

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

- GENERALIDADES
- ESPACIO DE ESTADOS
- CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS PROCESOS DE BÚSQUEDA
- ESTRATEGIAS DE EXPLORACIÓN DEL ESPACIO DE ESTADOS
- CONCLUSIONES

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

- Moret et al., Fundamentos de Inteligencia Artificial, Servicio de Publicaciones UDC, 2004
- Nilsson, Problem-Solving Methods in Artificial Intelligence, McGraw-Hill, eds., 1971
- Rich & Knight, Inteligencia Artificial, McGraw-Hill, eds., 1994
- Russell & Norvig, Inteligencia Artificial: Un Enfoque Moderno, Pearson Prentice Hall, eds., 2004

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

- El comportamiento inteligente obliga a utilizar de forma eficaz y eficiente un conjunto mínimo de conocimientos... ¿por qué?
- Distintos problemas requieren distintas técnicas:
 - ¿Se requiere inteligencia para resolver: $Ax^2 + Bx + C = 0$?
- La IA debe producir programas que:
 - Capten generalizaciones
 - Incluyan conocimiento explícito
 - Sean fácilmente actualizables
 - Puedan ser aplicados en muchas situaciones diferentes

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

- En IA el tipo de técnica está condicionado por el dominio de aplicación
- Normalmente, para resolver un problema real, no hay planteamientos exclusivos

Programa de IA	Programa Convencional
Dominios Simbólicos	Dominios Numéricos
Procesos Heurísticos	Procesos Algorítmicos
Pasos Implícitos	Pasos Explícitos
Información y Control Separados	Información y Control Integrados

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

- El problema de los dos cubos:
 - Disponemos de dos cubos inicialmente vacíos, uno de 8 litros, y el otro de 6 litros. Ninguno de los cubos tiene marcas ni divisiones. Disponemos también de un grifo que puede emplearse para llenar los cubos. ¿Qué tenemos que hacer para llenar el cubo de 8 litros justamente hasta la mitad?
 - NOTA: Llamaremos A al cubo de 8 litros, y B al cubo de 6 litros

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Número de orden	Acción	Resultado
1	Llenar B	A vacío, 6 l en B
2	Vaciar B en A	6 l en A, B vacío
3	Llenar B	6 l en A, 6 l en B
4	Llenar A con B	8 l en A, 4 l en B
5	Vaciar A	A vacío, 4 l en B
6	Vaciar B en A	4 l en A, B vacío

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

- ¿Es la única solución?

- Si → Fin
- No → Encontrar otra solución

- ¿La nueva solución encontrada es equivalente a la anterior?

- ¿Cuál es la mejor solución?

- ¿De qué depende que una solución sea mejor que otra?

- ¿Cuáles son los requisitos mínimos que debe cumplir una solución para ser aceptable?

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

■ Una representación del problema

- A = Cubo de 8 litros
- B = Cubo de 6 litros
- [A] = Contenido de A
- [B] = Contenido de B
- ([A],[B]) = Estado actual del problema
- Número “n” = Acción ejecutada

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Número de orden	Precondiciones	Acción
1	A no lleno	Llenar A
2	B no lleno	Llenar B
3	A no vacío	Vaciar A
4	B no vacío	Vaciar B
5	A no vacío, y B no lleno, y $[A] + [B] \leq 6$	Vaciar A en B
6	B no vacío, y A no lleno, y $[A] + [B] \leq 8$	Vaciar B en A
7	B no vacío, y A no lleno, y $[8] + [6] \geq 8$	Llenar A con B
8	A no vacío, y B no lleno, y $[8] + [6] \geq 6$	Llenar B con A

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

- Secuencia de acciones que nos lleva a una solución del problema:

(0,0) 2 (0,6) 6 (6,0) 2 (6,6) 7 (8,4) 3 (0,4) 6 (4,0)

