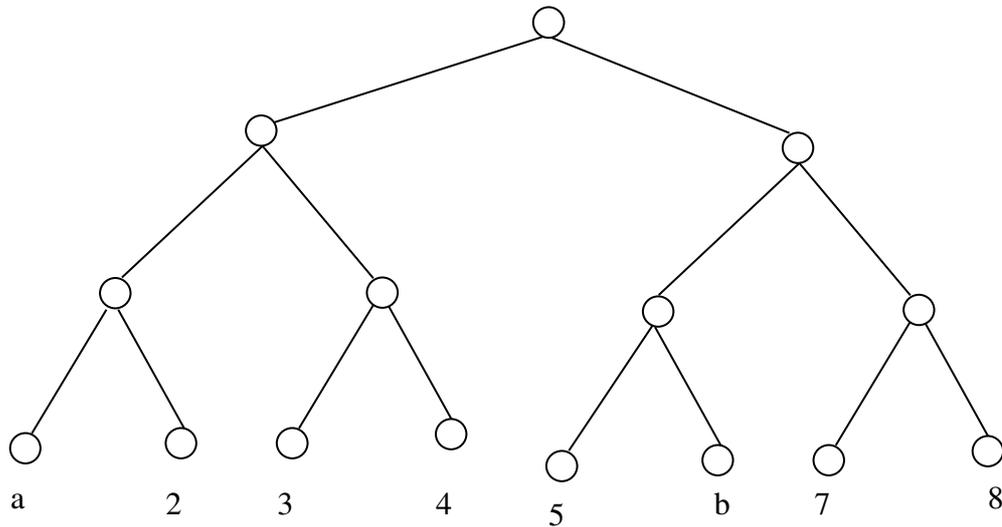


**Universidad Nacional de Educación a Distancia**  
**Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas**  
*Introducción a la Inteligencia Artificial (2º curso)*

**Soluciones exámenes septiembre 2010**

### Ejercicio 1. (Valoración: 4 puntos)

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. Describir paso a paso el comportamiento de la estrategia de poda alfa-beta en función de los valores de los números reales “a” y “b”, suponiendo que el nodo raíz es un nodo MIN y el recorrido se realiza de derecha a izquierda. Por otra parte, ¿cuál es la decisión o jugada más acertada para MIN en cada caso?

#### Solución por Elena Gaudioso Vázquez

Independientemente de los valores de “a” y “b”, el nodo “a” nunca es visitado, ya que se realiza siempre una poda beta en el nodo padre de “a” y de “2” después de visitar “2”. Independientemente de los valores de “a” y “b”, la estrategia más favorable para MIN es el camino de la izquierda, que conduce a un valor de “3”.

Sólo existe una diferencia en cuanto a la ejecución de la estrategia de poda alfa-beta para los casos:

1.  $b \leq 7$
2.  $b > 7$

En el caso 1 (ver Figura 1) existe una poda en el nodo padre de “5” y de “b” después de visitar “b”. En el caso 2 (ver Figura 2) dicha poda se retrasaría hasta después de visitar “5”, aunque no tendría ningún efecto ya que el nodo “5” no tiene ningún hermano por la

