

3er Proyecto de Simulación:

# Sistema de Inferencia Difusa

Miguel Tenorio Potrony



Facultad de Matemática y Computación  
Universidad de La Habana

Curso 2019/2020

# Índice

<b>1. Generales del Estudiante</b>	<b>1</b>
<b>2. Características del Sistema de Inferencia Propuesto</b>	<b>1</b>
2.1. Funciones de Pertenencia Implementadas . . . . .	1
2.2. Métodos de Agregación Implementados . . . . .	1
2.3. Métodos de Desdifusificación Implementados . . . . .	1
2.4. Conjunto Difuso . . . . .	1
2.5. Variable Lingüística . . . . .	2
2.6. Regla Difusa . . . . .	2
<b>3. Principales Ideas seguidas para la implementación del Sistema</b>	<b>2</b>
<b>4. Propuesta de Problema a Solucionar mediante inferencia difusa</b>	<b>3</b>
4.1. Variables del Sistema . . . . .	3
4.2. Reglas . . . . .	3
4.3. Resultados . . . . .	3
<b>5. Consideraciones obtenidas a partir de la solución del problema con el sistema de inferencia implementado</b>	<b>4</b>
<b>6. Enlace al repositorio del proyecto en Github</b>	<b>4</b>

## 1. Generales del Estudiante

- **Nombre y apellidos:** Miguel Tenorio Potrony
- **Grupo:** 412
- **Email:** [m.tenorio@estudiantes.matcom.uh.cu](mailto:m.tenorio@estudiantes.matcom.uh.cu)

## 2. Características del Sistema de Inferencia Propuesto

Se implementó una biblioteca en *Python* para manejar los elementos que se requieren en un Sistema de Inferencia Difusa. A continuación se mencionan las componentes y recursos del sistema.

### 2.1. Funciones de Pertenencia Implementadas

- Gamma
- L
- Lambda (Triangular)
- Pi (Trapezoidal)
- S
- Z
- Gaussiana

### 2.2. Métodos de Agregación Implementados

- Mamdani
- Larsen

### 2.3. Métodos de Desdifusificación Implementados

- Centroide
- Bisección
- Máximo Central (MOM, middle of maximum)
- Máximo más pequeño (SOM, smallest of maximum)
- Máximo más grande (LOM, largest of maximum)

### 2.4. Conjunto Difuso

Se llevó a cabo el desarrollo de un objeto **Set** que representa a un conjunto difuso. Este está formado por una función de pertenencia y un dominio subyacente o universo de discurso. Tiene soporte para las operaciones *unión* e *intersección* de conjuntos difusos.

## 2.5. Variable Lingüística

El objeto **Var** representa una variable lingüística. Esta puede contener varios conjuntos difusos identificados por un término, valor lingüístico, o etiqueta lingüística.

## 2.6. Regla Difusa

Una **regla difusa** está formada por dos preposiciones u objetos **Preposition**, representando los antecedentes y conecuentes de una regla difusa.

**Preposition** lo mismo puede representar una preposición sencilla (La Temperatura es Alta) que una conjunción o disyunción de preposiciones.

Una preposición recibe un vector de valores (entrada del sistema) y, según ellos, evalúa los conjuntos difusos que contiene.

Se obtiene a partir del método **Is** de **Var**. Ejemplo:

Para una variable **altura**: **altura.Is('baja')** devuelve una preposición que representa al conjunto difuso determinado por el término *baja* de la variable *altura*.

## 3. Principales Ideas seguidas para la implementación del Sistema

Utilizando los métodos de Agregación Mamdani y Larsen se implementaron dos sistemas cuya única diferencia es la forma en que se relaciona el consecuente de una regla con el valor de verdad del antecedente para obtener como salida de la regla un conjunto difuso. En Mamdani se aplica el método **recorte** (se corta el consecuente con el valor de verdad del antecedente) y en Larsen el **escalado** (se multiplican todos los valores por el valor de verdad del antecedente).

Todo el proceso se hace de forma directa:

Difusificación → Agregación → Desdifusificación

La fase de Agregación ante la presencia de conjuntos difusos definidos sobre diferentes dominios subyacentes, es capaz de procesar todos los conjuntos sobre el mismo dominio de forma separada, de este modo, la Agregación devuelve un vector de conjuntos difusos. A cada uno de estos se le aplica el método de Desdifusificación escogido para el sistema.

Para añadir una regla al sistema **S** se puede usar el operador **+=** de la siguiente forma:

**S += ( *antecedente* , *consecuente* )**

La función **infer** se encarga de todo el proceso de inferencia, y recibe el método de Desdifusificación que se quiere utilizar y un diccionario de con el valor de cada variable de entrada.

En el [README](#) del proyecto se puede ver un ejemplo.

## 4. Propuesta de Problema a Solucionar mediante inferencia difusa

Se quiere medir el impacto de determinados factores en el rendimiento de una cosecha de tomate en un invernadero. Estos factores son:

- Concentración de  $CO_2$  dentro del invernadero, en ppm (partes por millón). Este factor puede controlarse con las ventanas del invernadero.
- Calidad de las semillas, en índice de germinación. Este se mide sembrando 100 semillas y contando cuántas germinan, por tanto, la métrica es el porcentaje de semillas germinadas para un lote de semillas particular.
- Frecuencia de riego, en veces a la semana. El método de riego es riego por goteo.