- Espacio de Estados (EE) = Descripción formal del universo de discurso
 - Conjunto de estados iniciales
 - Conjunto de operadores que definen operaciones permitidas entre estados
 - Conjunto de estados meta u objetivos: soluciones aceptables, aunque no necesariamente la mejor

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

- La resolución de un problema en IA consiste en:
 1. La aplicación de un conjunto de técnicas conocidas, cada una de ellas definida como un paso simple en el espacio de estados
 2. Un proceso de búsqueda, o estrategia general de exploración del espacio de estados

Para abordar un problema desde la óptica de la inteligencia artificial tenemos que ser capaces de construir un modelo computacional del universo de discurso, o dominio del problema

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

■ FORMALMENTE...

- **I es el conjunto de estados iniciales...**
 $I = \{i_1, i_2, \dots, i_n\}$
- **O es el conjunto de operaciones permitidas...**
 $O = \{o_1, o_2, \dots, o_m\}$
- **M es el conjunto de metas o soluciones aceptables...**
 $M = \{m_1, m_2, \dots, m_t\}$
- **Búsqueda = proceso de exploración en el espacio de estados tal que...**
 $O : (I \rightarrow M)$
- **Paso Simple... $o_x : (i_z \rightarrow i_w)$ con $i_z, i_w \in I, o_x \in O$**
- **Si $i_w \in M$, entonces i_w verifica la prueba de meta, o test de realización, y es una solución del problema**

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

- El espacio de estados es el soporte físico del dominio de discurso

- Necesitamos también procesos de búsqueda o mecanismos generales de exploración del espacio de estados
 - Criterios de selección y aplicación de operadores relevantes
 - Capacidad de decisión sobre cuál será el próximo movimiento
 - Búsqueda sistemática
 - Tratar de generar siempre estados nuevos, no generados previamente

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

■ Volviendo al problema de los dos cubos...

- I = (0,0)
- M = (4,x) / $x \in [0,6]$
- O = {op1, op2, op3, op4, op5, op6, op7, op8}

■ Estrategia 1

1. Identificar estado inicial
2. Prueba de meta
 - Si meta → Fin
 - Si no meta → Seguir (ir a 3)
3. Aplicar 1er operador que cumpla requisitos de estado actual, según su número de orden
4. Prueba de meta
 - Si meta → Fin
 - Si no meta → Seguir (ir a 3)

■ Secuencia de estados generada: (0,0)1(8,0)2(8,6)3(0,6)1(8,6)...

■ La estrategia es sistemática, pero no siempre genera estados nuevos, y hay operadores que se repiten

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

-Estrategia 2

1. Identificar estado inicial
2. Prueba de meta
 - Si meta → Fin
 - Si no meta → Ir a 3
3. Seleccionar operadores que verifiquen precondiciones
4. Descartar los ya aplicados
5. Aplicar el primero de los supervivientes
6. Prueba de meta
 - Si meta → Fin
 - Si no meta → Ir a 3

-Secuencia de estados: (0,0)1(8,0)2(8,6)3(0,6)4(0,0)

-Búsqueda detenida sin solución

-Necesidad de utilizar estructuras adicionales (autoconocimiento)

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

-Estrategia 3

1. Identificar estado inicial
2. Prueba de meta
 - Si meta → Fin
 - Si no meta → Ir a 3
3. Seleccionar operadores que verifiquen precondiciones
4. Descartar los ya aplicados
5. Descartar operadores que no generen estados nuevos
6. Aplicar el primero de los supervivientes
7. Prueba de meta
 - Si meta → Fin
 - Si no meta → Ir a 3

-Secuencia de estados: (0,0)1(8,0)2(8,6)3(0,6)6(6,0)

-Búsqueda detenida sin solución

-Más estructuras adicionales (incrementar el autoconocimiento)

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

-Estrategia 4

1. Identificar estado inicial
2. Prueba de meta
 - Si meta → Fin
 - Si no meta → Ir a 3
3. Seleccionar operadores que verifiquen precondiciones
4. Descartar operadores que no generen estados nuevos
5. Aplicar el primero de los supervivientes
6. Prueba de meta
 - Si meta → Fin
 - Si no meta → Ir a 3

-Secuencia de estados...

