Proyecto de Simulación: Lógica Difusa

Adrian González Sánchez C412
https://github.com/adriangs1996

November 30, 2020

Objetivos

Implementar un sistema de inferencia difusa y habilitar algunas herramientas que faciliten la descripción de un sistema, y luego con dicha descripción, se puedan evaluar distintas entradas.

Características

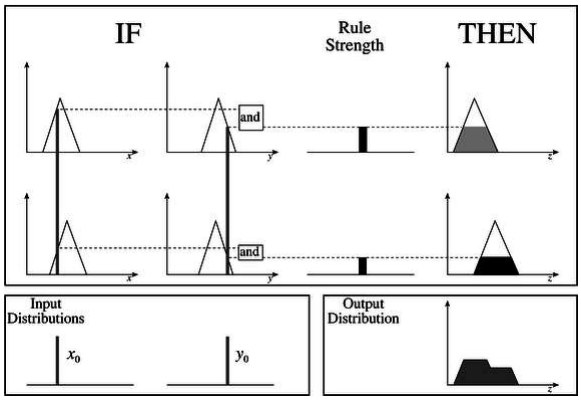
El sistema de inferencia que se propone en este trabajo es de tipo **MIMO**, o sea, puede recibir varias entradas, y puede representar varias salidas. Las entradas se definen mediante reglas de la forma:

IF a_1 **and** a_2 .... **THEN** c_1

y de querer representar varias salidas con el mismo conjunto de entradas, entonces se especifica una regla con las mismas entradas, por cada salida que se desee. Hay que resaltar que esta forma de especificar las reglas no interfiere con el poder de expresión de un sistema, ya que cualquier fórmula de la lógica preposicional se puede transformar utilizando Ley de DeMorgan.

Cada uno de los términos a_i y c_i de las reglas especificadas se debe corresponder con un enunciado de la forma x **is** Y donde Y es un conjunto difuso y x es una variable.

Esta forma de representación de las reglas es el corazón del sistema de inferencia que se implementa. Se pueden elegir entre dos modelos, Mamdani o Larsen, que ambos siguen un proceso similar al que se representa en la figura. La figura hace referencia al proceso de Mamdani, pero es similar para Larsen, solamente se cambia la forma de agrupar la contribución de cada regla: en el caso de Mamdani se utiliza la operación *min* y en el caso de Larsen se utiliza la multiplicación.



Detalles de Implementación

Para implementar el sistema es necesario especificar su estructura, dígase las reglas que lo conforman, las variables y sus posibles clasificaciones difusas, así como la distribución de los valores que puede tomar dicha variable y su grado de pertenencia al conjunto (funciones de membresía). Para facilitar este trabajo se define un simple DSL (Domain Specific Language) y un mini-parser para interpretar dichas reglas y convertirlas a los objetos corrrespondientes de Python ϵ.

El DSL implementado sigue la siguiente gramática:

```
Program                  --> SetsDefinitions FuzzySetsConformations Rules

SetsDefinitions          --> identifier num num num : FuzzySet
SetsDefinitions          --> identifier num num num : FuzzySet SetsDefinitions

FuzzySet                 --> identifier
FuzzySet                 --> identifier , FuzzySet

FuzzySetsConformations   --> = identifier SetDescription
FuzzySetsConformations   --> = identifier SetDescription FuzzySetsConformations

SetDescription           --> function NumList
NumList                  --> Num NumList
NumList                  --> EPSILON

Rules                    --> If Formula Then Statement Rules
Rules                    --> EPSILON

Formula                  --> Statement
Formula                  --> Statement and Formula

Statement                --> identifier is identifier
Statement                --> not Statement
Statement                --> ( Formula )

identifier = [aA-Zz]+
num = [0-9]+
function = TrapezoidSet | TriangularSet
```

