



PRÁCTICA 2

SISTEMAS INTELIGENTES

Convocatoria de febrero 2021-2022 - Profesor: JOSE MANUEL CADENAS FIGUEREDO



SUBGRUPO 2.3

Alberto Gálvez Gálvez - 49448576W - alberto.galvezg@um.es - albertogg023@gmail.com

Contenido

EXPLICACIÓN SBR-FC.....	1
PSEUDOCÓDIGO DEL MOTOR DE INFERENCIAS.....	2
FORMALIZACIÓN DE PRUEBAS.....	3
PRUEBA 4 (FORMALIZACIÓN DE UN EJERCICIO DADO)	3
PRUEBA 5 (ELABORACIÓN Y FORMALIZACIÓN DE UN EJERCICIO PROPIO)	3
ENUNCIADO DEL EJERCICIO	3
FORMALIZACIÓN DEL EJERCICIO	4
PRUEBAS 6 (ELABORACIÓN Y FORMALIZACIÓN DE UN EJERCICIO PROPIO).....	5
ENUNCIADO DEL EJERCICIO	5
FORMALIZACIÓN DEL EJERCICIO	6
SOLUCIÓN Y EJECUCIÓN DE LAS PRUEBAS.....	7
PRUEBA 1.....	7
RESULTADO OBTENIDO POR EL MOTOR DE INFERENCIAS	7
PRUEBA 2.....	7
RED DE INFERENCIA.....	7
RESULTADO OBTENIDO POR EL MOTOR DE INFERENCIAS	8
PRUEBA 3.....	8
RED DE INFERENCIA (GANA EST).....	8
RESULTADO OBTENIDO POR EL MOTOR DE INFERENCIAS (GANA EST).....	8
RED DE INFERENCIA (GANA RM)	8
RESULTADO OBTENIDO POR EL MOTOR DE INFERENCIAS (GANA RM)	9
PRUEBA 4.....	9
RED DE INFERENCIA.....	9
RESULTADO OBTENIDO POR EL MOTOR DE INFERENCIAS	9
PRUEBA 5.....	10
RED DE INFERENCIA.....	10
RESULTADO OBTENIDO POR EL MOTOR DE INFERENCIAS	11
PRUEBA 6.....	11
RED DE INFERENCIA.....	11
RESULTADO OBTENIDO POR EL MOTOR DE INFERENCIAS	12

EXPLICACIÓN SBR-FC

Un sistema basado en reglas (SBR) es una herramienta eficiente para tratar problemas deterministas, de hecho, a menudo se le denomina Sistema Experto (SE), porque el conocimiento suele proceder de la experiencia de un humano experto en el tema. Este SBR, más específicamente, se trata de un SBR-FC, donde FC representa factor de certeza, es decir, el grado de certeza con el que se produce un hecho. Así pues, el sistema será capaz de dadas unas reglas y unos hechos, con sendos factores de certeza, calcular el factor de certeza de otro hecho (siempre que sea posible). El SBR-FC está formado por tres elementos:

- Base de conocimiento (BC), la cual contiene las variables y reglas que definen el problema, asemejándose al conocimiento de un experto en el tema. Esta base de conocimiento sigue un modelo clásico, pues cada una de estas reglas consiste en una expresión lógica con una o varias afirmaciones conectadas mediante los operadores lógicos “y” y “o”. Una regla se escribe formalmente como *“Si premisa, entonces conclusión con cierta certeza”*. Un ejemplo de una regla de la base de conocimiento podría ser *“Si miro por la ventana y veo que la gente lleva paraguas y la madera de mi casa está húmeda, entonces lloverá con una certeza de 0.8”*.
- Base de hechos (BH), la cual contiene el factor de certeza de los hechos sobre los que se sostiene la base de conocimiento en un momento concreto. Dado el ejemplo anterior, el factor de certeza de *“miro por la ventana y veo que la gente lleva paraguas”* podría venir determinado por el porcentaje de personas que lo llevan (por ejemplo, si de 15 personas avistadas, llevan este 10, la certeza podría ser 0.66), mientras que el factor de certeza de *“la madera de mi casa está húmeda”* podría venir determinado por la sensación de humedad que perciba el sujeto de acuerdo a experiencias previas (por ejemplo, si nota la madera absolutamente como un día soleado, el factor de certeza podría ser -1). Cabe mencionar que a diferencia de la base de conocimiento que es estática (es decir que no cambia durante la ejecución del motor de inferencias), la base de hechos es dinámica, es decir, que a medida que el motor va trabajando con las reglas, irá añadiendo los hechos que se vayan calculando.
- Motor de inferencias, el cual hace uso de ambas bases comentadas para obtener nuevas conclusiones o hechos a través del Modus Ponens y el encadenamiento de reglas. Cabe mencionar, que las bases sobre las que se sostiene el motor de inferencias serían la BC que quedaría igual tras su ejecución, y la BH que se iría ampliando a medida que el motor vaya incorporando nuevas conclusiones a través del *Modus Ponens* y el *encadenamiento de reglas* comentado. Cabe mencionar también que, el motor de inferencias puede encadenar las reglas de dos formas distintas: A) Encadenamiento hacia delante o Dirigido por Datos: Busca el conjunto de metas que se verifican a partir de un conjunto de hechos. B) Encadenamiento hacia atrás o Dirigido por Metas: Determina si se verifica una cierta meta con los hechos disponibles.

