

INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Códigos: INFORMÁTICA DE SISTEMAS

Código carrera: 40 Código asignatura: 209

Junio 2000-2001, 1ª Semana, DURACIÓN: 2 HORAS,

Material permitido: NINGUNO

Importante: Ponga el nombre en todas las hojas. No sólo se valorará que el resultado sea correcto, sino también la claridad en la exposición de los pasos que se han seguido en la resolución, que el examen esté compensado y que no incluya errores conceptuales importantes.

1. (Valoración: 3 puntos)

Las siguientes reglas de sustitución de símbolos pueden usarse para reemplazar la cifra de la izquierda por la tira de cifras a su derecha:

$2 \rightarrow 1,1$

$4 \rightarrow 3,1$

$6 \rightarrow 4,2$

$3 \rightarrow 2,1$

$4 \rightarrow 2,2$

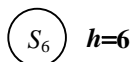
$6 \rightarrow 3,3$

Considerar el problema de transformar la cifra 6 en una tira de cifras 1, utilizando esas reglas. Describir detalladamente los pasos que sigue el algoritmo AO* en la resolución del problema mencionado. Suponer que el costo asociado a cada flecha es 1 y que el valor de la función h en los nodos etiquetados con la cifra 1 es 0, y en los nodos etiquetados con n ($n \neq 1$) es n .

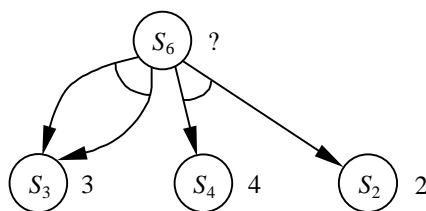
-----**SOLUCIÓN**-----

Establecemos los siguientes estados: $S_i \equiv$ sustituir cifra i . Nuestro problema inicial es:

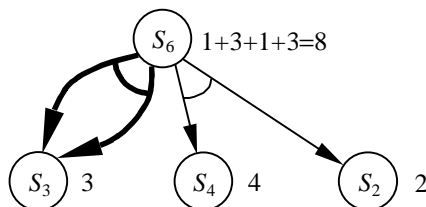
Ciclo 0:



Ciclo 1: Expandimos el nodo inicial, obteniendo:

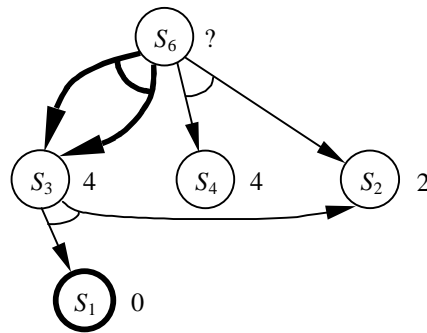


Siempre que se realiza una expansión de un nodo, hay que determinar cómo afecta la misma al coste del subgrafo parcial óptimo que cuelga del nodo desde el que se realizó la expansión, así como al valor del coste de los subgrafos parciales óptimos que cuelgan de cada uno de sus antepasados. Para ello se utiliza el conjunto S , que en este ciclo es: $S=\{S_6\}$. Sacando S_6 de S queda:

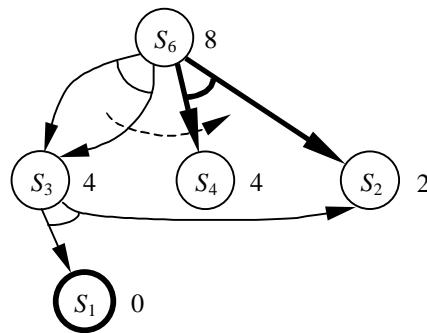


Obsérvese que los dos caminos que parten de S_6 son igual de prometedores. Nosotros hemos elegido arbitrariamente el camino de la izquierda. Como S_6 no tiene antecesores inmediatos que introducir en S , el ciclo acaba.

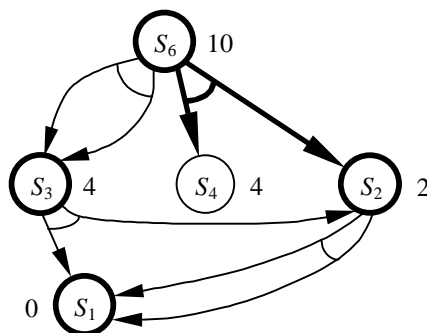
Ciclo 2: Siguiendo los enlaces del subgrafo parcial óptimo actual, expandimos S_3 , de modo que $S=\{S_3\}$. Al sacar S_3 de S , actualizamos el coste del subgrafo parcial óptimo que cuelga de dicho nodo (4 en este caso). Tenemos