Desde un punto de vista programático, cada operacion lógica **and**, **not** y **or** se representan como min, $1-x$ y max respectivamente. Para la desfusificación se implementan los métodos **centroide**, **bisector**, **promedio de los máximos** y **primer Máximo**. Existen la clase **FuzzyVar** que representa una variable y la clase **FuzzyClassification** que representa un conjunto disfuso sobre alguna variable. Este conjunto recibe posibles valores de dominio (un mínimo, un máximo y un espaciado) y luego, cuando se parsea la definición de un sistema, el conjunto se transforma en trapezoide o triangular en dependencia de la función de membresía que se especifique. Para determinar el mapeo entre valores de dominio e imagen, se utilizan los arrays de numpy, sobre los cuales es muy cómodo luego utilizar las operaciones de multiplicación, suma, hallar máximo, mínimo y calcular los índices de los máximos y mínimos. La clase **Rule** agrupa una regla, recogiendo los antecedentes y la consecuencia y ofreciendo una interfaz para calcular el aporte de los antecedentes (metodo Fired y Apply).

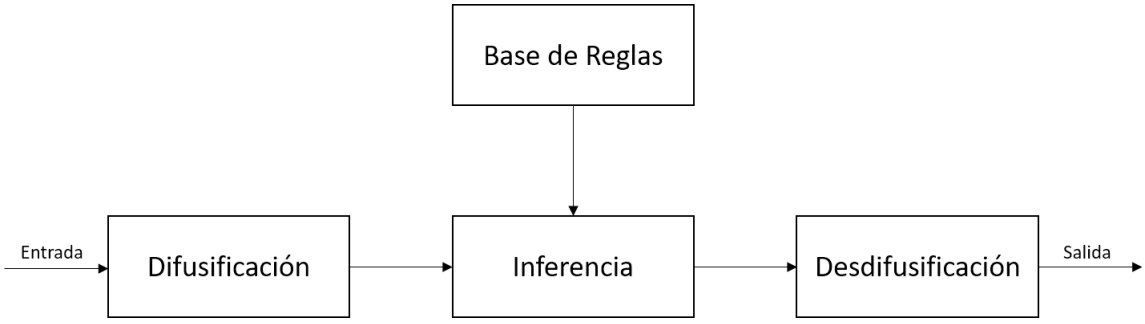
El engranage principal es la clase abstracta **FuzzySystem**, que guarda un diccionario de variables y clasificaciones, y una lista de reglas. La idea es que cada sistema implemente el método **evaluate**. Las clases concretas MamdaniFuzzySystem implementa la evaluación de las reglas truncando el domino de las consecuencias de las reglas que se disparen (o sea, hallando el mínimo entre el dominio de la consecuencia y la contribución de los antecedentes que sea mayor que 0).

El siguiente método es un claro resumen de lo que pasa en el sistema:

```
def evaluate(self, inputVariables: Dict[str, float]):
    # Search for rules that fires with variables's input
    input_: Dict[FuzzyVar, float] = {
        key: inputVariables[key.name]
        for key in self.sets.keys()
        if key.name in inputVariables
    }
    firedRules = self.evaluate_rules(input_)

    self.aggregate_rules(firedRules)

    self.desfuzzify(firedRules)

    return firedRules
```

1. Se reciben las variables de entrada con los valores que se quieren evaluar.
2. Se busca en cada regla, una que contenga las variables que se suministran y que la contribución de sus antecedentes sea mayor que 0.
3. Se agrupan las reglas utilizando la operación máximo.
4. Se desfusifica el resultado (Luego de la agrupación lo que obtenemos es un conjunto disfuso).

