
Sistema Basado en Reglas con Factor de Certeza

Sistemas Inteligentes

Curso 2020-2021
Grado en Ingeniería Informática, Universidad de Murcia

Convocatoria de Enero – 20 de Diciembre 2020

Índice

1. Explicación SBR.....	3
1.1 Explicación de los elementos de un Sistema basado en reglas.....	3
1.2 Explicación Factores de Certeza del conocimiento incierto.....	3
1.3 ¿Qué es lo que mide un factor de certeza asociado a un hecho?	4
2. Pseudocódigo algoritmo SBR-FC.....	4
3. Prueba adicionales	6
3.1 Formalización Prueba-3, BH y BC.....	6
3.3 Prueba 4.....	7
3.4 Prueba 5.....	8
4. Red de inferencia y resultados	10
4.01 Red de inferencia Prueba-1.....	10
4.02 Explicación resultados Prueba-1.....	10
4.03 Red de inferencia Prueba-2.....	11
4.04 Explicación resultados Prueba-2.....	11
4.05 Red de inferencia Prueba-3.....	12
4.06 Explicación resultados Prueba-3.....	12
4.07 Red de inferencia Prueba-4.....	13
4.08 Explicación resultados Prueba-4.....	13
4.09 Red de inferencia Prueba-5.....	14
4.10 Explicación resultados Prueba-5.....	14
5. Manual de uso	15
6. Bibliografía	15

1. Explicación SBR

Un Sistema basado en reglas (SBR) es un sistema que permite solucionar problemas a través de “reglas” y unos hechos. Constituyen un campo fundamental de la IA puesto que utilizan el razonamiento deductivo y permite solucionar problemas en los que nos encontramos escenarios deterministas en los que se pueden aplicar dichas reglas. Estos sistemas están formados principalmente por tres elementos, una base de conocimiento (BC), una base de hechos (BH) y un mecanismo de inferencias (MI), también conocido como Motor de Inferencias.

1.1 Explicación de los elementos de un Sistema basado en reglas

A continuación, procedo a explicar de forma breve en qué consisten los elementos principales de un SBR.

- Base de Conocimiento (BC): Contiene las reglas que codifican todo el conocimiento, es decir se transforman las condiciones y situaciones de la vida real en unas reglas del estilo A implica B. En otras palabras, si sucede un hecho entonces sucederá otro.
- Base de Hechos (BH): Contiene hechos establecidos como verdaderos, tanto datos de entrada como conclusiones inferidas. Las reglas están bien, pero si no sabemos que hechos o que datos son ciertos no podemos hacer nada con las reglas, por lo tanto, según que hechos se estén “cumpliendo” obtendremos una conclusión u otra. Esta BH contendrá también los hechos que deduzcamos a partir del conjunto inicial de hechos y deduciendo otros mediante las reglas.
- Mecanismo de Inferencias (MI): Selecciona las reglas que se pueden aplicar y las ejecuta, con el objetivo de obtener alguna conclusión. También se llama Motor de Inferencias. Este mecanismo es un algoritmo que aplica las reglas de la BC junto con los hechos de la BH. El algoritmo que se use para implementar este motor es variable, por ejemplo, podría ser *Encadenamiento hacia delante* o *Encadenamiento hacia atrás*.

1.2 Explicación Factores de Certeza del conocimiento incierto

Los factores de certeza se utilizan para representar la incertidumbre, es decir cuando no sabemos a ciencia cierta ni tenemos una fiabilidad completa sobre un hecho, tenemos una idea y podemos estar más cerca de un extremo que de otro. Esta incertidumbre se representa mediante los Factores de Certeza (FC). Un factor de certeza está formado por dos componentes, $MC(h, e)$ que es la creencia en la hipótesis, es decir cuando creemos en dicha hipótesis. Por otra parte, está $MI(h, e)$ que corresponde a la incredulidad de dicha hipótesis. Uno de los valores tiene que ser cero y el otro tener un valor de cero a uno. También se puede dar la situación donde ambos sean cero, pero esto quiere decir que tenemos la incertidumbre total sobre dicha hipótesis. El factor de certeza se define como:

$$FC(h, e) = MC(h, e) - MI(h, e)$$

Por lo tanto, este factor tendrá un valor entre -1 y 1.

1.3 ¿Qué es lo que mide un factor de certeza asociado a un hecho?

El factor de certeza asociado a un hecho mide cuanto creemos en este, vamos a explicarlo con un simple ejemplo. Un profesor menciona muchas veces en clases un tema de biología y dice que es muy importante. Por lo tanto, podríamos decir que hay un factor de certeza de por ejemplo 0.7 de que este entre en el examen. Aquí el $MI(h, e)$ valdría cero, puesto que no nos está diciendo nada que no pueda entrar y el $MC(h, e)$ valdría 0.7, el valor del factor puede cambiar según la persona, puesto que cada alumno podría entender las palabras del profesor de una forma distinta, asociando una importancia al tema variable.