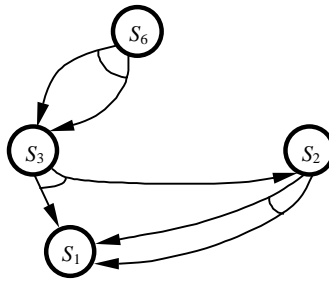
A continuación introducimos los antecesores inmediatos de S_3 en S (S_6 en este caso). Sacamos S_6 de S y comprobamos que el coste del subgrafo izquierdo que parte de S_6 es $1+4+1+4=10$. Por tanto, es necesario efectuar la siguiente redirección:



Ciclo 3: Elegimos S_2 para ser expandido. Introducimos S_2 en S y al sacarlo lo marcamos como resuelto. Introducimos sus antecesores inmediatos, S_3 y S_6 , en S . Sacamos S_3 y lo marcamos como resuelto. Finalmente, sacamos S_6 y lo marcamos como resuelto:



El subgrafo solución hallado es:



Este subgrafo solución tiene coste 10. De hecho, en este ejercicio el coste de cualquier subgrafo solución es 10.

2. (Valoración: 5 puntos)

Describir detalladamente todos los ciclos del proceso de razonamiento de un sistema basado en las siguientes reglas cuya estrategia de control del razonamiento aplica encadenamiento hacia adelante. Debe detallarse el resultado de todas las fases (1. aplicación de restricciones, 2. equiparación o filtrado, 3. resolución del conjunto conflicto, 4. acción.) presentando en cada ciclo claramente la actualización del contenido de la base de hechos.

R1: (AB) (C<x>) \rightarrow (I<x>) (D<x>)

R2: (C<x>) (EB) \rightarrow \neg (AB) (I<x>)

R3: (AB) (C<x>) (D<y>) \rightarrow \neg (D <y>) \neg (EB)

R4: (GX) (HJ) (LM) \rightarrow \neg (HJ)

R5: (HJ) (D<x>) (I<z>) \rightarrow \neg (HJ) \neg (C<x>)

(Aclaración: el símbolo \neg en el consecuente de una regla indica que si se aplica la regla se eliminaría de BH el elemento correspondiente. Por ejemplo, si se aplicara R3 con el antecedente: (R3 ((AB)(CE)(DF))) entonces se suprimirían de la BH los elementos (15 (DF)) y (8 (EB))).

Y suponiendo que, en el momento de partida, el contador general (que funciona por ciclos ejecutados), tiene el valor 15, siendo la BH en dicho momento:

(10(AB)) (11(CD)) (14(CE)) (8(EB)) (15(DF)) (5(GK)) (7(HJ)) (9(LM)) (13(IE))

(Información adicional I: (10(AB)) indica que la “edad”, número del ciclo en que se ha introducido en la BH (AB) es 10. A este respecto conviene aclarar que cuando en un ciclo dado una regla que se ejecuta tiene en su parte derecha (AB), y este elemento ya estaba en la BH, entonces se actualiza su “edad” al contador general del momento. Por otro lado, dado que el contador general al principio es 15, en la BH el elemento más joven es (15(DF)). Esto es así por que la antigüedad se calcula según la siguiente fórmula: Antigüedad = ContadorGeneral – Edad.

Todo ello partiendo de la hipótesis de que no se ha ejecutado ninguna instanciación, y que la prioridad con que se ejecutan las reglas es la siguiente:

R2, R3 \rightarrow R4, R5 \rightarrow R1

(Información adicional II: La flecha indica que tiene más prioridad, se ejecuta antes, lo que aparece a su izquierda que lo que aparece a su derecha. Por ejemplo, R2 y R3 se aplicarían antes que R4 y R5).

Y usando el siguiente orden de resolución del conjunto conflicto:

(PR • RE) \rightarrow (P • A)

(Información adicional III: PR denota principio de refracción, RE denota “reglas específicas”: indicando que se aplican primero las reglas con más condiciones en sus reglas, P denota prioridad de las reglas, A denota antigüedad de los elementos en la base de afirmaciones: indicando que se aplican primero las reglas con elementos más jóvenes, • denota la intersección: por ejemplo, P • A indica que sólo se aplicarán las reglas cuyos antecedentes sean a su vez los más prioritarios y los más jóvenes en dicho ciclo).

