

***ENUNCIADOS Y SOLUCIONES DE LOS EXÁMENES  
DE  
JUNIO DE 2005***

Asignatura: ***Introducción a la Inteligencia Artificial***

***Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas  
U.N.E.D.***

## 1ª SEMANA

### **Ejercicio 1. (Valoración: 10 / 3)**

Enumere las soluciones que conozca para aplicar control de razonamiento en reglas, también conocido como “**resolución de conflictos**”. Explique el funcionamiento de cada una de dichas soluciones a partir de algún ejemplo sencillo.

### SOLUCIÓN

1) Ordenación arbitraria de reglas en la base de conocimiento. Ejemplo:

R11: SI h1 ENTONCES h2

R2: SI h3 ENTONCES h4

BA: {h1, h3} (Base de afirmaciones)

En encadenamiento hacia delante, tanto R11 como R2 se podrían aplicar. Finalmente se aplicaría R11 por estar antes en la base de conocimiento.

2) Ordenación de cláusulas dentro de las reglas según probabilidad de fallo. Ejemplo:

R1: SI explosión-solar O guerra-nuclear ENTONCES entrar-en-refugio-subterráneo

En encadenamiento hacia atrás, si nuestro hecho objetivo fuera “entrar-en-refugio-subterráneo”, intentaríamos primero demostrar la primera cláusula, “explosión-solar”, cuyo fallo parece más probable. Esto nos evita desperdiciar recursos, ya que anticipamos el posible fallo del antecedente de la regla.

3) Adición de nuevas cláusulas en todas las reglas, según etapas. Ejemplo: en un sistema experto agrícola, podría interesar utilizar una cláusula referida a la estación del año en la que nos encontramos, para definir en qué estación es aplicable cada regla.

R1: SI primavera Y abril-lluvioso ENTONCES tarea10

R2: SI invierno Y disponibilidad-económica ENTONCES compra-de-maquinaria2

4) Asignación de prioridades a las reglas y utilización de agendas. Ejemplo:

R11: SI h1 ENTONCES h2 (prioridad 50)

R2: SI h3 ENTONCES h4 (prioridad 100)

BA: {h1, h3}

En encadenamiento hacia adelante podríamos introducir R11 y R2 en una agenda, la cual establecería que R2 es la regla a ejecutar, debido a que su prioridad es mayor.

5) Utilización de metarreglas. Ejemplo:

R1: SI h2 ENTONCES prioridad(R5, 20)

R1 es una metarregla porque permite razonar sobre conceptos asociados a reglas, “prioridad” en este caso. Lo que hace R1 es fijar la prioridad de R5 a 20, siempre que h2 sea cierto.

6) Aplicación de un mecanismo de refractariedad que impida, por ejemplo, que una regla se ejecute dos veces seguidas. Ejemplo:

R1: SI h1 ENTONCES h2

R2: SI h3 ENTONCES h4

BA: {h1, h3}

En encadenamiento hacia adelante, si suponemos que se ha ejecutado primero R1, a continuación debería ejecutarse R2 si se aplica este criterio.

7) Aplicación de un mecanismo de actualidad que obligue a que se ejecuten primero aquellas reglas cuyo antecedente se cumpla gracias a información obtenida en un ciclo más actual. Ejemplo:

R1: SI h1 ENTONCES h2

R2: SI h3 ENTONCES h4

BA: {h1(2), h3(3)}

En la base de afirmaciones, al lado de cada hecho se almacena el ciclo en que fue inferido. En encadenamiento hacia delante, habría que ejecutar R2 y no R1, ya que h3 es una información más actual que h1.

8) Aplicación de un criterio de especificidad que ejecute primero aquellas reglas más específicas. Ejemplo:

R1: SI h1 ENTONCES h2

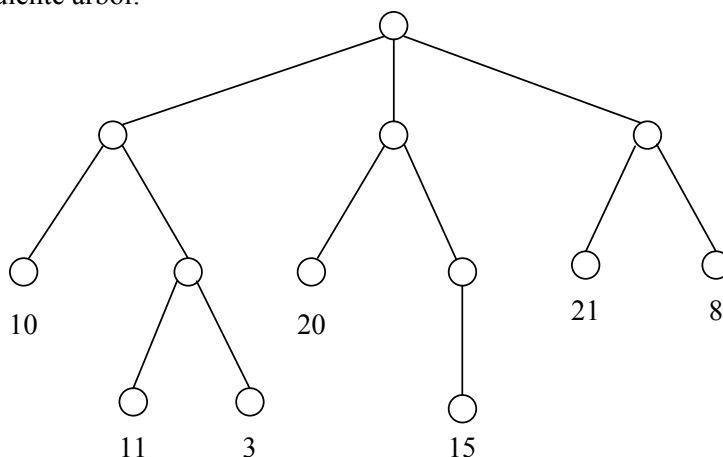
R2: SI h1 y h3 ENTONCES h4

BA: {h1, h3}

Según este criterio habrá que ejecutar antes R2, ya que es más específica que R1, es decir, el antecedente de R2 incluye al de R1.

## Ejercicio 2. (Valoración: 10 / 3)

Considere el siguiente árbol:



donde los valores numéricos que aparecen en los nodos hoja corresponden a estimaciones de lo prometedoras que son para el jugador MAX las situaciones de la partida representadas por dichos nodos. Aplicar el método de poda alfa-beta al árbol anterior para los siguientes casos:

- El nodo raíz es un nodo MAX y el recorrido se realiza de izquierda a derecha.
- El nodo raíz es un nodo MIN y el recorrido se realiza de derecha a izquierda.

