

INTEL·LIGÈNCIA ARTIFICIAL

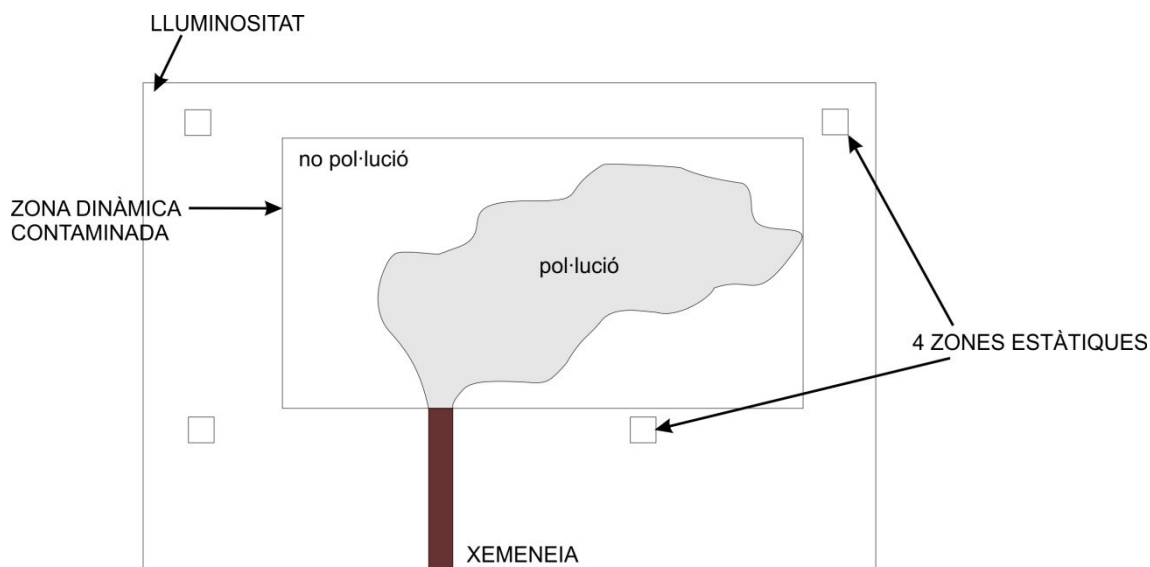
PAC4 – 2011_1 Prova d'Avaluació Continuada

- 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 a l'apartat de **Lliurament i Registre d'AC (RAC)**.
- El nom del fitxer ha de ser *CognomsNom_IA1_PAC4* amb l'extensió .pdf (PDF).
- En cas que el lliurament sigui molt gran, podeu entregar la PAC comprimida en un fitxer ZIP.
- La data límit de lliurament és el: **19/12/2011** (a les 24 hores).
- **Raoneu la resposta en tots els exercicis. Les respostes sense justificació no rebran puntuació.**

Raonament aproximat

Una empresa química ens ha demanat fer un petit sistema de presa de decisions fuzzy que permeti determinar una situació de contaminació greu en una xemeneia de la planta.

El sistema està compost d'una càmera fixa enfocant la xemeneia, un sistema de pre processat d'imatges i el nostre sistema. Periòdicament la càmera captura imatges fixes de la planta, i un sistema de visió les analitza, i n'extreu una sèrie de variables que ens enviaran al nostre sistema.



El sistema de visió analitza quatre punts fixos de la imatge i en dóna el nivell de lluminositat.

Aquest sistema també retorna el nivell de lluminositat d'una part de la imatge sense pol·lució. Aquest valor s'utilitza per identificar si som de dia o de nit. Finalment, el sistema fa un anàlisi de la pol·lució present en una zona dinàmica de la imatge. Com es veu a la figura, el núvol que genera la xemeneia pot variar en mides i proporcions. El sistema ens dóna les proporcions de píxels de la zona dinàmica que tenen més d'un cert llindar de veïns etiquetats com a pol·lució. El sistema de visió ens dóna 4 valors corresponents a baix, mig, alt, i molt alta densitat.

El sistema també dóna un valor de superfície contaminada. Aquest valor dóna el percentatge de píxels etiquetats com a contaminació de la zona dinàmica.