El rendimiento se mide en porcentaje.

### 4.1. Variables del Sistema

- $CO_2 \rightarrow \{\text{bajo, normal, alto, óptimo, muy alto}\}$
- **Irrigación**  $\rightarrow \{\text{muy deficiente, deficiente, buena, excesiva, muy excesiva}\}$
- **Calidad de la Semilla (Semilla)**  $\rightarrow \{\text{muy pobre, pobre, aceptable, buena, rica}\}$
- **Rendimiento**  $\rightarrow \{\text{muy bajo, bajo, regular, alto, muy alto}\}$

### 4.2. Reglas

Si $CO_2$ es óptimo $\wedge$ Irrigación es buena $\wedge$ (Semilla es rica $\vee$ Semilla es buena)	$\implies$ Rendimiento es muy alto
Si $CO_2$ es óptimo $\wedge$ Irrigación es buena	$\implies$ Rendimiento es alto
Si $CO_2$ es alto $\wedge$ Irrigación es buena	$\implies$ Rendimiento es alto
Si $CO_2$ es alto $\wedge$ Semilla es buena	$\implies$ Rendimiento es alto
Si $CO_2$ es normal $\wedge$ Semilla es aceptable	$\implies$ Rendimiento es regular
Si $CO_2$ es normal $\wedge$ Irrigación es buena	$\implies$ Rendimiento es regular
Si $CO_2$ es normal $\wedge$ Semilla es buena	$\implies$ Rendimiento es regular
Si Irrigación es deficiente $\vee$ Irrigación es excesiva	$\implies$ Rendimiento es bajo
Si $CO_2$ es bajo $\wedge$ Semilla es pobre	$\implies$ Rendimiento es bajo
Si Irrigación es muy deficiente $\vee$ Irrigación es muy excesiva	$\implies$ Rendimiento es muy bajo
Si ( $CO_2$ es bajo $\vee$ $CO_2$ es muy alto) $\vee$ (Semilla es pobre $\vee$ Semilla es muy pobre)	$\implies$ Rendimiento es muy bajo

### 4.3. Resultados

Los siguientes resultados fueron obtenidos utilizando Centroide como método de Desdifusificación.

- **$CO_2$ : 650, Irrigación: 7, Semilla: 90**
  - Mamdani: 79.33 %
  - Larsen: 78.90 %

- **CO<sub>2</sub>: 400, Irrigación: 12, Semilla: 85**  
Mamdani: 41.81 %  
Larsen: 40.10 %
- **CO<sub>2</sub>: 475, Irrigación: 8, Semilla: 75**  
Mamdani: 58.63 %  
Larsen: 62.62 %
- **CO<sub>2</sub>: 550, Irrigación: 5, Semilla: 80**  
Mamdani: 53.21 %  
Larsen: 54.06 %
- **CO<sub>2</sub>: 700, Irrigación: 5, Semilla: 50**  
Mamdani: 42.72 %  
Larsen: 40.42 %
- **CO<sub>2</sub>: 350, Irrigación: 4, Semilla: 50**  
Mamdani: 36.42 %  
Larsen: 36.01 %

## 5. Consideraciones obtenidas a partir de la solución del problema con el sistema de inferencia implementado

Se pudo apreciar la importancia de diseñar bien las reglas, así como las funciones de pertenencia. Un Sistema de Inferencia Difusa depende mucho de estos factores para brindar resultados precisos y acordes con el problema, y para no tener comportamientos inesperados. Se puede subrayar la utilidad que puede tener un Sistema de Inferencia Difusa para problemas de la más diversa índole. En este caso, se puede tratar de controlar todo el tiempo el rendimiento de una cosecha de tomate en un invernadero, con el riego y las ventanas para la concentración de CO<sub>2</sub>, obvio que siempre este rendimiento estará acotado por la semilla que se utilizó. Aunque los resultados pudieran ser más precisos, si se toman en cuenta más variables (en caso de que sea viable medirlas), se puede de esta forma tener una idea de la proyección de la cosecha. En cuanto a resultados específicos del problema discutido, el factor que mayor impacto tiene sobre el rendimiento de la cosecha es el riego, lo cual está acorde con las reglas.

Los resultados son muy similares con los dos métodos de Agregación utilizados, y se han presentados más fieles a lo esperado y a las reglas con el método de Desdifusificación Centroide.

En la implementación y diseño de un Sistema de Inferencia Difusa, es fácil notar la necesidad de un equipo multidisciplinario, donde el programador no tiene necesariamente que ser un miembro clave. El papel más relevante lo pueden tener los miembros que carguen con la responsabilidad de diseñar y construir los conjuntos difusos.

## 6. Enlace al repositorio del proyecto en Github

<https://github.com/stdevAntiD2ta/fuzzy-inference-system>