

# Sistemas Inteligentes

Curso 2022-2023

## Sistemas basados en Reglas y Factores de Certeza

1. Mr. Holmes recibe una llamada de su vecino, el Dr. Watson, quien le dice que ha sonado la alarma de su casa. Antes de volver urgentemente a casa, Mr. Holmes recuerda que el Dr. Watson es bastante bromista, y decide llamar a su otra vecina, Mrs. Gibbons, que es bastante más fiable, a pesar de sus ocasionales problemas con la bebida.

Mr. Holmes tiene la siguiente información:

Si llamada de Watson es verdad entonces la alarma es verdad ( $FC = 0.5$ )

Si llamada de Gibbons es verdad y está sobria Gibbons es verdad entonces alarma es verdad ( $FC = 0.9$ )

Si alarma es verdad entonces robo es verdad ( $FC = 0.99$ )

Supongamos que se han producido las llamadas del Dr. Watson y Mrs. Gibbons, y ésta parece estar sobria (con grado 0.5). ¿Mr. Holmes creerá que ha sonado la alarma e irá a su casa?

**Solución:**

**a) Formalizamos la información:**

Sea la signatura  $\Sigma = \{Ll\_W, Ll\_G, A, R, S\}$  donde

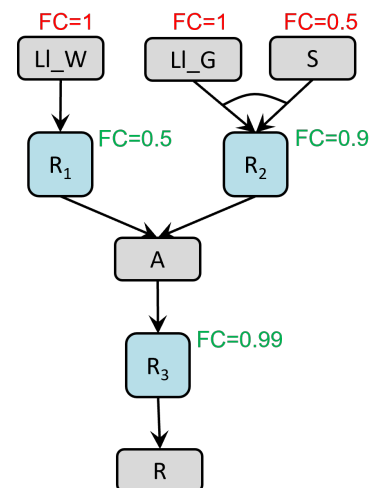
$Ll\_W$ : “Dr. Watson ha llamado”,  $Ll\_G$ : “Mr. Holmes ha llamado a Mrs. Gibbons”,  $A$ : “Ha sonado la alarma”,

$R$ : “Se ha producido un robo”,  $S$ : “Mrs. Gibbons está sobria”

**Reglas:**  $\left\{ \begin{array}{l} R_1: \text{Si } Ll\_W \text{ Entonces } A, \quad FC = 0.5 \\ R_2: \text{Si } Ll\_G \text{ y } S \text{ Entonces } A, \quad FC = 0.9 \\ R_3: \text{Si } A \text{ Entonces } R, \quad FC = 0.99 \end{array} \right.$

**Hechos:**  $\left\{ \begin{array}{l} Ll\_W, FC(Ll\_W) = 1 \\ Ll\_G, FC(Ll\_G) = 1 \\ S, FC(S) = 0.5 \end{array} \right.$

Red de Inferencia



Calculemos el factor de certeza  $FC$  asociado al hecho  $R$ . Para ello debemos acumular toda la información disponible, y derivada, que concluye en  $R$ , a partir de las reglas y hechos del sistema.

- Calculamos  $FC(A)$ 
  - Propagación por  $R_1$  (calculamos el factor de certeza de  $A$  por medio de la regla  $R_1$ )
 

CASO 3:  $FC(A_{R_1}) = FC(R_1) \times \max\{0, FC(Ll\_W)\} = 0.5 \times \max\{0, 1\} = 0.5$
  - Propagación por  $R_2$  (calculamos el factor de certeza de  $A$  por medio de la regla  $R_2$ )
 

CASO 1:  $FC(Ll\_G \wedge S) = \min\{FC(Ll\_G), FC(S)\} = \min\{1, 0.5\} = 0.5$

CASO 3:  $FC(A_{R_2}) = FC(R_2) \times \max\{0, FC(Ll\_G \wedge S)\} = 0.9 \times \max\{0, 0.5\} = 0.9 \times 0.5 = 0.45$
  - Acumulación por  $R_1$  y  $R_2$  (obtenemos el factor de certeza de  $A$ )
 