2. Pseudocódigo algoritmo SBR-FC

2.1 Pseudocódigo

A continuación, se muestra el pseudocódigo del algoritmo del motor con razonamiento hacia atrás del SBR-FC construido. Posteriormente se escriben un par de aclaraciones sobre dicho motor.

```
double función Verificar(Meta, BH)
  si Contenedida(Meta, BH) devolver GetFC(BH, Meta)
  si no
    conjuntoConflicto = Equiparar(Consecuentes(BC), Meta)
    listaCaso2 = Vacio
    mientras NoVacio(ConjuntoConflicto)
      listaCaso1 = Vacio // Lista de factores de certeza
      R = Resolver(ConjuntoConflicto)
      Eliminar(R, ConjuntoConflicto)
      NuevasMetas = ExtraerAntecedentes(R)
      mientras NoVacio(NuevasMetas)
        NMet = SeleccionarMeta(NuevasMetas)
        Eliminar(NMet, NuevasMetas)
        double aux = Verificar(nMet, BH)
        Aniadir(aux, listaCaso1)
      fin mientras
      // Se calcula el FC del antecedente de toda la regla Caso 1
      double aux2 = CalculoCaso1(listaCaso1, R.tipo)
      aux2 = CalculoCaso3(aux2, r.GetFC)
      aniadir(listaCaso2, aux2)
    fin mientras
    double aux3 = CalculoCaso2(listaCaso2)
  fin si
  Aniadir(aux3, BH)
  devolver aux3
```

Las funciones *CalculoCaso1(lista, char)*, *CalculoCaso2(lista)*, *CalculoCaso3(double, double)* son los casos correspondientes de los factores de certeza que se tienen que calcular. Pero en vez de aplicarlo de dos en dos se aplica directamente sobre una lista tanto caso1 como caso2, esto es así para una mayor eficiencia. Es decir, para el cálculo del caso1 se puede aplicar el max/min de todos los elementos del antecedente de la regla, no hace falta ir de dos en dos. Lo mismo sucede para la regla2, lo calculare para toda una lista, aunque “por dentro” se haga de dos en dos. El caso3 sí que se aplica en pares. Además para esto caso la parte del $\max(0, FC)$ se hace al final, puesto que es lo más cómodo y aclaratorio de forma visual.

2.2 Aclaraciones

En primer lugar, quiero aclarar la estructura del fichero de salida:

La primera línea es una línea que indica que es un fichero de salida, luego se sitúan los nombres de los ficheros que contienen las bases de conocimientos y de hechos. A continuación, se indica el objetivo al que queremos llegar. Después viene la estructura que indica los casos que se aplican. Que siguen la siguiente estructura:

```
CASO-1: Regla: (A B C con tipo: Y)-->D
        min(0.5 0.6 0.7 )
```

CASO-2:

```
Regla: (A B con tipo: O)-->C
Regla: (D E F con tipo: Y)-->C
Resultado del Calculo: 0.123
```

```
CASO-3: Regla: (A B con tipo: O)-->C
        FC: 0.65 * max(0, 0.623)
= 0.40495
```

Se indica la regla en lugar del nombre de la regla, puesto que lo he considerado más aclaratorio, de esta forma se indica el caso, y luego la/s regla/s.

El caso uno, simplemente se aplica el caso y se indica si se hace el min o el max y sobre los que se aplica. Por otra parte, el caso dos, se indican las reglas igual que en el anterior y como este cálculo es más complejo no se indica como se hace, si no que se pone directamente la solución. Por último, el caso tres se indica la multiplicación junto con el max y se indica el resultado de la operación. Por último, se indicará el objetivo y su factor de certeza calculado correspondientemente.

Por lo tanto, nuestro fichero tendrá una salida tal que así:

Fichero de salida.

Nombre de la BC: BCejemplo

Nombre de la BH: BHejemplo

Objetivo: X

```
CASO-3: Regla: (A con tipo: N)-->B
        FC: 0.6 * max(0, -0.3)
```

= 0

...

FC Meta:0.123456

En segundo lugar, quiero aclarar que cuando en el fichero de salida se pone que una regla es de tipo N, se refiere que solo hay un antecedente de la regla, es decir es de tipo $A \rightarrow B$. Así, cuando se haga referencia a esta regla en el fichero de salida saldrá de la siguiente forma:

```
CASO-X: Regla: (A con tipo: N)-->B
```

Siendo X el caso que se aplique con el factor de certeza correspondiente.

También esta el tipo O y el tipo Y, que hacen referencia a las reglas que sus antecedentes son or y and, respectivamente.

3. Prueba adicionales

3.1 Formalización Prueba-3, BH y BC

A continuación, se muestra la formalización de la Prueba-3, su base de hechos y su base de conocimiento.