(0,0)1(8,0)2(8,6)3(0,6)6(6,0)2(6,6)7(8,4)3(0,4)6(4,0)

-Solución aceptable, aunque no óptima

-Más estructuras adicionales (incrementar el autoconocimiento)

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Cuestiones importantes:

- Hemos definido de forma independiente el conocimiento de la forma en que dicho conocimiento es empleado
- Hay una separación clara entre el conocimiento del sistema y las estrategias de control del conocimiento
- Son soluciones aceptables aquéllas que cumplen las restricciones de la prueba de meta (¿qué pasaría si del grifo manara Hg?)
- El sistema necesita AUTOCONOCIMIENTO (en forma de estructuras adicionales auxiliares), para funcionar correctamente

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

- CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS PROCESOS DE BÚSQUEDA
 1. DIRECCIÓN DE LA BÚSQUEDA
 2. TOPOLOGÍA DEL PROCESO
 3. REPRESENTACIÓN DE LOS ESTADOS POR LOS QUE DISCURRE LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA
 4. CRITERIOS DE SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE OPERADORES RELEVANTES
 5. OPTIMIZACIÓN DE LA BÚSQUEDA MEDIANTE EL USO DE FUNCIONES HEURÍSTICAS

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

■ DIRECCIÓN DEL PROCESO DE BÚSQUEDA

– Desde los estados iniciales hacia los estados meta

■ Proceso progresivo o dirigido por los datos

– Desde los estados meta hacia los estados iniciales

■ Proceso regresivo, evocativo, o dirigido por objetivos

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

- ¿Cuándo, y en función de qué, es mejor una dirección que otra?
 1. Tamaño relativo de los conjuntos I y M del espacio de estados
 2. Factor de ramificación, o número promedio de estados que podemos alcanzar directamente desde un estado dado
 3. Inclusión de estructuras explicativas como requisito inicial en el diseño de nuestro sistema inteligente
 1. De menor a mayor número de estados
 2. En el sentido del menor factor de ramificación
 3. De la forma que mejor se ajuste al modo de razonar de expertos y usuarios

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

- TOPOLOGÍA DEL PROCESO DE BÚSQUEDA
 - ÁRBOL
 - GRAFO
- Transformación de árbol en grafo
 1. Empezar generando estado(s) tras aplicar operador(es) relevante(s)
 2. Para cada nuevo estado generado
 - Si es nuevo añadirlo y volver a (1)
 - Si no es nuevo descartarlo e ir a (3)
 3. Añadir un nuevo enlace entre el nodo que se está expandiendo y el sucesor
 4. Recorrer el nuevo camino desde el principio
 - Si es más corto insertarlo como mejor camino, propagar el cambio, reorganizar el grafo y volver a (1)
 - Si no es más corto volver a (1)

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

- La utilización de grafos de búsqueda reduce los esfuerzos de exploración en el espacio de estados
- La utilización de grafos de búsqueda obliga a comprobar si cada estado generado ha sido generado ya en pasos anteriores
- La utilización de grafos de búsqueda demanda menos recursos de memoria, pero suponen un coste computacional mayor
- Los árboles de búsqueda son más eficientes desde una perspectiva computacional, pero tienen mayores problemas de memoria

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

■ EL PROBLEMA DE LA REPRESENTACIÓN

1. Representación de objetos, entidades relevantes, o hechos del dominio
 2. Representación de relaciones entre objetos, entidades relevantes, o hechos del dominio
 3. Representación de las secuencias de estados surgidas durante los procesos de búsqueda
 - Representación estática del dominio
 - Representación dinámica del dominio
 - Representación dinámica del proceso de búsqueda de soluciones
- Las tres representaciones están estrechamente relacionadas

