

INTEL·LIGÈNCIA ARTIFICIAL I

PAC4 – 2009_1 Prova d'Avaluació Continuada

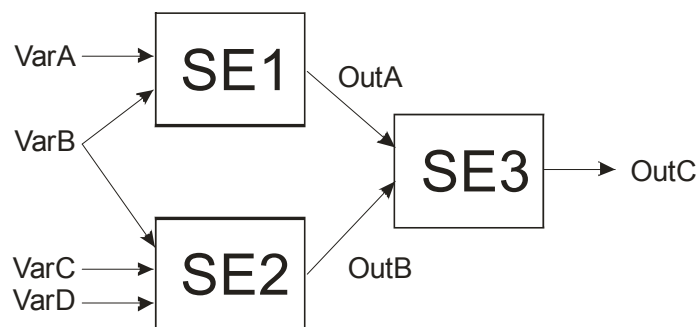
- Per a dubtes i aclariments sobre l'enunciat, adreceu-vos al consultor responsable de la vostra aula.
- Cal lliurar la solució en un fitxer PDF fent servir una de les plantilles lliurades conjuntament amb aquest enunciat. Adjunteu el fitxer a un missatge adreçat a la bústia **lliurament d'activitats**.
- El nom del fitxer ha de ser *CognomsNom_IA1_PAC4* amb l'extensió *.pdf* (PDF) o *.zip* (ZIP) si es comprimeix.
- 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.**

Enunciat

Raonament aproximat

Es té un conjunt difús jerarquitzat compost de tres blocs de regles anomenats SE1, SE2 i SE3. El primer bloc té com a variables d'entrada les variables VarA i VarB, i com a sortida, la variable OutA. El segon bloc, té com a variables d'entrada les variables VarB, VarC i VarD, i com a sortida, la variable OutB. El darrer bloc anomenat SE3 té com a entrada les sortides dels blocs SE1 i SE2, i crea la sortida OutC.

El sistema complet es mostra a la figura següent:



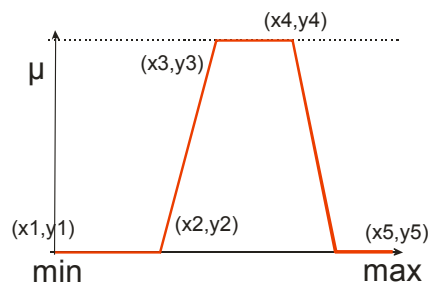
Considerar que les entrades del bloc SE3 són directament les funcions de pertinença de les variables OutA i OutB.

A continuació es detallaran els termes lingüístics associats a cadascuna de les variables així com les regles associades a cadascun dels blocs del sistema difús.

Els conjunts difusos associats a cadascuna de les variables, determinant els rangs i els punts de tall, són els següents:

Variable	Tipus	Rang	Terme lingüístic : punts (x,y)
VarA	Entrada	Mín: 0 Máx: 1	very-small: (0,1)(0.15,1)(0.3,0)(1,0) small: (0,0)(0.15,0)(0.3,1)(0.5,0)(1,0) medium: (0,0)(0.3,0)(0.5,1)(0.7,0)(1,0) large: (0,0)(0.5,0)(0.7,1)(0.85,0)(1,0) very-large: (0,0)(0.7,0)(0.85,1)(1,1)
VarB	Entrada	Mín: -1 Máx: 1	very-small: (-1,0)(-0.75,1)(-0.27,0)(1,0) small: (-1,0)(-0.75,0)(-0.27,1)(0,0)(1,0) medium: (-1,0)(-0.27,0)(0,1)(0.27,0)(1,0) large: (-1,0)(0,0)(0.27,1)(0.75,0)(1,0) very-large: (-1,0)(0.27,0)(0.75,1)(1,0)
VarC	Entrada	Mín: -2 Máx: 2	very-small: (-2,1)(-1,0)(2,0) small: (-2,0)(-1,1)(0,0)(2,0) medium: (-2,0)(-1,0)(0,1)(1,0)(2,0) large: (-2,0)(0,0)(1,1)(2,0) very-large: (-2,0)(1,0)(2,1)
VarD	Entrada	Mín: 0 Máx: 2	small: (0,0)(0.8,1)(1.38,0)(2,0) medium: (0,0)(0.8,0)(1.38,1)(1.75,0)(2,0) large: (0,0)(1.38,0)(1.75,1)(2,0)
OutA	Sortida	Mín: 0 Máx: 1	small: (0,0)(0.12,1)(0.5,0)(1,0) medium: (0,0)(0.12,0)(0.5,1)(0.87,0)(1,0) large: (0,0)(0.5,0)(0.87,1)(1,0)
OutB	Sortida	Mín: 0 Máx: 1	very-small: (0,1)(0.25,0)(1,0) small: (0,0)(0.25,1)(0.5,0)(1,0) medium: (0,0)(0.25,0)(0.5,1)(0.75,0)(1,0) large: (0,0)(0.5,0)(0.75,1)(1,0) very-large: (0,0)(0.75,0)(1,1)
OutC	Sortida	Mín: 0 Máx: 5	very-small: (0,1)(2.1,0)(5,0) small: (0,0)(2.1,1)(3.5,0)(5,0) medium: (0,0)(2.1,0)(3.5,1)(4.4,0)(5,0) large: (0,0)(3.5,0)(4.4,1)(5,0) very-large: (0,0)(4.4,0)(5,1)

