10	M	AND	VH	H
11	H	AND	VL	M
12	H	AND	L	M
13	H	AND	AM	H
14	H	AND	H	H
15	H	AND	VH	H

#### Bloc B3

Id. regla	OutB1		OutB2	Out
01	VL	AND	L	VL
02	L	AND	L	L
03	M	AND	L	M
04	H	AND	L	M
05	VH	AND	L	M
06	VL	AND	M	L
07	L	AND	M	L
08	M	AND	M	M
09	H	AND	M	M
10	VH	AND	M	H
11	VL	AND	H	M
12	L	AND	H	M
13	M	AND	H	H
14	H	AND	H	VH
15	VH	AND	H	VH



## Preguntes

Considerar un sistema Mamdani amb t-norma min i t-conorma max.

1) Representar gràficament les variables del sistema amb els termes lingüístics. Calcular les funcions de pertinença de totes de les variables.

2) Determinar la sortida Out considerant el següent conjunt de valors inicials;

$$(\text{VarA}, \text{VarB}, \text{VarC}, \text{VarD}) = (1.5, 0.9, 0.7, 0.7)$$

## Notes pregunta 2):

L'entrada del bloc B3 és la sortida dels blocs B1 i B2. No s'han de calcular els valor nítids de les variables intermèdies OutB1 i OutB2 com entrada de B3.

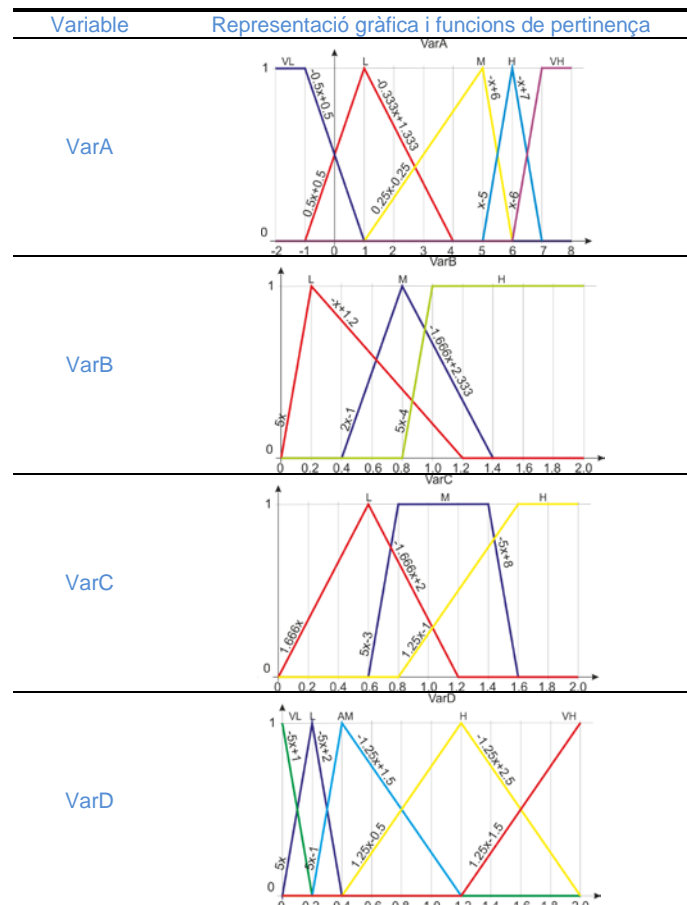
Pel càlcul del valor nítid de la variable Out, podeu utilitzar el mètode de centre de masses amb una resolució de 10E-3.

