

Tema 2: Representación de problemas como espacios de estados

José Luis Ruiz Reina
José Antonio Alonso
Franciso J. Martín Mateos

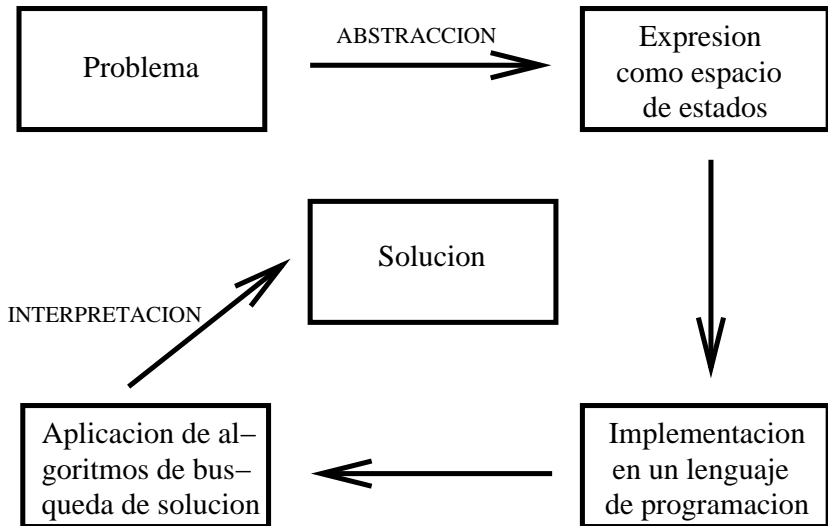
Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial
Universidad de Sevilla

Inteligencia Artificial I, 2011-12

Definición de un problema como espacio de estados

- Paso previo a la búsqueda de soluciones de un problema:
 - Especificación del problema
- Elementos del problema:
 - ¿Cuál la situación *inicial* desde la que se parte?
 - ¿Cuál es el *objetivo final*?
 - ¿Cómo describir las diferentes situaciones o *estados* por los que podríamos pasar?
 - ¿Qué pasos elementales u *operadores* para cambiar de estado y cómo actúan?
- Especificar un problema como *espacio de estados* consiste en describir de manera clara cada uno de estos componentes
 - Ventaja: procedimientos generales de búsqueda de soluciones
 - *Independientes* del problema

Método de solución de problemas



Planteamiento del problema del 8-puzle

- Un tablero cuadrado (3x3) en el que hay situados 8 bloques cuadrados numerados (con lo cual se deja un hueco del tamaño de un bloque). Un bloque adyacente al hueco puede deslizarse hacia él. El juego consiste en transformar una posición inicial en la posición final mediante el deslizamiento de los bloques. En particular, consideramos el estado inicial y final siguientes:

2	8	3
1	6	4
7		5

Estado inicial

1	2	3
8		4
7	6	5

Estado final

Representación de estados

- Estado: descripción de una posible situación en el problema
 - Abstracción de propiedades
- Importancia de una buena representación de los estados
 - Sólo considerar información relevante para el problema
 - La representación escogida influye en el número de estados y éste en los procedimientos de búsqueda de soluciones
- Ejemplo: 8-puzzle: Elementos de la representación:
 - relevante: localización de cada bloque y del hueco;
 - irrelevante: tipo de material de los bloques, colores de los bloques,...

Representación de estados

- Ejemplo del 8-puzzle: Representaciones del estado

2	8	3
1	6	4
7		5

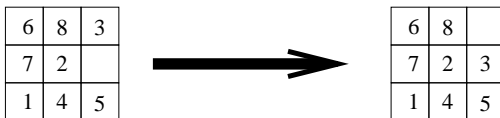
- Descripción de la posición exacta de cada uno de los bloques
- Representación vs. implementación
 - Lista: (2 8 3 1 6 4 7 H 5), (2 8 3 4 5 H 7 1 6)
 - Matriz: ((2 8 3)(1 6 4)(7 H 5))
 - Literales: ((primera-izquierda 2) (primera-centro 8) ...)
- Número de estados: $9! = 362.880$.

Operadores

- Operadores:
 - Representan un conjunto finito de acciones básicas que transforman unos estados en otros
- Elementos que describen un operador
 - Aplicabilidad: precondition y postcondition
 - Estado resultante de la aplicación de un operador (aplicable) a un estado
- Criterio para elegir operadores.
 - Depende de la representación de los estados
 - Preferencia por representaciones con menor número de operadores
- Ejemplo: Operadores del 8-puzzle:
 - Según los movimientos de los bloques: 32.
 - Según los movimientos del hueco: 4.