És a dir, el sistema de visió ens retorna 4 nivells de lluminositat en quatre punts fixos, 1 nivell de lluminositat d'una zona no contaminada, 4 relacions de punts contaminants en una zona dinàmica identificada pel mateix sistema, i la proporció de contaminació de la zona dinàmica. En total, 10 variables.

Considerarem que els nivells de lluminositat que ens retorna el sistema de visió són un enter en el rang 0 a 100, considerant 0 el nivell de lluminositat més baix i 100 el nivell més alt. Si fem correspondre aquest valor amb la radiació solar mesurada (W/m^2), la nit es correspon a un valor 0. Un dia assolellat tindria un valor superior a 70, mentre que la visibilitat és complicada (es fa de dia, o de nit) amb un lluminositat per sota de 10.

Tipologia de variable	Tipus (entrada/sortida)	Rang	Terme lingüístic : punts (a,b,c,d) *
lluminositat	Entrada	Mín: 0 Máx: 100	no-llum : 0, 0, 10, 20 llum-mitja : 10, 20, 60, 70 llum-alta : 60, 70, 100, 100

Els percentatges (valors de la zona dinàmica i proporció de la zona contaminada) són enters en el rang 0 a 100. En aquest cas, es faran correspondre els valors amb tres termes lingüístics senzills: baix, mig i alt.

Tipologia de variable	Tipus (entrada/sortida)	Rang	Terme lingüístic : punts (a,b,c,d) *
percentatge	Entrada	Mín: 0 Máx: 100	baix : 0, 0, 20, 30 mig : 20, 30, 60, 80 alt : 60, 80, 80, 100

La sortida del sistema ha de ser un grau de certesa sobre la detecció d'una situació de contaminació. En aquest cas, el SE dóna una sortida atenent la següent definició:

Variable	Tipus	Rang	Terme lingüístic : punts (a,b,c,d) *
sortida	Sortida	Mín: 0 Máx: 10	baix : 0, 0, 2, 5 mig : 2, 5, 5, 8 greu : 5, 8, 10, 10

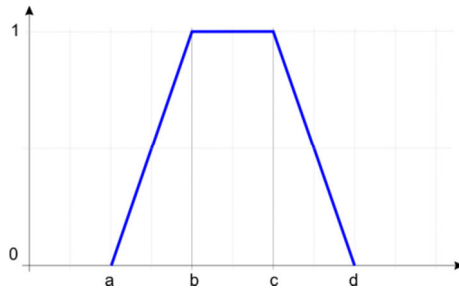
Per construir els blocs de regles podeu utilitzar qualsevol tipus de connector (conjunció, disjunció, negació).

Aquest exercici està basat en un problema real. L'article que s'adjunta amb l'enunciat compara diferents solucions, entre les quals hi ha els sistemes fuzzy però també s'inclouen altres sistemes classificadors que anireu veient en d'altres assignatures. És una bona manera de veure com diferents tècniques d'intel·ligència artificial poden resoldre un mateix problema, però amb resolucions i complexitats diferents. Cal doncs, tenir-les presents totes i triar la més efectiva en cada moment.

L'enunciat d'aquesta PAC fa una simplificació del problema descrit en el següent article. Altres variables i informacions que hi ha descrites no s'han d'utilitzar per resoldre aquesta PAC.

Gacquer, D., Delcroix, V., Delmotte, F., Piechowiak, S., *Comparative study of supervised classification algorithms for the detection of atmospheric pollution*, Engineering Applications of Artificial Intelligence 24 (2011), 10070-83.

(*) La seqüència de punts d'un terme lingüístic es llegeix de la forma següent:



Preguntes

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

- 1) Descriure el disseny del sistema. Bloc/s de regles necessaris, variables utilitzades en cada cas, etc. Justifiqueu les raons del sistema i com processaríeu tot el conjunt de variables d'entrada que tenim.
- 2) Prepareu un cas concret on hagi molta contaminació diürna, i expliqueu els passos i resultats que aneu obtenint fins obtenir el valor nítid.
- 3) Penseu que aquest sistema té una llindar de confiança alt?