izquierda

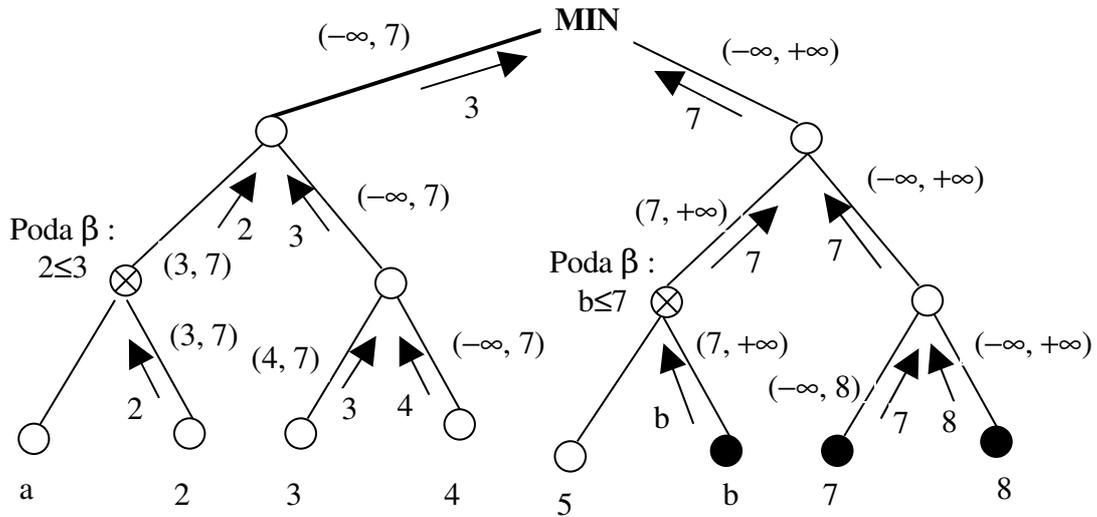


Figura 1: Estrategia de poda alfa-beta para el caso 1 ( $b \leq 7$ )

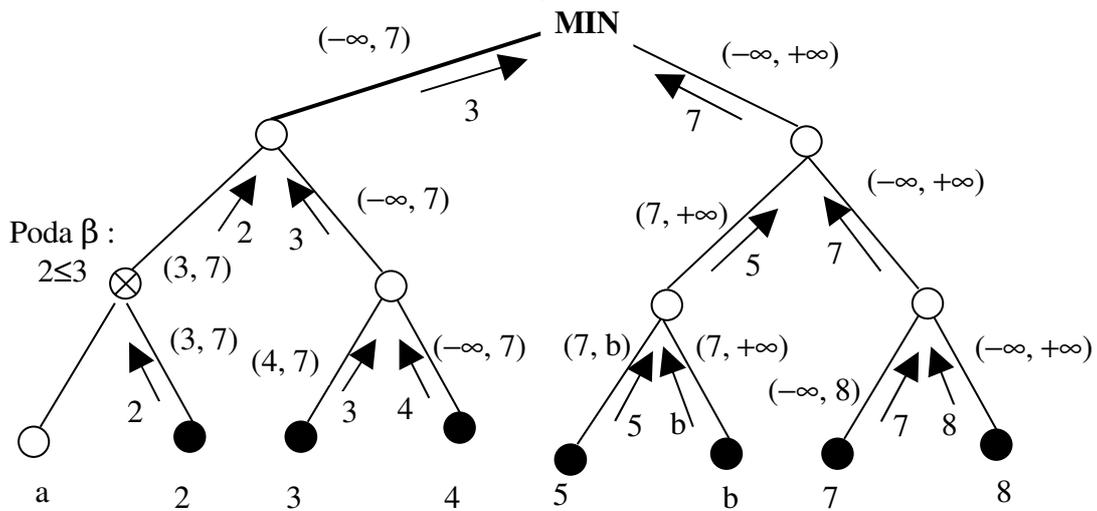


Figura 2: Estrategia de poda alfa-beta para el caso 2 ( $b > 7$ )

**Ejercicio 2. (Valoración: 3 puntos)**

En los sistemas basados en Reglas, describa cómo se realiza el control de razonamiento y el tratamiento de la incertidumbre. Con respecto a estos dos aspectos, describa las

diferencias que existen con las Redes Bayesianas. Ilustre su explicación con ejemplos prácticos.

**Solución** por Elena Gaudioso Vázquez

Apartados 6.4 y 6.6 del libro base de la asignatura. Para la comparación con Redes Bayesianas, comparar los contenidos de estos apartados con lo descrito en el apartado 7.4.2 (El uso de una sólida teoría probabilista les permite a las redes bayesianas dar una interpretación objetiva de los factores numéricos que intervienen y dicta de forma unívoca la forma de realizar la inferencia. Comparación entre los factores de certeza de MYCIN y lógica difusa con el uso de probabilidades en redes bayesianas).

**Ejercicio 3. (Valoración: 3 puntos)**

Responder a las siguientes cuestiones:

(a) (máx. 1 punto) Enumere los diferentes tipos de lógicas que resultan de la ampliación de la Lógica Clásica e indique brevemente qué ventaja principal aporta cada una de dichas lógicas frente a la Lógica Clásica.