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

■ SELECCIÓN SISTEMÁTICA DE OPERADORES RELEVANTES

- Al proceso de selección sistemática de operadores relevantes se denomina emparejamiento
- Emparejamiento literal
 - Búsqueda simple de operadores del conjunto O del espacio de estados
 - A través de las precondiciones del operador si el proceso es dirigido por los datos
 - A través de los consecuentes del operador si el proceso es dirigido por los objetivos
 - Si O es muy grande el emparejamiento literal es muy ineficiente

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

- Casos particulares del emparejamiento literal
 - El operador empareja completamente con el estado
 - Las precondiciones del operador son un subconjunto de la descripción del estado actual
 - Las precondiciones del operador coinciden sólo parcialmente con la descripción del estado actual
 - Las precondiciones del operador no coinciden con la descripción del estado actual

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

■ Emparejamiento con variables (ejemplo)

– Hechos de un dominio:

- Juan es hijo de María → HIJO(María,Juan)
- Pedro es hijo de Juan → HIJO(Juan,Pedro)
- Tomás es hijo de Pedro → HIJO(Pedro,Tomás)
- Rosa es hija de Pedro → HIJA(Pedro,Rosa)
- Ana es hija de Juan → HIJA(Juan,Ana)
- Rosa es hija de Ana → HIJA(Ana,Rosa)

– Operadores del dominio:

- Op1: HIJO(x,y) and HIJO(y,z) → NIETO(x,z)
- Op2: HIJA(x,y) and HIJO(y,z) → NIETO(x,z)
- Op3: HIJO(x,y) and HIJA(y,z) → NIETA(x,z)

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

■ Problema:

- Dados los hechos anteriores, que constituyen nuestro estado inicial, encontrar un estado meta que incluya los mismos hechos y un hecho nuevo que indique quién es el nieto de Juan

■ Solución:

- Interesa usar $Op1 - Op2$, porque son los operadores que concluyen sobre la existencia de algún nieto
- Hay que encontrar primero un “y” que verifique que $HIGO(Juan,y)$ and $HIGO(y,z)$, para algún valor de “z”
 - Opción1: Verificar a todos los hijos de Juan y verificar que alguno de ellos tiene un hijo
 - Opción 2: Comprobar que de todos los que tienen algún hijo, hay alguno que es hijo de Juan

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

■ Resolución de Conflictos

- Relacionado con el emparejamiento, un conflicto es una situación en la que más de un operador empareja con nuestro estado actual
- En función de la estrategia, cuando aparece un conflicto ¿Qué operador(es) ejecutamos?