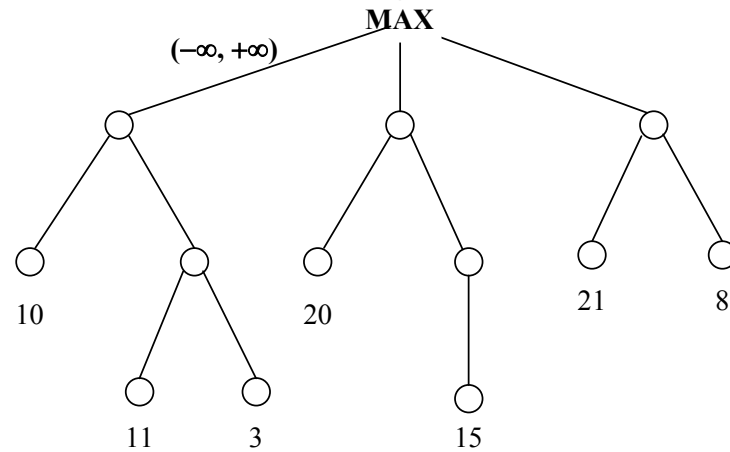
¿Cuál es la decisión o jugada más acertada en los casos a) y b)?

- Si el recorrido del apartado b) se efectuara de izquierda a derecha, ¿se realizaría alguna poda?

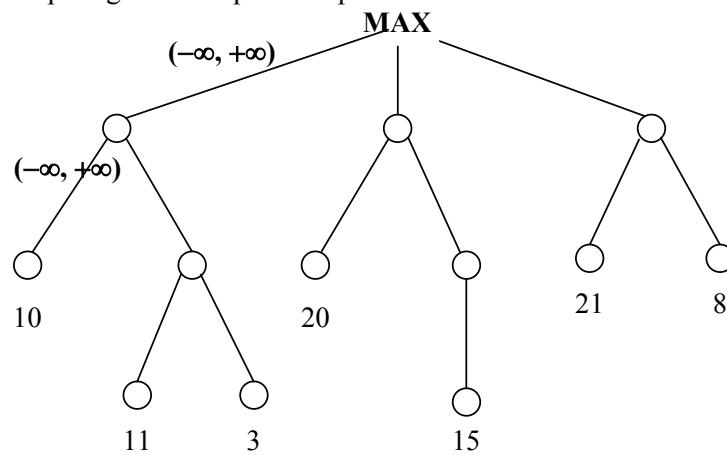
## SOLUCIÓN

En cada caso realizaremos una búsqueda en profundidad del árbol, de manera que en cada llamada recursiva desde un nodo hacia uno de sus nodos hijo se pasen los valores de alfa y beta actuales, y se reciba el valor numérico del mejor nodo alcanzable por ese camino. Una vez recibido el valor anterior, se actualizan alfa o beta dependiendo de si el nodo actual es un nodo MAX o MIN respectivamente. Dicha actualización podría dar lugar a una poda cuando alfa sea mayor que beta. Una vez que se han visitado todos los enlaces a los nodos hijo del nodo actual, se manda hacia arriba el último valor actualizado de alfa o beta, según estemos en un nodo MAX o MIN respectivamente.

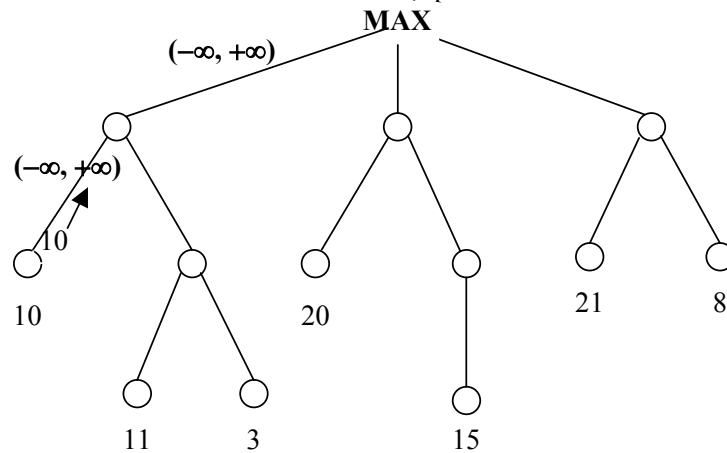
- 1) Inicialmente se realiza la llamada recursiva desde el nodo raíz MAX hacia su hijo izquierdo con valores ( $\alpha = -\infty$ ,  $\beta = +\infty$ ).



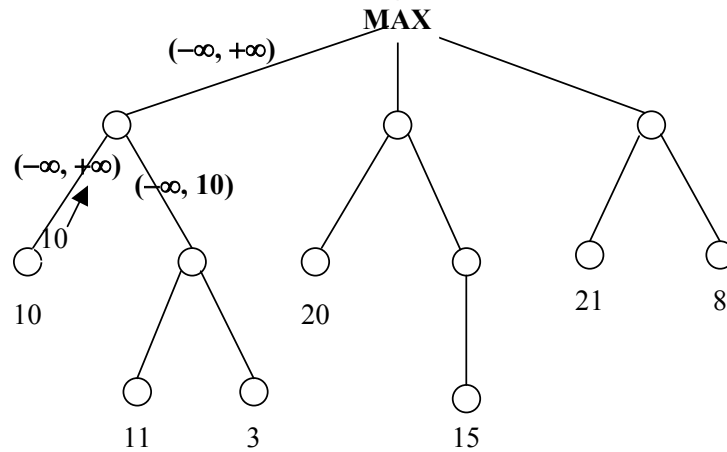
a.2) A continuación prosigue la búsqueda en profundidad:



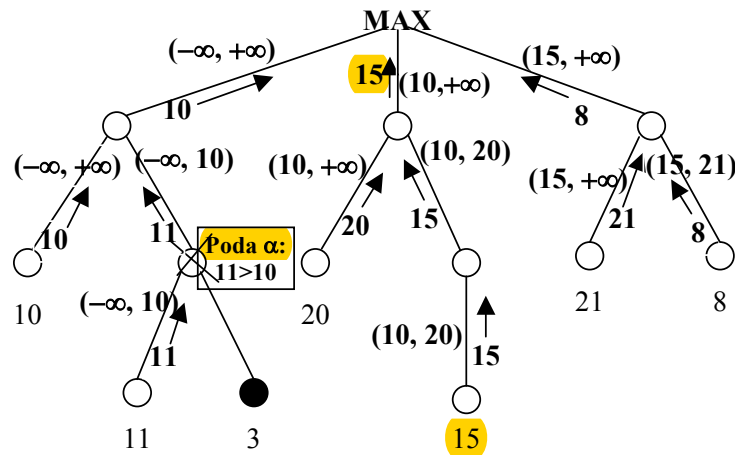
a.3) Hemos llegado a un nodo terminal de valor 10, que es devuelto:



a.4) Situándonos en el nodo MIN desde el que hicimos la llamada recursiva, la misma se hizo con valores ( $\alpha=-\infty$ ,  $\beta=+\infty$ ). Al recibir un 10, actualizamos beta a dicho valor, ya que estamos en un nodo MIN. Por tanto, la nueva llamada recursiva se hará con un valor de 10 para beta:

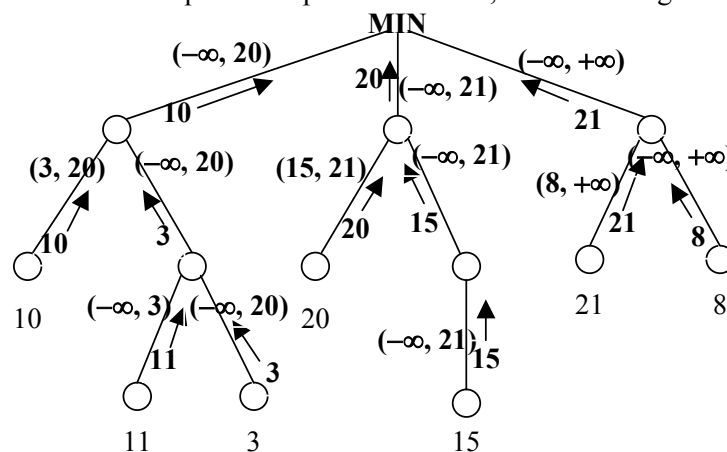


a.5) La búsqueda en profundidad prosigue de la misma forma que la descrita en los 4 apartados anteriores. Por motivos de espacio, dibujamos superpuestos todos los árboles resultantes tras cada llamada recursiva:



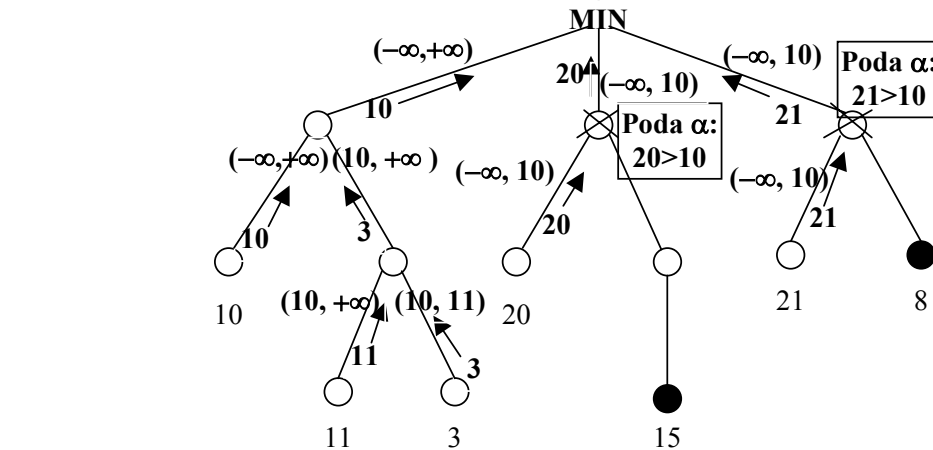
La jugada más acertada en este caso es la central, ya que es la última que actualiza el valor de alfa en el nodo raíz.

b) Siguiendo el mismo método que en el apartado anterior, tenemos el siguiente árbol final:



La jugada más acertada en este caso es la de la izquierda, ya que es la última que actualiza el valor de beta en el nodo raíz.

c) Desarrollando de nuevo el árbol de búsqueda:



Por tanto, se realizan dos podas y el mejor camino es el de la izquierda.

