

# Desarrollo de un sistema borroso de recomendación de viaje

Ignacio Guerra

Universidad Internacional de Valencia

## 1. Introducción

### Objetivo y alcance

Desarrollar un sistema basado en reglas con inferencia basado en razonamiento aproximado para proporcionar recomendaciones de destinos de viaje en Europa a usuarios en función de sus preferencias por la temperatura y su presupuesto.

En concreto, se construirán ciertas reglas que asocien el clima deseado por el usuario y el presupuesto con la latitud geográfica de países europeos. Después, se realizará un ejemplo de la preferencia climática y el presupuesto de un usuario en concreto con el fin de aplicar inferencia de tipo Mamdani e inferencia borrosa con una representación no continua de los conjuntos borrosos. Por último, se implementará el ejemplo en el software FuzzyCLIPS.

### Limitaciones

- El sistema no considerará preferencias de destinos que podrían resultar peligrosas o inapropiadas para el usuario.
- No tendrá en cuenta factores externos ni otros factores climatológicos a excepción de la temperatura.
- No proporcionará recomendaciones fuera del presupuesto declarado por el usuario.

## 2. Sistema de reglas y conjuntos borrosos

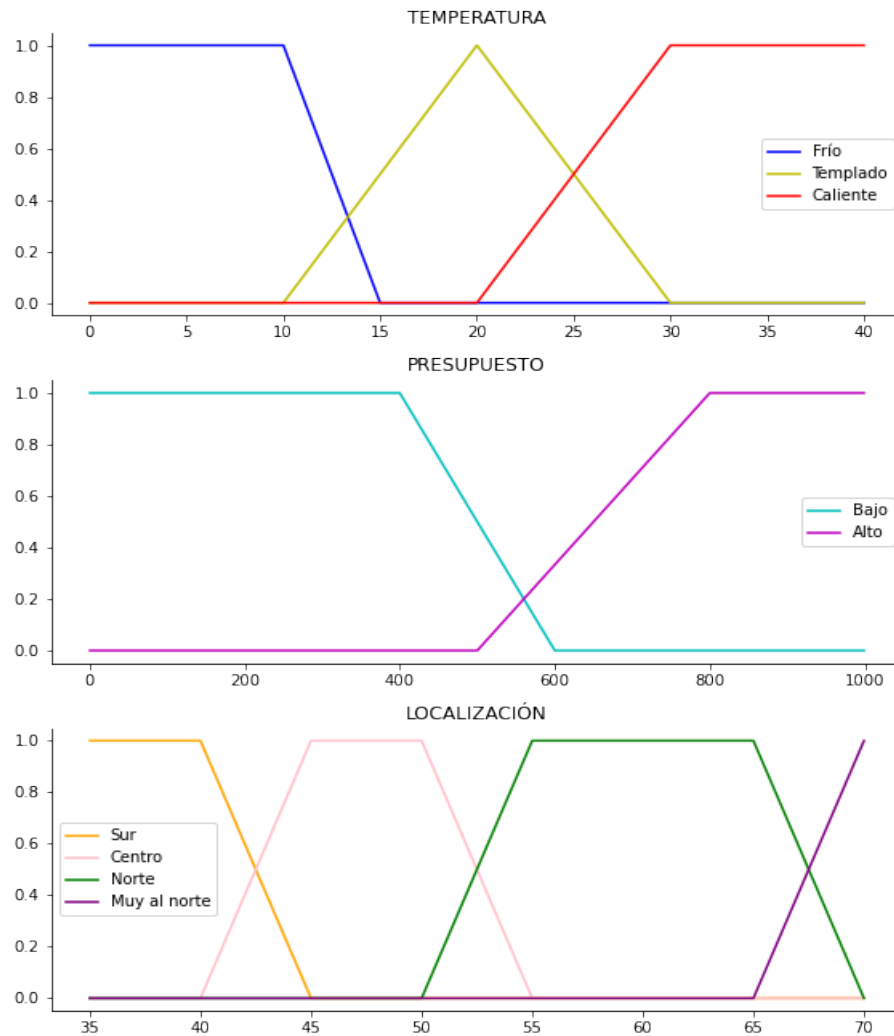
De ahora en adelante se utilizarán las variables temperatura del lugar y presupuesto del individuo, denotadas como  $X_1$  y  $X_2$  respectivamente. El universo de  $X_1$  irá desde los 0 hasta los 40 grados Celsius mientras que el universo de  $X_2$  se supondrá comprendido entre 0 y 1000 euros. Por otro lado, se denota por  $Y$  a la variable de latitud o localización, cuyo universo va desde los 35° (Chile aproximadamente) a los 70° (en torno al norte de Noruega). Las etiquetas lingüísticas asociadas a estas 3 variables son las siguientes:

$X_1 \in \{\text{frío, templado, caliente}\}$  (temperatura)

$X_2 \in \{\text{alto, bajo}\}$  (presupuesto)

$Y \in \{\text{sur, centro, norte, muy al norte}\}$  (latitud o localización)

A continuación se presentan las funciones de pertenencia de los conjuntos borrosos asociados a las etiquetas lingüísticas de cada variable:



El sistema de reglas se muestra a continuación:

$R_1$  : Si el usuario prefiere **calor** y su presupuesto es **alto** entonces recomendar un país del **centro** de Europa.

$R_2$  : Si el usuario prefiere **calor** y su presupuesto es **bajo** entonces recomendar un país del **sur** de Europa.

$R_3$  : Si el usuario prefiere un clima **templado** y su presupuesto es **alto** entonces recomendar un país del **norte** de Europa.

$R_4$  : Si el usuario prefiere clima **templado** y su presupuesto es **bajo** entonces recomendar un país del **centro** de Europa.

$R_5$  : Si el usuario prefiere **frío** y su presupuesto es **alto** entonces recomendar un país **muy al norte** de Europa.

$R_6$  : Si el usuario prefiere **frío** y su presupuesto es **bajo** entonces recomendar un país del **norte** de Europa.

### 3. Ejemplo Mamdani

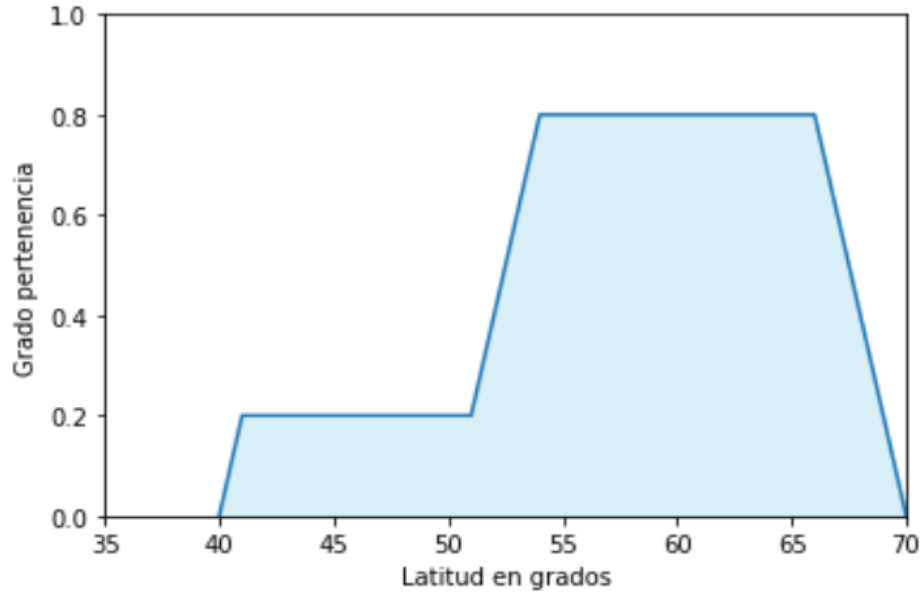
Supóngase que un usuario desea un destino de vacaciones por Europa con una temperatura media de 22°C y tiene 800 euros de presupuesto, es decir,  $X_1 = 22$  y  $X_2 = 800$ .