- conductorJov \rightarrow El conductor joven
- Experimentado \rightarrow El conductor es experimentado
- aniosMayorTres \rightarrow El conductor tiene mas de tres años de experiencia
- aniosDosTres \rightarrow El conductor tiene entre dos y tres años de experiencia conduciendo
- viajeSolo \rightarrow El conductor estaba viajando solo
- viajeNoSolo \rightarrow El conductor no estaba viajando solo
- beberAlcohol \rightarrow El conductor había bebido alcohol antes de conducir
- conduccionDosTres \rightarrow El conductor ha conducido entre dos y tres horas
- conduccionMayorTres \rightarrow El conductor ha conducido más de tres horas
- causarAccidente \rightarrow Si el conductor ha sido el causante del accidente

En el enunciado se dispone de los siguientes hechos, que una vez pasados a la BH luce así:

```
6
conductorJov, FC=0.4
aniosDosTres, FC=1
conduccionDosTres, FC=1
viajeSolo, FC=1
viajeNoSolo, FC=-1
beberAlcohol, FC=0.5
Objetivo
causarAccidente
```

Se obtiene un hecho adicional y es el de viajeNoSolo, que es el inverso al de viajeSolo, puesto que como este valor solo puede ser 0 o 1, ya que no hay estados intermedios de ir o no con alguien, al ser el factor de certeza del hecho viajeSolo igual a uno, el de viajeNoSolo es menos uno.

En el enunciado de la Prueba-3 se enseñan unas reglas, procedo a enseñarlas una vez pasadas a la BC.

```
7
R1: Si aniosDosTres Entonces Experimentado, FC=0.5
R2: Si aniosMayorTres Entonces Experimentado, FC=0.9
R3: Si conduccionDosTres Entonces Cansado, FC=0.5
R4: Si conduccionMayorTres Entonces Cansado, FC=1
R5: Si Experimentado y viajeNoSolo Entonces causarAccidente, FC=-0.5
R6: Si Cansado Entonces causarAccidente, FC=0.5
R7: Si conductorJov y beberAlcohol Entonces causarAccidente, FC=0.7
```

Ambos ficheros se encuentran bajo los nombres de Prueba3-BC.txt y Prueba3-BH.txt, que corresponden a la base de conocimiento y a la base de hechos respectivamente.

3.3 Prueba 4

Se ha despegado un cohete con destino a Marte, con cinco astronautas a bordo, pero a poco tiempo después del lanzamiento empieza a saltar un error en la pantalla de los astronautas, existe un riesgo de explosión, por lo tanto, los astronautas tienen que intentar escapar con vida y abandonar la misión.

Consideramos el siguiente conocimiento:

- Los astronautas son personas preparadas, por lo tanto, saben cómo maniobrar en estas situaciones (0.9).
- Si los mecanismos del cohete responden correctamente a las instrucciones de los astronautas (tales como puertas y botones) hay evidencia a favor de que puedan escapar del cohete (0.95)
- Si los astronautas siguen el protocolo correctamente todos los mecanismos deberían funcionar perfectamente (0.7).
- Si los astronautas están en plena forma, y los astronautas saben como maniobrar en estas situaciones existe evidencia de que puedan escapar del cohete (0.97)

Disponemos de las siguientes evidencias:

Los astronautas están en plena forma con una evidencia de 0.9 puesto que se les han hecho muchas pruebas antes de subirlos a bordo. Por otra parte, se saben el protocolo de emergencia de memoria y por lo tanto hay una evidencia de 0.8 de que lo recuerden en dichas situaciones y lo puedan seguir. Por último, hay una certeza absoluta de que son personas preparadas.

Por lo tanto, nuestro objetivo es averiguar con qué certeza los astronautas escaparan con vida de la nave.

Una vez pasado al formato correspondiente el archivo BC se queda de la siguiente manera:

```
4
R1: Si preparados Entonces maniobrar, FC=0.9
R2: Si mecanismos Entonces escapar, FC=0.95
R3: Si siguenProtocolo Entonces mecanismos, FC=0.7
R4: Si plenaForma y maniobrar Entonces escapar, FC=0.97
```

Y la BH de la siguiente:

```
3
preparados, FC=1
plenaForma, FC=0.9
siguenProtocolo, FC=0.8
Objetivo
escapar
```

Donde

- preparados = ‘Los astronautas están preparados para la misión.’
- maniobrar = ‘Los astronautas saben maniobrar la situación.’
- escapar = ‘Los astronautas pueden escapar de la nave’
- siguenProtocolo = ‘Los astronautas son capaces de seguir el protocolo en caso de emergencia.’
- plenaForma = ‘Los astronautas están en buena condición física.’
- mecanismos = ‘Los mecanismos funcionan correctamente’

3.4 Prueba 5

Se ha descubierto un gen recientemente (genProg) que se da en un gran sector de la población que podría ser el causante de algunos tipos de cáncer, todavía no se ha estudiado en profundidad y no se esta seguro sobre nada, pero poco a poco se van haciendo avances. Este gen se ve afectado por tres genes principalmente genP, gen PM, genMM.

