

LÓGICA DIFUSA

Inferencia: defusificación

Blanca A. Vargas Govea

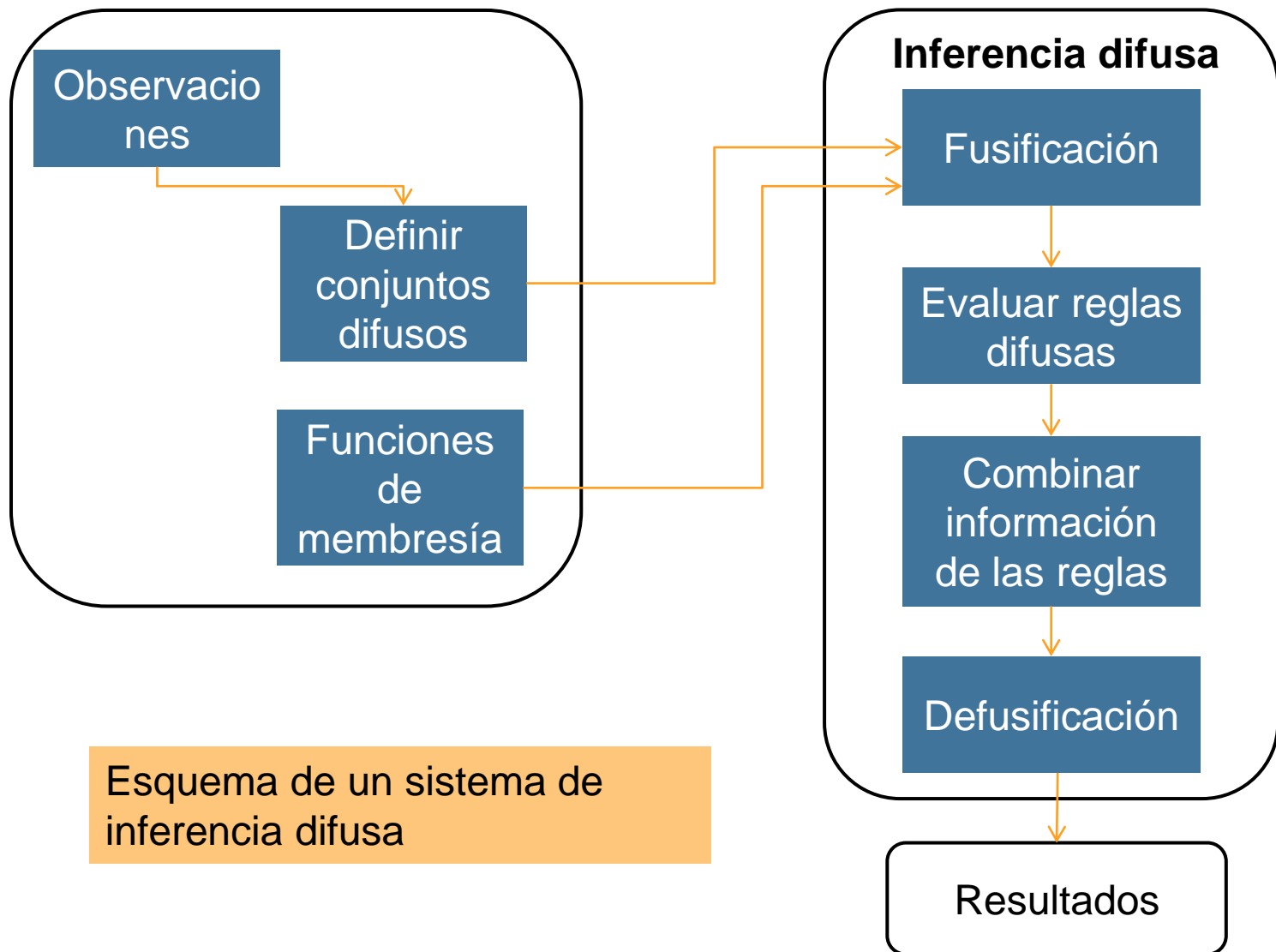
vargasgovea@itesm.mx

Noviembre 13, 2012

Inteligencia Computacional

Sistemas de inferencia difusa

2



Esquema de un sistema de inferencia difusa

Inferencia

3

Objetivo: mapear las entradas difusas con la base de reglas y producir una salida fusificada para cada regla.