Cabe recalcar que, el factor de certeza asociado a un hecho no mide la probabilidad de que este ocurra, sino que mide el grado de cómo de seguro y claro es que este pase, ya sea a partir de datos objetivos o de percepciones subjetivas.

PSEUDOCÓDIGO DEL MOTOR DE INFERENCIAS

```
funcion VERIFICAR
    Verificado=Falso;
    si Contenedida(Meta,BH) entonces devolver "Verdadero";
    si no
        ConjuntoConflicto=Equiparar(Consecuentes(BC),Meta);
        ReglasAplicadas=ConjuntoConflicto;
        mientras NoVacio(ConjuntoConflicto) hacer
            R=Resolver(ConjuntoConflicto);
            Eliminar(R,ConjuntoConflicto);
            NuevasMetas=ExtraerAntecedentes(R);
            Verificado=Verdadero;
            mientras noVacio(NuevasMetas) y Verificado hacer
                Nmet=SeleccionarMeta(NuevasMetas);
                Eliminar(NMet,NuevasMetas);
                Verificado=Verificar(NMet,BH);
            fin mientras
            si Verificado y noVacio(ConjuntoConflicto) entonces
                Meta.factorCerteza = CALCULAR_FACTOR_CERTEZA(ReglasAplicadas,BH);
                Añadir(Meta,BH);
            fin si
        fin mientras
    devolver(Verificado);
fin si

funcion CALCULAR_FACTOR_CERTEZA
    FcReglas = crearListaVacia();
    hacer numeroElementos(ReglasAplicadas) veces
        ReglaAplicada = resolver(ReglasAplicadas);
        si tieneUnAntecedente(ReglaAplicada) entonces FcReglas.insertar(APLICA_CASO_3(ReglaAplicada,BH));
        si no
            si formadoPorConjunciones(ReglaAplicada) entonces
                fcAntecedente = APLICA_CASO_1_CONJUNCIONES(ReglaAplicada,BH);
            si no
                fcAntecedente = APLICA_CASO_1_DISYUNCIONES(ReglaAplicada,BH);
            fin si
            FcReglas.insertar(APLICA_CASO_3_TRAS_CASO_1(ReglaAplicada,FcAntecedente,BH));
        fin si
    fin hacer n veces
    si numeroElementos(ReglasAplicadas) > 1
        devolver APLICA_CASO_2(FcReglas,numeroElementos(ReglasAplicadas));
    si no
        devolver FcReglas.recuperar();
    fin si
```

FORMALIZACIÓN DE PRUEBAS

PRUEBA 4 (FORMALIZACIÓN DE UN EJERCICIO DADO)

$\Sigma = \{A23, AM3, E, C23, CM3, CAN, AC, J, B, CA\}$ donde:

- A23: "El conductor tiene una experiencia entre 2-3 años"
- AM3: "El conductor tiene una experiencia de más de 3 años"
- E: "El conductor es experimentado"
- C23: "El conductor ha conducido entre 2-3 horas"
- CM3: "El conductor ha conducido más de 3 horas"
- CAN: "El conductor está cansado"
- AC: "El conductor iba acompañado"
- J: "El conductor es joven"
- B: "El conductor ha bebido"
- CA: "El conductor es el causante del accidente"

Las reglas quedan como:

- R1: $A23 \rightarrow E, FC = 0.5$
- R2: $AM3 \rightarrow E, FC = 0.9$
- R3: $C23 \rightarrow CAN, FC = 0.5$
- R4: $CM3 \rightarrow CAN, FC = 1$
- R5: $E \wedge AC \rightarrow CA, FC = -0.5$
- R6: $CAN \rightarrow CA, FC = 0.5$
- R7: $J \wedge B, FC = 0.7$

Además, los hechos quedan como:

- $FC(J) = 0.4$
- $FC(A23) = 1$
- $FC(AM3) = -1$
- $FC(CM3) = 1$
- $FC(C23) = -1$
- $FC(AC) = -1$
- $FC(B) = 0.5$

PRUEBA 5 (ELABORACIÓN Y FORMALIZACIÓN DE UN EJERCICIO PROPIO)

ENUNCIADO DEL EJERCICIO

Disponemos de las siguientes reglas con factores de certeza:

- R1: Si duerme menos de 6h normalmente y no hace ejercicio físico entonces hay evidencia favorable (0.8) de que el alumno está agotado.
- R2: Si no ha pedido ninguna tutoría en todo el cuatrimestre hay evidencia favorable (0.3) de que el alumno no es aplicado.
- R3: Si no ha preguntado ninguna duda por el aula virtual al profesor de la asignatura hay evidencia favorable (0.5) de que el alumno no es aplicado.
- R4: Si ha asistido a menos del 60% de las clases de la asignatura hay evidencia favorable (0.7) de que el alumno no es aplicado.
- R5: Si entregó las prácticas de la asignatura en la última hora del plazo hay evidencia favorable (0.8) de que el alumno no es aplicado.
- R6: Si el alumno solo lleva una asignatura suspensa en su expediente actualmente hay evidencia negativa (-0.4) de que el alumno no es aplicado.