Se sabe que, si tienes los ojos azules, un color blanquecino y el color de pelo castaño es probable que en tu secuencia de ADN tengas las bases nitrogenadas que dan lugar al genP (0.4), por otra parte, también es posible tenerlo con mayor probabilidad si tienes el pelo castaño o tienes pecas (0.87).

El genP indica cosas contradictorias en el estudio de laboratorio, por una parte, al hacerlo sobre algunas muestras de la población se ve que hay una certeza de que tengas el genProg de 0.9, mientras que al hacerlo sobre otra muestra distinta había una certeza de 0.02.

En cuanto al gen PM se sabe hay una certeza de lo tengas si eres una persona que mides más de 1,80 en tu edad adulta (0.67). Pero hay un indicio (como he dicho se está estudiando y todavía no se sabe a ciencia cierta) de que si eres alto no se de el genMM (-0.2), esto es contradictorio y no se sabe todavía el porqué.

Si se da tanto el genMM como el genPM entonces existe una certeza de que se de el genProg bastante buena (0.7).

Con todos estos datos hay un bebe que parece que va a tener los ojos azules (0.6), ya que al ser un bebe todavía le pueden cambiar el color de los ojos hacia otra tonalidad. El bebe es de un tono normal, ni muy blanquecino ni muy moreno, por lo tanto, hay una certeza de 0.2 de que sea blanquecino cuando sea adulto. Es de color castaño (0.9) y tiene pecas (0.82), se sabe que sus padres son altos por lo tanto hay una certeza de 0.7 de que el bebe sea alto en el futuro. Con todos estos datos se pide que certeza hay de que el bebe presente el genProg.

Por lo tanto, la base de conocimiento se queda de la siguiente forma:

7
R1: Si ojosAzules y colorBlanco y castanio Entonces genP=0.4
R2: Si castanio o pecas Entonces genP, FC=0.87
R3: Si alto Entonces genMM, FC=-0.2
R4: Si alto Entonces genPM, FC=0.67
R5: Si genMM y genPM Entonces genProg, FC=0.9
R6: Si genP Entonces genProg, FC=0.02
R7: Si genP Entonces genProg, FC=0.7

Por otra parte, la base de hechos se queda de la siguiente:

5

ojosAzules, FC=0.6

colorBlanco, FC=0.2

castanio, FC=0.9

pecas, FC=0.82

alto, FC=0.7

Objetivo

genProg

Donde:

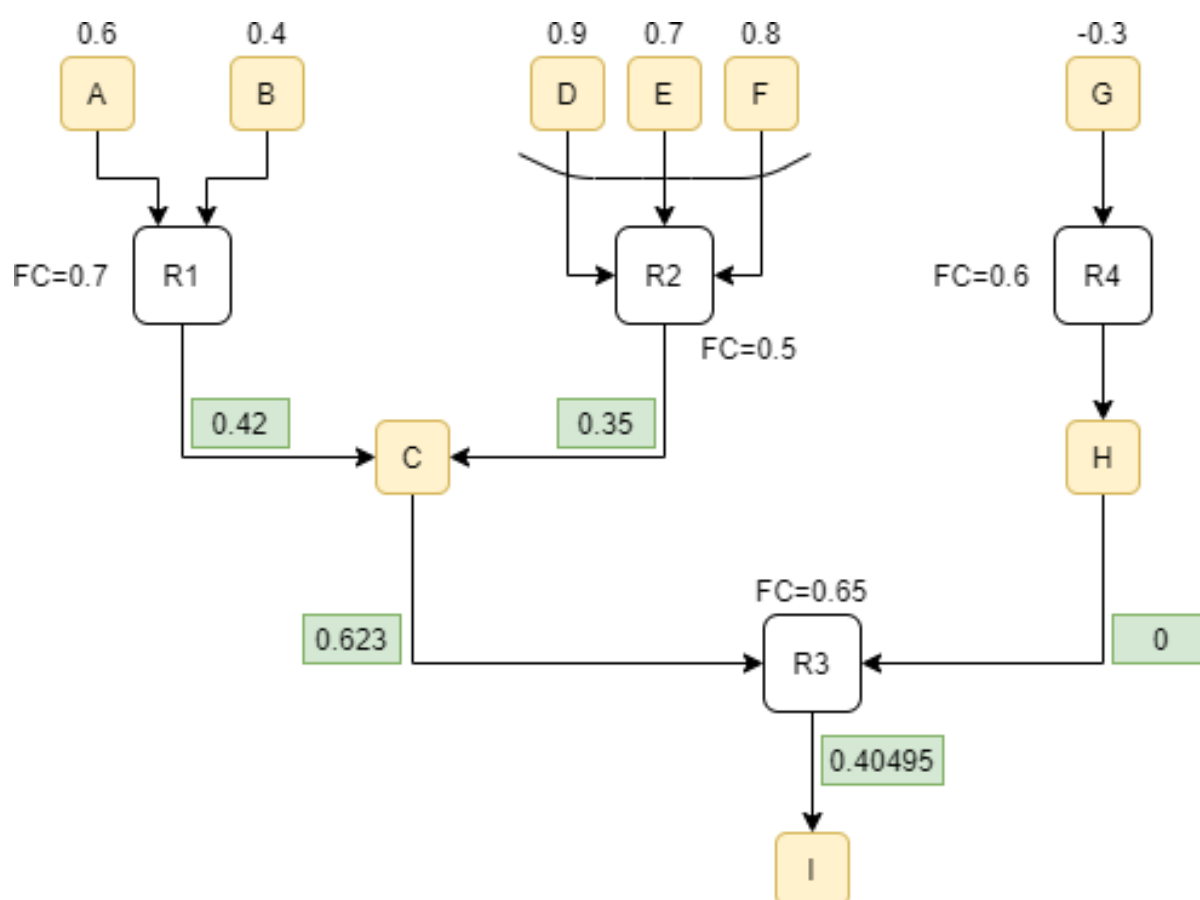
- ojosAzules = ‘Tener los ojos azules.’
- colorBlanco = ‘Tener un color de piel muy blanquecino.’
- castanio = ‘Tener el color de pelo castaño.’
- pecas = ‘Tener pecas’
- alto = ‘Tener una altura mayor de 1,80’
- genPM = ‘Presentar el genPM’
- genMM = ‘Presentar el genMM’
- genProg = ‘Presentar el genProg’