### Ejercicio 3. (Valoración: 10 / 3)

Realice un estudio comparativo de los siguientes métodos de representación de conocimiento: *Modelo de Memoria Semántica de Quillian* y *Guiones*. Haga especial énfasis en los siguientes aspectos:

- Tipo de conocimiento que permiten modelar
- Tipo de inferencias que permiten realizar
- Dominios del mundo real en que aplicaría dichos métodos

### SOLUCIÓN

Se valorará que el alumno toque las siguientes cuestiones, las cuales aparecen desarrolladas en diferentes apartados de los libros de texto base de la asignatura:

- a.1) El modelo de memoria semántica de Quillian (MMSQ) es un modelo computacional de la memoria humana, que almacena en forma de grafo cierto conocimiento sobre el significado de las palabras de la lengua inglesa. Por su parte, los guiones se utilizan para representar situaciones dinámicas estereotipadas.
- a.2) El MMSQ depende del idioma particular considerado. No ocurre esto con los guiones, ya que utilizan grafos de dependencia conceptual de Schank en la representación de escenas.
- a.3) En el MMSQ existen dos tipos de nodos (tipo y réplica) y seis tipos de enlaces (subclase, modificación, disyunción, conjunción, propiedad y referencia al tipo). Por su parte, un guión consta de una cabecera que indica en qué condiciones se produce la activación del guión, los elementos típicos del guión (roles, objetos y lugares), una serie de escenas y, finalmente, los resultados que se pueden dar por ciertos al finalizar el guión. Tanto en el MMSQ como en los guiones se hace uso de variables, aunque con diferente objetivo: en el MMSQ se utilizan para hacer referencia a un nodo del grafo y en los guiones para representar elementos típicos que aparecen en las escenas.
- b) En el MMSQ se puede comparar el significado de dos palabras partiendo de dos nodos tipo, activando esferas de radio cada vez mayor a partir de los mismos, encontrando puntos de intersección entre esferas y transformando cada camino encontrado en una frase en lenguaje natural. Por su parte, en un guión, en primer lugar, cierta información de entrada provoca la activación de un determinado guión si dicha información es compatible con las condiciones que aparecen en la cabecera del mismo, a continuación se asignan los roles, objetos y lugares típicos del guión y, finalmente, se infiere la información contenida en las escenas del guión.

c) El MMSQ se puede utilizar para la determinación automática del significado particular de un palabra polisémica en un texto, para la construcción de una base de conocimiento de un sistema tutorial inteligente o para la representación de las características de los objetos que pueden ser reconocidos por un sistema de visión artificial de alto nivel, entre otras posibilidades de aplicación. Por su parte los guiones podrían ser aplicados en la interpretación automática de textos escritos o como sistema de ayuda a la toma de decisiones, en función de la información inferida mediante las escenas.

## 2ª SEMANA

### Ejercicio 1.(Valoración 10/3)

La base de conocimiento de un sistema basado en reglas contiene las siguientes reglas:

<b>R1:</b> Si $h_2$ entonces $h_4$	<b>R5:</b> Si $h_3$ y $h_{11}$ entonces $h_6$	<b>R10:</b> Si $h_4$ entonces $h_7$
<b>R2:</b> Si $h_7$ entonces $h_3$	<b>R6:</b> Si $h_{10}$ y $h_{16}$ entonces $h_{13}$	<b>R11:</b> Si $h_7$ y $h_8$ entonces $h_{10}$
<b>R3:</b> Si $h_3$ y $h_8$ entonces $h_5$	<b>R7:</b> Si $h_{10}$ entonces $h_{14}$	<b>R12:</b> Si $h_{18}$ entonces $h_8$
<b>R4:</b> Si $h_3$ y $h_{10}$ entonces $h_5$	<b>R8:</b> Si $h_2$ entonces $h_{15}$	
	<b>R9:</b> Si $h_7$ entonces $h_{13}$	

donde  $h_i$  representa un hecho. Cada hecho se almacena en la Base de Afirmaciones de la siguiente forma:  $h_i(t)$ , que significa que  $h_i$  fue inferido en el ciclo  $t$ . Inicialmente,  $BA_0 = \{h_1, h_9, h_{11}\}$ .

- Suponiendo que nuestro objetivo es obtener  $h_{13}$ , indicar detalladamente cómo evoluciona la ejecución del método de encadenamiento hacia adelante, a partir de  $BA_0$ . ¿Es posible obtener  $h_{13}$ ? ¿Hasta qué ciclo llegaríamos? Como mecanismo de control consideramos el criterio de refractariedad y tienen preferencia las reglas de menor subíndice.
- Considerando la misma base de conocimiento y la base de afirmaciones  $BA = \{h_1, h_{18}\}$ , averiguar, aplicando un método de encadenamiento hacia atrás, si en algún momento podríamos llegar a tener  $h_{10}$ .

### SOLUCIÓN

a) Teniendo en cuenta la base de afirmaciones inicial  $BA_0 = \{h_1, h_9, h_{11}\}$ :

Ciclo 1: Podríamos aplicar las siguientes reglas (conjunto conflicto):  $\{R2, R9\}$ . Resolución de conflictos: Como es el primer ciclo sólo debemos tener en cuenta la preferencia de las reglas con menor subíndice. Aplicamos por tanto, la regla R2. La base de afirmaciones sería:  $BA_1 = \{h_1(0), h_9(0), h_{11}(0), h_3(1)\}$ .

Ciclo 2: Podríamos aplicar las siguientes reglas:  $\{R2, R9, R5\}$ . Tras refractariedad el conjunto conflicto es  $\{R5, R9\}$ . Por el criterio de preferencia de las reglas con menor subíndice, aplicamos la regla R5. La base de afirmaciones sería:  $BA_2 = \{h_1(0), h_9(0), h_{11}(0), h_3(1), h_6(2)\}$ .

Ciclo 3: Como el hecho  $h_6$  no aparece en el antecedente de ninguna regla, el conjunto conflicto sigue siendo  $\{R2, R5, R9\}$ . Tras refractariedad, el conjunto conflicto es  $\{R2, R9\}$ . Por el criterio de preferencia de las reglas con menor subíndice, aplicamos la regla R2. La base de afirmaciones sería:  $BA_2 = \{h_1(0), h_9(0), h_{11}(0), h_3(3), h_6(2)\}$ .