■ Reglas de carácter general

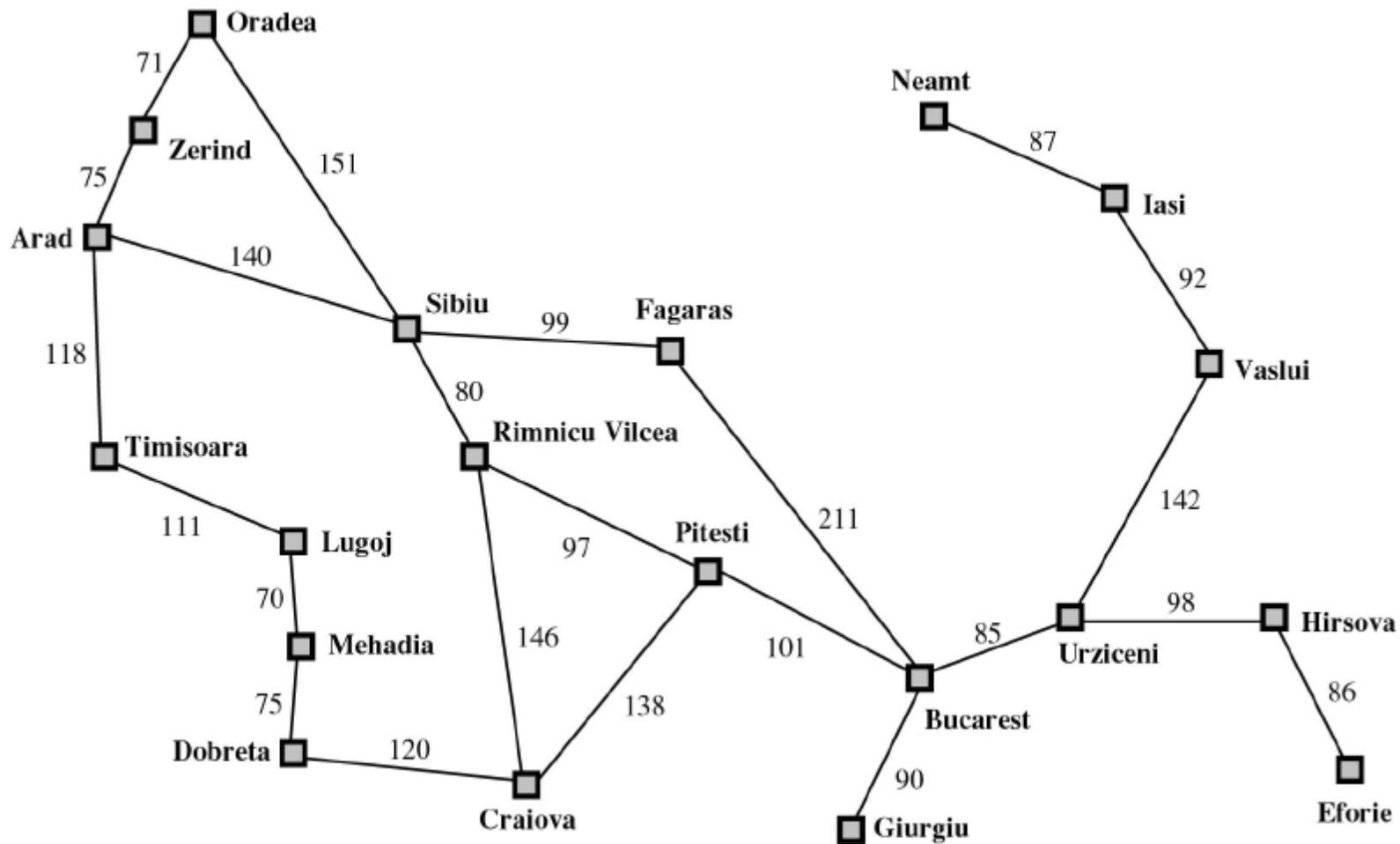
1. Si podemos evitarlo no aplicaremos operadores ya aplicados
2. Trataremos de aplicar primero operadores que emparejen con hechos recientemente incorporados
3. Aplicaremos primero operadores con precondiciones más restrictivas
4. De no poder discriminar con las pautas anteriores, ejecutaremos uno (o más, depende de la estrategia), al azar

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

■ Funciones Heurísticas

- Funciones de carácter numérico que nos permiten estimar el beneficio de una determinada transición en el espacio de estados
- Se utilizan para optimizar los procesos de búsqueda
- Tratan de guiar la exploración del espacio de estados de la forma más provechosa posible
- Sugieren el mejor camino a priori, cuando disponemos de varias alternativas
- El estudio de las funciones heurísticas se denomina Heurética

Figura 3.2. Un mapa de carreteras simplificado de Rumanía.



RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

- Estrategias de exploración del espacio de estados
 - La eficacia de los procesos de búsqueda suele venir determinada por la estrategia empleada, y por los mecanismos diseñados para controlar la aplicación del conocimiento del dominio
- Técnicas de búsqueda de propósito específico
 - Diseñadas “ad hoc” para resolver un problema concreto
- Técnicas de búsqueda de propósito general
 - Métodos débiles de exploración del espacio de estados
 - Cualquier método débil de exploración configura una búsqueda que será:
 - En anchura
 - En profundidad
 - Mixta anchura-profundidad