4. Red de inferencia y resultados

4.01 Red de inferencia Prueba-1

Se va a explicar de forma resumida los pasos que se toman para calcular los distintos pasos. De la regla R1 al ser una regla OR se coge el mayor, en este caso 0.6 (*aplicando el caso-1*), se multiplica por 0.7 aplicando el caso-3 y se obtiene el 0.42 que aparece en el diagrama. En la R2 sucede lo mismo, pero con una regla AND y por lo tanto se elige el más pequeño siendo el 0.7 (*aplicando el caso-1*) y se multiplica por 0,5 por el caso-3. Sucede que ahora tenemos dos reglas que obtienen como consecuente C y por lo tanto hay que aplicar el caso-2, se hacen los cálculos correspondientes y se obtiene el 0.623. En la R4 se obtiene el 0 aplicando el caso-3.

Se aplica otra vez el caso-1 y se aplica el caso-3 y obtenemos el 0.40495.

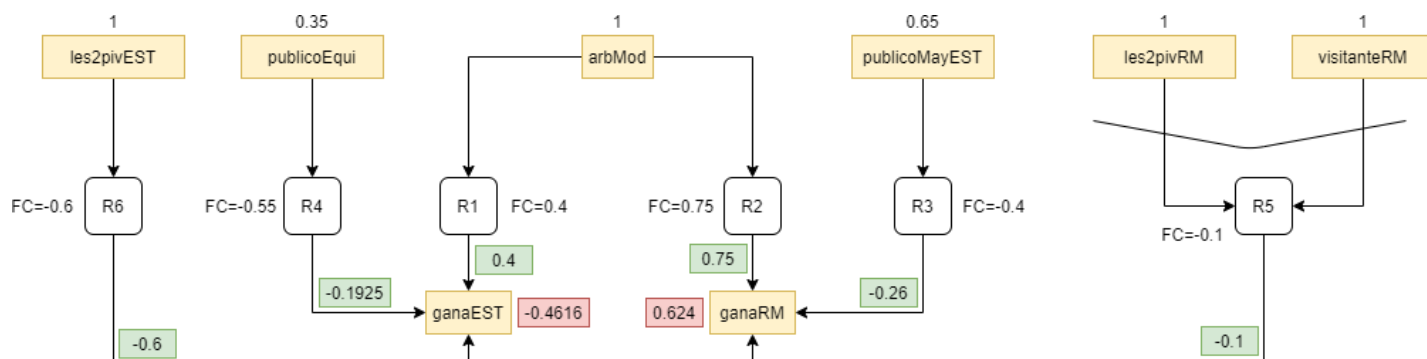


4.02 Explicación resultados Prueba-1

La meta es I y obtenemos un factor de certeza de 0.40495, es un valor positivo y que además tiene cierto grado de certeza, dependerá del usuario si decide tomar la decisión o no, puesto 0.405 es un valor más cercano a cero, que representa la incertidumbre que a uno, que representa la certeza absoluta. Yo en mi caso me decidiría por dar asumir que el hecho I es cierto.

