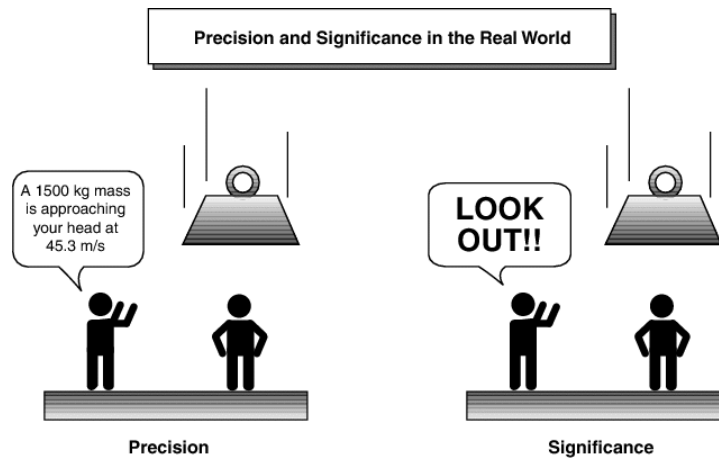


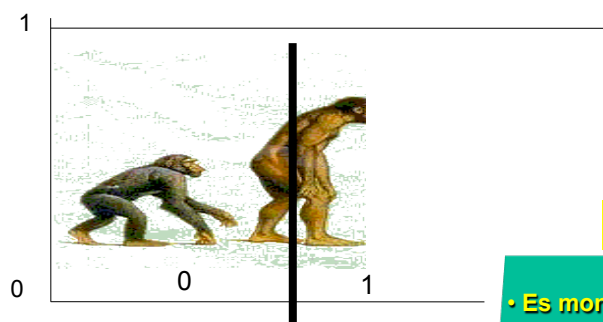
Tema 5: Sistemas Expertos Difusos



Sistemas Expertos Difusos

1

Lógica Difusa. Introducción



LPO

- Especifiquemos qué es “Ser humano”
- Con Lógica de primer orden

• Es monotónica
• Dificultad de representar el conocimiento real

Sistemas Expertos Difusos

2

Sistemas Inteligentes

Lógica Difusa. Introducción



LPO

- Es monotónica
- Dificultad de representar el conocimiento real

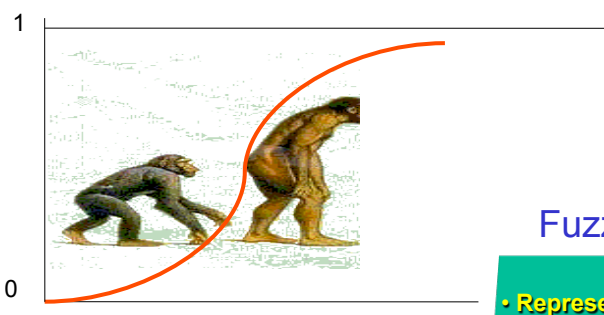
- Especifiquemos qué es "Ser humano"
- Con Lógica multivaluada

Sistemas Expertos Difusos

3

Sistemas Inteligentes

Lógica Difusa. Introducción



Fuzzy Logic

- Representación del conocimiento de forma más natural

- Especifiquemos con LPO "Ser humano"
- Lógica difusa

Sistemas Expertos Difusos

4

Sistemas Inteligentes

Lógica Difusa. Conjuntos difusos (I)

$B = \{ (x, \mu_B(x)) / x \in X \}$
 $\mu_B: X \rightarrow [0, 1]$

La función de pertenencia se establece de una manera arbitraria (triangular, gaussiana...)