Este proceso se ve de manera gráfica en la siguiente figura:



App

En el proyecto se provee del módulo **fis.py** que sirve como driver para cargar un sistema de inferencia y suministrarle entradas para obtener los resultados. Veamos las posibles opciones que brinda esta app y luego resolvamos un problema con ella:

```
$ ./fis.py --help
  usage: fis.py [-h] [-l FILE] [-s] [-r INPUT]
                [-e <VariableName:Value> [<VariableName:Value> ...]]
                [-m {maximum,centroid,mom,bisector}] [-t {mamdani,larsen}]
```

```
  Tool for managing Mamdani and Larsen Fuzzy Inference Systems

  optional arguments:
    -h, --help            show this help message and exit
    -l FILE, --load FILE  File containing the FIS definition with the specified grammar.
    -s, --show            Show the Domain Specific Language available for
                          the construction of FIS.
    -r INPUT, --read-input INPUT
                          Read input variables from a file. This options requires --load.
    -e <VariableName:Value> [<VariableName:Value> ...],
                            --eval <VariableName:Value> [<VariableName:Value> ...]
                          Provides inputVariables to the loaded system.
                          Should be used in conjuction with --load.
    -m {maximum,centroid,mom,bisector}, --method {maximum,centroid,mom,bisector}
                          Defuzzification method used by the system.
                          Defaults to centroid.
    -t {mamdani,larsen}, --type {mamdani,larsen}
                          Define the model to use in the system.
                          Defaults to mamdani.
```

Consideremos el problema de determinar la velocidad de un fan, tomando como referencia la humedad y la temperatura. La temperatura la podemos clasisficar como *Cold, Medium y Hot*, la humedad como *Dry, Normal, Wet* y la velocidad del fan como *Slow, Moderate, Fast*. Queremos saber si por ejemplo tenemos una humedad de 60 y una temperatura de 18 grados, entonces que velocidad debe tener el fan?

Modelemos nuestro sistema:

```
### FILE: FanSpeedControl.fis

Temperature 10 40 100 : Cold, Medium, Hot
Humidity 20 100 100 : Dry, Normal, Wet
Speed 0 100 100 : Slow, Moderate, Fast

= Cold TriangularSet 10 25 10
= Medium TriangularSet 15 35 25
= Hot TriangularSet 25 40 40

= Dry TriangularSet 60 100 100
= Wet TriangularSet 20 60 20
= Normal TrapezoidSet 30 50 70 90

= Slow TriangularSet 0 50 0
= Moderate TriangularSet 10 90 50
= Fast TriangularSet 50 100 100

if Temperature is Cold and Humidity is Wet then Speed is Slow
if Temperature is Cold and Humidity is Normal then Speed is Slow
if Temperature is Medium and Humidity is Wet then Speed is Slow
if Temperature is Medium and Humidity is Normal then Speed is Moderate
if Temperature is Cold and Humidity is Dry then Speed is Moderate
```

```
if Temperature is Hot and Humidity is Wet then Speed is Moderate
if Temperature is Hot and Humidity is Normal then Speed is Fast
if Temperature is Hot and Humidity is Dry then Speed is Fast
if Temperature is Medium and Humidity is Dry then Speed is Fast
```

Carguemos el sistema en nuestra app y veamos que devuelve:

```
$ ./fis.py --load systems/FanSpeedControl.fis -e Temperature:18 Humidity:60
  {Speed: 37.14222809335096}
```

Usemos otro método de desfusificación:

```
$ ./fis.py --load systems/FanSpeedControl.fis -e Temperature:18 Humidity:60 -m bisector
  {Speed: 33.333333333333336}
```

Y usando Larsen ?

```
$ ./fis.py --load systems/FanSpeedControl.fis -e Temperature:18 Humidity:60 -t larsen
  {Speed: 33.45878031356237}
```

Como podemos ver el sistema es capaz de adoptar una velocidad moderada para una temperatura media y una humedad normal, tanto con Larsen, como con Mamdani, además, se puede apreciar la diferencia entre la desusificación usando centroide y usando bisector, aunque ambos métodos, al ser puntos de equilibrio, obtienen resultados relativamente parecidos. En general, para este problema, encontramos que el modelo de Mamdani es más adecuado a lo esperado del sistema.