-----SOLUCIÓN-----

El sistema de producción descrito y la Base de Hechos inicial (BH) producen los siguientes ciclos:

Primer Ciclo

Las fases que componen dicho ciclo son:

- Aplicación de restricciones: No hay restricciones en el enunciado
- Equiparación o filtrado: Al filtrar la BH inicial se tiene la siguiente memoria de trabajo, representando en cada elemento su “edad” y su “valor”.

$\langle (10 \text{ (AB)}) (11 \text{ (CD)}) (14 \text{ (CE)}) (8 \text{ (EB)}) (15 \text{ (DF)}) (5 \text{ (GK)}) (7 \text{ (HJ)}) (9 \text{ (LM)}) (13 \text{ (IE)}) \rangle$

Por tanto, el conjunto conflicto sería:

R1, R1', R2, R2', R3, R3', R5

Se ha representado las reglas sólo por su número, para no tener que describir todos los elementos. Cuando existe más de una instanciación posible de la regla se ha diferenciado con una comilla. Así, R1 y R1' corresponden a dos variantes posibles que puede tomar la regla 1, R1: ((AB) (CD)) y R1': ((AB) (CE)).

Aplicando conjuntamente al conjunto conflicto existente en este primer ciclo las estrategias de principio de refracción y reglas específicas se obtiene:

PR: (R1, R1', R2, R2', R3, R3', R5)

RE: (R2, R2', R3, R3', R5)

R1 y R1' se han suprimido dado que R3 y R3' son reglas específicas, con más condiciones en las reglas que sus homólogas. Por ello también se llaman *casos especiales*.

Aplicando conjuntamente las estrategias de Prioridad de Reglas y Antigüedad de los elementos en la memoria de trabajo se obtiene:

P: (R2, R2', R3, R3')

A: (R3)

La intersección de ambos criterios produce el siguiente conjunto conflicto:

(R3)

Queda por tanto una única regla en el conjunto conflicto y no es necesario realizar ninguna operación adicional. De esta forma se obtiene:

(R3 ((AB) (CE) (DF)))

Segundo Ciclo

Las fases que componen dicho ciclo son:

- Aplicación de restricciones: No hay restricciones en el enunciado
- En primer lugar, considerando el resultado del primer ciclo, con la activación de la regla 3 se suprimen de la Base de Hechos los elementos (DF) y (EB). Por tanto, la nueva memoria de trabajo sería:

$\langle (10 \text{ (AB)}) (11 \text{ (CD)}) (14 \text{ (CE)}) (5 \text{ (GK)}) (7 \text{ (HJ)}) (9 \text{ (LM)}) (13 \text{ (IE)}) \rangle$

El nuevo conjunto conflicto sería:

R1, R1'

Aplicando conjuntamente al conjunto conflicto las estrategias de principio de refracción y reglas específicas se obtiene:

PR: (R1, R1')

RE: (R1, R1')

Quedando, por tanto, el conjunto conflicto:

(R1, R1')

Aplicando conjuntamente las estrategias de Prioridad de Reglas y Antigüedad de los elementos en la memoria de trabajo se obtiene:

P: (R1, R1')

A: (R1)

La intersección de ambos criterios produce el siguiente conjunto conflicto:

(R1)

Queda por tanto una única regla en el conjunto conflicto y no es necesario realizar ninguna operación adicional. De esta forma se obtiene:

(R1 ((AB) (CE)))

Tercer Ciclo

Las fases que componen dicho ciclo son:

- Aplicación de restricciones: No hay restricciones en el enunciado
- En primer lugar, considerando el resultado del primer ciclo, con la activación de la regla 1 se añaden a la Base de Hechos los elementos (IE) y (DE). El primero ya estaba, luego sólo hay que actualizar el contador. En definitiva sería:

⟨(10 (AB)) (11 (CD)) (14 (CE)) (5 (GK)) (7 (HJ)) (9 (LM)) (17 (IE)) (17 (DE)))⟩

Por tanto, el conjunto conflicto sería:

R1, R1', R3

En este caso no existe R3' dado que no es posible aplicar:

(R3 ((AB) (CE) (DE))) ya que las variables <x> e <y> deben ser diferentes. Por razones análogas no se puede aplicar la regla 5.

Aplicando conjuntamente al conjunto conflicto existente en este primer ciclo las estrategias de principio de refracción y reglas específicas se obtiene:

PR: (R1', R3)

RE: (R3)

R1' se corresponde con la instanciación (R1 ((AB) (CD))), ya que por el principio de refracción no se puede repetir la aplicada en el segundo ciclo. En cualquier caso, debe suprimirse dado que R3 es más específica, con más condiciones en las reglas que su homóloga. De nuevo un *caso especial*.