Millones de años

Sistemas Expertos Difusos

5

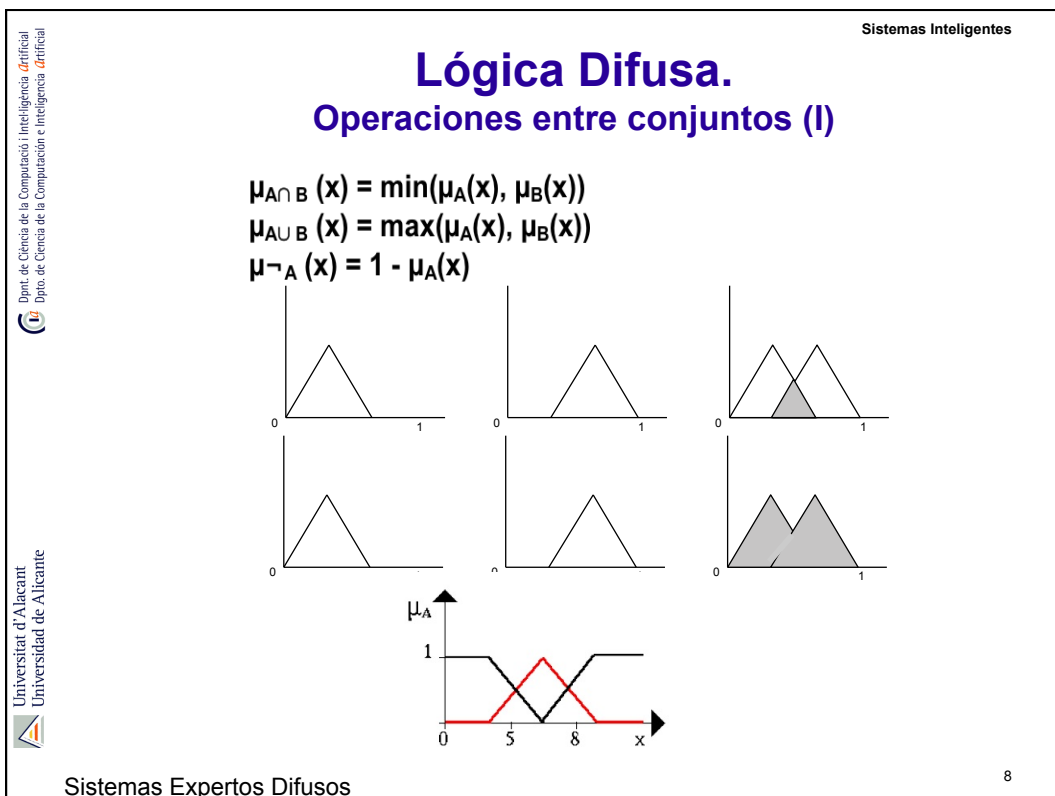
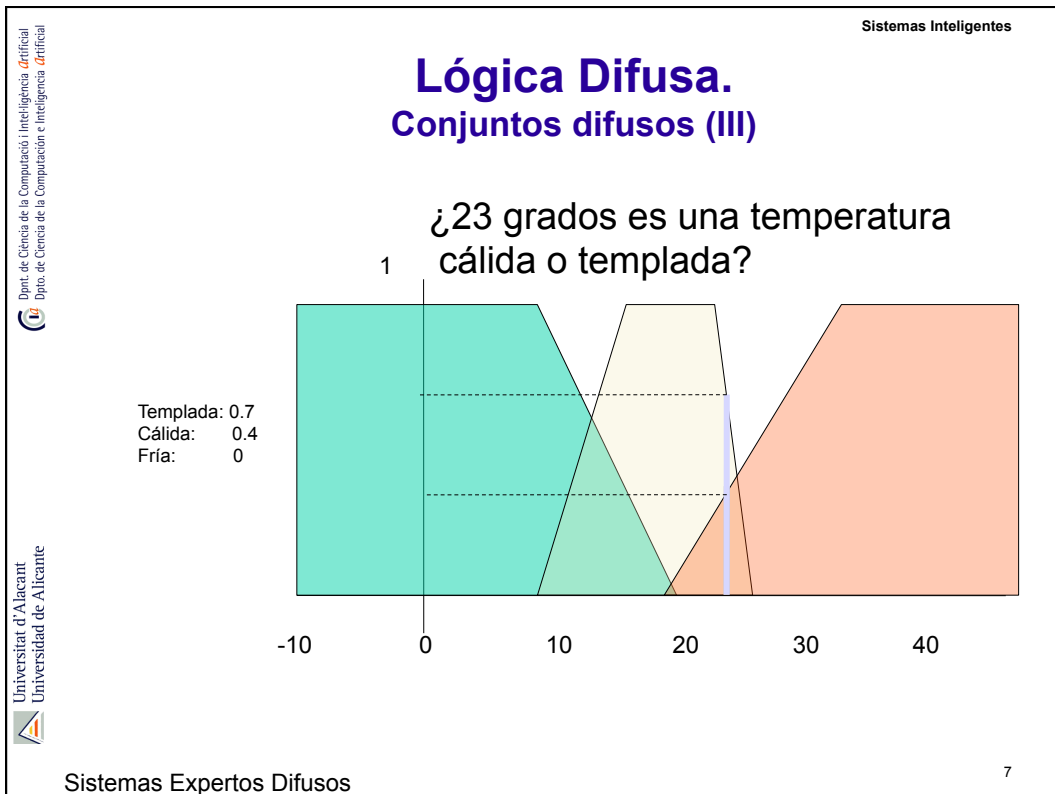
Sistemas Inteligentes