Inferencia: modelos más usados

4

Mamdani

Takagi-
Sukeno

Tsukamoto

Modelo de Mamdani

5

1. Definir las variables lingüísticas de entrada y sus rangos numéricos.
2. Definir las variables lingüísticas de salida y sus rangos numéricos.
3. Definir las funciones de membresía para las variables de entrada y salida.
4. Construir la base de reglas que representan la estrategia de control.
5. Fusificar los valores de entrada.
6. Ejecutar la inferencia para determinar la fuerza de las reglas activadas.
7. Defusificar, usando el centroide de gravedad para determinar la acción a ser ejecutada.

Ejemplo Mamdani

6

- Variables lingüísticas de entrada: temperatura y viento. Conjuntos difusos:
 - Temperatura (x): alta, media, baja (A1, A2, A3).
 - Viento (y): fuerte, ligero (B1, B2).
 - Variable lingüística de salida: clima (z). Conjuntos difusos:
 - Frío promedio y cálido (C1, C2, C3).
- Regla 1: IF temperatura es baja AND viento es fuerte THEN clima es frío.
 - Regla 2: IF temperatura is media OR viento es ligero THEN clima es promedio.
 - Regla 3: IF temperatura es alta OR viento es ligero THEN clima es cálido.

Conjuntos difusos + reglas

Ejemplo Mamdani

7

- Entrada:
 - Temperatura = 25 grados.
 - Velocidad del viento = 35 km/h.
- Como salida se desea calcular el clima más probable, dado un valor de temperatura y la velocidad del viento.

Entrada y salida esperada

1. Ejemplo Mamdani: fusificación

8

- Se obtienen los valores de membresía para los valores de entrada:

- $\mu_{A1}(x) = 0$

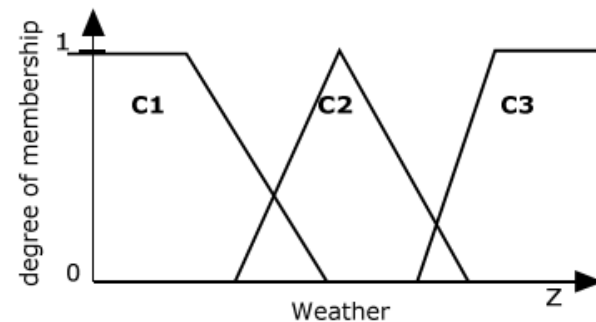
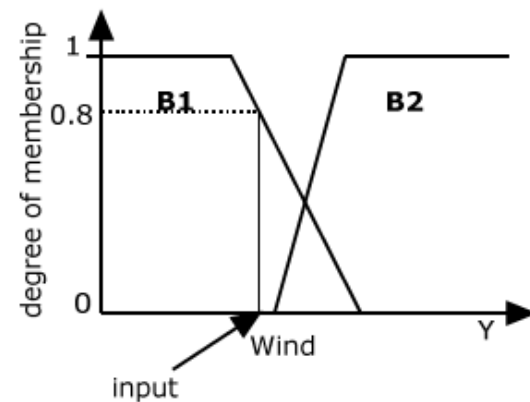
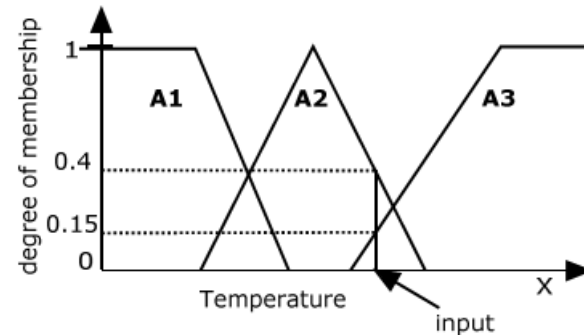
- $\mu_{A2}(x) = 0.4$