Teniendo en cuenta las reglas definidas en el apartado anterior, se observa que se disparan las reglas  $R_1$  y  $R_3$ . Según  $R_1$ , el país destino se localizará en el centro de Europa con un grado de pertenencia de 0,2. Por otro lado, acorde a  $R_3$ , el país destino estará en el norte de Europa con un grado de pertenencia de 0,8. Note que ambos grados de pertenencia han sido extraídos por semejanza de triángulos de la representación de las funciones de pertenencia.

Realizando los  $\alpha$ -cortes en los conjuntos borrosos *centro* y *norte* con  $\alpha$  igual a 0,2 y 0,8 en cada caso, se consiguen las secciones de los conjuntos borrosos. El conjunto borroso asociado a la unión de ambas reglas viene dado por el máximo de las secciones obtenidas en cada punto, es decir, si  $B$  es el conjunto borroso de la unión de ambas reglas entonces:

$$B(x) = \max\{A_{0,2}^{centro}(x), A_{0,8}^{norte}(x)\}.$$

La unión de reglas  $R_1 \cup R_3$  se puede ver de forma gráfica:



Por último, falta usar un método para desborrificar. En este ejemplo se utilizará la media del máximo. El máximo se alcanza en el tramo de latitudes comprendidas entre 54° y 66°. La media de estos valores es 60°. En conclusión, al usuario se le recomendaría visitar un país o ciudad de Europa situado en latitud 60°, que pertenece al conjunto borroso norte con grado 1. Algunos ejemplos de sitios concretos podrían ser Oslo, Estocolmo, Helsinki o Tallín, entre otros.

#### 4. Ejemplo de representación no continua.

Utilizando las reglas descritas en el apartado dos, se procede a desarrollar otro ejemplo de un nuevo usuario. En este caso, se manejarán universos discretos y representaciones matriciales.

Supóngase que el usuario esta vez desea una temperatura fría y maneja un presupuesto alto. El universo discreto de la temperatura fría será  $\{5, 10\}$  mientras que el del presupuesto alto será  $\{400, 500, 600, 700, 800\}$ . En este caso, la regla  $R_5$  se disparará y se obtendrá el conjunto borroso muy al norte, cuyo universo constará de tres valores:  $\{60, 65, 70\}$ . Esta regla se puede escribir como sigue:

$$\begin{aligned}
 (1|5 \quad 0,5|10) \quad \wedge \quad (0|400 \quad 0,25|500 \quad 0,5|600 \quad 0,75|700 \quad 1|800) &\implies \\
 \implies (0|60 \quad 0,5|65 \quad 1|70)
 \end{aligned}$$

La matriz que define el hecho viene dada por:

$$H = \begin{pmatrix} 0 & 0,25 & 0,5 & 0,75 & 1 \\ 0 & 0,25 & 0,5 & 0,5 & 0,5 \end{pmatrix},$$

donde las filas representan las temperaturas frías y las columnas los valores de presupuesto alto. Se ha usado como T-norma la operación mínimo. Utilizando como implicación borrosa el operador  $I(a, b) = \max(1 - a, b)$  se obtiene la matriz que define la regla:

$$\begin{pmatrix} 0 & 0,25 & 0,5 & 0,75 & 1 \\ 0 & 0,25 & 0,5 & 0,5 & 0,5 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 0 & 0,5 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0,75 & 0,75 & 1 \\ 0,5 & 0,5 & 1 \\ 0,25 & 0,5 & 1 \\ 0 & 0,5 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0,75 & 0,75 & 1 \\ 0,5 & 0,5 & 1 \\ 0,5 & 0,5 & 1 \\ 0,5 & 0,5 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} (5,400) \\ (5,500) \\ (5,600) \\ (5,700) \\ (5,800) \\ (10,400) \\ (10,500) \\ (10,600) \\ (10,700) \\ (10,800) \end{pmatrix}.$$