Lógica Difusa. Conjuntos difusos (II)

- ¿Cómo es la temperatura del Aula?
 - Cálida, Fría, Templada.
 - Definir los conjuntos difusos gráficamente y la función de pertenencia.
 - ¿23 grados es cálida o templada?

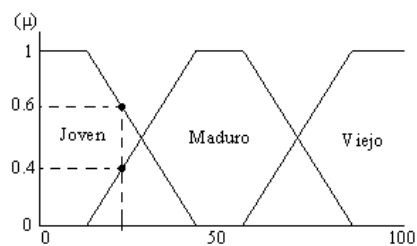
Sistemas Expertos Difusos

6



Lógica Difusa. Variables lingüísticas

- Una Variable Lingüística: palabras o sentencias que van a enmarcarse en un lenguaje predeterminado.
- Ejemplo:
 - Variable Edad:
 - Valores lingüísticos: Niño, Joven, Adulto, Viejo.
 - Universo del discurso de 0 a 100 años.
 - ¿Que valor lingüístico tiene una persona de 25 años?

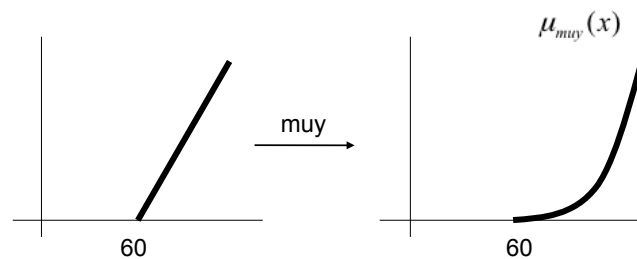


Sistemas Expertos Difusos

9

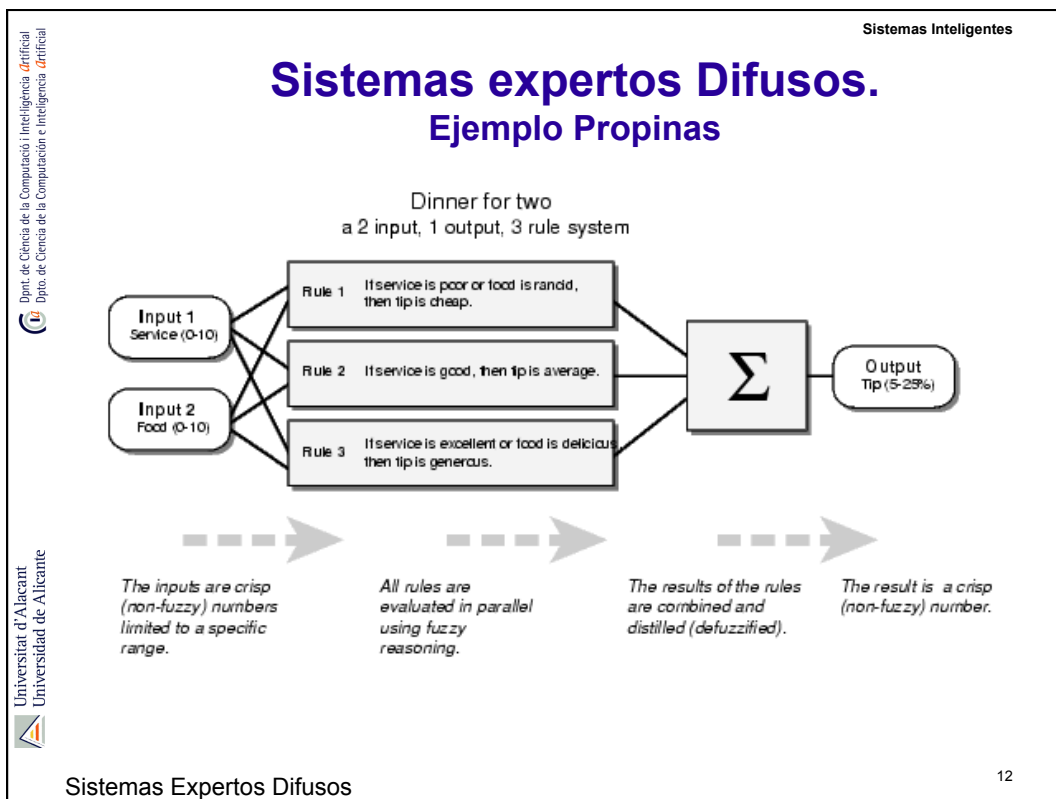
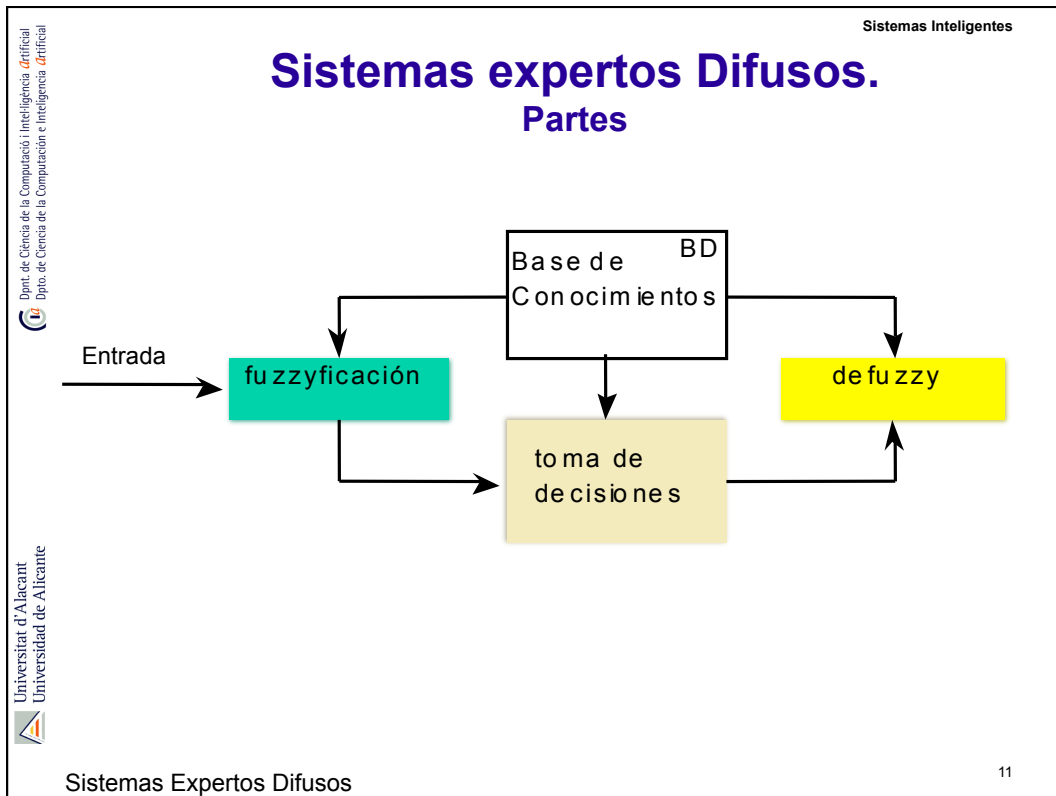
Lógica Difusa. Modificadores Lingüísticos