On la seqüència de punts, es llegeix de la següent forma:



El conjunt de regles pel bloc SE1 és el següent:

Regla	VarA	VarB	OutA
1	very_small	very_small	small
2	very_small	small	small
3	very_small	medium	small
4	very_small	large	small
5	very_small	very_large	small
6	small	very_small	small
7	small	small	small
8	small	medium	medium
9	small	large	medium
10	small	very_large	large
11	medium	very_small	medium
12	medium	small	medium
13	medium	medium	medium
14	medium	large	large
15	medium	very_large	medium
16	large	very_small	large
17	large	small	medium
18	large	medium	large
19	large	large	large
20	large	very_large	large
21	very_large	very_small	medium
22	very_large	small	large
23	very_large	medium	large
24	very_large	large	large
25	very_large	very_large	large

El conjunt de regles pel bloc SE2 és el següent:

Regla	VarB	VarC	VarD	OutB
1	very_small	very_small	small	very_small
2	very_small	very_small	medium	very_small
3	very_small	very_small	large	very_small
4	very_small	small	small	very_small
5	very_small	small	medium	small
6	very_small	small	large	small
7	very_small	medium	small	small
8	very_small	medium	medium	small
9	very_small	medium	large	small
10	very_small	large	small	small
11	very_small	large	medium	large
12	very_small	large	large	small
13	very_small	very_large	small	medium
14	very_small	very_large	medium	medium
15	very_small	very_large	large	large
16	small	very_small	small	medium
17	small	very_small	medium	medium
18	small	very_small	large	medium
19	small	small	small	medium
20	small	small	medium	medium
21	small	small	large	medium
22	small	medium	small	medium
23	small	medium	medium	medium
24	small	medium	large	medium
25	small	large	small	medium
26	small	large	medium	medium
27	small	large	large	large
28	small	very_large	small	medium
29	small	very_large	medium	medium
30	small	very_large	large	medium

31	medium	very_small	small	medium
32	medium	very_small	medium	medium
33	medium	very_small	large	medium
34	medium	small	small	medium
35	medium	small	medium	medium
36	medium	small	large	medium
37	medium	medium	small	medium
38	medium	medium	medium	medium
39	medium	medium	large	medium
40	medium	large	small	medium
41	medium	large	medium	large
42	medium	large	large	large
43	medium	very_large	small	medium
44	medium	very_large	medium	medium
45	medium	very_large	large	medium
46	large	very_small	small	medium
47	large	very_small	medium	medium
48	large	very_small	large	medium
49	large	small	small	medium
50	large	small	medium	medium
51	large	small	large	large
52	large	medium	small	medium
53	large	medium	medium	medium
54	large	medium	large	large
55	large	large	small	medium
56	large	large	medium	medium
57	large	large	large	large
58	large	very_large	small	medium
59	large	very_large	medium	large
60	large	very_large	large	very_large
61	very_large	very_small	small	large
62	very_large	very_small	medium	large
63	very_large	very_small	large	large
64	very_large	small	small	large
65	very_large	small	medium	large
66	very_large	small	large	large
67	very_large	medium	small	medium
68	very_large	medium	medium	large
69	very_large	medium	large	medium
70	very_large	large	small	large
71	very_large	large	medium	large
72	very_large	large	large	very_large
73	very_large	very_large	small	very_large
74	very_large	very_large	medium	very_large
75	very_large	very_large	large	very_large

I, finalment, el conjunt de regles pel bloc SE3 és el següent:

Regla	OutA	OutB	OutC
1	small	very_small	small
2	small	medium	small
3	small	large	medium
4	small	very_large	large
5	medium	very_small	small
6	medium	small	medium
7	medium	medium	medium
8	medium	large	large
9	medium	very_large	large
10	large	very_small	small
11	large	small	small
12	large	medium	large
13	large	large	very_large
14	large	very_large	very_large
15	small	small	very_small

Preguntes

Prenent un sistema Mamdani amb t-norma mínim i t-conorma màxim:

1) Representa gràficament i calcula les funcions de pertinença de totes les variables lingüístiques.

2) Detalla tot el procés d'inferència que es realitza per a trobar el valor de la variable OutC.