- $\mu_{A3}(x) = 0.15$

- $\mu_{B1}(y) = 0.8$

- $\mu_{B2}(y) = 0$

Temperatura = 25 grados
Viento = 35 km/h



2. Ejemplo Mamdani: evaluación de reglas – Regla 1

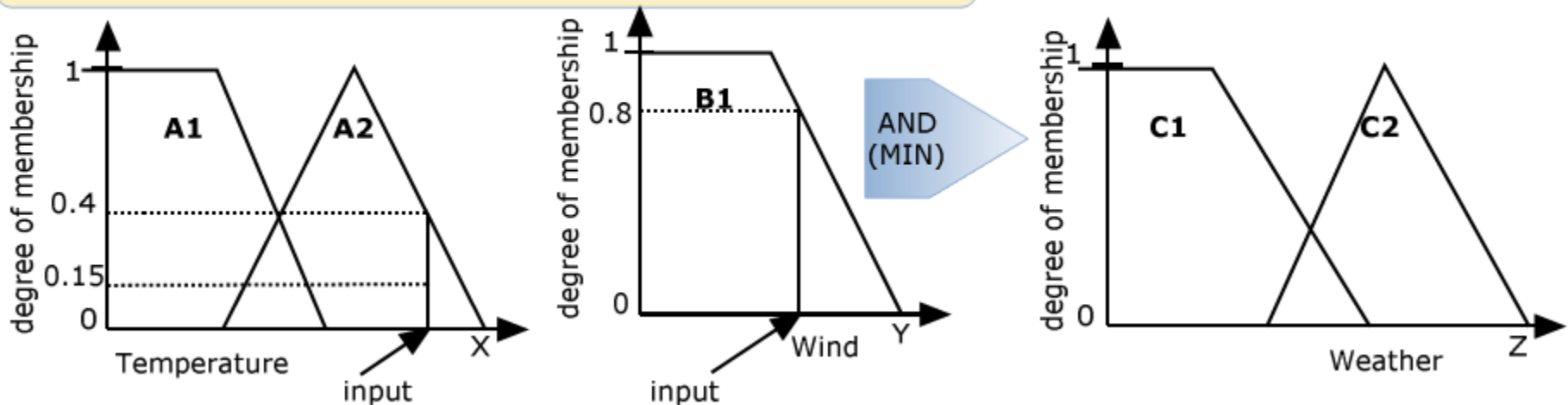
9

Regla 1: IF temperatura es baja AND viento es fuerte THEN clima es frío.

$$\mu_{A1}(x) = 0$$

$$\mu_{B1}(y) = 0.8$$

RULE 1: IF x is in A1 (0.0) AND y is in B1 (0.8) THEN z is in C1 (0.0)



Ejemplo Mamdani: evaluación de reglas – Regla 2

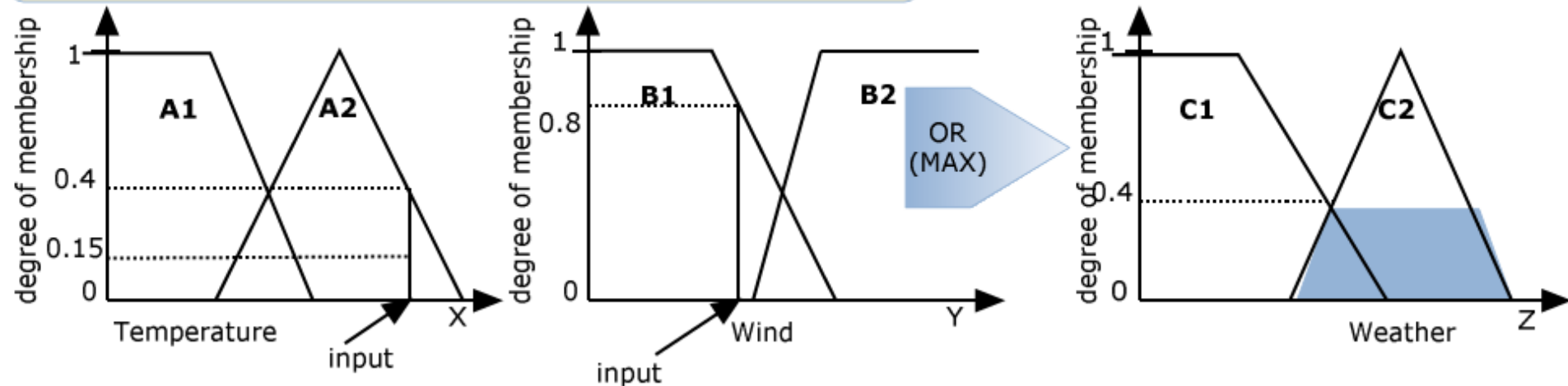
10

Regla 2: IF temperatura is media **OR** viento es ligero **THEN** clima es promedio.

$$\mu_{A2}(x) = 0.4$$

$$\mu_{B2}(y) = 0$$

RULE 2: IF x is in A2 (0.4) OR y is in B2 (0.0) THEN z is in C2 (0.4)



