

## Lógica Difusa

### Ejemplo

Si síntoma = dolor de dientes

Entonces problema= caries

Eso no es verdad para todos los pacientes

Si síntoma = dolor de dientes

Entonces problema= caries o cualquier otro

Tendría que agregarse todos los otros problemas para que la regla sea verdadera

### Introducción

- En la década de los 20 J. Lukasiewicz desarrollo los principios de la lógica multivalorada cuyos valores de verdad estas comprendidos entre 0 y 1
- 1965 uno de los primeros artículos de lógica difusa Lofti Zadeh
- 1970 Primera aplicación de Lógica Difusa (LD)
- 1975 Introducción de la lógica difusa en Japon
- 1980 Verificación empírica de la LD en Europa
- 1985-1995 La LD es usada en Europa, Japon, EEUU
- 2000 Forma parte muchos sistemas de Sensor

### Ejemplo

Si el problema = caries

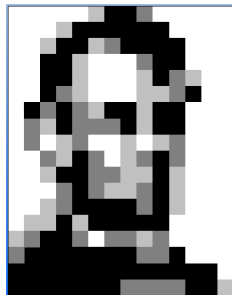
entonces síntoma = dolor de dientes

También no es verdad

La conexión entre el dolor de dientes y caries no es una consecuencia lógica en cualquier dirección

### Problemas

- Problemas en lógica tradicional
  - Las respuestas son categóricas{V, F}
  - Nuestro raciocinio usado día a día no es claramente definido



### Grado de Creencia x Grado de Verdad

- Existen dominios de aplicación en los cuales lo incierto es parte inherente del problema debido a datos ausentes o imprecisos y relaciones causa y efecto no determinísticas
- Grado de creencia  $\Rightarrow$  Teoría de probabilidades
- Grado de verdad  $\Rightarrow$  Lógica Difusa

### Grado de creencia

- 80 % de pacientes con dolor de dientes tienen caries
- Una probabilidad de 0.8 no significa 80 % verdad pero se tiene un grado de creencia de 80% de esa creencia
- O sea en 80% de los casos esa regla es verdadera

### Lógica difusa

- Dada una sentencia  
Mario es alto y Mario tiene fiebre alta
- La lógica difusa determina el valor de verdad en función de los valores de verdad de sus componentes utilizando reglas difusas en su evaluación

### Grado de verdad

La teoría de conjuntos difusos permite especificar cuan bien un objeto satisface una descripción vaga.

Dato: Mario es alto

Es verdadero dada la altura de Mario es 1.65m?

..... Mas o menos....

Observar que no hay valores inciertos, la altura de Mario es clara 1.65m el termino alto es vago,

Como interpretarlo?

### Tipos de incierto y sus modelos

- Incierto estocástico
  - Probabilidad de acertar a un objetivo es 80%
- Incierto léxico
  - Hombres altos, días fríos
  - Tendremos un buen año en negocios
  - La experiencia del especialista A muestra que B esta casi por ocurrir, pero el especialista C esta convencido de no es verdad

### Descripciones Vagas

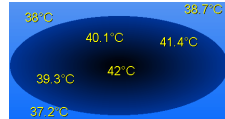
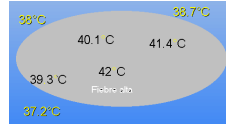
- Existen muchas descripciones que son vagas
  - Alto
  - Mucho
  - Poco
  - Frío
  - Caliente

### Probabilidad e Incierto

- "Una persona con hepatitis presenta 60% de los casos fiebre alta 45% piel con coloración amarilla, en 30% nauseas"
- La estocástica y lógica difusa se complementan
- Muchas de las palabras y estimativas que usamos en nuestro raciocinio diario no son fácilmente definidas de forma matemática. Eso permite al hombre raciocinar en nivel abstracto

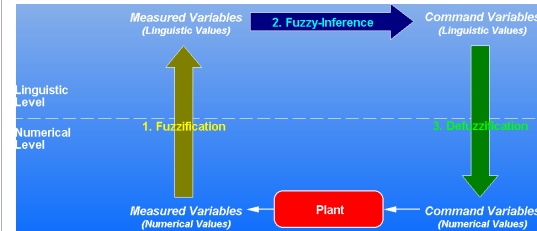
## Teoría de conjuntos difusos

- Teoría de conjuntos tradicionales
- Teoría de conjuntos difusos



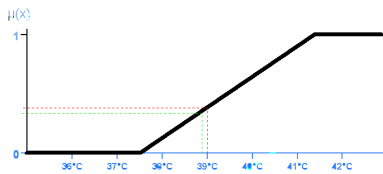
## Elementos básicos de un sistema difuso