- *R7: Si el alumno suele preguntar en clase hay evidencia negativa (-0.6) de que el alumno no se aplica.*
- *R8: Si la nota del examen final difiere en un 40% de la nota media de los exámenes parciales hay evidencia favorable (0.6) de que el alumno tuvo un mal día.*
- *R9: Si pidió revisión de su examen y sabía cuáles eran los errores que cometió hay evidencia favorable (0.4) de que el alumno tuvo un mal día.*
- *R10: Si no tuvo tiempo suficiente para terminar el examen hay evidencia favorable (0.2) de que el alumno tuvo un mal día.*
- *R11: Si el alumno se encuentra agotado hay evidencia favorable (0.2) de que el alumno merece aprobar.*
- *R12: Si el alumno tuvo un mal día hay evidencia favorable (0.6) de que el alumno merece aprobar.*
- *R13: Si el alumno no se aplica hay evidencia negativa (-0.7) de que el alumno merece aprobar.*

En la puesta de actas, estamos dudando de aprobar a un alumno del que tenemos la siguiente información:

- Duerme menos de 6 horas diarias con una certeza 0.8.
- No hace ejercicio físico en absoluto.
- No ha pedido ninguna tutoría al profesor.
- No ha preguntado ninguna duda al profesor por el aula virtual.
- Ha asistido a menos del 60% de las notas de la asignatura con una certeza de 0.65.
- Entregó la práctica a última hora con una certeza de 0.8.
- Lleva solo una asignatura suspensa con una certeza de 0.3.
- Suele preguntar en clase con una certeza de 0.7.
- La nota de su examen final difiere en más de un 40% de la nota media de los parciales con una certeza de 0.9.
- Pidió revisión de su examen y sabía y comprendía los errores que tuvo con una certeza de 0.8.
- No tuvo tiempo suficiente para terminar el examen con una certeza de 0.3.

Utilizando la teoría de los factores de certeza, ¿merece al alumno aprobar?

FORMALIZACIÓN DEL EJERCICIO

$\Sigma = \{D, E, T, A, C, U, S, P, F, R, N\}$ donde:

- *D: "Duerme menos de 6 horas diarias"*
- *E: "No hace ejercicio físico"*
- *T: "No pidió tutorías al profesor"*
- *A: "No preguntó dudas por el aula virtual"*
- *C: "Asistió a menos del 60% de las clases de la asignatura"*
- *U: "Entregó la práctica en su última hora de plazo"*
- *S: "Solo lleva una asignatura suspensa actualmente"*
- *P: "Suele preguntar en clase"*
- *F: "La nota del examen final difiere en más de un 40% de la nota media de los parciales"*
- *R: "Pidió revisión de su examen y sabía y comprendía los errores que tuvo"*
- *N: "No tuvo tiempo suficiente para terminar el examen"*
- *G: "El alumno se encuentra agotado física y mentalmente"*
- *K: "El alumno no es aplicado"*
- *Q: "El alumno tuvo un mal día"*
- *M: "El alumno merece aprobar la asignatura"*

Las reglas quedan como:

- $R1: D \wedge E \rightarrow G, FC = 0.8$
- $R2: T \rightarrow K, FC = 0.3$
- $R3: A \rightarrow K, FC = 0.5$
- $R4: C \rightarrow K, FC = 0.7$
- $R5: U \rightarrow K, FC = 0.8$
- $R6: S \rightarrow K, FC = -0.4$
- $R7: P \rightarrow K, FC = -0.6$
- $R8: F \rightarrow Q, FC = 0.6$
- $R9: R \rightarrow Q, FC = 0.4$
- $R10: N \rightarrow Q, FC = 0.2$
- $R11: G \rightarrow M, FC = 0.2$
- $R12: Q \rightarrow M, FC = 0.6$
- $R13: K \rightarrow M, FC = -0.7$

Además, los hechos quedan como:

- $FC(D) = 0.8$
- $FC(E) = 1$
- $FC(T) = 1$
- $FC(A) = 1$
- $FC(C) = 0.65$
- $FC(U) = 0.8$
- $FC(S) = 0.3$
- $FC(P) = 0.7$
- $FC(F) = 0.9$
- $FC(R) = 0.8$
- $FC(N) = 0.3$

PRUEBAS 6 (ELABORACIÓN Y FORMALIZACIÓN DE UN EJERCICIO PROPIO)

ENUNCIADO DEL EJERCICIO

Disponemos de las siguientes reglas con factores de certeza:

- *R1: Si es amable con su círculo cercano entonces hay evidencia favorable (0.3) de que la persona tiene buenas habilidades sociales.*
- *R2: Si es amable con gente desconocida o es amable con los camareros entonces hay evidencia favorable (0.7) de que la persona tiene buenas habilidades sociales.*
- *R3: Si te suele preguntar sobre qué tal estás sin motivo entonces hay evidencia favorable (0.4) de que la persona tiene buenas habilidades sociales.*
- *R4: Si no le gustan y tiene mal trato con los animales hay evidencia negativa (-0.5) de que la persona tiene buenas habilidades sociales.*
- *R5: Si opina sobre el físico de las personas negativamente sin que le pidan su opinión hay evidencia favorable (0.6) de que la persona está acomplejada de forma negativa para el trato con otra gente.*
- *R6: Si es una persona envidiosa hay evidencia favorable (0.4) de que la persona está acomplejada de forma negativa para el trato con otra gente.*
- *R7: Si tiene mala relación con su padre/madre/tutor hay evidencia favorable (0.5) de que es una persona problemática.*
- *R8: Si cree en el horóscopo hay evidencia favorable (0.35) de que es una persona problemática.*
- *R9: Si suele ser una persona sincera con sus intenciones hay evidencia negativa (-0.45) de que es una persona problemática.*