Solucions

1) El sistema pot ser dissenyat de moltes maneres, considerant un o més blocs de regles. Si no ens diuen res, un sistema amb blocs jeràrquics podria ser interessant per baixar la complexitat de les regles si tenim en compte un sol bloc, ara bé, depenent de com organitzem les regles, un de sol pot ser suficient.

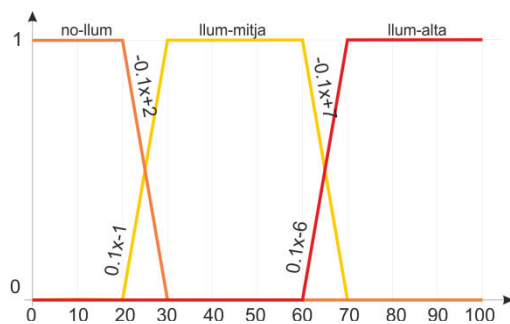
Ens diuen que podem fer servir qualsevol tipus de connector.

Primer de tot cal determinar quines variables tindrem. Ens comenten que hi ha 10 variables:

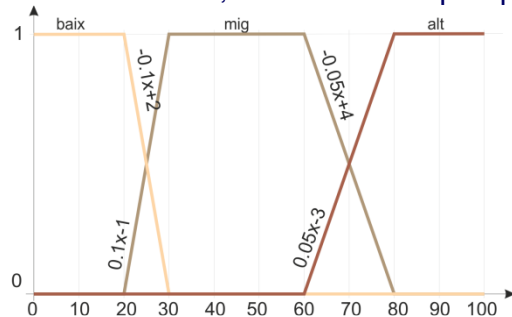
“És a dir, el sistema de visió ens retorna 4 nivells de lluminositat en quatre punts fixes, 1 nivell de lluminositat d'una zona no contaminada, 4 relacions de punts contaminants en una zona dinàmica identificada pel mateix sistema, i la proporció de contaminació de la zona dinàmica. En total, 10 variables.”

Anem a dissenyar els rangs i els termes lingüístics de cada tipus de variable.

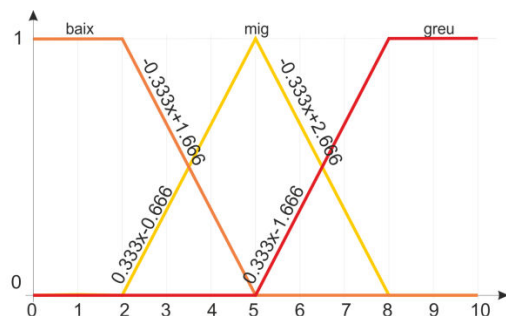
Les variables de tipus lluminositat, tindran la següent funció de pertinença, amb els següents termes:



Per altra banda, les variables tipus percentatge tindran la següent forma:



Finalment, la variable de sortida del sistema és la següent:



Després d'aquest primer pas, podem posar noms a totes les variables que tindrem i descriure de quin tipus seran:

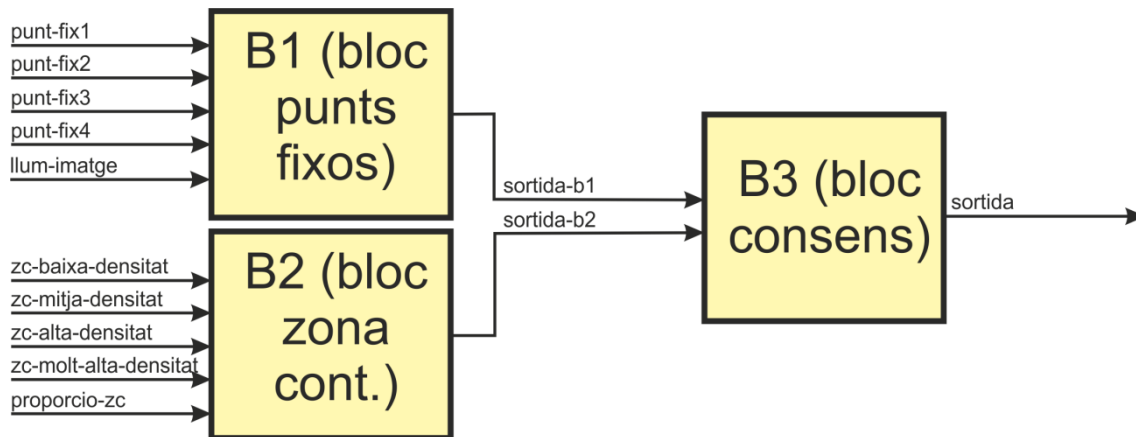
Variable	Tipus
punt-fix1	lluminositat
punt-fix2	lluminositat
punt-fix3	lluminositat
punt-fix4	lluminositat
llum-imatge	lluminositat
zc-baixa-densitat	percentatge
zc-mitja-densitat	percentatge
zc-alta-densitat	percentatge
zc-molt-alta-densitat	percentatge
proporció-zc	percentatge
sortida	sortida