4.03 Red de inferencia Prueba-2

A continuación, se muestra la red de inferencia aplicando el algoritmo SBR con encadenamiento hacia atrás, junto con los factores de certeza correspondientes.

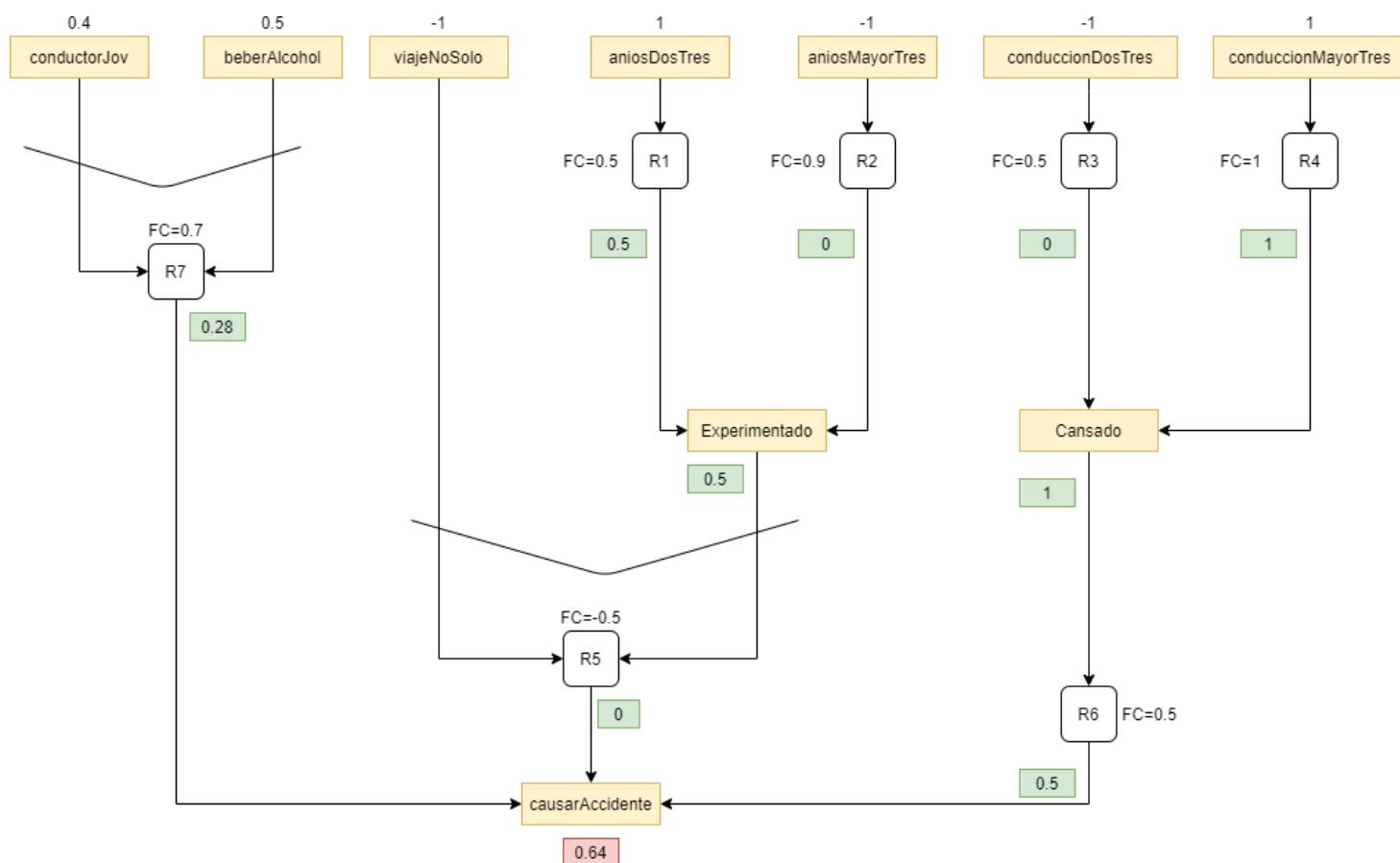


4.04 Explicación resultados Prueba-2

He puesto los resultados de ambos en un mismo diagrama, se destacan en rojo para una mayor claridad, de esta forma cuando el objetivo es *ganaRM*, el factor de certeza para dicho objetivo es 0.624, mientras cuando el objetivo es *ganaEST* es -0.4616. Por lo tanto, los factores de certeza y el algoritmo aplicado apoyan la idea de que seguramente gane el Real Madrid y hay una indicación de que no va a ganar el quipo de estudiantes.

4.05 Red de inferencia Prueba-3

A continuación, se muestra la red de inferencia aplicando el algoritmo SBR con encadenamiento hacia atrás, junto con los factores de certeza correspondientes.