La operación  $*$  hace referencia al operador  $I$  aplicado elemento a elemento y las columnas de la matriz resultante a los grados de latitud 60, 65 y 70 respectivamente. Componiendo nuestro hecho con la matriz implicación anterior se llega a que:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0,75 & 0,75 & 1 \\ 0,5 & 0,5 & 1 \\ 0,25 & 0,5 & 1 \\ 0 & 0,5 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0,75 & 0,75 & 1 \\ 0,5 & 0,5 & 1 \\ 0,5 & 0,5 & 1 \\ 0,5 & 0,5 & 1 \end{pmatrix} \circ \begin{pmatrix} 0 & 0,25 & 0,5 & 0,75 & 1 & 0 & 0,25 & 0,5 & 0,5 & 0,5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,5 & 0,5 & 1 \end{pmatrix},$$

donde  $\circ$  representa la composición y la matriz resultante representa los grados para las latitudes de 60, 65 y 70 respectivamente. La operación composición se ha tomado de la siguiente manera: para cada columna la matriz de la regla se calculan los máximos entre cada elemento de dicha columna y el elemento correspondiente del otro vector y de todos esos valores obtenidos nos quedamos con el mínimo.

## ANEXO - Implementación en FuzzyCLIPS

A continuación se muestran capturas con los comandos utilizados para resolver el ejemplo del apartado 3 en FuzzyCLIPS. Como se puede observar, los

resultados son los mismos que los proporcionados en dicho apartado.

```

FuzzyCLIPS V6.10d (10/22/2004)
FuzzyCLIPS> (load "C:/Users/34620/Documents/Master_AI/Razonamiento_aproximado/BC_viajes.clp.txt")
FuzzyCLIPS> Defining deftemplate: X1
Defining deftemplate: X2
Defining deftemplate: latitud
Defining defrule: regla_1 +j+j
Defining defrule: regla_2 =j+j
Defining defrule: regla_3 +j+j
Defining defrule: regla_4 =j+j
Defining defrule: regla_5 +j+j
Defining defrule: regla_6 =j+j
TRUE
FuzzyCLIPS> (load "C:/Users/34620/Documents/Master_AI/Razonamiento_aproximado/BH_viajes.CLP.txt")
FuzzyCLIPS> Defining deffacts: hechos
TRUE
FuzzyCLIPS> (reset)
FuzzyCLIPS> (facts)
f-0      (initial-fact) CF 1.00
f-1      (X1 ???) CF 1.00
( (22.0 0.0) (22.0 1.0) (22.0 0.0) )

f-2      (X2 ???) CF 1.00
( (800.0 0.0) (800.0 1.0) (800.0 0.0) )

For a total of 3 facts.

FuzzyCLIPS> (run)
FuzzyCLIPS> (facts)
f-0      (initial-fact) CF 1.00
f-1      (X1 ???) CF 1.00
( (22.0 0.0) (22.0 1.0) (22.0 0.0) )

f-2      (X2 ???) CF 1.00
( (800.0 0.0) (800.0 1.0) (800.0 0.0) )

f-4      (latitud ???) CF 1.00
( (40.0 0.0) (41.0 0.2) (51.0 0.2) (54.0 0.8) (66.0 0.8)
  (70.0 0.0) )

For a total of 4 facts.
FuzzyCLIPS> (plot-fuzzy-value t + 35 70 4)

Fuzzy Value: latitud
Linguistic Value: ??? (+)

1.00
0.95
0.90
0.85
0.80
0.75
0.70
0.65
0.60
0.55
0.50
0.45
0.40
0.35
0.30
0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00+++++++
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
35.00   42.00   49.00   56.00   63.00   70.00

Universe of Discourse: From 35.00 to 70.00

FuzzyCLIPS> (moment-defuzzify 4)
58.04054054054054
FuzzyCLIPS> (maximum-defuzzify 4)
60.0
FuzzyCLIPS> |

```

Finalmente note como obtenemos el mismo gráfico que obtuvimos con la inferencia tipo Mandami, así como el mismo valor de desborrificación usando la media del máximo,  $60^{\circ}$ .