Podemos comprobar que seguiríamos aplicando sucesivamente las reglas R2 y R5 con lo que no podríamos llegar nunca a aplicar R9 y obtener por tanto el objetivo  $h_{13}$ .

b)

Suponemos ahora que nuestro objetivo es  $h_{10}$ . Aplicando encadenamiento hacia atrás y teniendo en cuenta la regla R11, obtendríamos como subobjetivos los hechos  $h_7$  y  $h_8$ . En la base de afirmaciones dada ya se encuentra  $h_7$  así que nuestro objetivo ahora es ver si podemos obtener  $h_8$ . Volviendo a aplicar encadenamiento hacia atrás y teniendo en cuenta la regla R12, vemos que podemos obtener  $h_8$  ya que tenemos  $h_{18}$  en la base de afirmaciones dada. Por tanto, sí podemos llegar a obtener  $h_{10}$  con la base de afirmaciones inicial y aplicando encadenamiento hacia atrás.



## Ejercicio 2 (Valoración 10/3)

¿Son ciertas las siguientes afirmaciones? Razone brevemente su respuesta e ilústrela con ejemplos:

- 2.1. No existen diferencias entre la lógica de predicados y la lógica modal.
- 2.2. La única forma de tratar la incertidumbre es utilizando Redes Bayesianas.
- 2.3. El razonamiento no monótono reduce la expresividad y la capacidad de inferencia de ciertos métodos de representación de conocimiento e inferencia.

## SOLUCIÓN

### 2.1 No existen diferencias entre la lógica de predicados y la lógica modal

Esta afirmación es falsa. La lógica modal constituye una extensión de la lógica de predicados con la capacidad de evaluar argumentos que implican necesidad o posibilidad. Para ello se introducen dos nuevos operadores:  $\Box A$  “Es necesario que A” y  $\Diamond A$  “Es posible que A”. Necesidad y posibilidad son dos *modos de verdad*. “Es necesario que A” es más fuerte que “A es cierto” y significa que “A tiene que ser cierto”. Por otro lado es más débil que A es cierto y significa *A podría ser cierto*. Para el tratamiento de los conceptos de necesidad y posibilidad, la lógica modal se apoya en la idea de *mundo*. Un enunciado necesario sería aquél que es cierto en todos los mundos posibles. Un enunciado verdadero es aquél que es cierto en el mundo real. Finalmente, un enunciado posible es aquél que es cierto en algún posible mundo. Un enunciado posible puede o no ser cierto en el mundo real.

- Ejemplos de razonamiento que se pueden realizar con lógica de predicados (apartado 5.3) y lógica modal (apartado 5.5.1)

### 2.2 La única forma de tratar la incertidumbre es utilizando Redes Bayesianas

Esta afirmación es falsa. La incertidumbre aparece cuando la información es imprecisa, incompleta e incluso errónea; igualmente, el modelo de que disponemos puede ser incompleto e inexacto, el dominio de aplicación puede ser no determinista. Métodos para tratar la incertidumbre: factores de certeza de MYCIN, lógica difusa y redes bayesianas.

- Ejemplos en el libro de teoría: Lógica difusa (pág. 254), Factores de certeza de MYCIN (pág. 253) y Redes Bayesianas (apartado 7.4.2).

### 2.3 El razonamiento no monótono reduce la expresividad y la capacidad de inferencia de ciertos métodos de representación de conocimiento e inferencia

Esta afirmación es falsa. El razonamiento no monótono contribuye a mitigar la rigidez de ciertos métodos de representación de conocimiento e inferencia. Suele ocurrir que nuestra percepción de muchos problemas varía con el tiempo (surgen nuevas evidencias) y muchos de los matices que inicialmente no percibíamos pueden llevarnos a reconsiderar algunos de los hechos que inicialmente creíamos correctos. El razonamiento no monótono lo trata:

--Lógica:

- En la “Lógica no monótona” se introduce el operador modal “M”. Ejemplo en la página 227 del libro base de teoría.
- En la “Lógica por defecto” se introducen las “reglas por defecto”. Ejemplo en la página 228 del libro base de teoría.

-En Prolog, mediante el predicado “retract”. Es similar al caso en que en el formalismo de reglas se introduce la acción “retractar”.

--Reglas:

-Mediante la introducción de la acción “retractar” y la consideración del axioma del mundo cerrado. Ejemplo en el problema 4.4 del libro base de problemas.

-Mediante la definición del tipo de dependencia, reversible o irreversible, en una regla. Ejemplo en la página 243 del libro base de teoría.

--Redes:

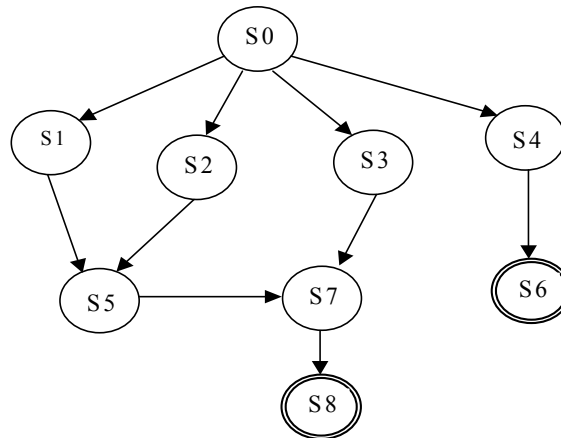
-En las redes de clasificación, la llegada de nueva información invalida resultados inferidos en el proceso de herencia por defecto. Es similar a lo que ocurre en el caso de los marcos.