(b) (máx. 1 punto) Probar el siguiente razonamiento:

“Necesariamente, si Fernando viaja a Madrid, utiliza el avión”  
“Es posible que Fernando viaje a Madrid”  
Por tanto, “Es posible que Fernando utilice el avión”

(c) (máx. 1 punto) Probar el siguiente razonamiento:

“Algunos niños se portan mal”  
“Algunos niños se portan bien”  
Por tanto, “Hay más de un niño”

**Solución** por Elena Gaudioso Vázquez

(a)

- Lógica de predicados de orden superior: predicados cuantificados y en argumentos
- Lógica de predicados con identidad: introducción del predicado identidad
- Lógicas multivaluadas: más de dos valores de verdad
- Lógica modal: nuevos modos de verdad, a saber “necesidad” y “posibilidad”
- Lógica difusa: tratamiento de la imprecisión y subjetividad propia del lenguaje
- Lógicas no monótonas: tratan el carácter no monótono del razonamiento humano (explíquese brevemente en qué consiste la no monotonía).

(b) Consultar el problema 3.12 del libro base de problemas.

(c) Consultar el problema 3.9 del libro base de problemas

## SEPTIEMBRE RESERVA

### Ejercicio 1. (Valoración: 3 puntos)

Realice un estudio comparativo entre el Método AO\*, también conocido como Método YO\*, y la Búsqueda Primero el Mejor.

**Solución** por Elena Gaudioso Vázquez

- Los dos son métodos de búsqueda heurística en un espacio de estados.
- Tipo de estructura de datos sobre la que representan el proceso de búsqueda:  
Método YO\*: grafo YO (defínase grafo YO y el coste asociado a un subgrafo YO).  
Búsqueda Primero el Mejor: grafo O (defínase grafo O y el coste asociado a un camino en dicho grafo).
- Tipo de función de evaluación heurística utilizada:  
Método YO\*: Anota para cada nodo N cuál es el mejor enlace E hacia sus nodos hijos. El coste del subgrafo que parte del nodo N y contiene al enlace E es asociado a N como valor de su función de evaluación heurística.  
Método Primero el Mejor: Utiliza como valor de función de evaluación heurística para cada nodo la estimación del coste del mejor camino solución desde dicho nodo hasta una meta.
- Tipos de estructuras de datos auxiliares que utilizan:  
Método YO\*: conjunto S que almacena el conjunto de nodos cuyo valor de la función de evaluación heurística queda por actualizar en la fase ascendente del algoritmo.  
Búsqueda Primero el Mejor: listas ABIERTA y CERRADA (defínanse), así como el árbol parcial de costes mínimos (defínase).
- Forma en que se decide la siguiente parte del espacio de búsqueda a explorar:  
Método YO\*: se expande cualquiera de los nodos hoja del mejor subgrafo parcial hallado para el nodo inicial.  
Búsqueda Primero el Mejor: Se escoge el nodo más prometedor de ABIERTA
- Tipos de dominios a los que se puede aplicar:  
Método AO\*: Cualquiera en el que un problema se pueda dividir sucesivamente en subproblemas, de manera que la solución al problema se pueda hallar mediante la combinación de las soluciones de los subproblemas.  
Búsqueda Primero el Mejor: aquellos problemas a los que se pueda asociar una búsqueda general en grafos.

### Ejercicio 2. (Valoración: 3 puntos)

Dada una lógica modal que formalice los conceptos de necesidad y posibilidad, ¿cómo podría ser utilizada para abordar el tratamiento del razonamiento temporal?

**Solución** por Elena Gaudioso Vázquez

Problema 3.14 del libro de problemas

### Ejercicio 3. (Valoración: 4 puntos)

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

- R1: **SI PRESENTE( $h_6$ ) Y AUSENTE( $h_5$ ) ENTONCES RETRACTAR( $h_7$ )**
- R2: **SI PRESENTE( $h_9$ ) ENTONCES RETRACTAR( $h_9$ )**
- R3: **SI PRESENTE( $h_7$ ) Y PRESENTE( $h_4$ ) ENTONCES AFIRMAR( $h_2$ )**
- R4: **SI AUSENTE( $h_8$ ) ENTONCES AFIRMAR( $h_4$ )**
- R5: **SI PRESENTE( $h_6$ ) ENTONCES AFIRMAR( $h_5$ )**
- R6: **SI AUSENTE( $h_9$ ) Y PRESENTE( $h_1$ ) ENTONCES AFIRMAR( $h_1$ )**
- R7: **SI PRESENTE( $h_3$ ) ENTONCES RETRACTAR( $h_5$ )**
- R8: **SI PRESENTE( $h_7$ ) ENTONCES AFIRMAR( $h_9$ )**
- R9: **SI PRESENTE( $h_1$ ) ENTONCES AFIRMAR( $h_3$ )**

