

Sistemas Inteligentes

Curso 2021-2022

Sistemas basados en Reglas y Factores de Certeza

1. Disponemos de las siguientes reglas con factores de certeza:

- R_1 : Si A Entonces EXP , $FC = 0.5$
 R_2 : Si B Entonces EXP , $FC = 0.9$
 R_3 : Si C Entonces CAN , $FC = 0.5$
 R_4 : Si D Entonces CAN , $FC = 1$
 R_5 : Si EXP y E Entonces $CACC$, $FC = -0.5$
 R_6 : Si CAN Entonces $CACC$, $FC = 0.5$
 R_7 : Si F y G Entonces $CACC$, $FC = 0.7$

Además, disponemos de los siguientes hechos:

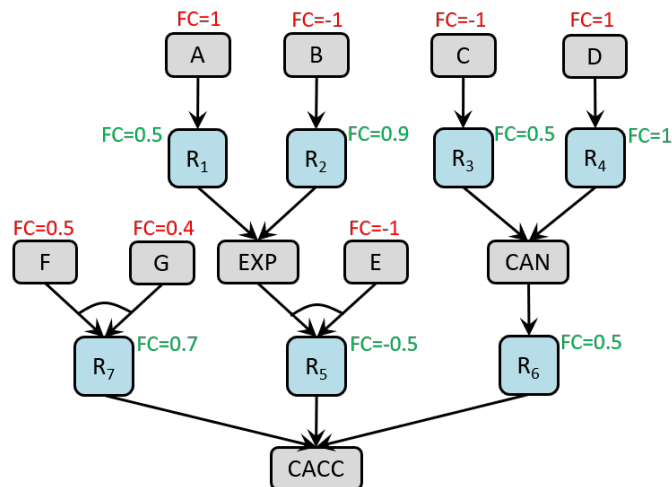
A con $FC(A) = 1$, B con $FC(B) = -1$, C con $FC(C) = -1$, D con $FC(D) = 1$,
 E con $FC(E) = -1$, F con $FC(F) = 0.5$, G con $FC(G) = 0.4$,

Y el objetivo es el hecho $CACC$ y queremos saber el factor de certeza asociado.

Solución:

Reglas:	$\left\{ \begin{array}{l} R_1: A \rightarrow EXP, FC = 0.5 \\ R_2: B \rightarrow EXP, FC = 0.9 \\ R_3: C \rightarrow CAN, FC = 0.5 \\ R_4: D \rightarrow CAN, FC = 1 \\ R_5: EXP \wedge E \rightarrow CACC, FC = -0.5 \\ R_6: CAN \rightarrow CACC, FC = 0.5 \\ R_7: F \wedge G \rightarrow CACC, FC = 0.7 \end{array} \right.$	Hechos:	$\left\{ \begin{array}{l} A, FC(A) = 1 \\ B, FC(B) = -1 \\ C, FC(C) = -1 \\ D, FC(D) = 1 \\ E, FC(E) = -1 \\ F, FC(F) = 0.5 \\ G, FC(G) = 0.4 \end{array} \right.$
----------------	---	----------------	--

Red de inferencia que se obtiene con la información disponible.



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

- Calculamos $FC(EXP)$
 - Propagación por R_1 (calculamos el factor de certeza de EXP por medio de la regla R_1)
CASO 3: $FC(EXP_{R_1}) = FC(R_1) \times \max\{0, FC(A)\} = 0.5 \times \max\{0, 1\} = 0.5$
 - Propagación por R_2 (calculamos el factor de certeza de EXP por medio de la regla R_2)
CASO 3: $FC(EXP_{R_2}) = FC(R_2) \times \max\{0, FC(B)\} = 0.9 \times \max\{0, -1\} = 0$
 - Acumulación por R_1 y R_2 (obtenemos el factor de certeza de EXP)
CASO 2: $FC(EXP_{R_1, R_2}) = FC(EXP_{R_1}) + FC(EXP_{R_2}) \times (1 - FC(EXP_{R_1})) = 0.5 + 0 \times (1 - 0.5) = 0.5$
- Calculamos $FC(CACC_{R_5})$
 - Propagación por R_5
CASO 1: $FC(EXP \wedge E) = \min\{FC(EXP_{R_1, R_2}), FC(E)\} = \min\{0.5, -1\} = -1$
CASO 3: $FC(CACC_{R_5}) = FC(R_5) \times \max\{0, FC(EXP \wedge E)\} = -0.5 \times \max\{0, -1\} = -0.5 \times 0 = 0$
- Calculamos $FC(CAN)$
 - Propagación por R_3
CASO 3: $FC(CAN_{R_3}) = FC(R_3) \times \max\{0, FC(c)\} = 0.5 \times \max\{0, -1\} = 0$
 - Propagación por R_4
CASO 3: $FC(CAN_{R_4}) = FC(R_4) \times \max\{0, FC(D)\} = 1 \times \max\{0, 1\} = 1$
 - Acumulación por R_3 y R_4
CASO 2: $FC(CAN_{R_3, R_4}) = FC(CAN_{R_3}) + FC(CAN_{R_4}) \times (1 - FC(CAN_{R_3})) = 0 + 1 \times (1 - 0) = 1$
- Calculamos $FC(CACC_{R_6})$
 - Propagación por R_6
CASO 3: $FC(CACC_{R_6}) = FC(R_6) \times \max\{0, FC(CAN)\} = 0.5 \times \max\{0, 1\} = 0.5$
- Calculamos $FC(CACC_{R_7})$
 - Propagación por R_7
CASO 1: $FC(F \wedge G) = \min\{FC(F), FC(G)\} = \min\{0.5, 0.4\} = 0.4$
CASO 3: $FC(CACC_{R_7}) = FC(R_7) \times \max\{0, FC(F \wedge G)\} = 0.7 \times \max\{0, 0.4\} = 0.28$
- Calculamos $FC(CACC)$
 - Acumulación por R_5 , R_6 y R_7
CASO 2: $FC(CACC_{R_5, R_6}) = FC(CACC_{R_5}) + FC(CACC_{R_6}) \times (1 - FC(CACC_{R_5})) = 0 + 0.5 \times (1 - 0) = 0.5$
CASO 2: $FC(CACC_{R_5, R_6, R_7}) = FC(CACC_{R_5, R_6}) + FC(CACC_{R_7}) \times (1 - FC(CACC_{R_5, R_6})) = 0.5 + 0.28 \times (1 - 0.5) = 0.64$