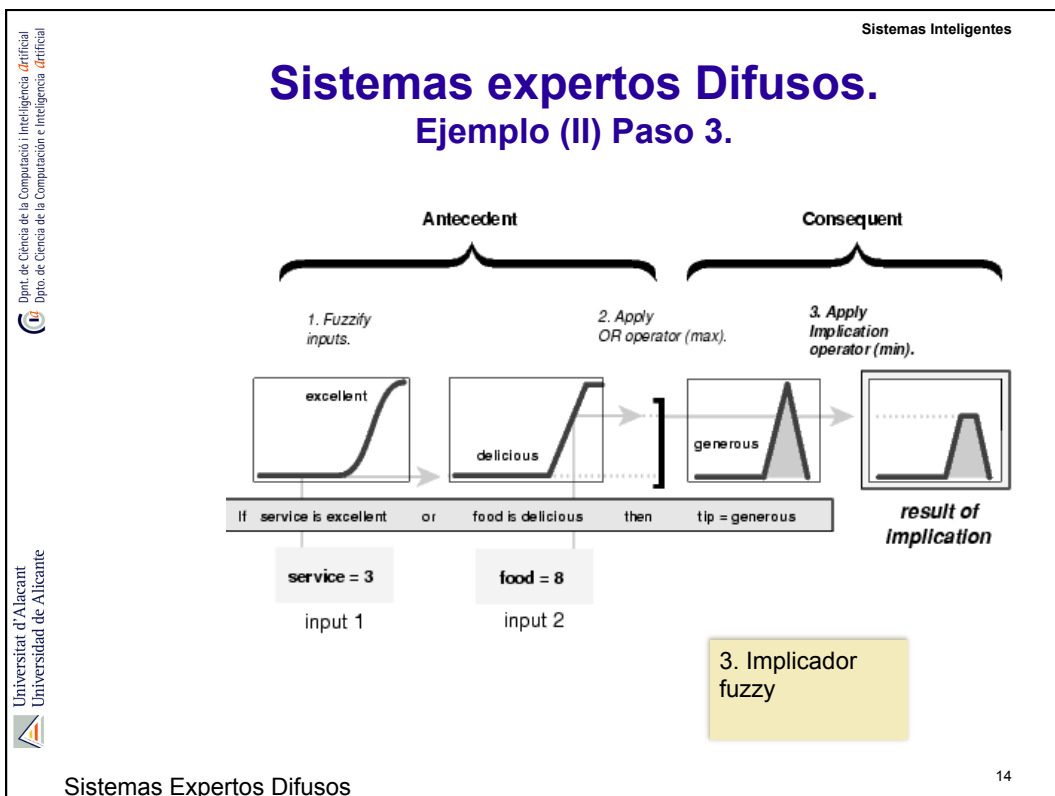
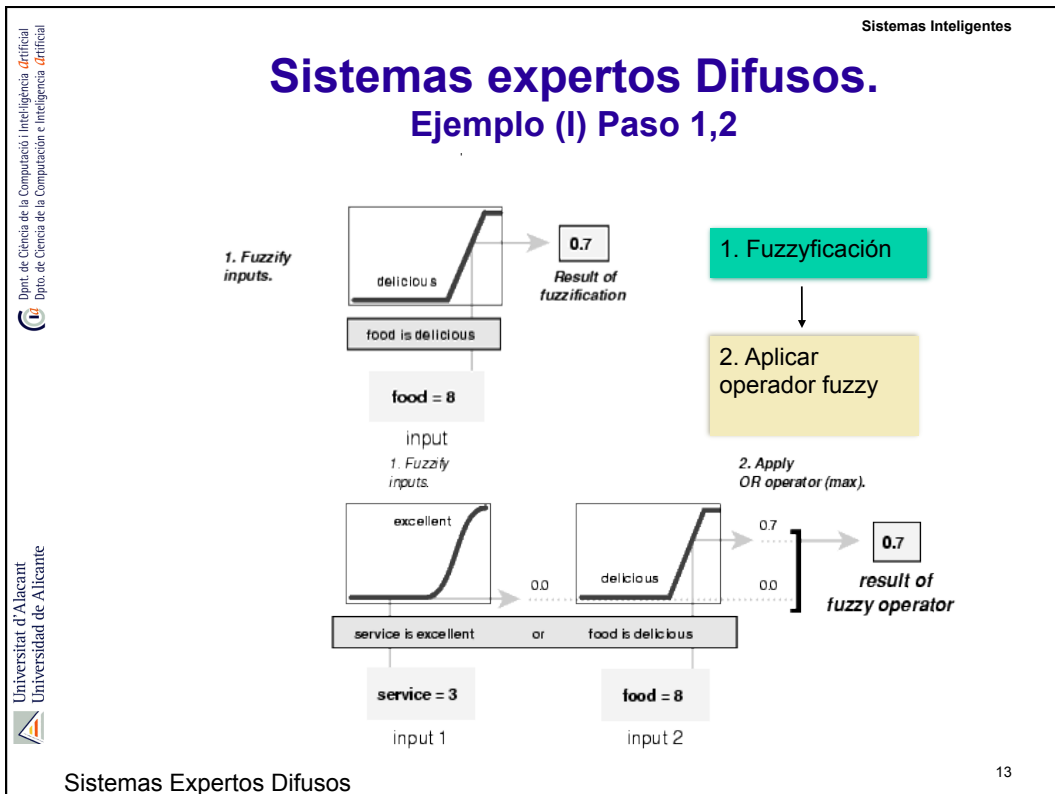
- Modificadores lingüísticos:
 - Operador que modifica el significado de un conjunto difuso:
 - Muy, Más o menos.
 - ¿Cómo lo podríamos describir Muy?
 - ¿Y más o menos?