Ejemplo Mamdani: evaluación de reglas – Regla 3

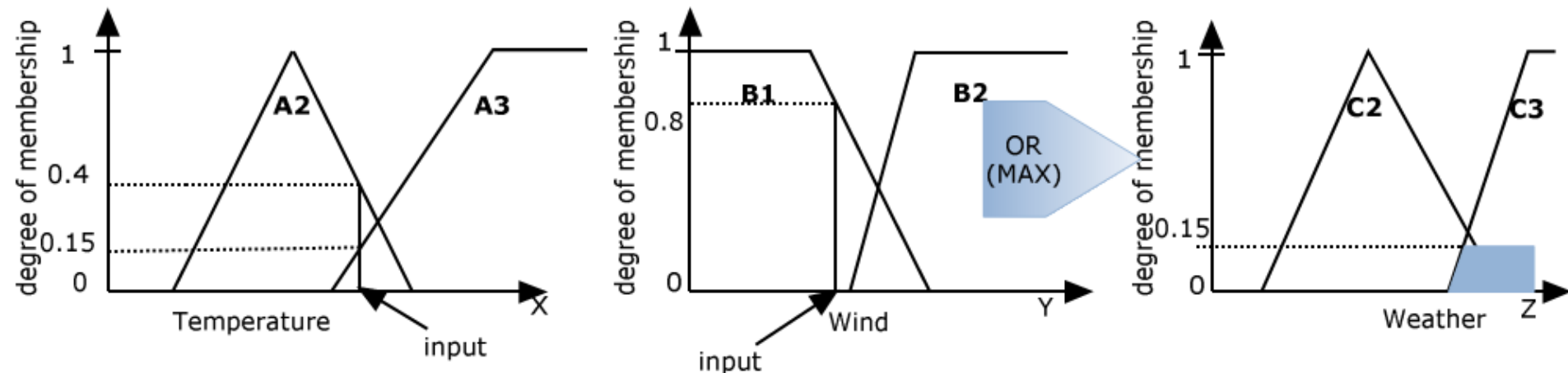
11

Regla 3: IF temperatura es alta **OR** viento es ligero **THEN** clima es cálido.

$$\mu_{A3}(x) = 0.15$$

$$\mu_{B2}(y) = 0$$

RULE 3: IF x is in A3 (0.15) OR y is in B2 (0.0) THEN z is in C3 (0.15)