Amb aquestes variables d'entrada i la de sortida, cal compondre la forma del bloc o blocs de regles que es vulguin tenir en compte.

Una de les assumpcions que ens diuen en l'enunciat que descarta més elements és la variable llum-imatge doncs si el valor és no-llum, el sistema expert no hauria de donar cap resultat; no sabem distingir res, i per tant no podem dir res. De la mateixa forma, amb un nivell mitjà de llum, les decisions que es prenguin hauran de prendre's quan s'estigui del tot segur, i quan el nivell de llum sigui el màxim, el SE treballarà a ple rendiment.

De la mateixa forma, la variable proporció-zc és molt informativa doncs si la proporció és gran, ja ens dóna pistes que ens podem trobar davant una situació greu, mentre que en d'altres situacions, els nivells de les zones fixes i de la zona contaminada es poden considerar més o menys.

Podríem tenir un bloc de regles per la zona contaminada, un pels punts fixes i un final amb la lluminositat del moment de la següent forma:



Aquesta divisió jeràrquica permet dividir els blocs de regles de forma adient segons una tipologia (o semàntica).

El primer bloc (B1) permet determinar la relació de llum de la imatge. Si la imatge té 'prou' qualitat lumínica després serà avaluada, sinó no.

El segon bloc (B2) és el que determina una situació de risc de contaminació, estudiant la zona contaminada de forma específica.

Aquests dos blocs es connecten al darrer bloc que serà el que de forma consensuada, donarà el resultat final.

Si optem per aquesta solució, cal determinar quants termes lingüístics tindran les variables intermèdies sortida-b1 i sortida-b2. Com que la variable de sortida té tres termes lingüístics, per no afegir més càrrega al sistema, també optarem per tres termes.

Cal dir que també es pot optar per un sol bloc de regles. Ara bé, si es fa tot junt, l'expert que compona el conjunt de regles té molta feina a dirimir les situacions, i discriminar entre totes les variables posades alhora. Amb aquest sistema de blocs, l'expert o experts poden compondre conjunts de regles més o menys elaborats segons el coneixement que tinguin, però el més important és que en situacions noves, poden revisar cadascun dels mòduls de forma independent.

Un cop identificats els blocs, amb les seves entrades i sortides, cal compondre les regles de cadascun.

Bloc B1

Id.	Regla	sortida-b1
1	(llum-imatge=llum-mitja) i (punt-fix1=no-llum)	baix
2	(llum-imatge=llum-mitja) i (punt-fix2=no-llum)	baix
3	(llum-imatge=llum-mitja) i (punt-fix3=no-llum)	baix
4	(llum-imatge=llum-mitja) i (punt-fix4=no-llum)	baix
5	(llum-imatge=llum-alta)	alt
6	(llum-imatge=llum-mitja) i (punt-fix1=llum-mitja)	mig
7	(llum-imatge=llum-mitja) i (punt-fix2=llum-mitja)	mig
8	(llum-imatge=llum-mitja) i (punt-fix3=llum-mitja)	mig
9	(llum-imatge=llum-mitja) i (punt-fix4=llum-mitja)	mig
10	(llum-imatge=llum-mitja) i (punt-fix1=llum-alta)	alt
11	(llum-imatge=llum-mitja) i (punt-fix2=llum-alta)	alt
12	(llum-imatge=llum-mitja) i (punt-fix3=llum-alta)	alt
13	(llum-imatge=llum-mitja) i (punt-fix4=llum-alta)	alt

El sentit de les regles és el següent: determinar la qualitat de la imatge. Si la llum de la imatge és alta, el resultat és pot considerar. Si la llum de la imatge és mitja, depenent dels punts fixos, podem baixar la qualitat general o incrementar-la. Si algun dels punts fixos no té llum, baixem la qualitat; mentre que si algun punt té una bona qualitat, la pugem al màxim.