--Marcos: Ejemplo en el problema 3.25 del libro base de problemas.

--Guiones: Ocurre algo similar al caso de los marcos. En este método, la información por defecto se obtendría a partir de la descripción de las escenas hecha en el guión.

### Ejercicio 3. (Valoración: 10 / 3)

Enumere las características que debe tener un problema para que se le pueda aplicar un proceso de búsqueda. Describir las diferencias entre la búsqueda informada y no informada, y enumerar los algoritmos existentes en cada uno de los dos diferentes tipos de búsqueda. Teniendo en cuenta el grafo de la figura, donde S0 es el estado inicial y S6 y S8 son los estados meta, describir los pasos que componen cada una de las siguientes estrategias de búsqueda de un estado meta a partir de S0: a) Búsqueda en amplitud b) Búsqueda en profundidad.



### SOLUCIÓN

Los procesos de búsqueda tienen sentido en problemas que reúnen una serie de características:

- ❑ Cabe la posibilidad de asociar un conjunto de estados a las diferentes situaciones en que se puede encontrar el objeto del *dominio* sobre el que se define el problema
- ❑ Hay una serie de *estados iniciales* desde los que empezaría el proceso de búsqueda
- ❑ Existen ciertos *operadores*, tal que un operador aplicado sobre un estado producirá otro estado.
- ❑ Existe al menos un *estado meta* o *estado solución*.

Cualquier proceso de búsqueda persigue, asociando nodos con estados y arcos con operadores, encontrar un camino que conduzca de un nodo inicial a otro meta. Se define el espacio de estados como el conjunto de los mismos que podrían obtenerse si se aplicaran todos los operadores posibles a todos los estados que se fueran generando.

La búsqueda sin información del dominio o no informada pretende realizar una exploración exhaustiva del espacio de estados (búsqueda en amplitud, búsqueda en profundidad, búsqueda en profundidad progresiva). En los procesos de búsqueda heurística (o informada) el conocimiento dependiente del dominio puede ayudar a dirigir el proceso de búsqueda de manera que sean exploradas en primer lugar aquellas trayectorias que parecen más prometedoras a la hora de conducir a un estado solución. La principal diferencia con la no informada es que ahora a cada nodo se le va a poder asociar un valor que dará idea de lo cerca que se encuentra de un nodo meta. Evidentemente, dicho valor no será más que una estimación de la distancia real a la meta. La incorporación de este tipo de información, normalmente a través de las llamadas funciones de evaluación heurística, permitirá guiar la búsqueda hacia aquellos caminos que se supone son más prometedores (método del gradiente, primero el mejor, búsqueda en haz, A\*, YO\* (AO\*), MINIMAX, Método de poda  $\alpha$ - $\beta$ ).