Aplicando conjuntamente las estrategias de Prioridad de Reglas y Antigüedad de los elementos en la memoria de trabajo se obtiene:

P: (R3)

A: (R3)

El conjunto conflicto, por tanto, está formado por una única regla (observar que es distinta instanciación que la realizada en el primer ciclo):

(R3 ((AB) (CD) (DE)))

Nota: La regla 3 debería eliminar el elemento (BE) de la BH. Si se aplica estrictamente el principio de funcionamiento de un sistema de producción podría producir FALLO (esto es lo que ocurre en un sistema de reglas de PROLOG). Por el contrario, dado que no se indica nada al respecto en el enunciado, se supone que la reacción del sistema es dependiente de la implementación y, por tanto, en este caso se sigue con la ejecución.

Cuarto Ciclo

Las fases que componen dicho ciclo son:

- Aplicación de restricciones: No hay restricciones en el enunciado
- En primer lugar, considerando el resultado del tercer ciclo, con la activación de la regla 3 se suprimen de la Base de Hechos los elementos (DE) y (EB). Por tanto, la nueva memoria de trabajo sería:

⟨(10 (AB)) (11 (CD)) (14 (CE)) (5 (GK)) (7 (HJ)) (9 (LM)) (17 (IE)))⟩

El nuevo conjunto conflicto sería:

R1, R1'

Igual que en el segundo ciclo, no se aplica el principio de refractariedad dado que entre medias de ambos ciclos hubo cambios en el conjunto conflicto ya que se aplicó la regla R3

Aplicando conjuntamente al conjunto conflicto las estrategias de principio de refracción y reglas específicas se obtiene:

PR: (R1, R1')

RE: (R1, R1')

Quedando, por tanto, el conjunto conflicto:

(R1, R1')

Aplicando conjuntamente las estrategias de Prioridad de Reglas y Antigüedad de los elementos en la memoria de trabajo se obtiene:

P: (R1, R1')

A: (R1)

La intersección de ambos criterios produce el siguiente conjunto conflicto:

(R1)

Queda por tanto una única regla en el conjunto conflicto y no es necesario realizar ninguna operación adicional. De esta forma se obtiene:

(R1 ((AB) (CE)))

Quinto Ciclo

Las fases que componen dicho ciclo son:

- Aplicación de restricciones: No hay restricciones en el enunciado
- Debido a la activación de la regla 1 se añaden a la Base de Hechos los elementos (IE) y (DE):

⟨(10 (AB)) (11 (CD)) (14 (CE)) (5 (GK)) (7 (HJ)) (9 (LM)) (19 (IE)) (19 (DE)))⟩

Por tanto, el conjunto conflicto sería:

R1, R1', R3

De nuevo no existe R3' dado que no es posible aplicar:

(R3 ((AB) (CE) (DE))) ya que las variables $\langle x \rangle$ e $\langle y \rangle$ deben ser diferentes

Por la misma razón no debe incluirse en el conjunto conflicto R5.

Aplicando conjuntamente al conjunto conflicto existente en este primer ciclo las estrategias de principio de refracción y reglas específicas se obtiene:

PR: (R1', R3)

RE: (R3)

R1' se corresponde con la instanciación (R1' ((AB) (CD))), ya que por el principio de refracción no se puede repetir la aplicada en el ciclo anterior. En cualquier caso, debe suprimirse dado que R3 es más específica, con más condiciones en las reglas que su homóloga. De nuevo un *caso especial*.

Aplicando conjuntamente las estrategias de Prioridad de Reglas y Antigüedad de los elementos en la memoria de trabajo se obtiene:

P: (R3)

A: (R3)

El conjunto conflicto, por tanto, está formado por una única regla (observar que es distinta instanciación que la realizada en el primer ciclo):

(R3)

Queda por tanto una única regla en el conjunto conflicto y no es necesario realizar ninguna operación adicional. De esta forma se obtiene de nuevo:

(R3 ((AB) (CD) (DE)))

De esta forma se entra en un bucle indefinido de repetición de R1 y R3. La primera añade un elemento a la BH, (DE), y la segunda lo elimina con lo que siempre es posible repetir sus instanciaciones respectivas.

3. (Valoración: 2 puntos)

Realice un estudio comparativo de los siguientes métodos de representación de conocimiento: *Lógica Difusa y Reglas*. Haga especial énfasis en los siguientes aspectos:

- Tipo de conocimiento que permiten modelar
- Tipo de inferencias que permiten realizar

Aclaración: las cuestiones teóricas están descritas en los apartados correspondientes de la bibliografía básica de esta asignatura.