- *R10: Si tiene gustos parecidos a los tuyos o se interesa por lo que te gusta hay evidencia favorable (0.9) de que ambos sois compatibles en cuanto a actividades.*
- *R11: Si es buen estudiante/trabajador y tiene aspiraciones hay evidencia favorable (0.75) de que le aguarda un buen futuro.*
- *R12: Si la persona tiene buenas habilidades sociales hay evidencia favorable (0.3) de que debas mantener relación con esa persona.*
- *R13: Si la persona tiene está acomplejada de forma negativa para el trato con otra gente hay evidencia negativa (-0.4) de que debas mantener relación con esa persona.*
- *R14: Si es una persona problemática hay evidencia negativa (-0.3) de que debas mantener relación con esa persona.*
- *R15: Si ambos sois compatibles en cuanto a actividades hay evidencia favorable (0.45) de que debas mantener relación con esa persona.*

Mi amigo José Carlos está dudando de si seguir en contacto con una chica que le gusta, de la que tenemos la siguiente información:

- Es una persona más agradable con su círculo cercano imposible.
- Es agradable con gente desconocida con una certeza de 0.8.
- Es agradable con los camareros con una certeza de 0.35.
- Suele preguntarle qué tal está sin motivo aparente con una certeza de 0.8.
- No le gustan y trata mal a los animales con una certeza de -1.
- Opina del físico de la gente sin que le pidan su opinión con una certeza de 0.2.
- Es una persona envidiosa con una certeza de 0.3.
- Tiene mala relación con su madre con una certeza de 0.1.
- Cree en el horóscopo con una certeza de 1.
- Suele ser una persona sincera con sus emociones con una certeza de -0.5.
- Tienen gustos parecidos con una certeza de 0.6.
- Se interesa por los gustos de él con una certeza de 0.7.
- Es buena estudiante con una certeza de 0.5.
- Tiene aspiraciones con una certeza de 0.8.

FORMALIZACIÓN DEL EJERCICIO

$\Sigma = \{I, D, C, P, A, F, E, T, H, S, P, O, Q, B, N, U, R, Z, F, Y\}$ donde:

- *I: "Es amable con su círculo cercano"*
- *D: "Es amable con gente desconocida"*
- *C: "Es amable con los camareros"*
- *P: "Suele preguntar sobre qué tal estás sin motivo"*
- *A: "No le gustan y tiene mal trato con los animales"*
- *F: "Opina sobre el físico de las personas negativamente sin que le pidan su opinión"*
- *E: "Es una persona envidiosa"*
- *T: "Tiene mala relación con su padre/madre/tutor"*
- *H: "Cree en el horóscopo"*
- *S: "Suele ser una persona sincera con sus intenciones"*
- *P: "Tiene gustos parecidos a los tuyos"*
- *O: "Se interesa por lo que te gusta"*
- *Q "Es buen estudiante/trabajador"*
- *B: "Tiene aspiraciones"*
- *N: "Tiene buenas habilidades sociales"*
- *U: "Es una persona acomplejada de forma negativa para el trato con otra gente"*
- *R: "Es una persona problemática"*

- *Z: "Ambos sois compatibles en cuanto a actividades"*
- *F: "Le aguarda un buen futuro"*
- *Y: "Debes mantener relación con esa persona"*

Las reglas quedan como:

- $R1: I \rightarrow N, \quad FC = 0.3$
- $R2: D \vee C \rightarrow N, \quad FC = 0.7$
- $R3: P \rightarrow N, \quad FC = 0.4$
- $R4: A \rightarrow N, \quad FC = -0.5$
- $R5: F \rightarrow U, \quad FC = 0.6$
- $R6: E \rightarrow U, \quad FC = 0.4$
- $R7: T \rightarrow R, \quad FC = 0.5$
- $R8: H \rightarrow R, \quad FC = 0.35$
- $R9: S \rightarrow R, \quad FC = -0.45$
- $R10: P \vee O \rightarrow Z, \quad FC = 0.9$
- $R11: Q \wedge B \rightarrow F, \quad FC = 0.75$
- $R12: N \rightarrow Y, \quad FC = 0.3$
- $R13: U \rightarrow Y, \quad FC = -0.4$
- $R14: R \rightarrow Y, \quad FC = -0.3$
- $R15: Z \rightarrow Y, \quad FC = 0.45$
- $R16: F \rightarrow Y, \quad FC = 0.45$

Además, los hechos quedan como:

- $FC(I) = 1$
- $FC(D) = 0.8$
- $FC(C) = 0.35$
- $FC(P) = 0.8$
- $FC(A) = -1$
- $FC(F) = 0.2$
- $FC(E) = 0.3$
- $FC(T) = 0.1$
- $FC(H) = 1$
- $FC(S) = -0.5$
- $FC(P) = 0.6$
- $FC(O) = 0.7$
- $FC(Q) = 0.5$
- $FC(B) = 0.8$

SOLUCIÓN Y EJECUCIÓN DE LAS PRUEBAS

PRUEBA 1

RESULTADO OBTENIDO POR EL MOTOR DE INFERENCIAS

El objetivo era el hecho *CACC*, cuyo factor de certeza obtenido por el *SBR-FC* es 0.64. En vistas de este resultado, todo parece indicar que el hecho *CACC* se da, aunque no podamos afirmarlo con suficiente certeza.