#### a) Búsqueda en amplitud

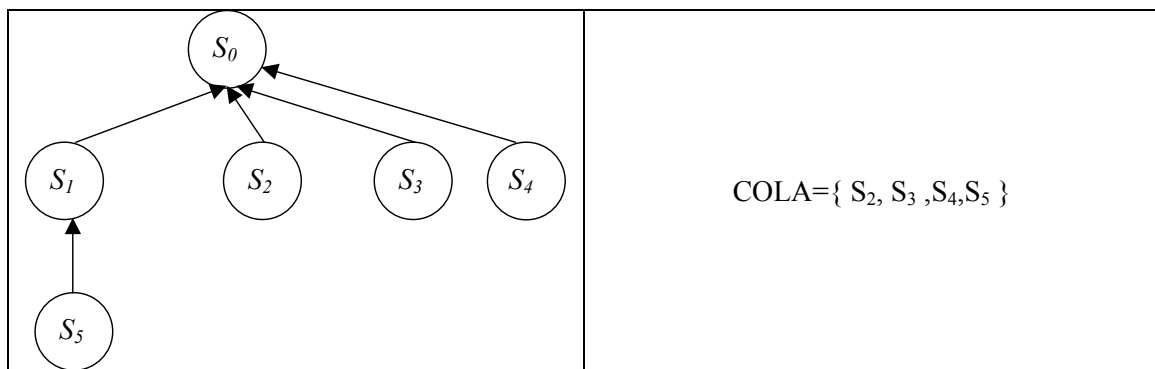
##### PASO 1: Situación inicial



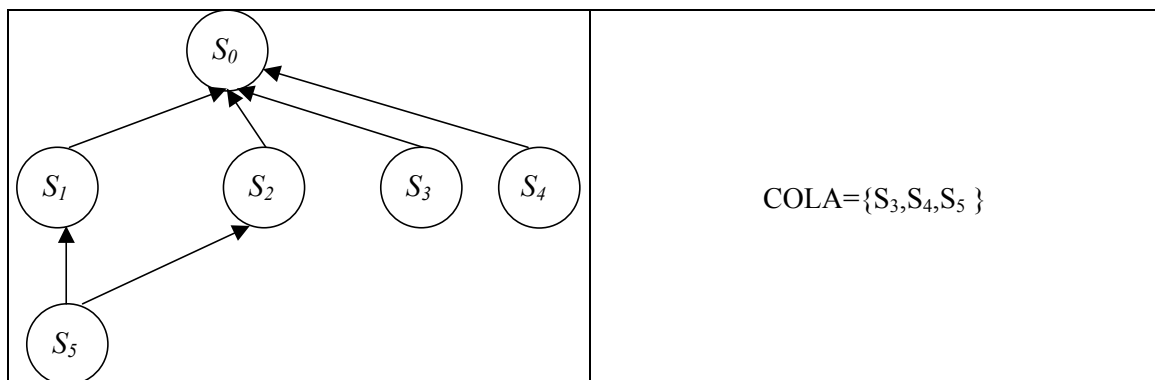
**PASO 2:** Se expande  $S_0$



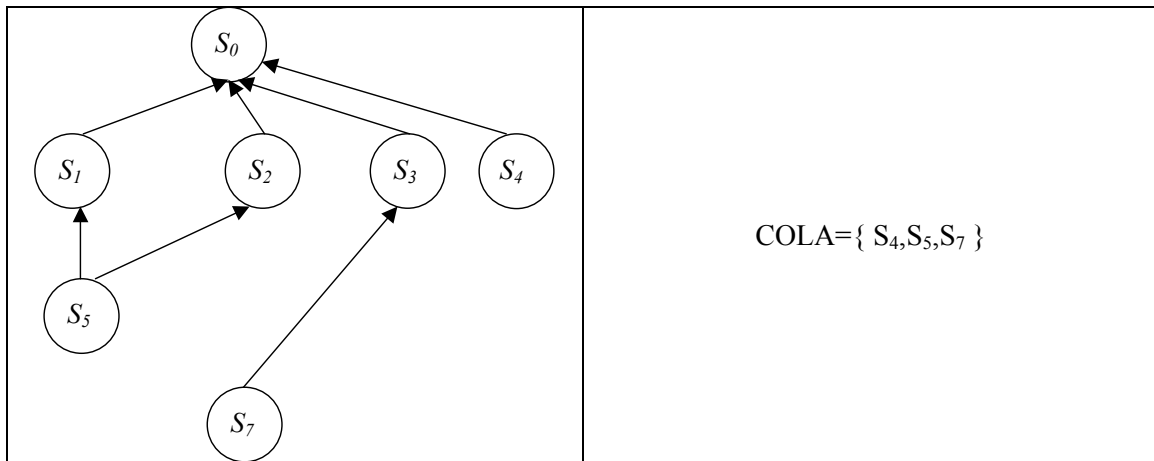
**PASO 3:** Se expande  $S_1$



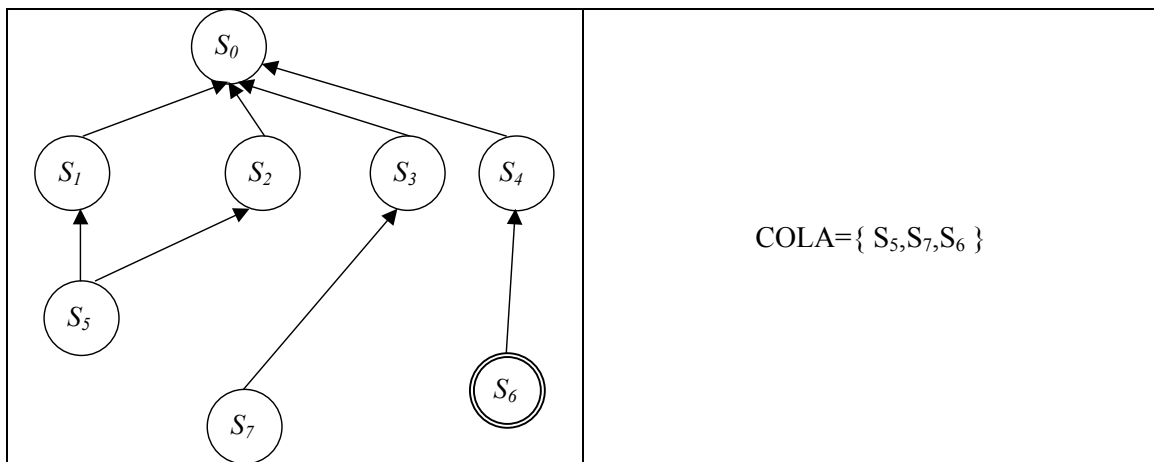
**PASO 4:** Se expande  $S_2$



**PASO 5:** Se expande  $S_3$



**PASO 6:** Se expande  $S_4$



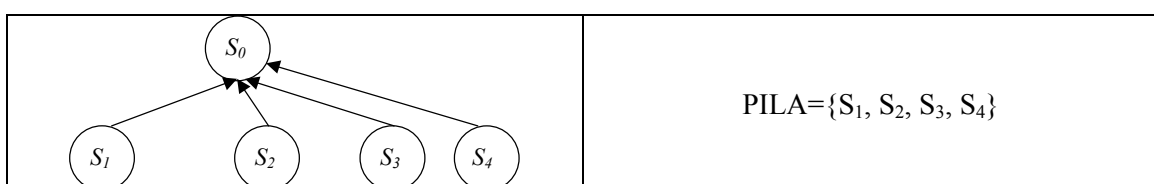
Camino solución:  $S_0 \rightarrow S_4 \rightarrow S_6$