Vegis que si llum-imatge no té llum, el bloc de regles no té cap sortida, i el SE final tampoc. És una de les assumpcions que prenem: donem sortida si la podem determinar, sinó no.

Bloc B2

Id.	Regla	sortida-b2
1	proporcio-zc=baix	baix
2	(proporcio-zc=mig) i (zc-alta-densitat=mig)	mig
3	(proporcio-zc=mig) i (zc-molt-alta-densitat=mig)	mig
4	(proporcio-zc=mig) i (zc-baixa-densitat=mig)	baix
5	(proporcio-zc=mig) i (zc-mitja-densitat=mig)	baix
6	(proporcio-zc=mig) i (zc-alta-densitat=alt)	alt
7	(proporcio-zc=mig) i (zc-molt-alta-densitat=alt)	alt
8	(proporcio-zc=mig) i (zc-baixa-densitat=alt)	mig
9	(proporcio-zc=mig) i (zc-mitja-densitat=alt)	mig
10	proporcio-zc=alt	alt

Aquest bloc pretén avaluar la zona de contaminació. En aquest cas, el bloc de regles s'ha simplificat atenent la mida de la zona de contaminació. Si la zc és gran, la sortida serà alta donant a entendre que hi ha risc alt de contaminació. Si la zc és petita, baixem el risc. En la situació intermèdia, mirem els altres indicadors de densitats. Si hi ha elements densos, doncs pugem el risc, i sinó el baixem.

Bloc B3

Id.	Regla	sortida
1	(sortida-b1=baix) i (sortida-b2=baix)	baix
2	(sortida-b1=baix) i (sortida-b2=mig)	baix
3	(sortida-b1=baix) i (sortida-b2=alt)	mig
4	(sortida-b1=mig) i (sortida-b2=baix)	baix
5	(sortida-b1=mig) i (sortida-b2=mig)	mig
6	(sortida-b1=mig) i (sortida-b2=alt)	greu
7	(sortida-b1=alt) i (sortida-b2=baix)	baix
8	(sortida-b1=alt) i (sortida-b2=mig)	mig
9	(sortida-b1=alt) i (sortida-b2=alt)	greu

La filosofia d'aquest bloc és la següent: ponderar la sortida B2 en funció de la llum proporcionada per B1. En aquest sentit, modulem a la baixa la sortida de B2 si la sortida de B1 és 'dolenta'.

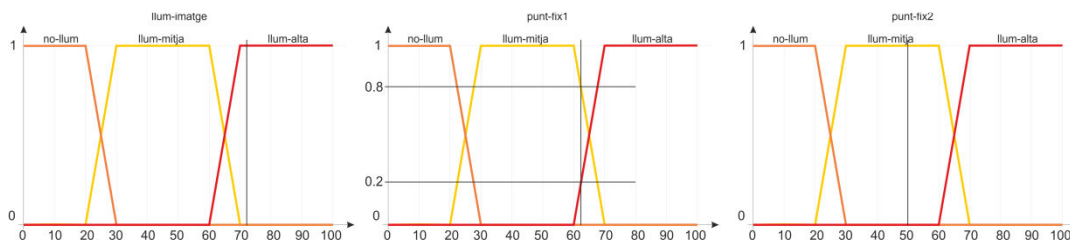
2) Prepareu un cas concret on hagi molta contaminació diürna, i expliqueu els passos i resultats que aneu obtenint.