3. Ejemplo Mamdani: agregando resultados

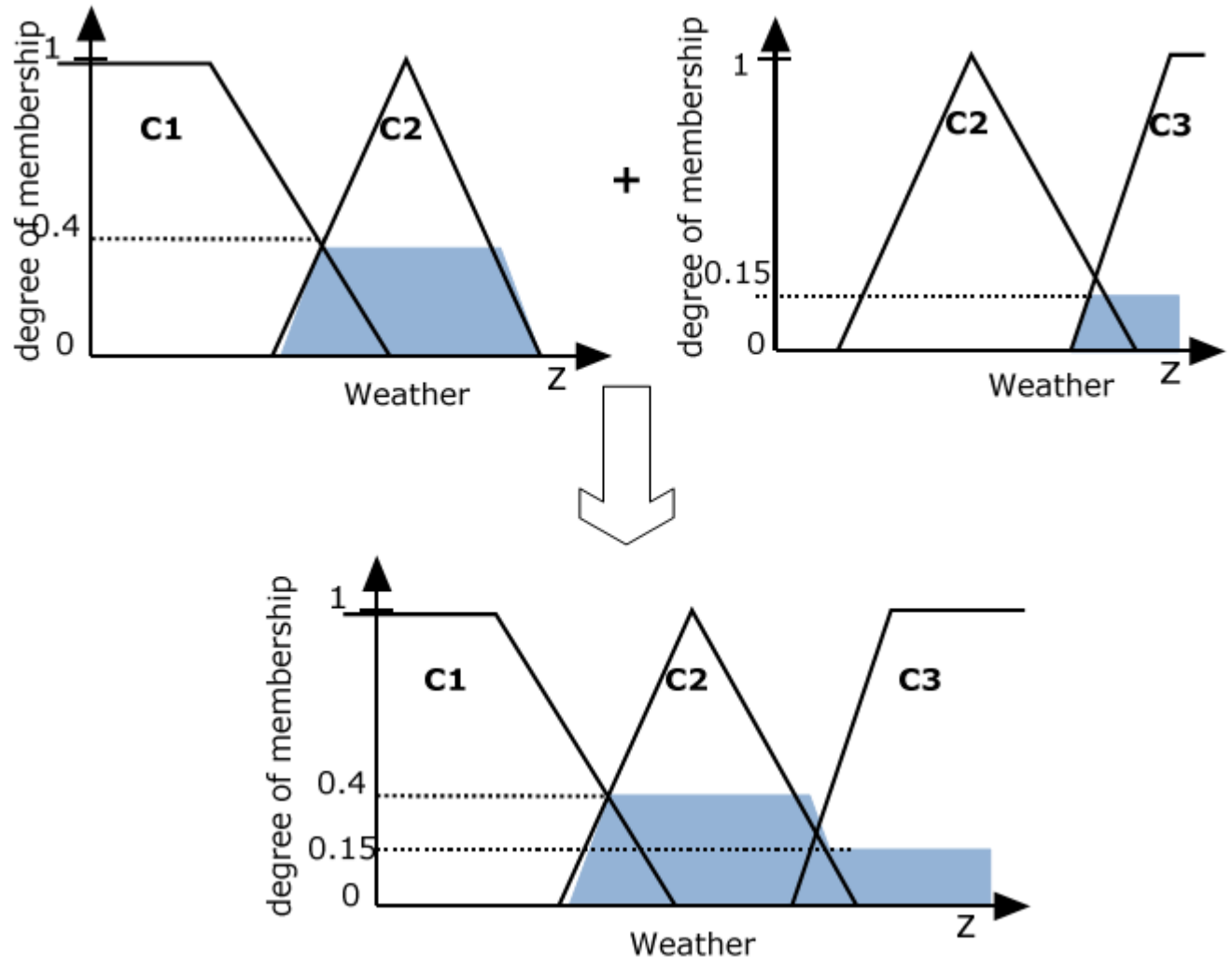
12

De la evaluación:

$$\mu_{C1}(x) = 0$$

$$\mu_{C2}(x) = 0.4$$

$$\mu_{C3}(x) = 0.15$$



4. Defusificación

13

- Los valores representan el **grado de membresía** a los conjuntos en el consecuente.
- La tarea de defusificación es convertir la salida de las reglas difusas en un **valor escalar**.
- **Método max-min.** Se selecciona la regla de mayor valor. Se calcula el centroide del área y la coordenada horizontal del centroide se toma como la salida del controlador.