Con toda la información disponible hemos obtenido $FC(CACC) = 0.64$ y por tanto, creemos que el hecho $CACC$ se está dando.

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”,

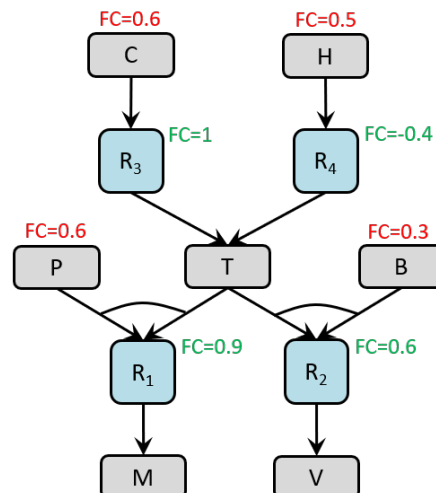
V : “El alienígena es venusino”,

H : “El alienígena huye al ser visto”

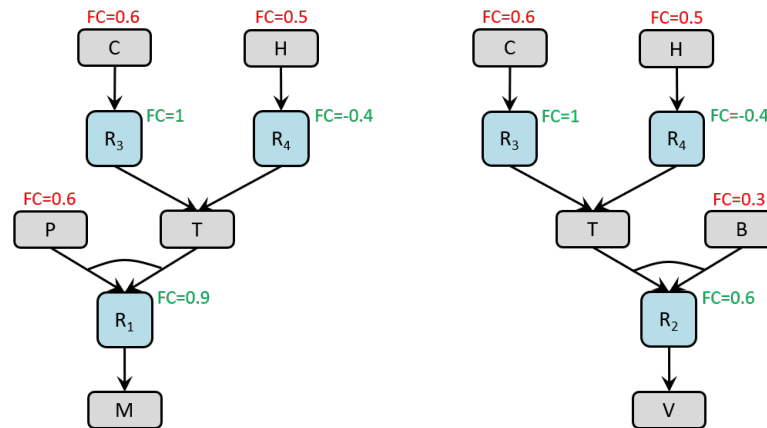
C : “El alienígena baja la cabeza al hablar”

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

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

$$\text{CASO 3: } FC(T_{R_3}) = FC(R_3) * \max\{0, FC(C)\} = 1 * \max\{0, 0.6\} = 0.6$$
 - Propagación por R_4

$$\text{CASO 3: } FC(T_{R_4}) = FC(R_4) * \max\{0, FC(H)\} = -0.4 * \max\{0, 0.5\} = -0.2$$
 - Acumulación por R_3 y R_4 :
$$\text{CASO 2: } FC(T_{R_3, R_4}) = \frac{FC(T_{R_3}) + FC(T_{R_4})}{1 - \min\{|FC(T_{R_3})|, |FC(T_{R_4})|\}} = \frac{0.4}{1 - \min\{0.6, 0.2\}} = 0.4/0.8 = 0.5$$
- Calculamos $FC(M)$
 - Propagación por R_1

$$\text{CASO 1: } FC(T \wedge P) = \min\{FC(T_{R_3-R_4}), FC(P)\} = \min\{0.5, 0.6\} = 0.5$$

$$\text{CASO 3: } FC(M_{R_1}) = FC(R_1) * \max\{0, FC(T \wedge P)\} = 0.9 * \max\{0, 0.5\} = 0.9 * 0.5 = 0.45$$
- Calculamos $FC(V)$
 - Propagación por R_2

$$\text{CASO 1: } FC(T \wedge B) = \min\{FC(T_{R_3, R_4}), FC(B)\} = \min\{0.5, 0.3\} = 0.3$$

$$\text{CASO 3: } FC(V_{R_2}) = FC(R_2) * \max\{0, FC(T \wedge B)\} = 0.6 * \max\{0, 0.3\} = 0.6 * 0.3 = 0.18$$

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.