Representa gràficament totes les sortides (OutA, OutB i OutC) del sistema expert i calcula el valor nítid OutC per aquests valors d'entrada:

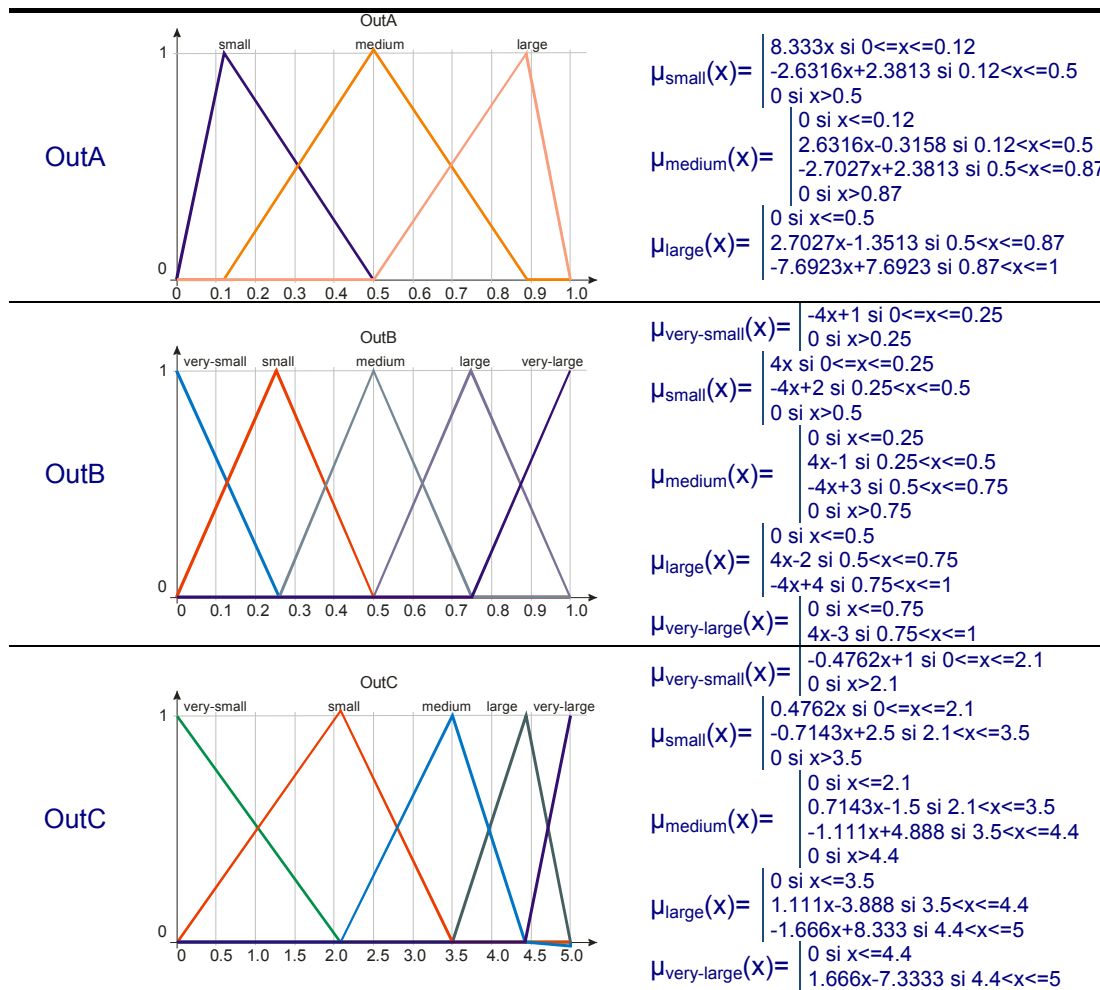
$$(\text{VarA}, \text{VarB}, \text{VarC}, \text{VarD}) = (0.20, 0.35, -0.7, 1.00)$$

Per calcular el valor nítid, utilitzar el mètode del centre de masses amb intervals de 0.01 unitats de la variables.

Respostes

1) Representació de les funcions de pertinença de tots els termes lingüístics de totes les variables:

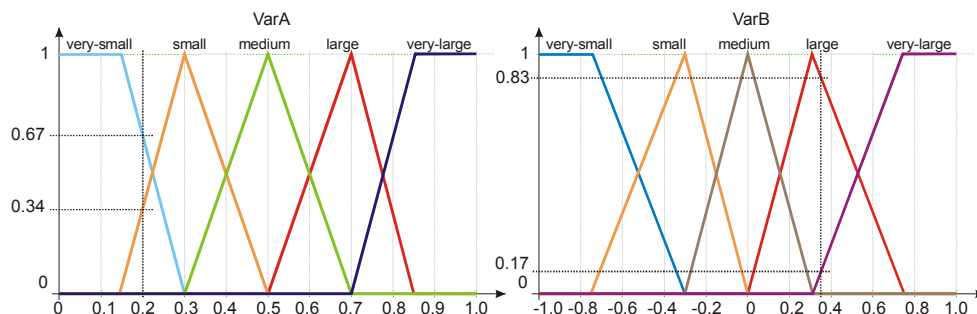
Variable	Representació gràfica	Funcions de pertinença (μ_{terme})
VarA		$\mu_{\text{very-small}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x \leq 0.15 \\ -6.67x + 2 & \text{si } 0.15 < x \leq 0.3 \\ 0 & \text{si } x > 0.3 \end{cases}$ $\mu_{\text{small}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leq 0.15 \\ 6.67x - 1 & \text{si } 0.15 < x < 0.3 \\ -5x + 2.5 & \text{si } 0.3 < x \leq 0.5 \\ 0 & \text{si } x > 0.5 \end{cases}$ $\mu_{\text{medium}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leq 0.3 \\ 5x - 1.5 & \text{si } 0.3 < x \leq 0.5 \\ -5x + 3.5 & \text{si } 0.5 < x < 0.7 \\ 0 & \text{si } x > 0.7 \end{cases}$ $\mu_{\text{large}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leq 0.5 \\ 5x - 2.5 & \text{si } 0.5 < x \leq 0.7 \\ -6.67x + 5.67 & \text{si } 0.7 < x \leq 0.85 \\ 0 & \text{si } x > 0.85 \end{cases}$ $\mu_{\text{very-large}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leq 0.7 \\ 6.67x - 4.67 & \text{si } 0.7 < x \leq 0.85 \\ 1 & \text{si } x > 0.85 \end{cases}$
VarB		$\mu_{\text{very-small}}(x) = \begin{cases} 4x + 4 & \text{si } -1 < x \leq -0.75 \\ -2.083 - 0.5625x & \text{si } -0.75 < x \leq -0.27 \\ 0 & \text{si } x > -0.27 \end{cases}$ $\mu_{\text{small}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leq -0.75 \\ 2.083x + 1.5625 & \text{si } -0.75 < x < -0.27 \\ -3.7037x & \text{si } -0.27 < x \leq 0 \\ 0 & \text{si } x > 0 \end{cases}$ $\mu_{\text{medium}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leq -0.27 \\ 3.7037x + 1 & \text{si } -0.27 < x \leq 0.27 \\ -3.7037x + 1 & \text{si } 0 < x \leq 0.27 \\ 0 & \text{si } x > 0.27 \end{cases}$ $\mu_{\text{large}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leq 0 \\ 3.7037x & \text{si } 0 < x \leq 0.27 \\ -2.083x + 1.5625 & \text{si } 0.27 < x \leq 0.75 \\ 0 & \text{si } x > 0.75 \end{cases}$ $\mu_{\text{very-large}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leq 0.27 \\ 2.083x - 0.5625 & \text{si } 0.27 < x \leq 0.75 \\ -4x + 4 & \text{si } 0.75 < x \leq 1 \end{cases}$
VarC		$\mu_{\text{very-small}}(x) = \begin{cases} -x - 1 & \text{si } -2 \leq x \leq -1 \\ 0 & \text{si } x > -1 \end{cases}$ $\mu_{\text{small}}(x) = \begin{cases} x + 2 & \text{si } -2 \leq x \leq -1 \\ -x & \text{si } -1 < x \leq 0 \\ 0 & \text{si } x > 0 \end{cases}$ $\mu_{\text{medium}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leq -1 \\ x + 1 & \text{si } -1 < x \leq 0 \\ -x + 1 & \text{si } 0 < x \leq 1 \\ 0 & \text{si } x > 1 \end{cases}$ $\mu_{\text{large}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leq 0 \\ x & \text{si } 0 < x \leq 1 \\ -x + 2 & \text{si } 1 < x \leq 2 \\ 0 & \text{si } x > 2 \end{cases}$ $\mu_{\text{very-large}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leq 1 \\ x - 1 & \text{si } 1 < x \leq 2 \end{cases}$
VarD		$\mu_{\text{small}}(x) = \begin{cases} 1.25x & \text{si } 0 \leq x \leq 0.8 \\ -1.7241x + 2.3793 & \text{si } 0.8 < x \leq 1.38 \\ 0 & \text{si } x > 1.38 \end{cases}$ $\mu_{\text{medium}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leq 0.8 \\ 1.7241x - 1.3793 & \text{si } 0.8 < x \leq 1.38 \\ -2.7027x + 4.7297 & \text{si } 1.38 < x \leq 1.75 \\ 0 & \text{si } x > 1.75 \end{cases}$ $\mu_{\text{large}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leq 1.38 \\ 2.7027x - 3.7297 & \text{si } 1.38 < x \leq 1.75 \\ -4x + 8 & \text{si } 1.75 < x \leq 2 \end{cases}$



2) Càlcul del valor de sortida per unes entrades donades:
 (VarA, VarB, VarC, VarD) = (0.20, 0.35, -0.7, 1.00)

