



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

# Búsqueda: el grafo de estados

Albert Sanchis  
Alfons Juan

*DSIC*

Departamento de Sistemas  
Informáticos y Computación

# Objetivos formativos

- ▶ Caracterizar la búsqueda convencional en un grafo de estados.
- ▶ Conocer algunos problemas clásicos de búsq. convencional.

# Índice

1. Búsqueda convencional en grafo de estados	3
2. La ruta más corta entre dos puntos	4
3. La aspiradora	5
4. El 8-puzle	6
5. Las ocho reinas	7
6. Las torres de Hanoi	8

# 1. Búsqueda convencional en grafo de estados

Formulación de los problemas de búsqueda convencional [1]:

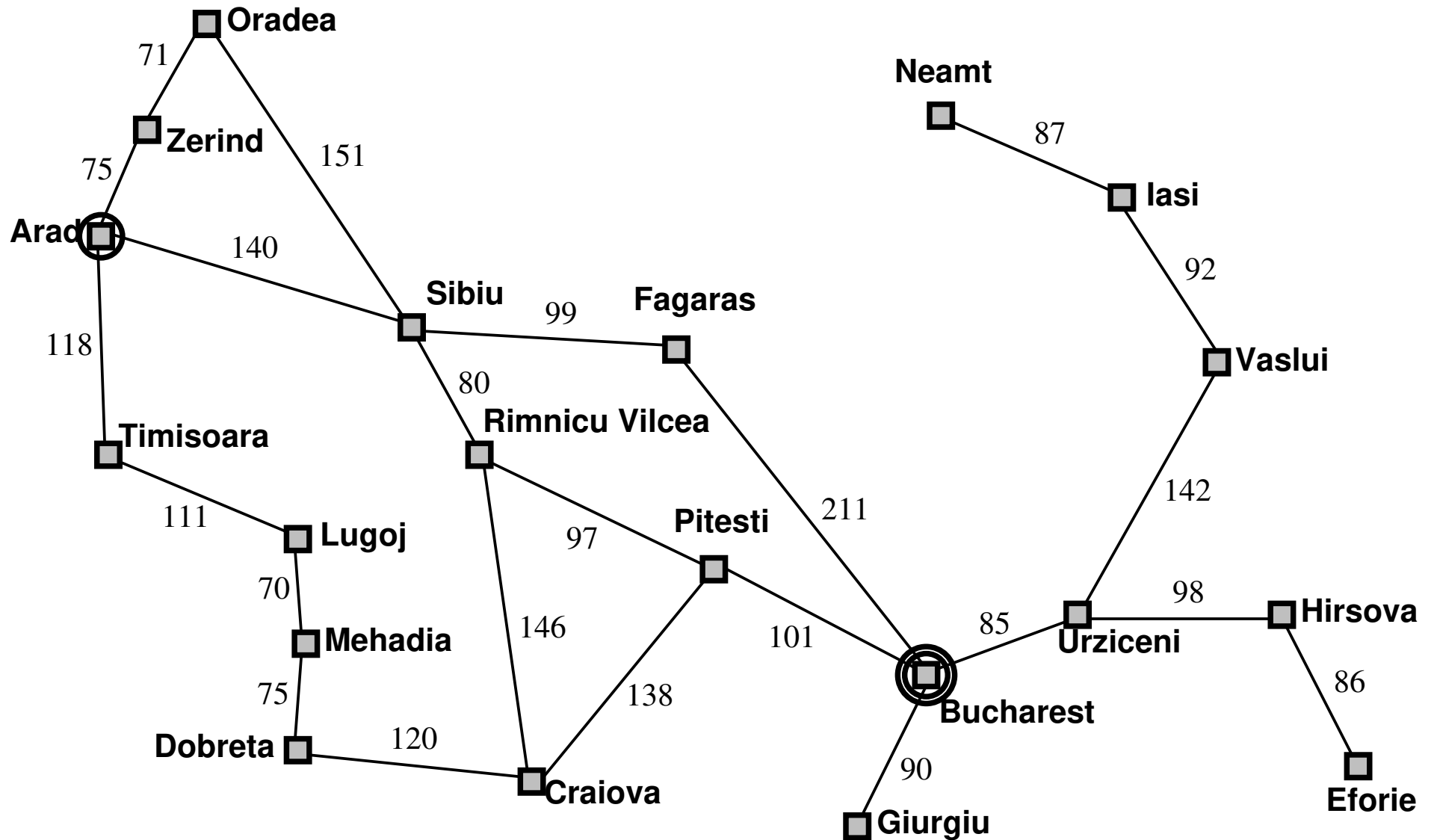
- ▶ *Espacio de estados*: conjunto de posibles “estados del mundo”.
- ▶ *Estado inicial*  $s_0$ : estado desde el que comienza la búsqueda.
- ▶ *Acciones*( $s$ ): acciones aplicables al estado  $s$ .
- ▶ *Resultado*( $s, a$ ): estado sucesor obtenido al aplicar  $a$  a  $s$ .
- ▶ *Objetivo*( $s$ ): indica si el estado  $s$  es solución o no.
- ▶ *Coste*( $c$ ): coste del camino  $c$  (secuencia de acciones).