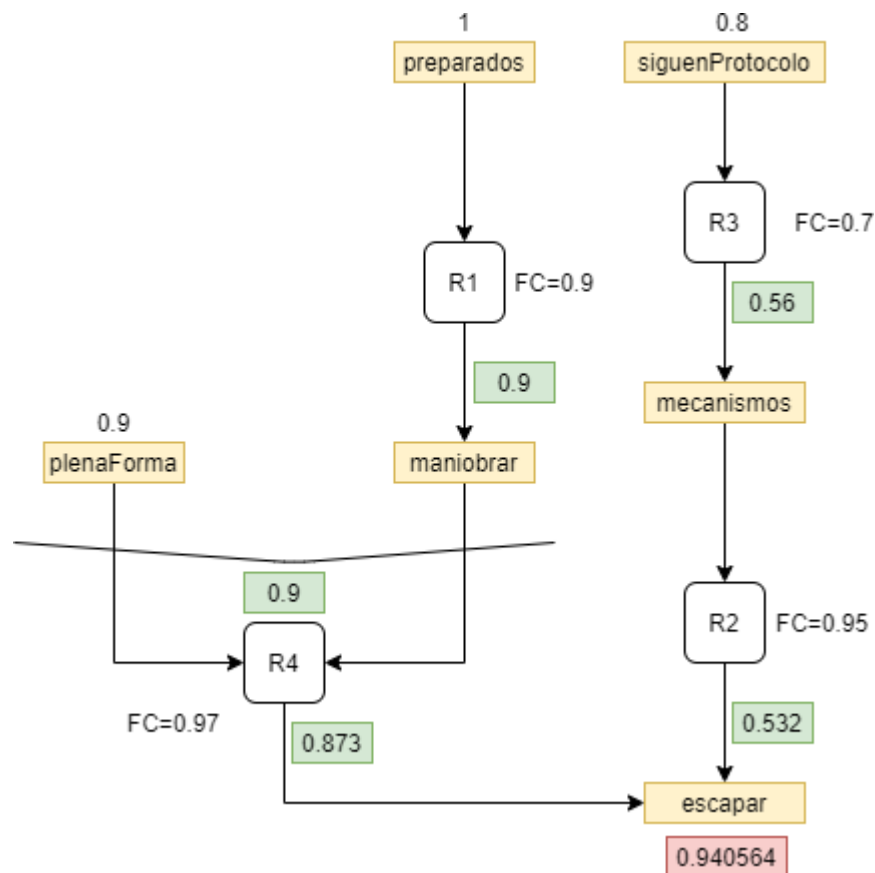


4.06 Explicación resultados Prueba-3

Como se puede ver el factor de certeza es cercano a un valor elevado de certeza, por lo tanto, podemos determinar según los hechos y las reglas que el conductor es el causante del accidente con bastante seguridad, aunque no hay una certeza absoluta. Ya que ha bebido, es relativamente joven e iba solo conduciendo.

4.07 Red de inferencia Prueba-4

A continuación, se muestra la red de inferencia obtenida para el caso de la Prueba-4