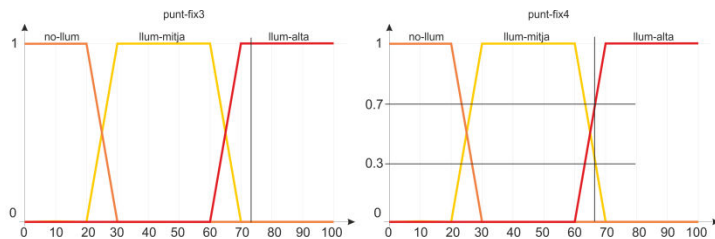
Variable	Tipus	Valor
punt-fix1	lluminositat	62
punt-fix2	lluminositat	50
punt-fix3	lluminositat	73
punt-fix4	lluminositat	67
llum-imatge	lluminositat	72
zc-baixa-densitat	percentatge	40
zc-mitja-densitat	percentatge	10
zc-alta-densitat	percentatge	10
zc-molt-alta-densitat	percentatge	10
proporció-zc	percentatge	23

Procedirem amb la inferència concreta per aquests valors.

Bloc B1

Si mirem els valors de talls dels termes lingüístics segons els valors d'entrada, tenim els següents talls:



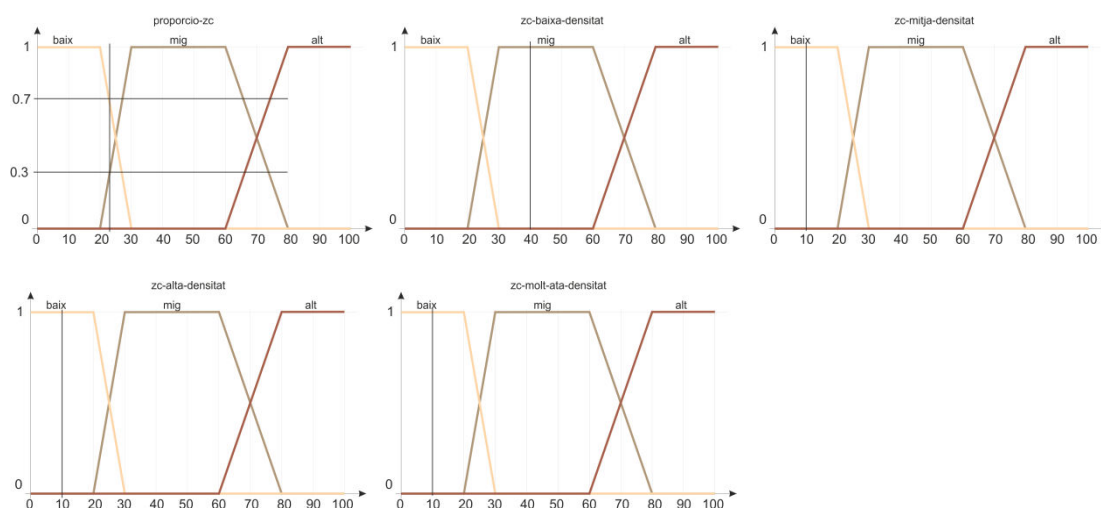


Analitzant els valors concrets d'entrada, com el valor de llum-imatge correspon a llum-alta, el valor de sortida és directe activant la regla 5:

Id.	Regla	sortida-b1
1	(llum-imatge=llum-mitja) i (punt-fix1=no-llum)	baix
2	(llum-imatge=llum-mitja) i (punt-fix2=no-llum)	baix
3	(llum-imatge=llum-mitja) i (punt-fix3=no-llum)	baix
4	(llum-imatge=llum-mitja) i (punt-fix4=no-llum)	baix
5	(llum-imatge=llum-alta)	alt (1)
6	(llum-imatge=llum-mitja) i (punt-fix1=llum-mitja)	mig
7	(llum-imatge=llum-mitja) i (punt-fix2=llum-mitja)	mig
8	(llum-imatge=llum-mitja) i (punt-fix3=llum-mitja)	mig
9	(llum-imatge=llum-mitja) i (punt-fix4=llum-mitja)	mig
10	(llum-imatge=llum-mitja) i (punt-fix1=llum-alta)	alt
11	(llum-imatge=llum-mitja) i (punt-fix2=llum-alta)	alt
12	(llum-imatge=llum-mitja) i (punt-fix3=llum-alta)	alt
13	(llum-imatge=llum-mitja) i (punt-fix4=llum-alta)	alt

Bloc B2

Analitzem les activacions dels termes segons els valors d'entrada donats. Tenim els següents talls:



En aquest cas, s'activen les regles 1 i 4 que porten a una sortida de b2 baixa. El nivell d'activació final d'aquest terme es calcula fent el màxim, en aquest cas 0.7.