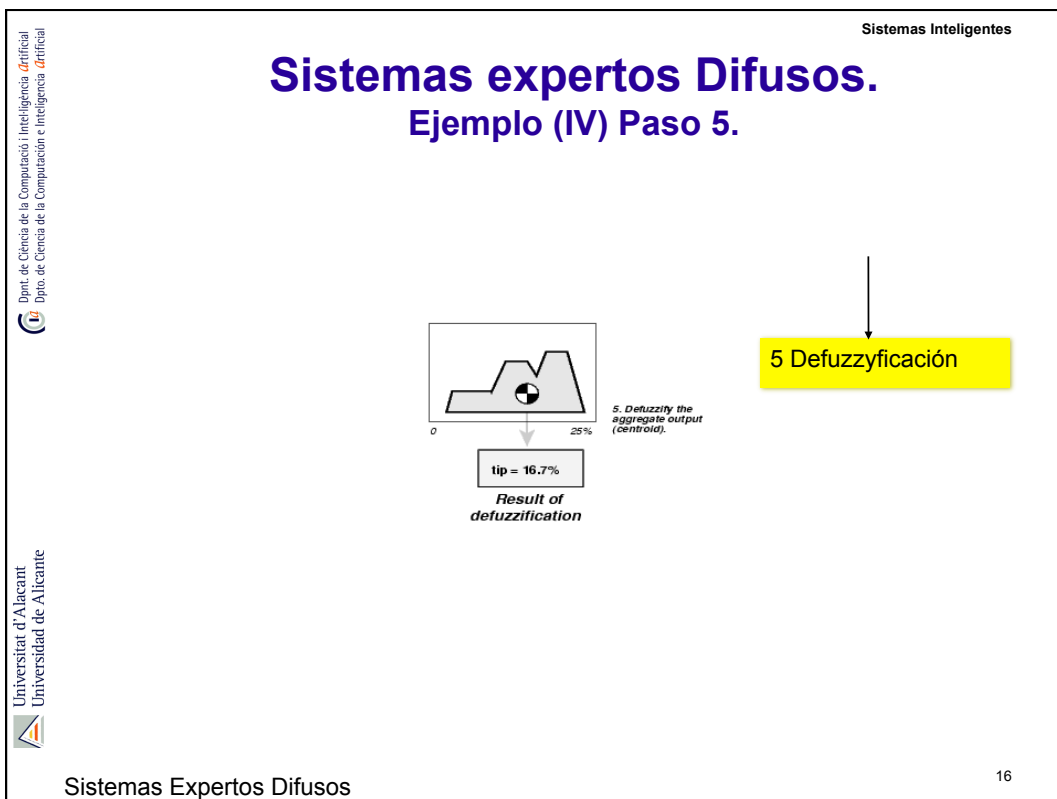
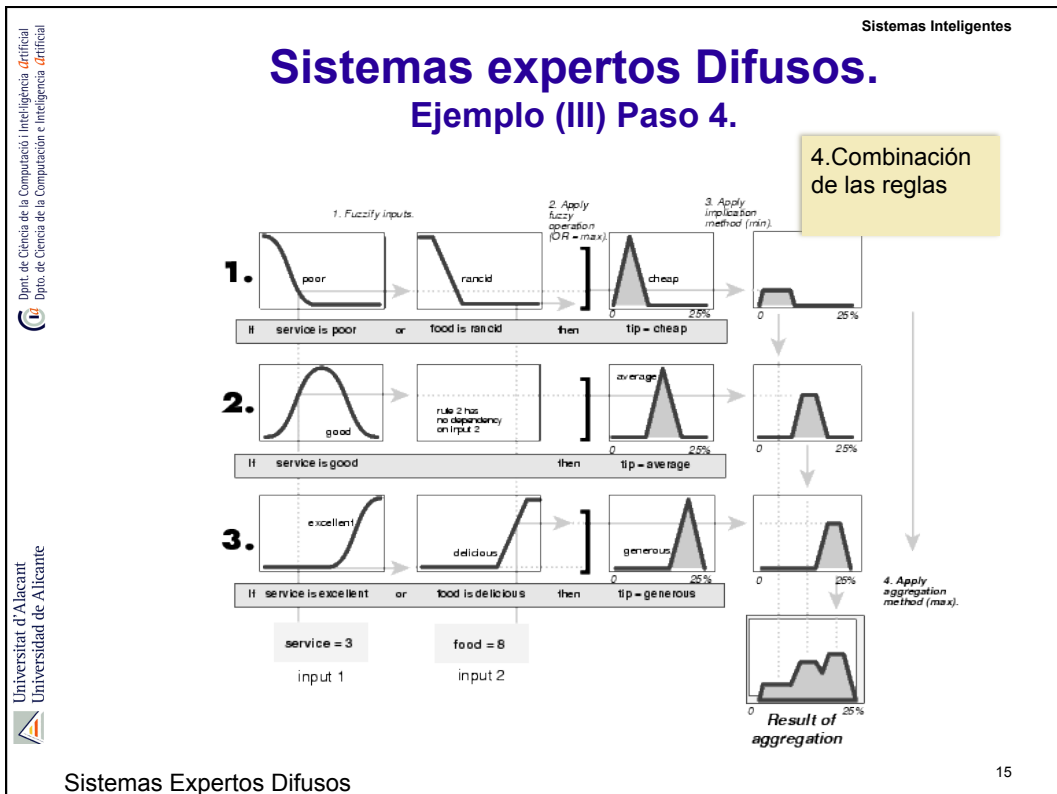