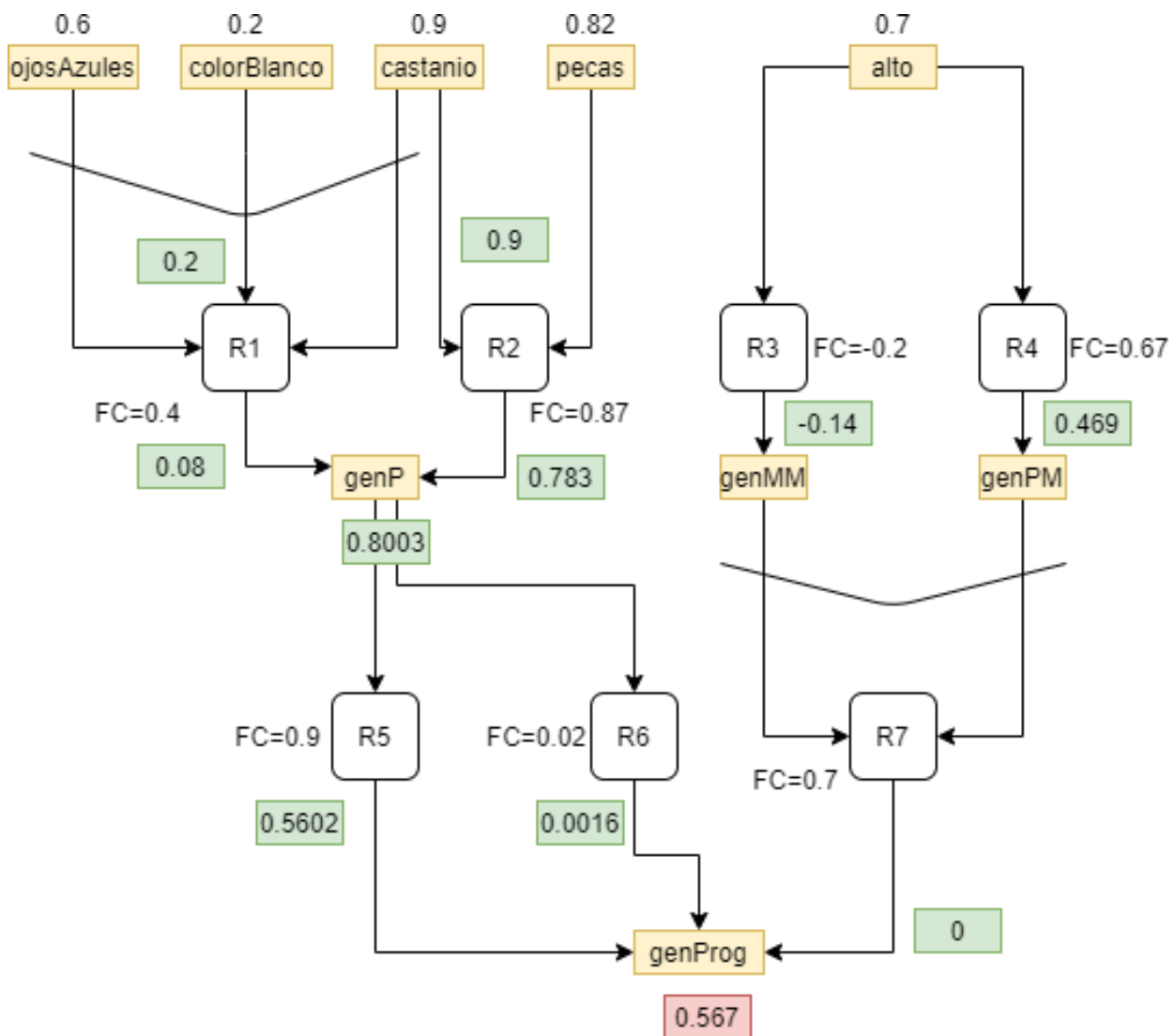


4.08 Explicación resultados Prueba-4

La aplicación de las reglas es bastante sencilla, y como se puede ver en el diagrama se obtiene un factor de certeza de 0.94, esto quiere decir que hay una gran certeza de que los astronautas puedan escapar de la nave y confiamos en ellos, ya que son gente preparada y por lo tanto todo irá bien.

4.09 Red de inferencia Prueba-5

A continuación, se muestra la red de inferencia para la Prueba-5:



4.10 Explicación resultados Prueba-5

Tal y como ha calculado nuestro motor de inferencia hacia atrás existe una gran posibilidad de que el niño tenga el genProg y por lo tanto deberíamos tenerlo en cuenta, ya que un factor de certeza del 0.567 es muy elevado en este caso y deberían tenerlo en cuenta. Los padres deberían prevenir antes que curar y tener una revisión constante del hijo.

5. Manual de uso

Este ejecutable es bastante sencillo de utilizar, simplemente en la línea de comandos poner el nombre del ejecutable, seguido del nombre del fichero de la base de conocimientos y después el de la base de hechos, de la siguiente manera:

```
Practica2-SSII.exe BC.txt BH.txt
```

Los dos ficheros tienen que ser de tipo .txt, es decir en formato plano. Por otra parte, se tiene que comprobar y muy importante: que ambos ficheros no tengan líneas de más, es decir que no tenga líneas vacías al final del fichero. Puesto que, si no, no funcionará correctamente.

La base de hechos simplemente tiene que seguir el formato:

```
"Numero de Hechos"  
NombreHecho1, FC="FactorCerteza"  
...  
NombreHechoN, FC="FactorCerteza"
```

Donde "Numero de Hechos" es un número entero que indica el número de hechos de la base de hechos. Y "FactorCerteza" es un número decimal del -1 al 1.

Por otra parte, la base de conocimiento debe tener el siguiente formato:

```
"Numero de Reglas"  
NombreRegla1: Si HechoX o/y HechoY o/y ... HechoZ Entonces HechoA, FC="FactorCerteza"  
...  
NombreReglaN: Si HechoX o/y HechoY o/y ... HechoZ Entonces HechoA, FC="FactorCerteza"
```

Donde número de reglas es la cantidad de reglas de la base de conocimiento, nombreRegla es el nombre de la regla. Las palabras [Si, Entonces] tienen que aparecer de esa forma y en esa posición de la regla. Donde pone o/y solo puede ir una de las dos y en toda la regla o es de tipo Y o de tipo O, pero no ambas a la vez. "FactorCerteza indica el factor de la regla".

6. Bibliografía

- https://en.wikipedia.org/wiki/Rule-based_system

- Apuntes de la asignatura
- <https://www.thinkautomation.com/eli5/what-is-a-rule-based-system-what-is-it-not/>
- <https://stackoverflow.com/questions/9216619/pointer-and-vectors-in-c>