## b) Búsqueda en profundidad

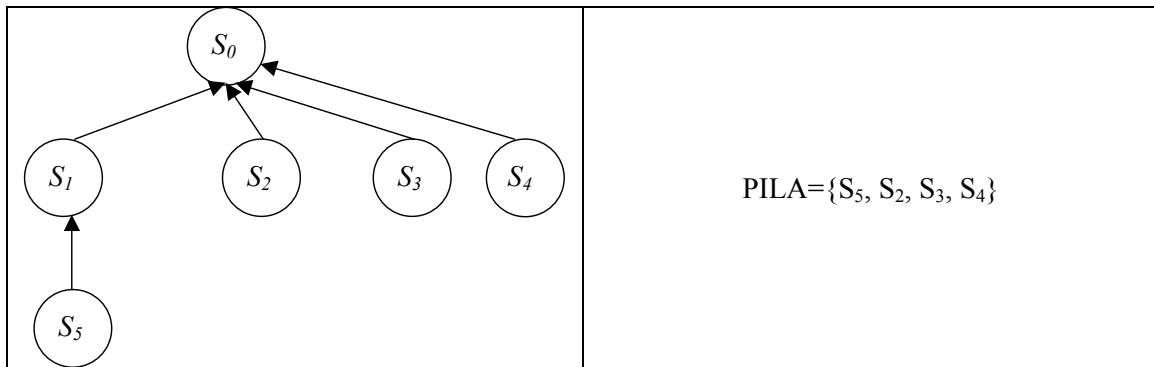
**PASO 1:** Situación inicial



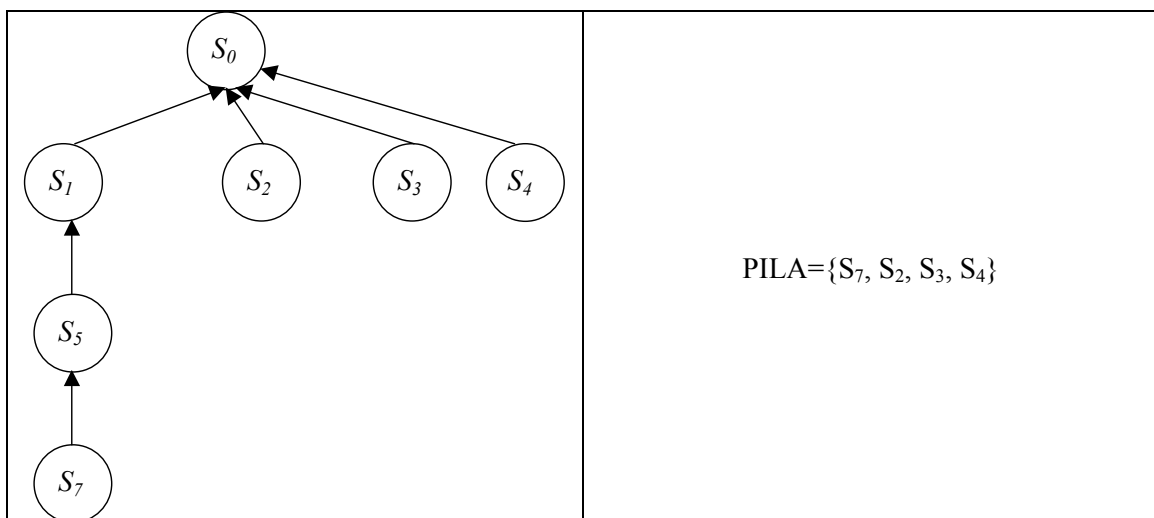
**PASO 2:** Se expande  $S_0$



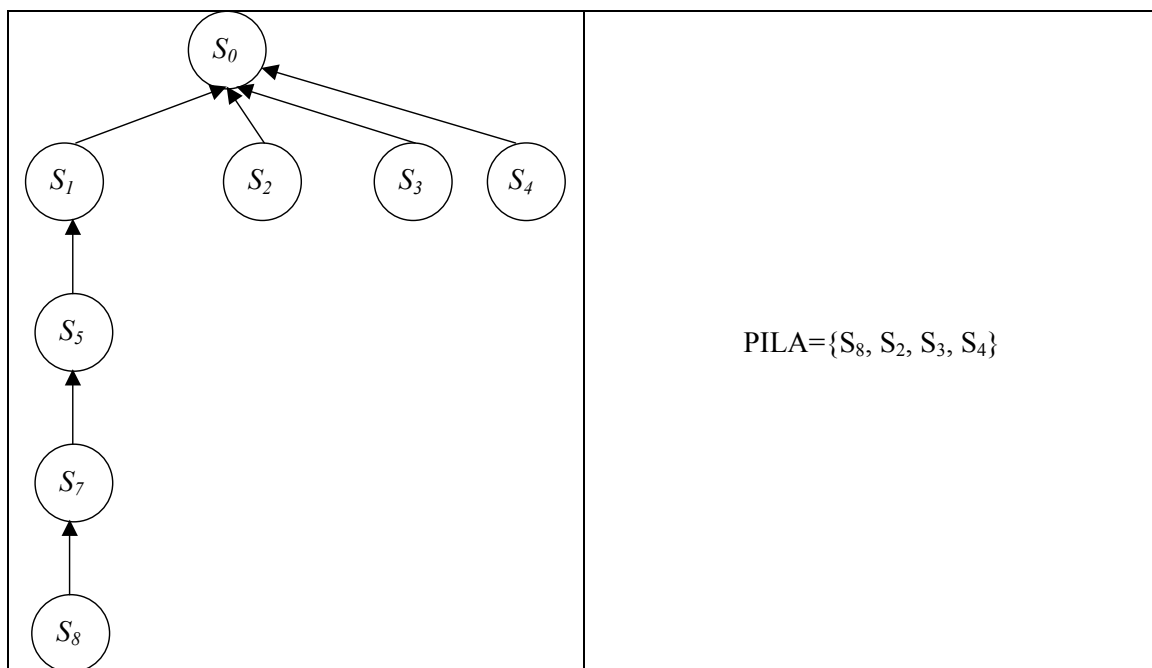
**PASO 3:** Se expande  $S_1$



**PASO 4:** Se expande  $S_5$



**PASO 5:** Se expande  $S_7$



Camino Solución:  $S_0 \rightarrow S_1 \rightarrow S_5 \rightarrow S_7 \rightarrow S_8$