Operadores

- Operadores en el 8 puzle
 - Mover el hueco hacia arriba
 - Mover el hueco hacia abajo
 - Mover el hueco hacia la derecha
 - Mover el hueco hacia la izquierda
- Descripción del operador “Mover el hueco hacia arriba”
 - Aplicabilidad: es aplicable a estados que no tengan el hueco en la primera fila
 - Resultado de aplicarlo: intercambiar las posiciones del hueco y del bloque que está encima de éste



- Los tres restantes, análogamente

Estado inicial

- Estado inicial
 - Un estado que describe la situación de partida
- Estado inicial en el ejemplo del 8-puzle

2	8	3
1	6	4
7		5

Estados finales

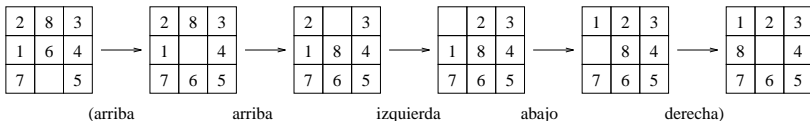
- Descripción del objetivo
 - Usualmente, un conjunto de estados, que llamaremos *finales*
 - A veces, aunque no necesariamente, un único estado final
- Ejemplo del 8-puzzle (un único estado final)

1	2	3
8		4
7	6	5

- Formas de describir los estados finales:
 - Enumerativa.
 - Declarativa.

Soluciones de un problema

- Definición de solución de un problema.
 - Secuencia de acciones a realizar para conseguir el objetivo
 - Secuencia de operadores cuya aplicación desde el estado inicial obtiene un estado final
- Ejemplo: Una solución del 8-puzzle:

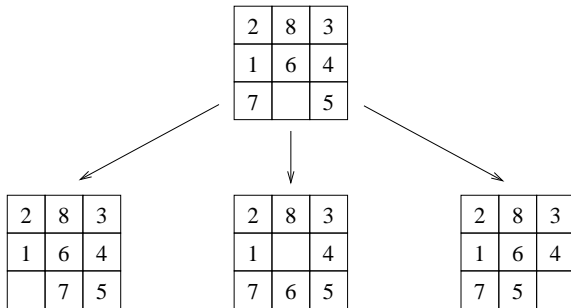


Soluciones de un problema

- Tipos de problemas:
 - Buscar una solución.
 - Determinar si existe solución y encontrar un estado final.
 - Buscar cualquier solución lo más rápidamente posible.
 - Buscar todas las soluciones.
 - Buscar la solución más corta.
 - Buscar la solución menos costosa.

Espacio de estados como un grafo

- Un espacio de estados se puede ver como un grafo dirigido
 - Los vértices de dicho grafo son los estados
 - Sucesores de un estado: aquellos obtenidos a partir del estado aplicando un operador aplicable
- Ejemplo en el 8-puzle



Elementos para la implementación

- Elección de una representación (estructura de datos):
 - para los estados
 - para los operadores
- La implementación de un problema como espacio de estados consta de:
 - Una variable ***ESTADO-INICIAL***
 - Una función **ES-ESTADO-FINAL(ESTADO)**
 - Una lista de operadores: ***OPERADORES***.
 - Una función **APLICA(OPERADOR,ESTADO)**
- La función **APLICA(OPERADOR,ESTADO)**:
 - Devuelve **NO-APLICABLE** si **OPERADOR** no es aplicable a **estado**
 - En caso contrario, devuelve el estado resultante de aplicar **OPERADOR** a **ESTADO**

Planteamiento del problema del granjero

- Enunciado:
 - Un granjero está con un lobo, una cabra y una col en una orilla de un río.
 - Desea pasarlos a la otra orilla.
 - Dispone de una barca en la que sólo puede llevar una cosa cada vez.
 - El lobo se come a la cabra si no está el granjero.
 - La cabra se come la col si no está el granjero.
- Información de los estados: orilla en la que está cada elemento
 - La orilla de la barca es redundante

Formulación del problema del granjero

- Representación de estados: $(x \ y \ z \ u)$ en $\{i,d\}^4$.
 - Número de estados: 16.
- Estado inicial: $(i \ i \ i \ i)$.
- Estado final (único): $(d \ d \ d \ d)$.
- Operadores:
 - Pasa el granjero solo.
 - Pasa el granjero con el lobo.
 - Pasa el granjero con la cabra.
 - Pasa el granjero con la col.