Id.	Regla	sortida-b2
1	proporcio-zc=baix	baix (0.7)
2	(proporcio-zc=mig) i (zc-alta-densitat=mig)	mig
3	(proporcio-zc=mig) i (zc-molt-alta-densitat=mig)	mig
4	(proporcio-zc=mig) i (zc-baixa-densitat=mig)	baix (0.3)
5	(proporcio-zc=mig) i (zc-mitja-densitat=mig)	baix
6	(proporcio-zc=mig) i (zc-alta-densitat=alt)	alt
7	(proporcio-zc=mig) i (zc-molt-alta-densitat=alt)	alt
8	(proporcio-zc=mig) i (zc-baixa-densitat=alt)	mig
9	(proporcio-zc=mig) i (zc-mitja-densitat=alt)	mig
10	proporcio-zc=alt	alt

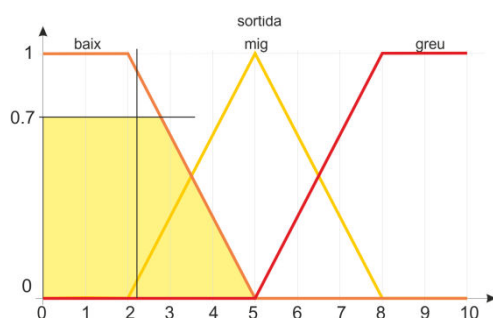
Bloc B3

El bloc rep les entrades de sortida-b1 alt amb un nivell 1, i sortida-b2 amb el valor baix amb un nivell 0.7.

Amb aquests valors s'activa només la regla 7. Per calcular el nivell d'activació, fem el mínim entre 1 i 0.7, i obtenim un valor 0.7 pel terme **baix**.

Id.	Regla	sortida
1	(sortida-b1=baix) i (sortida-b2=baix)	baix
2	(sortida-b1=baix) i (sortida-b2=mig)	baix
3	(sortida-b1=baix) i (sortida-b2=alt)	mig
4	(sortida-b1=mig) i (sortida-b2=baix)	baix
5	(sortida-b1=mig) i (sortida-b2=mig)	mig
6	(sortida-b1=mig) i (sortida-b2=alt)	greu
7	(sortida-b1=alt) i (sortida-b2=baix)	baix (0.7)
8	(sortida-b1=alt) i (sortida-b2=mig)	mig
9	(sortida-b1=alt) i (sortida-b2=alt)	greu

La representació de la funció de pertinença de la variable sortida és la següent:



$$\mu(x) = \begin{cases} 0.7 & \text{si } x \leq 2.9 \\ -0.333x + 1.666 & \text{si } 2.9 < x \leq 5 \\ 0 & \text{si } x > 5 \end{cases}$$

El valor nítid es calcula pel centre de masses $\frac{\int \mu(x)xdx}{\int \mu(x)dx}$.

Si aproximem per intervals de 10E-3, obtenim el següent centre de masses

$$\frac{\sum_{i=0}^{10} \mu(i) * i}{\sum_{i=0}^{10} \mu(i)} = \frac{5590.326}{2765.501} = 2.02$$

3) Penseu que aquest sistema té una llindar de confiança alt?

La confiança que té un sistema fuzzy es recolza en dos punts: el número de termes lingüístics associats a una variable, i les regles que es contemplin en cada cas.

En l'exemple concret i els valors que s'han pres en aquest exemple, la qualitat dels resultats és més aviat baixa, perquè es tenen només tres termes per variable i la casuística associada és força pobre. Per altra banda, per raons de simplicitat, no s'han fet blocs de regles exhaustius. Ara bé, la forma del SE és robusta i si aquests dos elements s'analitzessin de forma profunda amb una granularitat fina de termes, el SE podria aconseguir llindars de confiança alts.