Sistemas Expertos Difusos

10







Departament de Ciència de la Computació i Intel·ligència Artificial
 Departament de Ciència de la Computació i Intel·ligència Artificial

Sistemas Inteligentes

Sistemas expertos Difusos

Parámetros a establecer en el SE


- And/Or a utilizar

operator OR		operator AND	
keyword for Algorithm	Algorithm	keyword for Algorithm	Algorithm
MAX	$\text{Max}(\mu_1(x), \mu_2(x))$	MIN	$\text{Min}(\mu_1(x), \mu_2(x))$
ASUM	$\mu_1(x) + \mu_2(x) - \mu_1(x) \cdot \mu_2(x)$	PROD	$\mu_1(x) \cdot \mu_2(x)$
BSUM	$\text{Min}(1, \mu_1(x) + \mu_2(x))$	BDIF	$\text{Max}(0, \mu_1(x) + \mu_2(x) - 1)$

- Método de agregación para los conjuntos de variables a defuzzyficar

Name	Keyword	Formula
Maximum	MAX	$\text{Max}(\mu_1(x), \mu_2(x))$
Bounded Sum	BSUM	$\text{Min}(1, \mu_1(x) + \mu_2(x))$
Normalised Sum	NSUM	$\frac{\mu_1(x) + \mu_2(x)}{\text{Max}(1, \text{Max}(\mu_1(x) + \mu_2(x)))}$

- Método de activación
- Método de defuzzyficación



COG

$$U = \frac{\int_{\min}^{\max} \mu(u) du}{\int_{\min}^{\max} \mu(u) du}$$

COGS

$$U = \frac{\sum_{i=1}^n [u_i \cdot \mu_i]}{\sum_{i=1}^n [\mu_i]}$$

Sistemas Expertos Difusos

17

Departament de Ciència de la Computació i Intel·ligència Artificial
 Departament de Ciència de la Computació i Intel·ligència Artificial

Sistemas Inteligentes

FCL (I)

- Fuzzy Control Lenguaje
- INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC) TECHNICAL COMMITTEE No. 65: INDUSTRIAL PROCESS MEASUREMENT AND CONTROL SUB-COMMITTEE 65 B: DEVICES
 - IEC 1131 - PROGRAMMABLE CONTROLLERS
 - Part 7 - Fuzzy Control Programming
 - Committee Draft CD 1.0 (Rel. 19 Jan 97)
- http://fuzzylogic.sourceforge.net/doc/iec_1131_7_cd1.pdf