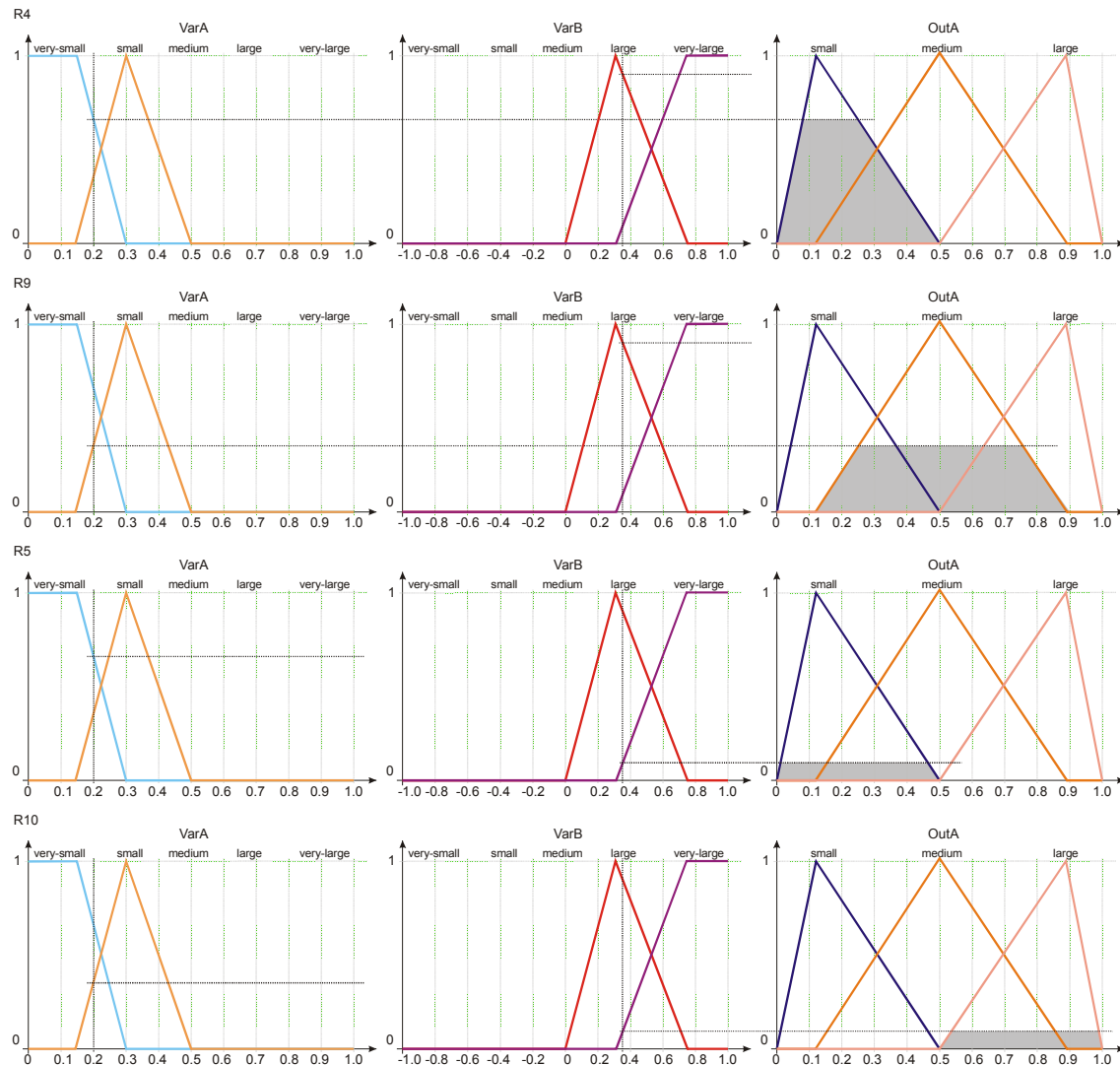
2a) Càlcul del valor de sortida del bloc SE1.

En aquest cas, el bloc SE1 té com a variables d'entrada VarA i VarB. Si mirem els punts de tall segons els valors d'entrada, tenim:

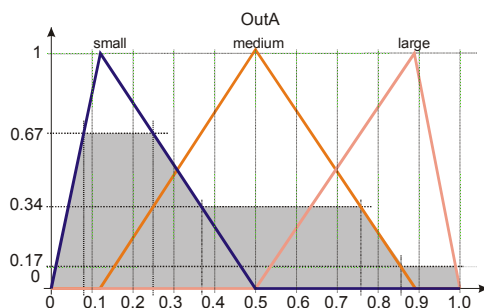


És a dir, que VarA s'activarà pels valors very-small i small, i la VarB s'activarà pels valors large i very-large. Si mirem les regles del bloc SE1, per aquests valors de tall, tenim que s'activen les regles R4, R5, R9 i R10.

A continuació mirem gràficament les activacions d'aquestes regles i els conseqüents obtinguts aplicant la t-norma mínim.