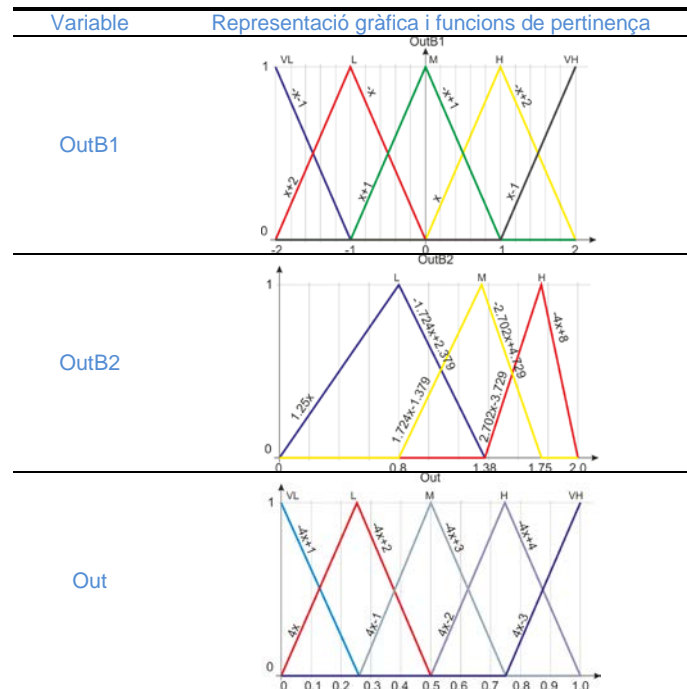
En tots els casos descriuiu les regles que s'activen en cadascun dels blocs, representar gràficament la sortida obtinguda, i el procés seguit per obtenir el resultat.



## Solucions

1) A continuació es visualitzen gràficament totes les variables del sistema, i les diferents funcions de pertinença:

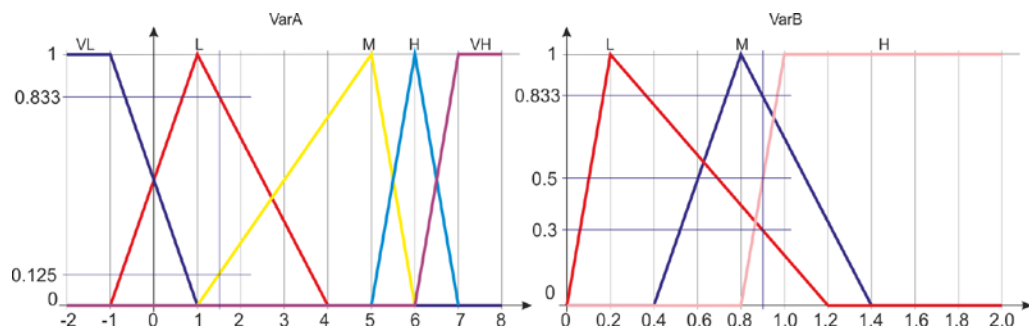




2) Determinar la sortida Out considerant el següent conjunt de valors inicials;  
**(VarA, VarB, VarC, VarD) = (1.5, 0.9, 0.7, 0.7)**

Pas 1/3: Determinar les activacions de la variable OutB1

Els valors de VarA i VarB activen els següents termes:

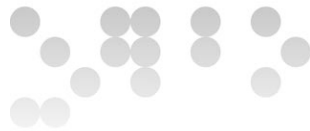


El valor  $VarA = 1.5$ , activa el terme L en 0.833, i el terme M en 0.125.

El valor  $VarB = 0.9$ , activa el terme L en 0.3, el terme M en 0.8333 i el terme H en 0.5.

Traslladem aquestes activacions al bloc de regles B1.

Id. regla	VarA		VarB	OutB1
01	VL	AND	L (0.3)	VL
02	VL	AND	M (0.8333)	VL



03	VL	AND	H (0.5)	L
04	L (0.8333)	AND	L (0.3)	L (0.3)
05	L (0.8333)	AND	M (0.8333)	L (0.8333)
06	L (0.8333)	AND	H (0.5)	M (0.5)
07	M (0.125)	AND	L (0.3)	M (0.125)
08	M (0.125)	AND	M (0.8333)	M (0.125)
09	M (0.125)	AND	H (0.5)	M (0.125)
10	H	AND	L (0.3)	L
11	H	AND	M (0.8333)	M
12	H	AND	H (0.5)	H
13	VH	AND	L (0.3)	H
14	VH	AND	M (0.8333)	VH
15	VH	AND	H (0.5)	VH

La darrera columna mostra entre parèntesi les activacions de les regles. S'activen només les regles que tenen actius els dos antecedents alhora (estem considerant regles amb un connector AND).