CASO 2:  $FC(A_{R_1, R_2}) = FC(A_{R_1}) + FC(A_{R_2}) \times (1 - FC(A_{R_1})) = 0.5 + 0.45 \times (1 - 0.5) = 0.725$
- Calculamos  $FC(R_5)$ 
  - Propagación por  $R_5$ 

CASO 3:  $FC(R_{R_5}) = FC(R_5) \times \max\{0, FC(A)\} = 0.99 \times \max\{0, 0.725\} = 0.71775$

Con toda la información disponible hemos obtenido  $FC(R) = 0.72$  y por tanto, creemos que el hecho  $R$  se está dando. Mr. Holmes irá a casa porque cree que ha saltado la alarma de su casa.

2. Los tripulantes de la nave Discovery disponen de un nuevo sistema para facilitar sus viajes espaciales. Se trata de un sistema para la clasificación de alienígenas. Las reglas del sistema son las siguientes:

R1: Si es tímido y tiene 5 pies entonces hay una evidencia favorable (0.9) de que el tipo de alienígena es marciano.

R2: Si es tímido y tiene 4 brazos entonces hay una evidencia favorable (0.6) de que el tipo de alienígena es venusino.

R3: Si baja la cabeza al hablar entonces la evidencia de que sea tímido es de 1.

R4: Si huye al ser visto entonces hay una evidencia negativa (-0.4) de que sea tímido.

Hemos avistado a un alienígena y, por lo que hemos podido observar, disponemos de la siguiente información:

- Creemos, con 0.6, que ha bajdo la cabeza al hablar.
- Parece que tiene 4 brazos (con una certeza de 0.3).
- Creemos, con una certeza de 0.5, que ha huido al ser visto
- Creemos, con una certeza de 0.6, que tiene 5 pies.

Utilizando la teoría de los factores de certeza, ¿qué tipo de alienígena será?

**Solución:**

a) **Formalizamos la información:**  $\Sigma = \{T, P, M, B, V, H, C\}$  donde

$T$ : “El alienígena es tímido”,

$P$ : “El alienígena tiene 5 pies”,

$M$ : “El alienígena es marciano”

$B$ : “El alienígena tiene 4 brazos”,

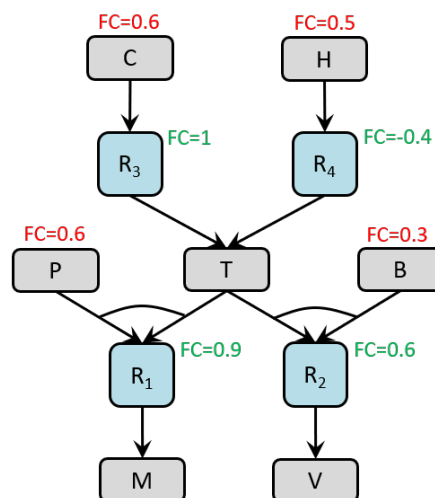
$V$ : “El alienígena es venusino”,

$H$ : “El alienígena huye al ser visto”

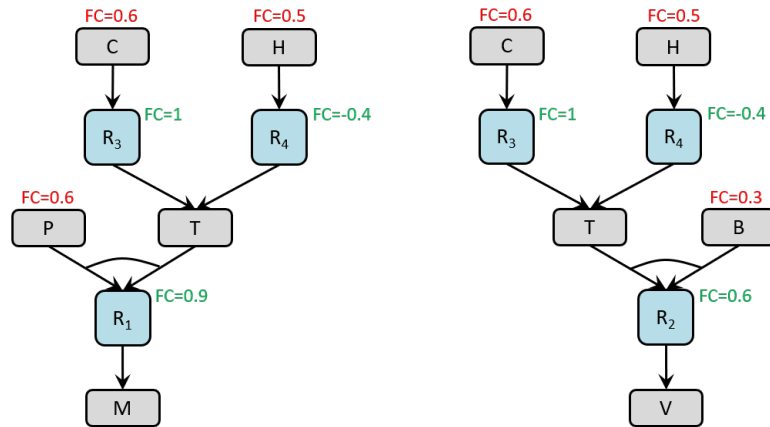
$C$ : “El alienígena baja la cabeza al hablar”