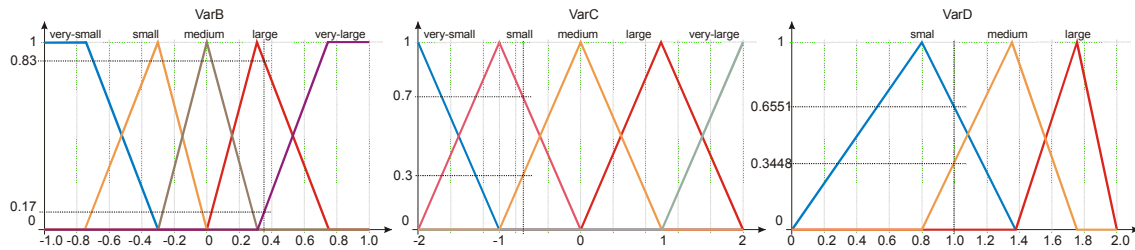
S'han activat els termes small (0.67), medium (0.34) i large (0.17) de la variable OutA. Agregant tots els conseqüents obtinguts aplicant la t-conorma màxim, s'obté la següent funció:



$$\mu_{\text{OutA}}(x) = \begin{cases} 8.333x & \text{si } 0 \leq x \leq 0.07 \\ 0.67 & \text{si } 0.07 < x \leq 0.2454 \\ -2.6316x + 1.3158 & \text{si } 0.2454 < x \leq 0.3708 \\ 0.34 & \text{si } 0.3708 < x \leq 0.7442 \\ -2.7027x + 2.3813 & \text{si } 0.7442 < x \leq 0.8071 \\ 0.17 & \text{si } 0.8071 < x \leq 0.9779 \\ -7.6923x + 7.6923 & \text{si } 0.9779 < x \leq 1 \end{cases}$$

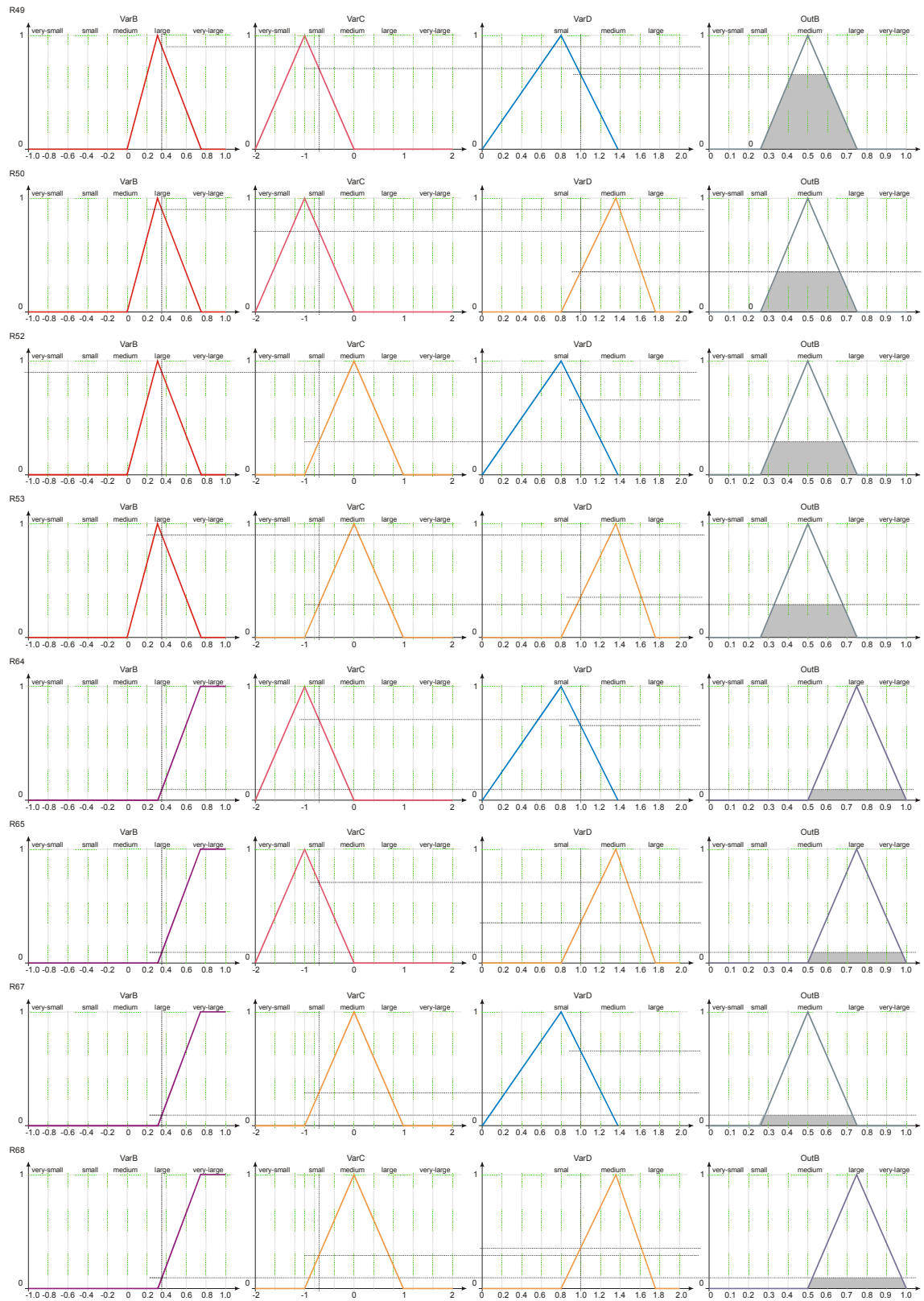
2b) Càlcul del valor de sortida del bloc SE2.