**Grafo de estados:** los nodos son estados y las aristas acciones.

**Búsqueda convencional:** encontrar un **camino óptimo** en el grafo de estados.

## 2. La ruta más corta entre dos puntos

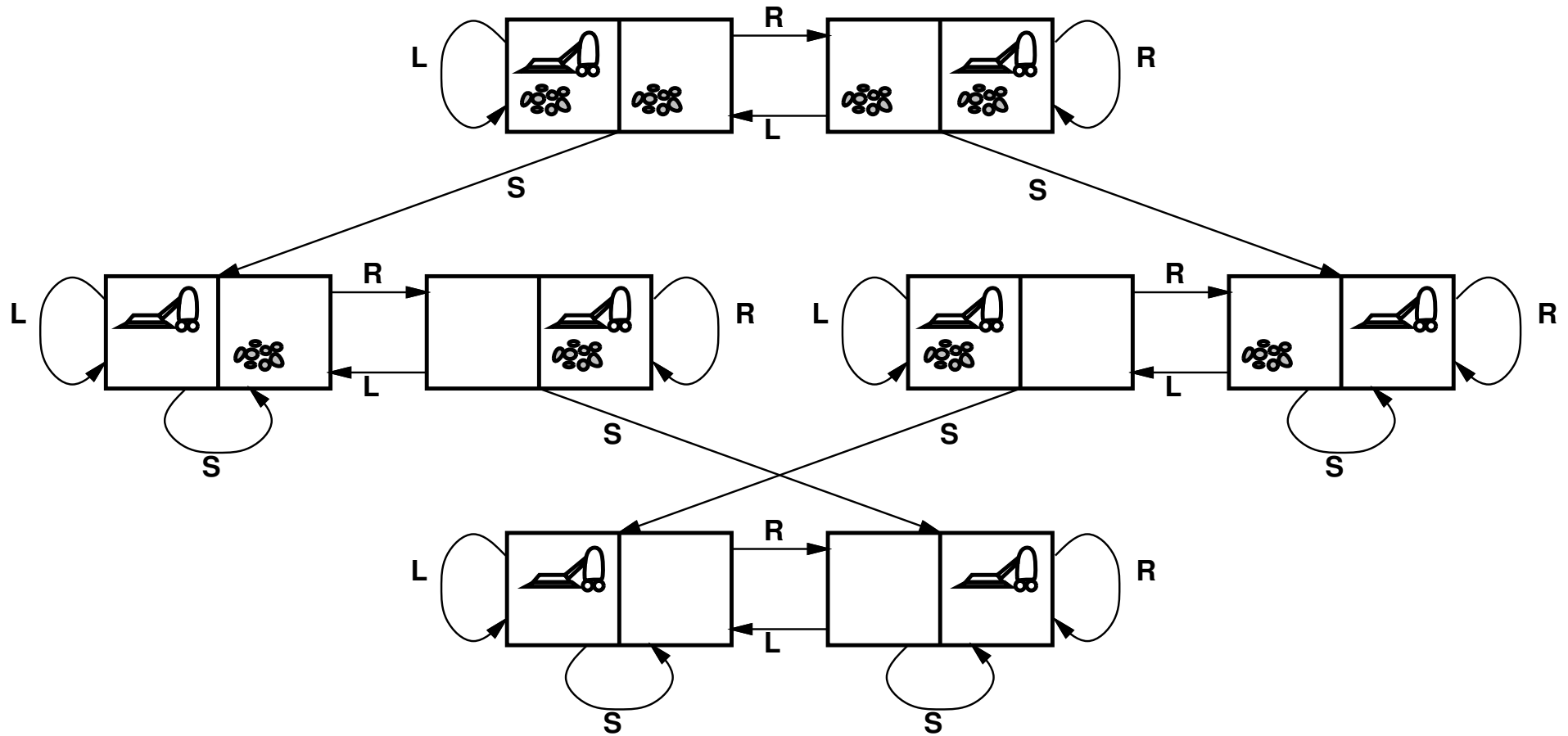
Búsqueda de una ruta más corta desde Arad a Bucarest [1]:



$\text{Acciones}(\text{Arad}) = \{\text{Ir}(\text{Sibiu}), \text{Ir}(\text{Timisoara}), \text{Ir}(\text{Zerind})\}.$

### 3. La aspiradora

Búsqueda de una ruta más corta de limpieza (*Left, Right, Suck*) [1]:



Estados para  $n$  casillas:  $n \times 2^n$  (localización aspiradora y suciedad).

## 4. El 8-puzle

Búsq. secuencia más corta de movimientos del hueco (0) [1, 2]:

7	2	4
5		6
8	3	1

Start State

	1	2
3	4	5
6	7	8

Goal State

*n*-puzle:  $(n + 1)!$  estados (permutaciones de “01...*n*”)

$n = 3$

0	1
2	3

24

$n = 8$

0	1	2
3	4	5
6	7	8

362 880

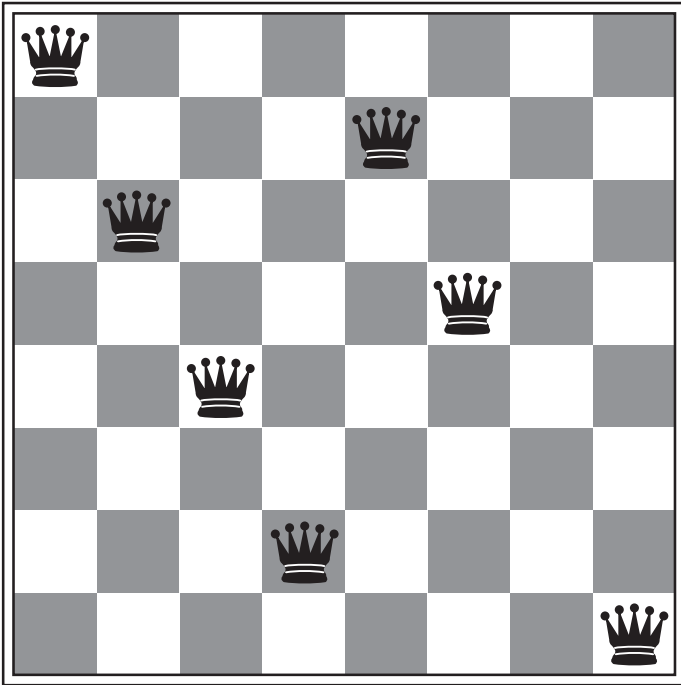
$n = 15$

0	1	2	3
4	5	6	7
8	9	10	11
12	13	14	15

$2 \cdot 10^{14}$

## 5. Las ocho reinas

Búsqueda de una disposición de ocho reinas no atacadas [1, 3]:



### *Formulación completa:*

*Estados:* cualquier disposición de 0 a 8 reinas;  $\approx 2 \cdot 10^{14}$  estados.

*Acciones:* añadir reina a ajedrez vacío.

### *Formulación incremental:*

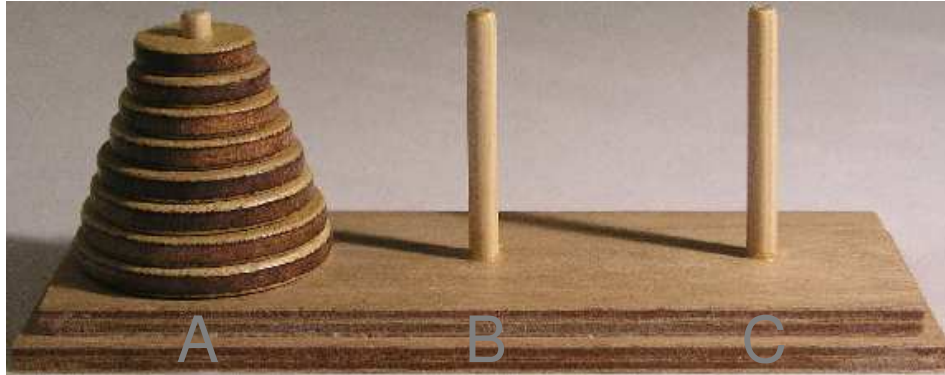
*Estados:* disposiciones de  $n$  reinas ( $0 \leq n \leq 8$ ) no atacadas, una por columna, a las  $n$  columnas más a la izquierda; 2057 estados.