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

■ Búsqueda en anchura

- Genera amplios y crecientes segmentos en el espacio de estados, y verifica cada nuevo nivel generado antes de pasar al siguiente

- 1. Identificar estado inicial
- 2. Prueba de meta
 1. Si meta → Fin
 2. Si no meta → Ir a 3
- 3. Expandir estado mediante la aplicación de todos los operadores relevantes
- 4. Prueba de meta
 1. Si meta → Fin
 2. Si no meta → Ir a 5
- 5. Para cada nodo generado repetir el proceso (Ir a 3)

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

$I = \{A\}$ $M = \{W,F,K\}$ $O = \{Op1, \dots, Op16\}$

Op1: $B \rightarrow D$	Op2: $P \rightarrow T$	Op3: $A \rightarrow B$	Op4: $B \rightarrow Y$
Op5: $D \rightarrow L$	Op6: $D \rightarrow Z$	Op7: $H \rightarrow V$	Op8: $A \rightarrow G$
Op9: $P \rightarrow N$	Op10: $B \rightarrow N$	Op11: $P \rightarrow S$	Op12: $Q \rightarrow Y$
Op13: $E \rightarrow F$	Op14: $G \rightarrow P$	Op15: $D \rightarrow R$	Op16: $Y \rightarrow W$

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

- Procedimiento sistemático
- Solución aceptable
 - A 3 B 4 Y 16 W
- Otros caminos explorados
 - A 3 B 1 D 5 L
 - A 3 B 1 D 6 Z
 - A 3 B 1 D 15 R
 - A 3 B 10 N
 - A 8 G 14 P 2 T
 - A 8 G 14 P 9 N
 - A 8 G 14 P 11 S
- Caminos no resolutivos, pero no necesariamente desaprovechables
- Consume grandes recursos de memoria
- Es ineficiente temporalmente por la gran expansión de nodos
- Siempre encuentra la mejor solución, si existe, y si puede

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

- Método en profundidad
 - Sigue caminos completos hasta agotarlos o hasta que se encuentra una solución
 - Si no se encuentra una solución por un camino, se organiza una vuelta atrás o “backtracking”
 - En ocasiones, los caminos generados no se explotan completamente, pudiendo ser abandonados llegados a una determinada profundidad
 - Permiten que la solución se encuentre por casualidad
 - Demandan menos recursos de memoria que el procedimiento en anchura
 - Demandan más recursos computacionales que el procedimiento en anchura
 - No siempre se encuentra la mejor solución (si se encuentra o si existe)

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

- Métodos débiles de exploración del espacio de estados
 - Generación y prueba
 - Ascensión a colinas
 - Búsqueda por el mejor nodo
 - Agendas

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

- Método de generación y prueba
 1. Identificar el estado inicial
 2. Prueba de meta
 1. Si meta → Fin
 2. Si no meta → Ir a 3
 3. Recorrer un camino completo hasta agotarlo
 4. Prueba de meta
 1. Si meta → Fin
 2. Si no meta → Ir a 5
 5. Backtracking
 6. Volver a 3

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

EJEMPLO:

$$I = \{A\}$$

$$M = \{K\}$$

(1) $A \rightarrow B$	(2) $B \rightarrow C$	(3) $B \rightarrow D$	(4) $B \rightarrow L$	(5) $B \rightarrow M$
(6) $D \rightarrow F$	(7) $F \rightarrow G$	(8) $F \rightarrow H$	(9) $H \rightarrow I$	(10) $I \rightarrow J$
(11) $J \rightarrow K$	(12) $L \rightarrow K$	(13) $K \rightarrow T$	(14) $D \rightarrow V$	(15) $M \rightarrow X$

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

- Método de ascensión a colinas
 1. Identificar el estado inicial
 2. Prueba de meta
 1. Si meta → Fin
 2. Si no meta → Ir a 3
 3. Recorrer un camino completo hasta agotarlo
 4. Prueba de meta
 1. Si meta → Fin
 2. Si no meta → Ir a 5
 5. Backtracking
 6. Aplicar varios operadores (arbitrario) para generar nuevos nodos
 7. Para cada nuevo nodo → Prueba de meta
 1. Si meta → Fin
 2. Si no meta → Ir a 8
 8. Aplicar la función heurística
 9. Seleccionar el nodo más prometedor
 10. Volver a 3