3. Ejemplo Mamdani: agregando resultados

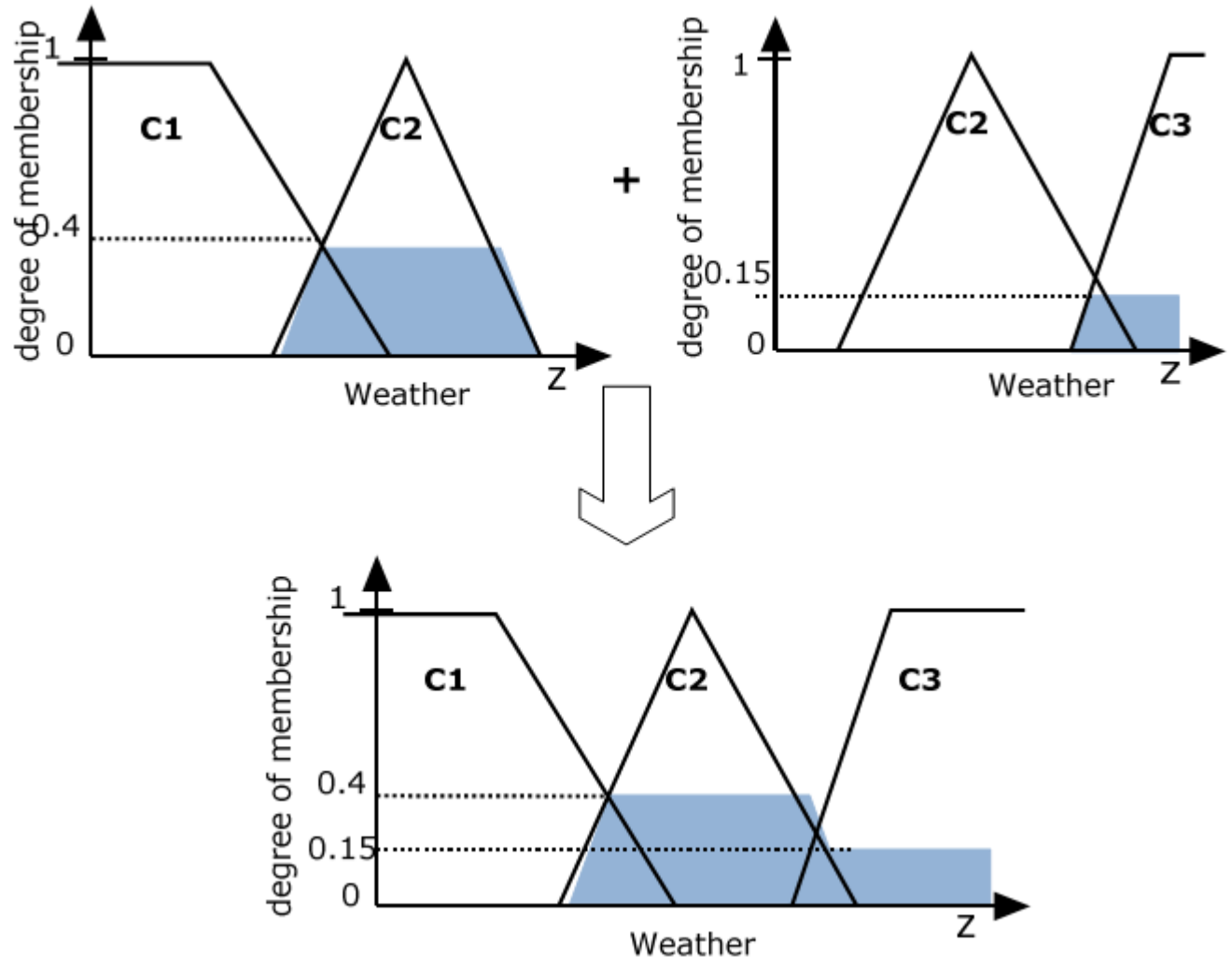
14

De la evaluación:

$$\mu_{C1}(x) = 0$$

$$\mu_{C2}(x) = 0.4$$

$$\mu_{C3}(x) = 0.15$$



4. Ejemplo: cálculo del centroide de gravedad

$$\mu_{C1}(x) = 0$$

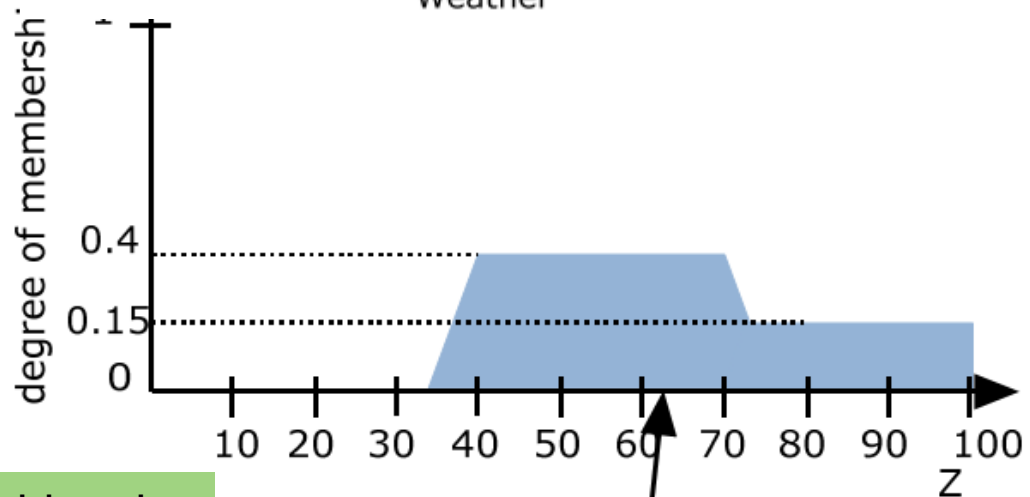
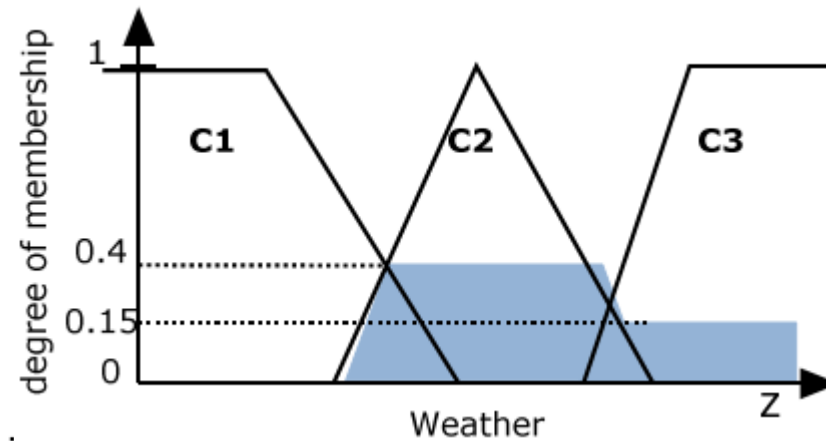
$$\mu_{C2}(x) = 0.4$$

$$\mu_{C3}(x) = 0.15$$

$$salida = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \mu_C(x_i)}{\sum_{i=1}^n \mu_C(x_i)}$$