*Acciones:* añadir una reina a cualquier ajedrez de la columna vacía más a la izquierda, de manera que no sea atacada.



## 6. Las torres de Hanoi

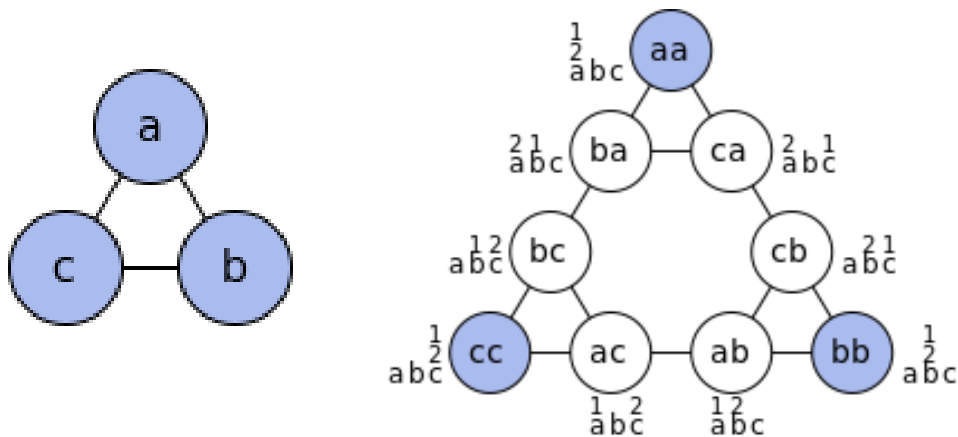
Búsq. de secuencia más corta de movimientos individuales de discos para mover una torre de  $n$  discos de la barra A a la C [4]:



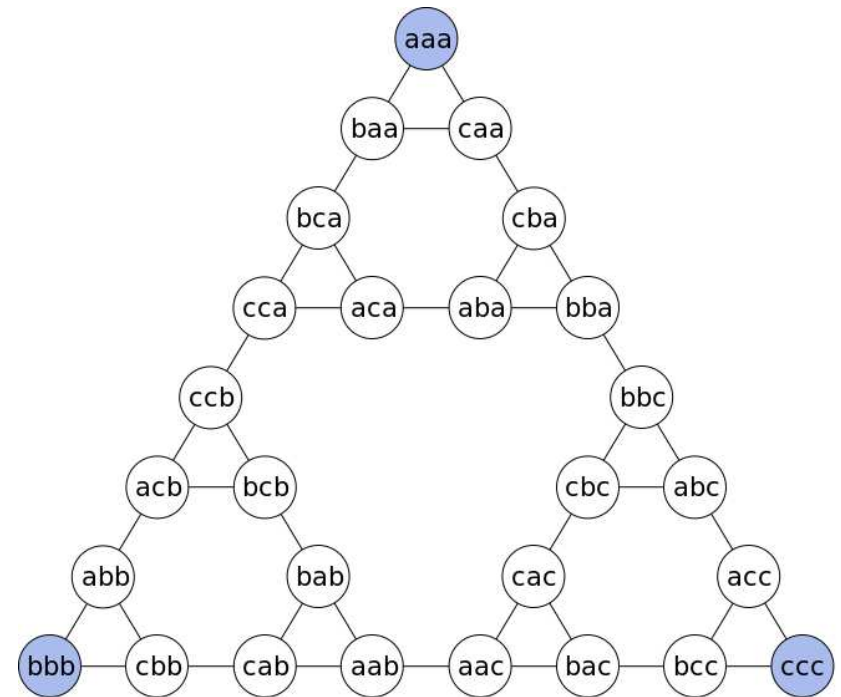
*Regla 1:* sólo se pueden mover discos a la cima de las torres.

*Regla 2:* los discos pequeños van encima de los grandes.

*Grafos de  $3^n$  nodos:*



*Camino óptimo:  $2^n - 1$  movimientos!*



# Referencias

- [1] S. Russell and P. Norvig. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Pearson, third edition, 2010.
- [2] J. Slocum and D. Sonneveld. *The 15 Puzzle*. Slocum Puzzle Foundation, 2006.
- [3] A000170: Number of ways of placing  $n$  nonattacking queens on an  $n \times n$  board. <https://oeis.org/A000170>.
- [4] Tower of Hanoi. <https://en.wikipedia.org>.