PRUEBA 2

RED DE INFERENCIA

- *Calculamos $FC(C)$*
 - *Propagación por $R1$*

- CASO 1: $FC(A \vee B) = \max\{0.6, 0.4\} = 0.6$
- CASO 3: $FC(C_{R1}) = FC(R1) \times \max\{0, FC(A \vee B)\} = 0.7 \times 0.6 = 0.42$
- Propagación por R2
 - CASO 1: $FC(D \wedge E \wedge F) = \min\{0.9, 0.7, 0.8\} = 0.7$
 - CASO 3: $FC(C_{R2}) = FC(R2) \times \max\{0, FC(D \wedge E \wedge F)\} = 0.5 \times 0.7 = 0.35$
- Acumulación por R1 y R2
 - CASO 2: $FC(C_{R1,R2}) = FC(C_{R1}) + FC(C_{R2}) \times (1 - FC(C_{R1})) = 0.42 + 0.35 \times (1 - 0.42) = 0.623$
- Calculamos $FC(H)$
 - Propagación por R4
 - CASO 3: $FC(H_{R4}) = FC(R4) \times \max\{0, FC(G)\} = 0.6 \times \max\{0, -0.3\} = 0$
- Calculamos $FC(I)$
 - Propagación por R3
 - CASO 1: $FC(C \vee H) = \max\{0.623, 0\} = 0.623$
 - CASO 3: $FC(I_{R3}) = FC(R3) \times \max\{0, FC(C \vee H)\} = 0.65 \times 0.623 = 0.40495$

RESULTADO OBTENIDO POR EL MOTOR DE INFERENCIAS

El objetivo era el hecho *I*, cuyo factor de certeza obtenido por el *SBR-FC* es 0.40495. En vistas de este resultado, parece que el hecho *I* se da, aunque no podamos afirmarlo con una certeza demasiado significativa.

PRUEBA 3

RED DE INFERENCIA (GANA EST)

- Calculamos $FC(ganaEST)$
 - Propagación por R4
 - CASO 3: $FC(ganaEST_{R4}) = FC(R4) \times \max\{0, FC(publicoEqui)\} = -0.55 \times \max\{0, 0.35\} = -0.1925$
 - Propagación por R6
 - CASO 3: $FC(ganaEST_{R6}) = FC(R6) \times \max\{0, FC(les2pivEST)\} = -0.6 \times \max\{0, 1\} = -0.6$
 - Propagación por R1
 - CASO 3: $FC(ganaEST_{R1}) = FC(R1) \times \max\{0, FC(arbMod)\} = 0.4 \times \max\{0, 1\} = 0.4$
 - Acumulación por R4, R6 y R1
 - CASO 2: $FC(ganaEST_{R4,R6}) = FC(ganaEST_{R4}) + FC(ganaEST_{R6}) \times (1 + FC(ganaEST_{R4})) = -0.1925 + 0.6 \times (1 - 0.1925) = -0.677$
 - CASO 2: $FC(ganaEST_{R4,R6,R1}) = (FC(ganaEST_{R4,R6}) + FC(ganaEST_{R1})) / (1 - \min\{|FC(ganaEST_{R4,R6})|, |FC(ganaEST_{R1})|\}) = (-0.677 + 0.4) / (1 - \min\{|-0.677|, |0.4|\}) = -0.461666666$

RESULTADO OBTENIDO POR EL MOTOR DE INFERENCIAS (GANA EST)

El objetivo era el hecho *ganaEST*, cuyo factor de certeza obtenido por el *SBR-FC* es -0.461667. En vistas de este resultado, todo parece indicar que el hecho *ganaEST* no se dará y, por tanto, el Real Madrid ganará el partido y la liga, aunque no podamos afirmarlo con suficiente certeza.

RED DE INFERENCIA (GANA RM)

- Calculamos $FC(ganaRM)$
 - Propagación por R2
 - CASO 3: $FC(ganaRM_{R2}) = FC(R2) \times \max\{0, FC(arbMod)\} = 0.75 \times \max\{0, 1\} = 0.75$
 - Propagación por R5
 - CASO 1: $FC(les2pivRM \wedge visitanteRM) = \min\{1, 1\}$
 - CASO 3: $FC(ganaRM_{R5}) = FC(R5) \times \max\{0, FC(les2pivRM \wedge visitanteRM)\} = -0.1 \times 1 = -0.1$
 - Propagación por R3

$$\text{CASO 3: } FC(\text{ganaRMR3}) = FC(R3) \times \max\{0, FC(\text{publicoMayEST})\} = -0.4 \times \max\{0, 0.65\} = -0.26$$