donde  $h_i$  representa un hecho, PRESENTE( $h_i$ ) indica que  $h_i$  se encuentra en la base de afirmaciones (BA) y AUSENTE( $h_i$ ) expresa que  $h_i$  no está en la BA. Cada hecho se almacena en la BA de la siguiente forma:  $h_i(t)$ , que significa que  $h_i$  fue inferido en el ciclo  $t$ . AFIRMAR( $h_i$ ) representa una acción que introduce  $h_i$  en la BA y saca ese mismo hecho correspondiente a ciclos anteriores, si los hubiere. Por otra parte, RETRACTAR( $h_i$ ) es una acción que saca  $h_i$  de la BA. Transcurrido el tercer ciclo o iteración de la ejecución de un algoritmo basado en encadenamiento hacia adelante, la BA tiene la siguiente forma:  $BA_3 \equiv \{h_1(1), h_7(2), h_6(3)\}$ . El método de control de razonamiento consiste en elegir aquella regla que haga máximo el valor de una función  $f$  definida como:  $f(R_i) = c(R_i) - i + g(R_i)$  (en caso de igualdad se elegiría la regla de mayor subíndice). La función  $c(R_i)$  representa el número de condiciones que hay en el antecedente de  $R_i$ . La función  $g(R_i)$  es la suma de los tiempos o ciclos asociados en la BA a cada uno de los hechos que figuran en el antecedente de  $R_i$ , teniendo en cuenta que si una condición fuera de la forma AUSENTE( $h_i$ ) entonces se consideraría  $h_i(0)$ . Existe un mecanismo de refractariedad que impide que la misma regla se ejecute en dos iteraciones seguidas.

(a) (máx. 2.5 puntos) Indicar detalladamente cómo evoluciona la ejecución del método de encadenamiento hacia adelante, a partir de la BA obtenida tras el tercer ciclo de ejecución ( $BA_3$ ). Suponer que el encadenamiento termina tras la ejecución del ciclo 14. Mostrar en cada ciclo cuál es el contenido de la BA.

(b) (máx. 1.5 puntos) Considere la siguiente base de conocimiento:

- R1: **SI PRESENTE( $h_1$ ) Y PRESENTE( $h_7$ ) ENTONCES AFIRMAR( $h_3$ )**
- R2: **SI PRESENTE( $h_5$ ) ENTONCES AFIRMAR( $h_8$ )**
- R3: **SI PRESENTE( $h_3$ ) ENTONCES AFIRMAR( $h_6$ )**
- R4: **SI PRESENTE( $h_1$ ) Y AUSENTE( $h_3$ ) Y PRESENTE( $h_4$ ) ENTONCES AFIRMAR( $h_2$ )**
- R5: **SI PRESENTE( $h_8$ ) Y PRESENTE( $h_6$ ) ENTONCES AFIRMAR( $h_4$ )**

y la BA,  $BA_3 \equiv \{h_1(1), h_5(2), h_7(3)\}$ . Averiguar, aplicando un método de encadenamiento hacia atrás, si en algún momento podríamos llegar a tener PRESENTE( $h_2$ ).