El clima es
cálido con
62.68%

Variables de
salida



62.68

$$15 \text{ salida} = \frac{(0 + 10 + 20 + 30)0.0 + (40 + 50 + 60 + 70)0.4 + (80 + 90 + 100)0.15}{0 + 0 + 0 + 0 + 0.4 + 0.4 + 0.4 + 0.15 + 0.15 + 0.15}$$

4. Defusificación

16

- Suponer las siguientes funciones de membresía.
 - ▣ Decremento largo (LD).
 - ▣ Decremento ligero (SD).
 - ▣ Sin cambios (NC).
 - ▣ Incremento ligero (SI).
 - ▣ Incremento largo (LI).

- y tres reglas con los siguientes valores de membresía

$$\mu_{LI}(x) = 0.8$$

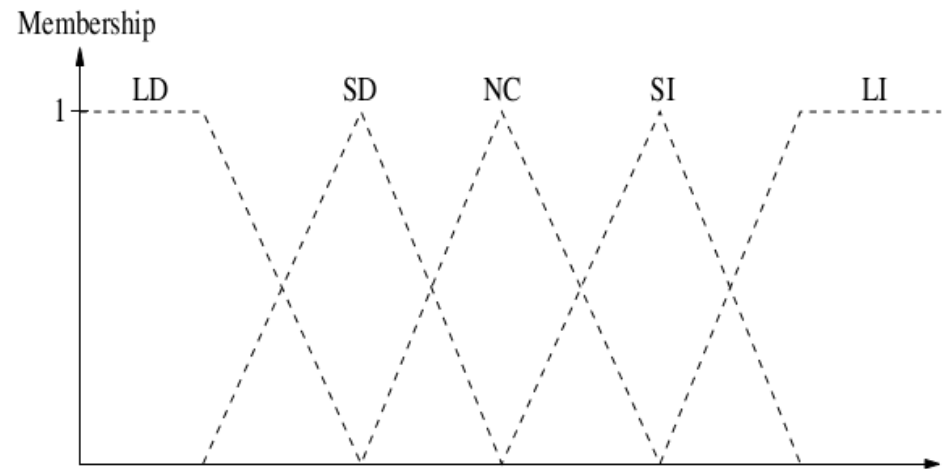
$$\mu_{SI}(x) = 0.6$$

$$\mu_{NC}(x) = 0.3$$

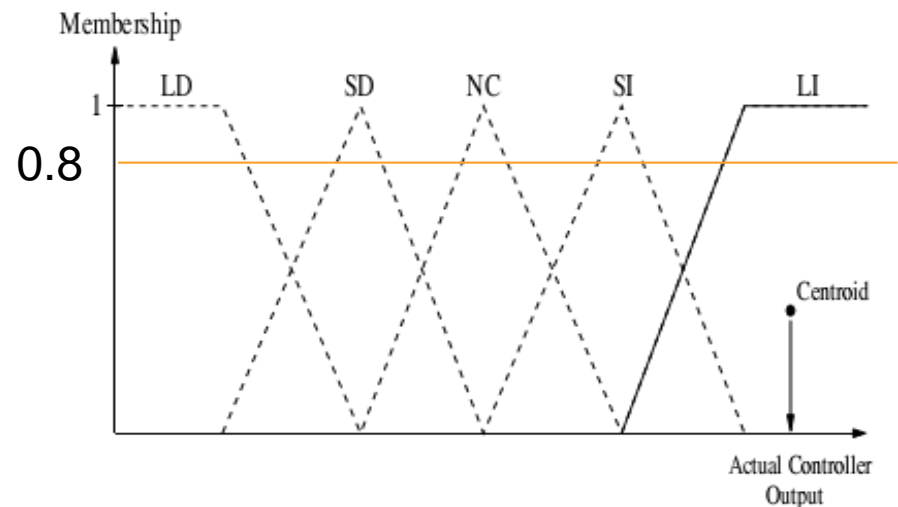
4. Defusificación: max-min

17

- Selecciona la regla con mayor valor, determinando la función de membresía consecuente.
- Se calcula el centroide y la coordenada horizontal es la salida.
- 0.8 -> LI