- Acumulación por R2, R5 y R3

$$\text{CASO 2: } FC(\text{ganaRM}_{R1,R5}) = (FC(\text{ganaRM}_{R1}) + FC(\text{ganaRM}_{R5})) / (1 - \min\{|FC(\text{ganaRM}_{R1})|, |FC(\text{ganaRM}_{R5})|\}) = (0.75 - 0.1) / (1 - \min\{|0.75|, |0.1|\}) = 0.72222222$$

$$\text{CASO 2: } FC(\text{ganaRM}_{R1,R5,R3}) = (FC(\text{ganaRM}_{R1,R5}) + FC(\text{ganaRM}_{R3})) / (1 - \min\{|FC(\text{ganaRM}_{R1,R5})|, |FC(\text{ganaRM}_{R3})|\}) = (0.72222222 - 0.26) / (1 - \min\{|0.72222222|, |-0.26|\}) = 0.6246246216$$

RESULTADO OBTENIDO POR EL MOTOR DE INFERENCIAS (GANA RM)

El objetivo era el hecho *ganaRM*, cuyo factor de certeza obtenido por el *SBR-FC* es 0.624625. En vistas de este resultado, parece que el hecho *ganaRM* se dará, ganando así el partido y la liga el Real Madrid, aunque no podamos afirmarlo con total certeza.

PRUEBA 4

RED DE INFERENCIA

- Calculamos $FC(E)$
 - Propagación por R1

$$\text{CASO 3: } FC(E_{R1}) = FC(R1) \times \max\{0, FC(A23)\} = 0.5 \times \max\{0, 1\} = 0.5$$
 - Propagación por R2

$$\text{CASO 3: } FC(E_{R2}) = FC(R2) \times \max\{0, FC(AM3)\} = 0.9 \times 0 = 0$$
 - Acumulación por R1 y R2

$$\text{CASO 2: } FC(E_{R1,R2}) = FC(E_{R1}) + FC(E_{R2}) \times (1 - FC(E_{R1})) = 0.5 + 0 \times (1 - 0.5) = 0.5$$
- Calculamos $FC(CAN)$
 - Propagación por R3

$$\text{CASO 3: } FC(CAN_{R3}) = FC(R3) \times \max\{0, FC(C23)\} = 1 \times \max\{0, -1\} = 0$$
 - Propagación por R4

$$\text{CASO 3: } FC(CAN_{R4}) = FC(R4) \times \max\{0, FC(CM3)\} = 1 \times 1 = 1$$
 - Acumulación por R3 y R4

$$\text{CASO 2: } FC(CAN_{R3,R4}) = FC(CAN_{R3}) + FC(CAN_{R4}) \times (1 - FC(E_{R3})) = 0 + 1 \times (1 - 0) = 1$$
- Calculamos $FC(CA)$
 - Propagación por R5

$$\text{CASO 1: } FC(E \wedge AC) = \min\{0.5, -1\} = -1$$

$$\text{CASO 3: } FC(CA_{R5}) = FC(R5) \times \max\{0, FC(E \wedge AC)\} = -0.5 \times -1 = 0$$
 - Propagación por R6

$$\text{CASO 3: } FC(CA_{R6}) = FC(R6) \times \max\{0, FC(CAN)\} = 0.5 \times 1 = 0.5$$
 - Propagación por R7

$$\text{CASO 1: } FC(J \wedge B) = \min\{0.4, 0.5\} = 0.4$$

$$\text{CASO 3: } FC(CA_{R5}) = FC(R7) \times \max\{0, FC(J \wedge B)\} = 0.7 \times 0.4 = 0.28$$
 - Acumulación por R5, R6 y R7

$$\text{CASO 2: } FC(CA_{R5,R6}) = FC(CA_{R5}) + FC(CA_{R6}) \times (1 - FC(CA_{R5})) = 0 + 0.5 \times (1 - 0) = 0.5$$

$$\text{CASO 2: } FC(CA_{R5,R6,R7}) = FC(CA_{R5,R6}) + FC(CA_{R7}) \times (1 - FC(CA_{R5,R6})) = 0.5 + 0.28 \times (1 - 0.5) = 0.64$$

RESULTADO OBTENIDO POR EL MOTOR DE INFERENCIAS

El objetivo era el hecho *CA*, cuyo factor de certeza obtenido por el *SBR-FC* es 0.64. En vistas de este resultado, parece que el culpable del accidente es el conductor con una certeza de 0.64.