**Solución** por Elena Gaudioso Vázquez

CICLO	CONJUNTO CONFLICTO	$f(R_i)$	BA RESULTANTE
4	<b>R<sub>1</sub></b> R <sub>4</sub> R <sub>5</sub> R <sub>6</sub> R <sub>8</sub> R <sub>9</sub>	$2 - 1 + 3 = 4 \ll$ $1 - 4 + 0 = -3$ $1 - 5 + 3 = -1$ $2 - 6 + 1 = -3$ $1 - 8 + 2 = -5$ $1 - 9 + 1 = -7$	$\{h_1(1), h_6(3)\}$
5	R <sub>4</sub> <b>R<sub>5</sub></b> R <sub>6</sub> R <sub>9</sub>	$1 - 4 + 0 = -3$ $1 - 5 + 3 = -1 \ll$ $2 - 6 + 1 = -3$ $1 - 9 + 1 = -7$	$\{h_1(1), h_6(3), h_5(5)\}$
6	R <sub>4</sub> <b>R<sub>6</sub></b> R <sub>9</sub>	$1 - 4 + 0 = -3 \ll$ $2 - 6 + 1 = -3 \ll$ $1 - 9 + 1 = -7$	$\{h_6(3), h_5(5), h_1(6)\}$
7	R <sub>4</sub> <b>R<sub>5</sub></b> R <sub>9</sub>	$1 - 4 + 0 = -3$ $1 - 5 + 3 = -1 \ll$ $1 - 9 + 6 = -2$	$\{h_6(3), h_1(6), h_5(7)\}$
8	R <sub>4</sub> <b>R<sub>6</sub></b> R <sub>9</sub>	$1 - 4 + 0 = -3$ $2 - 6 + 6 = 2 \ll$ $1 - 9 + 6 = -2$	$\{h_6(3), h_5(7), h_1(8)\}$
9	R <sub>4</sub> R <sub>5</sub> <b>R<sub>9</sub></b>	$1 - 4 + 0 = -3$ $1 - 5 + 3 = -1$ $1 - 9 + 8 = 0 \ll$	$\{h_6(3), h_5(7), h_1(8), h_3(9)\}$
10	R <sub>4</sub> R <sub>5</sub> <b>R<sub>6</sub></b> R <sub>7</sub>	$1 - 4 + 0 = -3$ $1 - 5 + 3 = -1$ $2 - 6 + 8 = 4 \ll$ $1 - 7 + 9 = 3$	$\{h_6(3), h_5(7), h_3(9), h_1(10)\}$
11	R <sub>4</sub> R <sub>5</sub> <b>R<sub>7</sub></b> R <sub>9</sub>	$1 - 4 + 0 = -3$ $1 - 5 + 3 = -1$ $1 - 7 + 9 = 3 \ll$ $1 - 9 + 10 = 2$	$\{h_6(3), h_3(9), h_1(10)\}$
12	R <sub>1</sub> R <sub>4</sub> R <sub>5</sub> <b>R<sub>6</sub></b> R <sub>9</sub>	$2 - 1 + 3 = 4$ $1 - 4 + 0 = -3$ $1 - 5 + 3 = -1$ $2 - 6 + 10 = 6 \ll$ $1 - 9 + 10 = 2$	$\{h_6(3), h_3(9), h_1(12)\}$
13	R <sub>1</sub> R <sub>4</sub> R <sub>5</sub> R <sub>7</sub> <b>R<sub>9</sub></b>	$2 - 1 + 3 = 4 \ll$ $1 - 4 + 0 = -3$ $1 - 5 + 3 = -1$ $1 - 7 + 9 = 3$ $1 - 9 + 12 = 4 \ll$	$\{h_6(3), h_1(12), h_3(13)\}$
14	R <sub>1</sub> R <sub>4</sub> R <sub>5</sub> <b>R<sub>6</sub></b> R <sub>7</sub>	$2 - 1 + 3 = 4$ $1 - 4 + 0 = -3$ $1 - 5 + 3 = -1$ $2 - 6 + 12 = 8 \ll$ $1 - 7 + 13 = 7$	$\{h_6(3), h_3(13), h_1(14)\}$

b) En primer lugar, cuando afirmemos un hecho, lo podremos hacer “para siempre” ya que no hay ningún RETRACTAR en el consecuente de las reglas. La única posibilidad para que PRESENTE( $h_2$ ) sea cierto es que todas las condiciones del antecedente de  $R_4$  se cumplan **a la vez**. La primera condición se cumplirá ya que  $h_1$  está en BA3. La segunda condición es a priori cierta (antes de examinar la tercera condición). Ahora habrá que comprobar que la tercera condición es cierta y que esto no implica que  $h_3$  deje de estar ausente. A partir de  $R_5$ , PRESENTE( $h_4$ ) es cierto si PRESENTE( $h_8$ ) y PRESENTE( $h_6$ ) lo son también. PRESENTE( $h_8$ ) es cierto a partir de  $R_2$ , mientras que PRESENTE( $h_6$ ) lo es a partir de  $R_3$  y  $R_1$ . Como consecuencia de tener que considerar la regla  $R_1$  para demostrar PRESENTE( $h_4$ ), es imposible que PRESENTE( $h_4$ ) y AUSENTE( $h_3$ ) sean ciertos a la vez. Por tanto, en ningún ciclo “ $t$ ” podríamos llegar a tener  $h_2(t)$ .