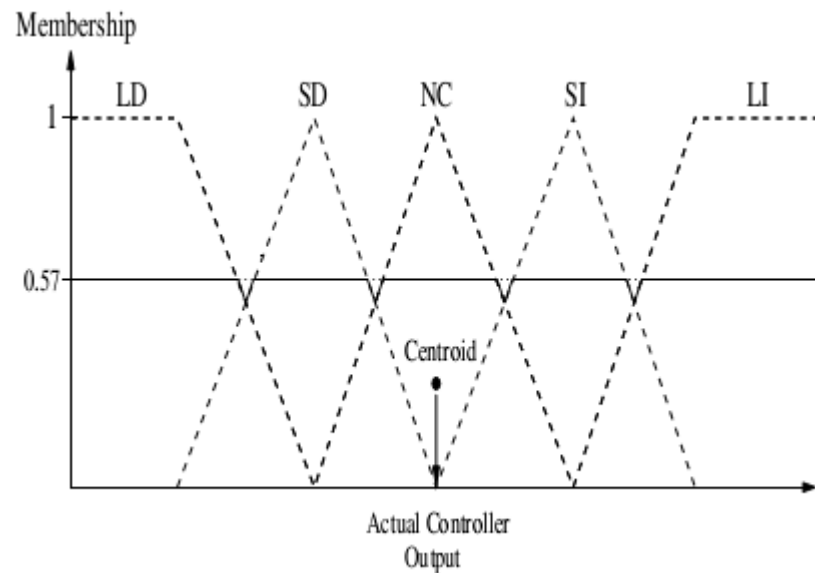
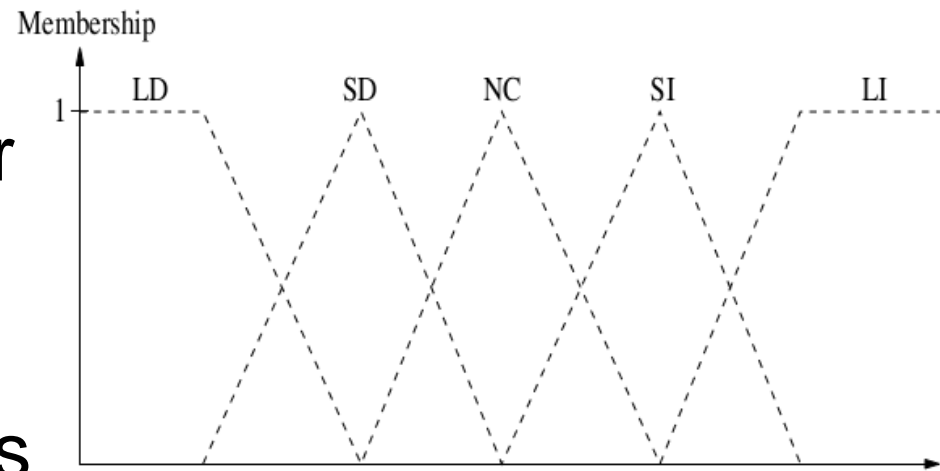
(a) Output Membership Functions



4. Defusificación: promedio

18

- Se calcula el promedio del valor de las reglas.
- Se calcula el centroide sobre las áreas. La coordenada horizontal es la salida.



$$\text{Promedio} = (0.8 + 0.6 + 0.3)/3 = 0.57$$

Ejercicio

19

Diseña un controlador difuso para determinar la calificación de un estudiante para ser admitido a una universidad. La “**calificación**” se basa en las variables lingüísticas “**resultados generales del grado anterior**”, “**examen 1**” y “**examen 2**”.

Determina los conjuntos difusos en el universo del discurso para cada variable.

1. Utiliza el modelo de inferencia de Mamdani
 - ▣ Menciona los pasos y operaciones en cada uno.
 - ▣ Muestra los resultados de cada paso con diagramas.
2. Calcula el resultado usando el centroide de gravedad, max-min y promedio.

Referencias

20

- Intelligent Systems. A modern approach. Crina Grosan and Ajith Abraham. 2011.
- Imágenes de funciones de membresía
<http://ib.cnea.gov.ar/~thelerg/melon/doc/html/ch05s04.html>,
<http://www.dma.fi.upm.es/java/fuzzy/tutfuzzy/contenido3.html>