$$\text{Reglas: } \left\{ \begin{array}{l} R_1: T \wedge P \rightarrow M, \quad FC = 0.9 \\ R_2: T \wedge B \rightarrow V, \quad FC = 0.6 \\ R_3: C \rightarrow T, \quad FC = 1 \\ R_4: H \rightarrow T, \quad FC = -0.4 \end{array} \right. \quad \text{Hechos: } \left\{ \begin{array}{l} \text{Tiene 4 brazos, } FC(B) = 0.3 \\ \text{Baja la cabeza al hablar, } FC(C) = 0.6 \\ \text{Ha huido al ser visto, } FC(H) = 0.5 \\ \text{Tiene 5 pies, } FC(P) = 0.6 \end{array} \right.$$

Red de inferencia que se obtiene con la información disponible.



b) **Calculemos los factores de certeza**  $FC(M)$  y  $FC(V)$  asociados a los hechos  $M$  (“El alienígena es marciano”) y  $V$  (“El alienígena es venusino”). Para ello debemos acumular toda la información disponible, y derivada, que concluye, a partir de las reglas del sistema, en cada uno de los hechos  $V$  y  $M$ .



A partir de la red de inferencia, y a partir de la información (FCs) sobre los hechos  $C$  y  $H$ , se disparan las reglas  $R_3$  y  $R_4$ , acumulando la información en el hecho  $T$ . Con la información del hecho  $P$  y la obtenida en  $T$ , se dispara la regla  $R_1$ , obteniendo la información asociada al hecho  $M$ . Un proceso similar es que se aplica para obtener la información del hecho  $V$ . Calculemos la información asociada a los hechos  $M$  y  $V$ .

- Calculamos  $FC(T)$ 
  - Propagación por  $R_3$   
CASO 3:  $FC(T_{R_3}) = FC(R_3) * \max\{0, FC(C)\} = 1 * \max\{0, 0.6\} = 0.6$
  - Propagación por  $R_4$   
CASO 3:  $FC(T_{R_4}) = FC(R_4) * \max\{0, FC(H)\} = -0.4 * \max\{0, 0.5\} = -0.2$
  - Acumulación por  $R_3$  y  $R_4$ :  
CASO 2:  $FC(T_{R_3, R_4}) = \frac{FC(T_{R_3}) + FC(T_{R_4})}{1 - \min\{|FC(T_{R_3})|, |FC(T_{R_4})|\}} = \frac{0.4}{1 - \min\{0.6, 0.2\}} = 0.4/0.8 = 0.5$
- Calculamos  $FC(M)$ 
  - Propagación por  $R_1$   
CASO 1:  $FC(T \wedge P) = \min\{FC(T_{R_3, R_4}), FC(P)\} = \min\{0.5, 0.6\} = 0.5$   
CASO 3:  $FC(M_{R_1}) = FC(R_1) * \max\{0, FC(T \wedge P)\} = 0.9 * \max\{0, 0.5\} = 0.9 * 0.5 = 0.45$
- Calculamos  $FC(V)$ 
  - Propagación por  $R_2$   
CASO 1:  $FC(T \wedge B) = \min\{FC(T_{R_3, R_4}), FC(B)\} = \min\{0.5, 0.3\} = 0.3$   
CASO 3:  $FC(V_{R_2}) = FC(R_2) * \max\{0, FC(T \wedge B)\} = 0.6 * \max\{0, 0.3\} = 0.6 * 0.3 = 0.18$

Hemos obtenido  $FC(M) = 0.45$  y  $FC(V) = 0.18$ , y a partir de esa información lo más creíble es que el alienígena que hemos avistado sea un Marciano.