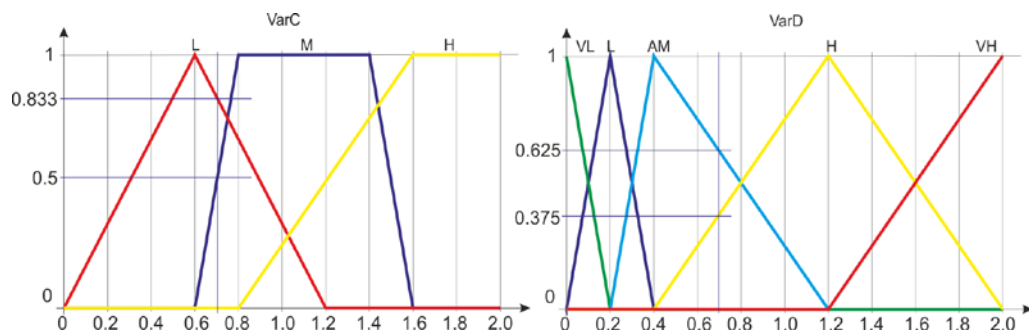
Les regles que s'activen són les regles 04, 05, 06, 07, 08, i 09.

El conseqüent obtingut s'obté d'aplicar la t-norma min.

Un cop tenim tots els conseqüents, apliquem la t-conorma max per obtenir els termes que s'activen i el nivell resultant. En aquest cas tenim el terme L amb un nivell 0.8333 i el terme M amb un nivell 0.5.

### Pas 2/3: Determinar les activacions de la variable OutB2.

Els valors de VarC i VarD activen els següents termes:



El valor VarC = 0.7, activa el terme L en 0.8333, i el terme M en 0.5.

El valor VarD = 0.7, activa el terme AM en 0.625, i el terme H en 0.375.

Traslladem aquests nivells d'activació al bloc de regles B2:

Id. regla	VarC	VarD	OutB2
01	L (0.8333)	VL	L
02	L (0.8333)	L	L
03	L (0.8333)	AM (0.625)	L (0.625)
04	L (0.8333)	H (0.375)	L (0.375)
05	L (0.8333)	VH	M
06	M (0.5)	VL	L
07	M (0.5)	L	M
08	M (0.5)	AM (0.625)	M (0.5)
09	M (0.5)	H (0.375)	M (0.375)





10	M (0.5)	AND	VH	H
11	H	AND	VL	M
12	H	AND	L	M
13	H	AND	AM (0.625)	H
14	H	AND	H (0.375)	H
15	H	AND	VH	H

La darrera columna indica el nivell d'activació assolit en els conseqüents.

Les regles que s'activen són les regles 03, 04, 08, i 09.

Apliquem la t-conorma max per obtenir els termes que s'activen i el nivell resultant. En aquest cas tenim el terme L amb un nivell 0.625 i el terme M amb un nivell 0.5.

### Pas 3/3: Determinar la sortida Out.

En els passos anteriors s'han calculat quins termes s'activen i en quin nivell de les variables intermèdies OutB1 i OutB2:

- Per OutB1, tenim el terme L amb un nivell 0.8333 i el terme M amb un nivell 0.5.
- Per OutB2, tenim el terme L amb un nivell 0.625 i el terme M amb un nivell 0.5.

Aquests nivells els traslladem directament al bloc de regles B3 per calcular la sortida del sistema:

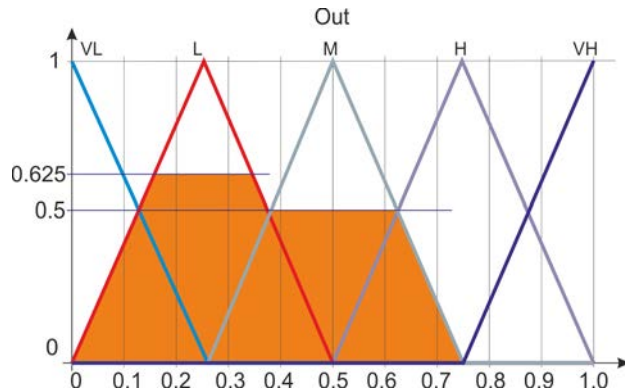
Id. regla	OutB1		OutB2	Out
01	VL	AND	L (0.625)	VL
<b>02</b>	L (0.8333)	AND	L (0.625)	L (0.625)
<b>03</b>	M (0.5)	AND	L (0.625)	M (0.5)
04	H	AND	L (0.625)	M
05	VH	AND	L (0.625)	M
06	VL	AND	M (0.5)	L
<b>07</b>	L (0.8333)	AND	M (0.5)	L (0.5)
<b>08</b>	M (0.5)	AND	M (0.5)	M (0.5)
09	H	AND	M (0.5)	M
10	VH	AND	M (0.5)	H
11	VL	AND	H	M
12	L (0.8333)	AND	H	M
13	M (0.5)	AND	H	H
14	H	AND	H	VH
15	VH	AND	H	VH

Igual com en els passos anteriors, el conseqüent s'obté aplicant la t-norma min i s'indica en la darrera columna.

S'activen les regles 02, 03, 07 i 08.

Apliquem la t-conorma max als conseqüents obtinguts. Obtenim que el terme L s'activa en 0.625 i el terme M en 0.5.

Amb aquests valors podem representar l'activació de la variable Out:



La funció de pertinença pels diferents trams és:

$$\mu_{Out}(x) = \begin{cases} 4x & \text{si } 0 < x \leq 0.1562 \\ 0.625 & \text{si } 0.1562 < x \leq 0.3437 \\ -4x + 2 & \text{si } 0.3437 < x \leq 0.375 \\ 0.5 & \text{si } 0.375 < x \leq 0.625 \\ -4x + 3 & \text{si } 0.625 < x \leq 0.75 \\ 0 & \text{si } 0.75 < x \end{cases}$$

Finalment, si fem el càlcul del valor nítid pel centre de masses obtenim:

$$x_{Out} = \frac{124.024}{339.846} = 0.365$$

## Recursos

Per a fer aquesta PAC el material imprescindible és el Tema 2 – Sistemes difusos, del mòdul 4.

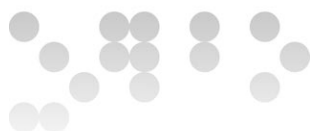
## Criteris de valoració

La pregunta 1 val **3 punts** i la pregunta 2 val **7 punts**.

## Format i data de lliurament

Per a dubtes i aclariments sobre l'enunciat, adreceu-vos al consultor responsable de la vostra aula.

Cal lliurar la solució en un fitxer PDF fent servir una de les plantilles lliurades conjuntament amb aquest enunciat. Adjunteu el fitxer a un missatge a l'apartat Lliurament i Registre d'AC (RAC).



El nom del fitxer ha de ser *CognomsNom\_IA\_PAC4* amb l'extensió .pdf (format PDF).

La data límit de lliurament és el: **14 de desembre (a les 24 hores).**

Raoneu la resposta en tots els exercicis. Les respostes sense justificació no rebran puntuació.

**Nota: Propietat intel·lectual**

Sovint és inevitable, en produir una obra multimèdia, fer ús de recursos creats per terceres persones. És per tant comprensible fer-ho en el marc d'una pràctica dels estudis d'Informàtica, sempre i això es documenti clarament i no suposi plagi en la pràctica.

Per tant, en presentar una pràctica que faci ús de recursos aliens, s'ha de presentar juntament amb ella un document en què es detallin tots ells, especificant el nom de cada recurs, el seu autor, el lloc on es va obtenir i el seu estatus legal: si l'obra està protegida pel copyright o s'acull a alguna altra llicència d'ús (Creative Commons, llicència GNU, GPL ...). L'estudiant haurà d'assegurar-se que la llicència que sigui no impedeix específicament seu ús en el marc de la pràctica. En cas de no trobar la informació corresponent haurà d'assumir que l'obra està protegida pel copyright.

Hauran, a més, adjuntar els fitxers originals quan les obres utilitzades siguin digitals, i el seu codi font si correspon.