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

- Situaciones posibles en el método de ascensión a colinas
 1. Máximo local
 - Estado puntual mejor que cualquiera de sus vecinos, pero peor que otros estados más alejados. Cuando los máximos locales aparecen cerca de la solución final se llaman estribaciones
 2. Meseta
 - Región del espacio de estados en la que todos los estados individuales tienen el mismo valor de la función heurística y, por lo tanto, no es posible determinar la mejor dirección para continuar
 3. Cresta
 - Región del espacio de estados cuyos estados tienen mejores valores de la función heurística que los de regiones colindantes, pero a los que no podemos llegar mediante transiciones simples

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

- Soluciones posibles:
 - Para los máximos locales
 - Regresar a un nodo previo e intentar una dirección diferente
 - Para las mesetas
 - Realizar un gran salto en el espacio de búsqueda y tratar de alcanzar una región diferente del espacio de estados
 - Para las crestas
 - Aplicar más de un operador antes de realizar la prueba de meta

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

- Búsqueda por el mejor nodo
 - Búsqueda mixta anchura-profundidad, en la que una función heurística guía el proceso por el nodo más prometedor, con independencia de la rama del árbol a la que pertenece el nodo
- Algoritmo
 1. Identificar estado actual
 2. Prueba de meta
 3. Expandir en anchura
 4. Prueba de meta
 5. Aplicar función heurística
 6. Seleccionar el mejor nodo, con independencia de la rama a la que pertenece
 7. Volver a 3
- El procedimiento puede suponer un continuo cambio de enfoque

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

- Agendas
 - Procedimiento de búsqueda por el mejor nodo constituido por:
 1. Listas de tareas que puede realizar un sistema
 2. Cada tarea lleva asociada una lista de razones o motivos por los que dicha tarea es interesante (justificaciones)
 3. A cada tarea se le asocia un valor que representa el peso total de la evidencia que sugiere que la tarea es útil
 4. Una misma tarea puede llevar asociadas distintas justificaciones
 5. No todas las justificaciones tienen por qué pesar lo mismo
 6. Es un método de búsqueda por el mejor nodo en el que:
 1. Se debe elegir la mejor tarea de la agenda
 2. Se debe ejecutar la tarea asignando para ello recursos
 7. Las tareas de la agenda están ordenadas por sus pesos
 8. Cada vez que se crea una nueva tarea se inserta en su lugar

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

- Agendas: Algoritmo
 1. Identificar la mejor tarea de la agenda y ejecutarla
 2. Comprobar si se han generado subtareas
 1. Si no se han generado → Prueba de meta y Fin
 2. Si se han generado → Ir a 3
 3. Para cada nueva tarea
 1. Si no estaba en la agenda → Insertarla e ir a 4
 2. Si ya estaba en la agenda
 1. Si tiene la misma justificación → Ir a 4
 2. Si no tiene la misma justificación → Insertarla e ir a 4
 4. Calcular el valor de las nuevas tareas combinando la evidencia de todas las justificaciones, y reorganizar la agenda
 5. Volver a 1

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

- Comentarios

1. Frente a estos procedimientos no informados, o con información débil, hay otros métodos de búsqueda informados
2. Los métodos de búsqueda informados incluyen algo de conocimiento sobre el dominio, aunque no llegan a ser métodos de búsqueda de propósito específico
3. Otros algoritmos, como el A^* , son de gran interés, y objeto de prácticas de esta asignatura
4. De acuerdo con lo ya comentado al principio del curso sobre convergencia europea en materia de educación, será responsabilidad del alumno profundizar sobre funciones heurísticas, y sobre el algoritmo A^*