PRUEBA 5

RED DE INFERENCIA

- Calculamos $FC(G)$
 - Propagación por R1
CASO 1: $FC(D \wedge E) = \min\{0.8, 1\}$
CASO 3: $FC(G_{R1}) = FC(R1) \times \max\{0, FC(D \wedge E)\} = 0.8 \times 0.8 = 0.64$
- Calculamos $FC(Q)$
 - Propagación por R8
CASO 3: $FC(Q_{R8}) = FC(R8) \times \max\{0, FC(F)\} = 0.6 \times 0.9 = 0.54$
 - Propagación por R9
CASO 3: $FC(Q_{R9}) = FC(R9) \times \max\{0, FC(R)\} = 0.4 \times 0.8 = 0.32$
 - Propagación por R10
CASO 3: $FC(Q_{R10}) = FC(R10) \times \max\{0, FC(N)\} = 0.2 \times 0.3 = 0.06$
 - Acumulación por R8, R9 y R10
CASO 2: $FC(Q_{R8,R9}) = FC(Q_{R8}) + FC(Q_{R9}) \times (1 - FC(Q_{R8})) = 0.54 + 0.32 \times (1 - 0.54) = 0.6872$
CASO 2: $FC(Q_{R8,R9,R10}) = FC(Q_{R8,R9}) + FC(Q_{R10}) \times (1 - FC(Q_{R8,R9})) = 0.6872 + 0.06 \times (1 - 0.6872) = 0.705698$
- Calculamos $FC(K)$
 - Propagación por R2
CASO 3: $FC(K_{R2}) = FC(R2) \times \max\{0, FC(T)\} = 0.3 \times 1 = 0.3$
 - Propagación por R3
CASO 3: $FC(K_{R3}) = FC(R3) \times \max\{0, FC(A)\} = 0.5 \times 0.1 = 0.5$
 - Propagación por R4
CASO 3: $FC(K_{R4}) = FC(R4) \times \max\{0, FC(C)\} = 0.7 \times 0.65 = 0.455$
 - Propagación por R5
CASO 3: $FC(K_{R5}) = FC(R5) \times \max\{0, FC(U)\} = 0.8 \times 0.8 = 0.64$
 - Propagación por R6
CASO 3: $FC(K_{R6}) = FC(R6) \times \max\{0, FC(S)\} = -0.4 \times 0.3 = -0.12$
 - Propagación por R7
CASO 3: $FC(K_{R7}) = FC(R6) \times \max\{0, FC(S)\} = -0.6 \times 0.7 = -0.42$
 - Acumulación por R2, R3, R4, R5 y R6
CASO 2: $FC(K_{R2,R3}) = FC(K_{R2}) + FC(K_{R3}) \times (1 - FC(K_{R2})) = 0.3 + 0.5 \times (1 - 0.3) = 0.65$
CASO 2: $FC(Q_{R2,R3,R4}) = FC(Q_{R2,R3}) + FC(Q_{R4}) \times (1 - FC(Q_{R2,R3})) = 0.65 + 0.455 \times (1 - 0.65) = 0.80925$
CASO 2: $FC(Q_{R2,R3,R4,R5}) = FC(Q_{R2,R3,R4}) + FC(Q_{R5}) \times (1 - FC(Q_{R2,R3,R4})) = 0.80925 + 0.64 \times (1 - 0.80925) = 0.931333$
CASO 2: $FC(Q_{R2,R3,R4,R5,R6}) = (FC(Q_{R2,R3,R4,R5}) + FC(Q_{R6})) / (1 - \min\{|FC(Q_{R2,R3,R4,R5})|, |FC(Q_{R6})|\}) = (0.931333 - 0.12) / (1 - \min\{|0.931333|, |-0.12|\}) = 0.9219693182$
CASO 2: $FC(Q_{R2,R3,R4,R5,R6,R7}) = (FC(Q_{R2,R3,R4,R5,R6}) + FC(Q_{R7})) / (1 - \min\{|FC(Q_{R2,R3,R4,R5,R6})|, |FC(Q_{R7})|\}) = (0.9219693182 - 0.42) / (1 - \min\{|0.9219693182|, |-0.42|\}) = 0.8654643417$
- Calculamos $FC(M)$
 - Propagación por R11
CASO 3: $FC(M_{R11}) = FC(R11) \times \max\{0, FC(G)\} = 0.2 \times 0.64 = 0.128$
 - Propagación por R12
CASO 3: $FC(M_{R12}) = FC(R12) \times \max\{0, FC(Q)\} = 0.6 \times 0.705698 = 0.42341$
 - Propagación por R13
CASO 3: $FC(M_{R13}) = FC(R13) \times \max\{0, FC(K)\} = -0.7 \times 0.8654643417 = -0.6058250392$

- Acumulación por R11, R12 y R13

$$\text{CASO 2: } FC(M_{R11,R12}) = FC(M_{R11}) + FC(M_{R12}) \times (1 - FC(M_{R11})) = 0.128 + 0.42341 \times (1 - 0.128) = 0.49721352$$

$$\text{CASO 2: } FC(M_{R11,R12,R13}) = (FC(M_{R11,R12}) + FC(Q_{R13})) / (1 - \min\{|FC(M_{R11,R12})|, |M_{R13}|\}) = (0.49721352 - 0.6058250392) / (1 - \min\{|0.49721352|, |-0.6058250392|\}) = -0.2160131722$$

RESULTADO OBTENIDO POR EL MOTOR DE INFERENCIAS

El objetivo era el hecho M , cuyo factor de certeza obtenido por el SBR-FC es -0.215779. En vistas de este resultado, tenemos evidencias de que parece que el hecho M no se dará, así pareciendo lo más adecuado no aprobar al alumno, pese a que no tenemos una certeza demasiado significativa.

PRUEBA 6

RED DE INFERENCIA

- Calculamos $FC(N)$
 - Propagación por R1

$$\text{CASO 3: } FC(N_{R1}) = FC(R1) \times \max\{0, FC(I)\} = 0.3 \times 1 = 0.3$$
 - Propagación por R2

$$\text{CASO 1: } FC(C \vee D) = \max\{0.35, 0.8\} = 0.8$$

$$\text{CASO 3: } FC(N_{R2}) = FC(R2) \times \max\{0, FC(C \wedge D)\} = 0.7 \times 0.8 = 0.56$$
 - Propagación por R3

$$\text{CASO 3: } FC(N_{R3}) = FC(R3) \times \max\{0, FC(P)\} = 0.4 \times 0.8 = 0.32$$
 - Propagación por R4