En aquest cas, el bloc SE2 té tres variables d'entrada i una de sortida. Igual que en el cas anterior, mirarem primer quins termes lingüístics s'activen pels valors d'entrada donats i en quin grau, i després, ràpidament mirarem quines regles s'activen i llurs conseqüents obtinguts.

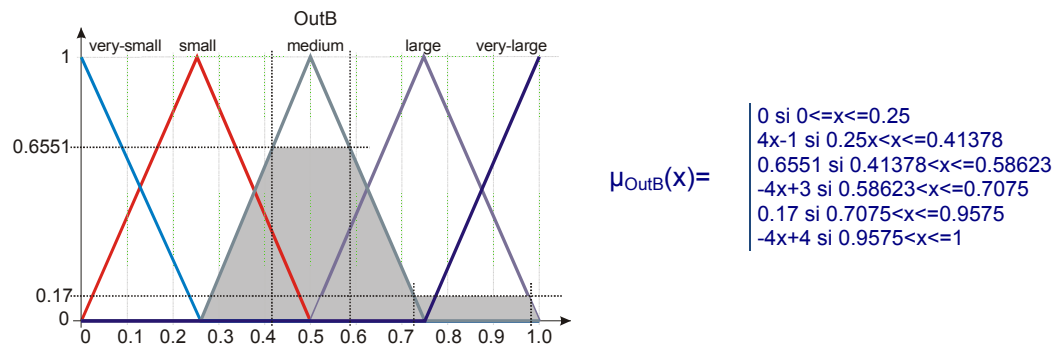


Veiem que a la VarB s'activen els termes large i very-large, per la VarC s'activen small i medium, i per la VarD s'activen small i medium.

Les regles que s'activen per aquests termes són la R49, R50, R52, R53, R64, R65, R67 i R68. Gràficament, aquestes activacions són les següents:



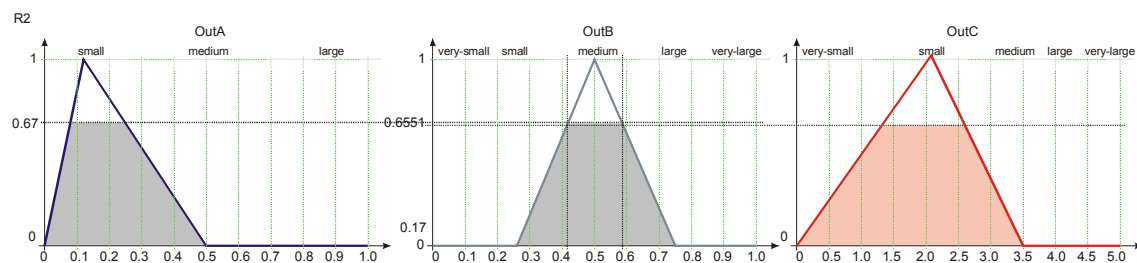
Observant totes les activacions, obtenim l'activació dels termes medium (0.65) i large (0.17) de la variable OutB. Aplicant la t-conorma màxim, obtenim la següent funció de pertinença:



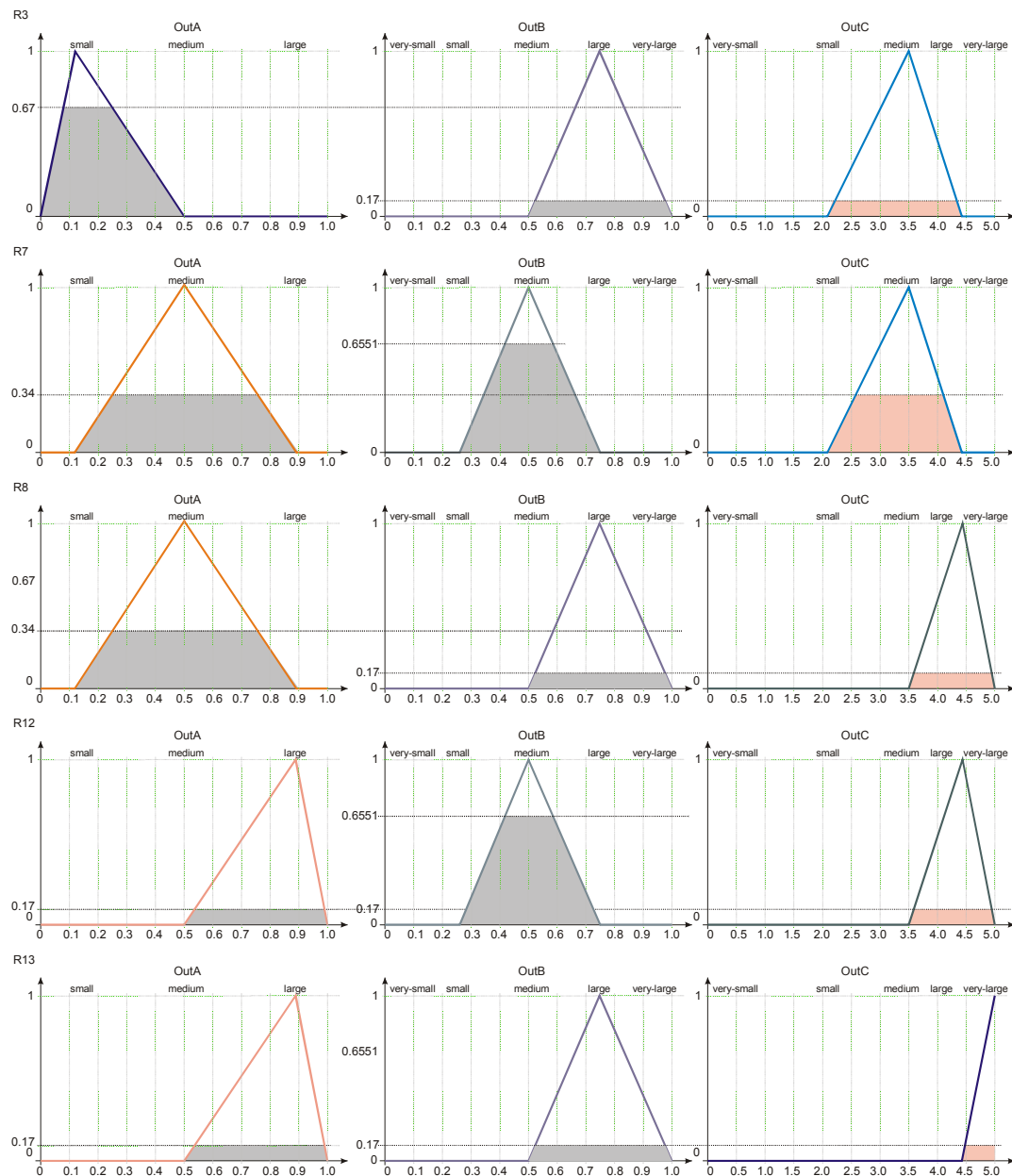
2c) Finalment, calcularem la *sortida del bloc SE3* tenint en compte les sortides dels blocs SE1 i SE2.

Considerant les funcions de pertinença resultants de SE1 i SE2, s'activen les regles que tenen OutA els valors small, medium, i large, i per OutB els valors medium i large.

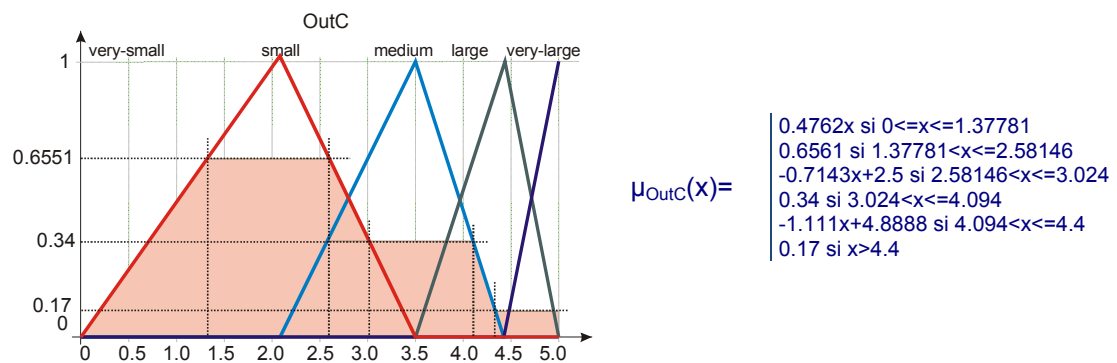
Per exemple, la R2 s'activa donat que OutA activa el terme small, i OutB el valor medium:



La resta d'activacions són les següents: R3, R7, R8, R12 i R13, tal com es mostra a la figura següent:



Aplicant la t-conorma a aquest conjunt de conseqüents, obtenim:



Amb un valor nítid de **2.4609** unitats de la variable OutC.