Sistemas Expertos Difusos

18

Departament de Ciència de la Computació i Intel·ligència Artificial
 Departament de Ciència de la Computació i Intel·ligència Artificial
 Universitat d'Alacant
 Universidad de Alicante

Sistemas Inteligentes

FCL (II)

```

/ Block definition (there may be more than one block per file,
FUNCTION_BLOCK tipper

// Define input variables
VAR_INPUT
  service : REAL;
  food : REAL;
END_VAR

// Define output variable
VAR_OUTPUT
  tip : REAL;
END_VAR

// Fuzzify input variable 'service'
FUZZIFY service
  TERM poor := (0, 1) (4, 0) ;
  TERM good := (1, 0) (4,1) (6,1) (9,0);
  TERM excellent := (6, 0) (9, 1);
END_FUZZIFY

// Defuzzify
DEFUZZIFY
  LEMN excellent := (e' 0) (a' 1);
  LEMN good := (1' 0) (4' 1) (6' 1) (9' 0);
  LEMN poor := (0' 1) (4' 0);
END_DEFUZZIFY

// Calculate output
CALCULATE
  LEMN tip := (e' 0) (a' 1) (p' 0);
END_CALCULATE
  
```

19

Departament de Ciència de la Computació i Intel·ligència Artificial
 Departament de Ciència de la Computació i Intel·ligència Artificial
 Universitat d'Alacant
 Universidad de Alicante

Sistemas Inteligentes

FCL (II)

service

Membership

x

— excellent — good — poor

— excellent — good — poor

x

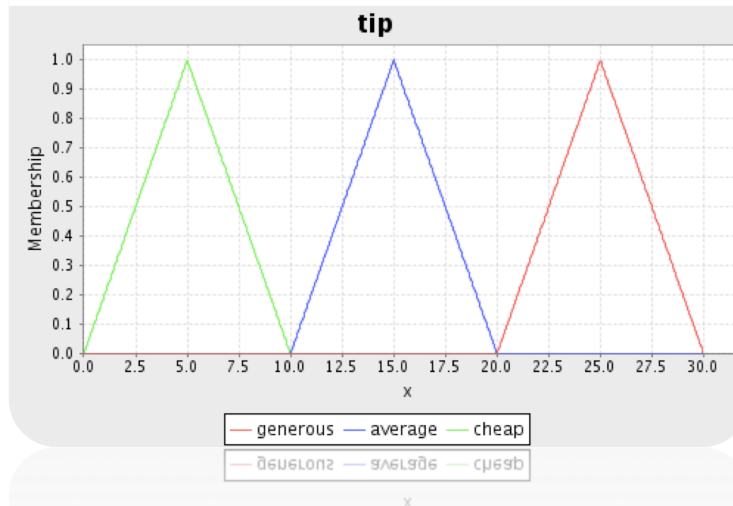
20

FCL (III)

```

DEFUZZIFY tip
  TERM cheap := (0,0) (5,1) (10,0);
  TERM average := (10,0) (15,1) (20,0);
  TERM generous := (20,0) (25,1) (30,0);

```



Sistemas Expertos Difusos

21

FCL (IV)

```

Defuzzify output variable 'tip'
DEFUZZIFY tip
  TERM cheap := (0,0) (5,1) (10,0);
  TERM average := (10,0) (15,1) (20,0);
  TERM generous := (20,0) (25,1) (30,0);
  // Use 'Center Of Gravity' defuzzification method
  METHOD : COG;
  // Default value is 0 (if no rule activates defuzzifier)
  DEFAULT := 0;
END_DEFUZZIFY

RULEBLOCK No1
  // Use 'min' for 'and' (also implicit use 'max'
  // for 'or' to fulfill DeMorgan's Law)
  AND : MIN;
  // Use 'min' activation method
  ACT : MIN;
  // Use 'max' accumulation method
  ACCU : MAX;

  RULE 1 : IF service IS poor OR food IS rancid
    THEN tip IS cheap;

  RULE 2 : IF service IS good
    THEN tip IS average;

  RULE 3 : IF service IS excellent AND food IS delicious
    THEN tip IS generous;
END_RULEBLOCK

```

Sistemas Expertos Difusos

22

Bibliografía

- AI Game Engine Programming (Game Development Series) Briam Schwab
- Sobre FCL: http://jfuzzylogic.sourceforge.net/doc/iec_1131_7_cd1.pdf