- Fusificación, inferencia difusa, defusificación



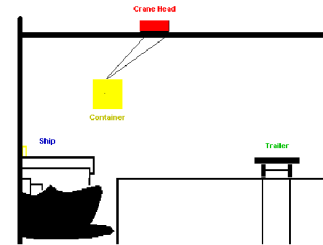
## Conjunto de definiciones difusas

- Definición discreta
  - $\mu_{\text{sf}}(35^\circ\text{C}) = 0$   $\mu_{\text{sf}}(38^\circ\text{C}) = 0.1$   $\mu_{\text{sf}}(41^\circ\text{C}) = 0.9$
  - $\mu_{\text{sf}}(36^\circ\text{C}) = 0$   $\mu_{\text{sf}}(39^\circ\text{C}) = 0.35$   $\mu_{\text{sf}}(42^\circ\text{C}) = 1$
  - $\mu_{\text{sf}}(37^\circ\text{C}) = 0$   $\mu_{\text{sf}}(40^\circ\text{C}) = 0.65$   $\mu_{\text{sf}}(43^\circ\text{C}) = 1$
- Definición continua



## Elementos básicos de un sistema difuso

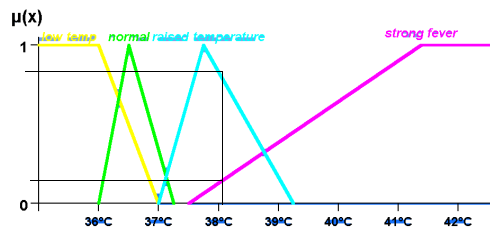
- Ejemplo guía del container



Dos variables de media y una de comando

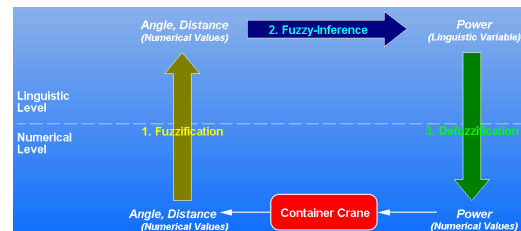
## Variables

- Términos, Grados de relaciones entre los miembros, función de pertenencia, variables básicas.



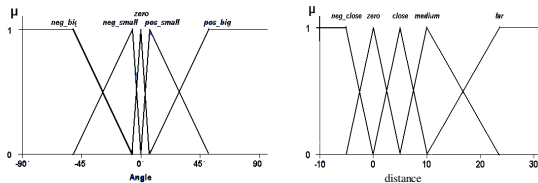
## Elementos básicos de un sistema difuso

- Loop de control
  - Controlado por lógica difusa



## Fusificación variables lingüística

- Definición de términos
  - Distancia {lejos, medio, cerca, cero, neg\_cerca}
  - Angulo {p\_grande, p\_peq, cero, n\_peq, n\_grande}
  - Potencia {p\_alta, p\_media, cero, n\_media, n\_alta}
- Definición de función de pertenencia



## Defusificación

- Obtener como salida un valor numérico para cada una de las salidas del sistema a partir de conjuntos difusos
- Existen varias técnicas de defusificación
  - Método del centro de gravedad
  - Método del semifallo
  - Media ponderada

## Inferencia difusa

- Implementación de las reglas Si Entonces
  - Si distancia = media y Angulo = p\_pequ Entonces Potencia = p\_media
  - Si distancia = media y Angulo = cero Entonces Potencia = cero
  - Si distancia = lejos y Angulo = cero Entonces Potencia = p\_media
- Agregación Cálculo de la parte "Si"
- Composición Cálculo de la parte "Entonces"

## Centro de gravedad

- Consiste en crear una función de pertenencia a un nuevo conjunto obtenido como la unión de ellos a los que pertenece parcialmente el valor de salida
- Esta puede calcularse mediante
  - $\mu_c = \text{Peso regla } R * \mu_{ci} + \text{Peso regla } R_j * \mu_{cj}$

## Inferencia difusa agregación

- Lógica booleana 0/1

A	B	A ∨ B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

- Lógica difusa provee extensión continua
- And:  $\mu_{A \wedge B} = \min\{\mu_A, \mu_B\}$
- Or:  $\mu_{A \vee B} = \max\{\mu_A, \mu_B\}$
- Not  $\mu_A = 1 - \mu_A$

#1:  $\min\{0.9; 0.8\} = 0.8$   
 #2:  $\min\{0.9; 0.2\} = 0.2$   
 #3:  $\min\{0.1; 0.2\} = 0.1$

## Semifallo

- Consiste en calcular un promedio de los centroides de las funciones de pertenencia de los conjuntos de salida activados y son ponderados por los pesos de las reglas activadas

$$y = \text{Centroide1} * \mu_1 + \text{Centroide2} * \mu_2 / (\mu_1 + \mu_2)$$

## Media Ponderada

- Calcular el promedio de los valores de salida que se obtendrían para cada uno de los conjuntos borrosos multiplicado por el grado de pertenencia al subconjunto

- $y = y_1 * \mu_1 + y_2 * \mu_2 / (\mu_1 + \mu_2)$

## Defusificación