$$\text{CASO 3: } FC(N_{R4}) = FC(R4) \times \max\{0, FC(A)\} = -0.5 \times 0 = 0$$
 - Acumulación por R1, R2, R3 y R4

$$\text{CASO 2: } FC(N_{R1,R2}) = FC(N_{R1}) + FC(N_{R2}) \times (1 - FC(N_{R1})) = 0.3 + 0.56 \times (1 - 0.3) = 0.692$$

$$\text{CASO 2: } FC(N_{R1,R2,R3}) = FC(N_{R1,R2}) + FC(N_{R3}) \times (1 - FC(N_{R1,R2})) = 0.692 + 0.32 \times (1 - 0.692) = 0.79056$$

$$\text{CASO 2: } FC(N_{R1,R2,R3,R4}) = FC(N_{R1,R2,R3}) + FC(N_{R4}) \times (1 - FC(N_{R1,R2,R3})) = 0.79056 + 0 \times (1 - 0.79056) = 0.79056$$
- Calculamos $FC(U)$
 - Propagación por R5

$$\text{CASO 3: } FC(U_{R5}) = FC(R5) \times \max\{0, FC(F)\} = 0.6 \times 0.2 = 0.12$$
 - Propagación por R6

$$\text{CASO 3: } FC(U_{R6}) = FC(R6) \times \max\{0, FC(e)\} = 0.4 \times 0.3 = 0.12$$
 - Acumulación por R5 Y R6

$$\text{CASO 2: } FC(U_{R5,R6}) = FC(U_{R5}) + FC(U_{R6}) \times (1 - FC(U_{R5})) = 0.12 + 0.12 \times (1 - 0.12) = 0.2256$$
- Calculamos $FC(R)$
 - Propagación por R7

$$\text{CASO 3: } FC(R_{R7}) = FC(R7) \times \max\{0, FC(T)\} = 0.5 \times 0.1 = 0.05$$
 - Propagación por R8

$$\text{CASO 3: } FC(R_{R8}) = FC(R8) \times \max\{0, FC(H)\} = 0.35 \times 1 = 0.35$$
 - Propagación por R9

$$\text{CASO 3: } FC(R_{R9}) = FC(R9) \times \max\{0, FC(S)\} = -0.45 \times 0 = 0$$
 - Acumulación por R7, R8 Y R9

$$\text{CASO 2: } FC(R_{R7,R8}) = FC(R_{R7}) + FC(R_{R8}) \times (1 - FC(R_{R7})) = 0.05 + 0.35 \times (1 - 0.05) = 0.3825$$

$$\text{CASO 2: } FC(R_{R7,R8,R9}) = FC(R_{R7,R8}) + FC(R_{R9}) \times (1 - FC(R_{R7,R8})) = 0.3825 + 0 \times (1 - 0.3825) = 0.3825$$
- Calculamos $FC(Z)$
 - Propagación por R10

$$\text{CASO 1: } FC(P \vee O) = \max\{0.8, 0.7\} = 0.8$$

$$\text{CASO 3: } FC(Z_{10}) = FC(R2) \times \max\{0, FC(C \wedge D)\} = 0.9 \times 0.8 = 0.72$$

- Calculamos $FC(Y)$

- Propagación por R12

$$\text{CASO 3: } FC(Y_{R12}) = FC(R12) \times \max\{0, FC(N)\} = 0.3 \times 0.79056 = 0.237168$$

- Propagación por R13

$$\text{CASO 3: } FC(Y_{R13}) = FC(R13) \times \max\{0, FC(U)\} = -0.4 \times 0.2256 = -0.09024$$

- Propagación por R14

$$\text{CASO 3: } FC(Y_{R14}) = FC(R14) \times \max\{0, FC(R)\} = -0.3 \times 0.3825 = -0.11475$$

- Propagación por R15

$$\text{CASO 3: } FC(Y_{R15}) = FC(R15) \times \max\{0, FC(Z)\} = 0.45 \times 0.72 = 0.324$$

- Acumulación por R12, R13, R14, R15 y R16

$$\text{CASO 2: } FC(Y_{R12,R13}) = (FC(Y_{R12}) + FC(Y_{R13})) / (1 - \min\{|FC(Y_{R12})|, |FC(Y_{R13})|\}) = (0.237168 - 0.09024) / (1 - \min\{|0.237168|, |-0.09024|\}) = 0.1615019346$$

$$\text{CASO 2: } FC(Y_{R12,R13,R14}) = (FC(Y_{R12,R13}) + FC(Y_{R14})) / (1 - \min\{|FC(Y_{R12,R13})|, |FC(Y_{R14})|\}) = (0.1615019346 - 0.11475) / (1 - \min\{|0.1615019346|, |-0.11475|\}) = 0.359701$$

$$\text{CASO 2: } FC(Y_{R12,R13,R14,R15}) = FC(Y_{R12,R13,R14}) + FC(Y_{R15}) \times (1 - FC(Y_{R12,R13,R14})) = 0.359701 + 0.324 \times (1 - 0.359701) = 0.417328$$

RESULTADO OBTENIDO POR EL MOTOR DE INFERENCIAS

El objetivo era el hecho Y, cuyo factor de certeza obtenido por el SBR-FC es 0.417328. En vistas de este resultado, parece que el hecho Y se dará, así pareciendo buena idea que José Carlos mantenga relación con esa chica, aunque no podamos afirmarlo con absoluta certeza.