Formulación del problema del granjero

- Aplicabilidad de los operadores
 - Precondición (en los tres últimos): los dos elementos que pasan han de estar en la misma orilla
 - Poscondición: en el estado resultante no deben estar el lobo y la cabra, o la cabra y la col, en la misma orilla sin que el granjero esté en esa misma orilla
- Estado resultante de aplicar el operador
 - Cambiar la orilla de los elementos que pasan por la orilla opuesta

Planteamiento del problema de las jarras

- Enunciado:
 - Se tienen dos jarras, de 4 y 3 litros respectivamente.
 - Ninguna de ellas tiene marcas de medición.
 - Se tiene una bomba que permite llenar las jarras de agua.
 - Averiguar cómo se puede lograr tener exactamente 2 litros de agua en la jarra de 4 litros de capacidad.
- Representación de estados: (x, y) con x en $\{0, 1, 2, 3, 4\}$ e y en $\{0, 1, 2, 3\}$.
- Número de estados: 20.

Formulación del problema de las jarras

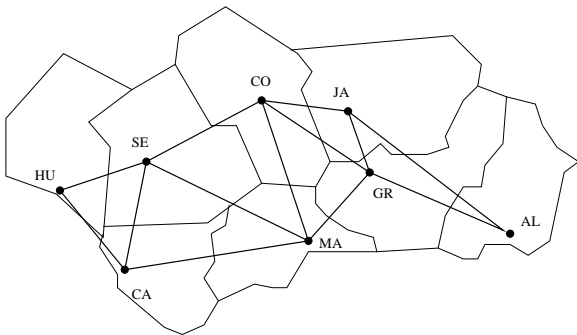
- Estado inicial: (0 0).
- Estados finales: todos los estados de la forma (2 y).
- Operadores:
 - Llenar la jarra de 4 litros con la bomba.
 - Llenar la jarra de 3 litros con la bomba.
 - Vaciar la jarra de 4 litros en el suelo.
 - Vaciar la jarra de 3 litros en el suelo.
 - Llenar la jarra de 4 litros con la jarra de 3 litros.
 - Llenar la jarra de 3 litros con la jarra de 4 litros.
 - Vaciar la jarra de 3 litros en la jarra de 4 litros.
 - Vaciar la jarra de 4 litros en la jarra de 3 litros.

Planteamiento del problema de las jarras

- Aplicación de operadores a un estado (x, y)
- Operador “Llenar jarra de 3”
 - Aplicabilidad: $y < 3$ (precondición)
 - Estado resultante: $(x, 3)$
- Operador “Llenar jarra de 4 con jarra de 3”
 - Aplicabilidad: $x < 4, y > 0, x+y > 4$ (precondición)
 - Estado resultante: $(4, x+y-4)$
- Operador “Vaciar jarra de 3 en jarra de 4”
 - Aplicabilidad: $y > 0, x+y \leq 4$ (precondición)
 - Estado resultante: $(x+y, 0)$
- Análogamente los demás operadores

Planteamiento del problema del viaje

- Enunciado:
 - Nos encontramos en una capital andaluza (p.e. Sevilla).
 - Deseamos ir a otra capital andaluza (p.e. Almería).
 - Los autobuses sólo van de cada capital a sus vecinas.



Formulación del problema del viaje

- 8 posibles estados:
 - Almería, Cádiz, Córdoba, Granada, Huelva, Jaen, Málaga, Sevilla
- Estado inicial: Sevilla.
- Estado final: Almeria.
- Operadores:
 - Ir a Almería, Ir a Cádiz, Ir a Córdoba, Ir a Granada, Ir a Huelva, Ir a Jaén, Ir a Málaga, Ir a Sevilla.
- Ejemplo: aplicación de “Ir a Málaga” a un estado x
 - Aplicabilidad: x debe ser provincia vecina de Málaga
 - Estado resultante: Málaga

Problemas de la vida real

- Problemas de la vida real que se pueden plantear y resolver como espacios de estados:
 - Búsqueda de rutas en redes informáticas
 - Rutas aéreas para viajar
 - Problema del viajante
 - Diseño de microchips
 - Ensamblaje de componentes
 - Desplazamiento de robots

Bibliografía

- Russell, S. y Norvig, P. *Inteligencia artificial: Un enfoque moderno (segunda edición)* (Prentice Hall, 2004).
 - Cap. 3: “Solución de problemas mediante búsqueda”
- Russell, S. y Norvig, P. *Artificial Intelligence (A Modern Approach)* (Prentice–Hall, 2010). Third Edition
 - Cap. 3: “Solving problems by searching”.
- Luger, G.F. *Artificial Intelligence (Structures and Strategies for Complex Problem Solving (4 edition)* (Addison–Wesley, 2002)
 - Cap. 3: “Structure and strategies for state space search”
- Nilsson, N.J. *Inteligencia artificial (Una nueva síntesis)* (McGraw–Hill, 2001)]
 - Cap. 8: “Búsqueda a ciegas”
- Poole, D.; Mackworth, A. y Goebel, R. *Computational Intelligence (A Logical Approach)* (Oxford University Press, 1998).
 - Cap. 4: “Searching”