

# Problemas de planeación en IA

Inteligencia Artificial Clásica

Verónica E. Arriola-Rios

Facultad de Ciencias, UNAM

8 de marzo de 2021



# Planeación

- 1 Planeación
- 2 Introducción a la planeación con órdenes parciales
- 3 Introducción a la planeación jerárquica

# Temas

- 1 Planeación
  - Definición
  - Problema de planeación

# Planeación

## Definición (Planeación)

- En general:
- Es el proceso explícito de deliberación que elige y organiza acciones mediante la anticipación de sus consecuencias.
  - Pretende alcanzar un conjunto de objetivos previamente establecidos. (O acercarse a ellos lo más posible - planeación como un problema de optimización).

En IA: Estudio computacional de este proceso de deliberación.

# Temas

- 1 Planeación
  - Definición
  - Problema de planeación

# Problema de planeación

## Definición

Sea un problema de planeación la tupla  $\mathcal{P} = (\Sigma, s_i, g)$  con:

- $\Sigma$  un sistema de transición de estados (con sus operadores),
- $s_i$  un estado inicial en  $S_0$ , donde  $S_0$  es el conjunto de estados iniciales.
- $g$  una función de prueba para la meta: un *estado objetivo* ha sido alcanzado.

Opcionalmente se puede agregar una *función de costo del camino*, cuando algunas acciones son más complejas de realizar, que otras.

# Plan

## Definición

Un *plan* es una secuencia de acciones  $\pi = \langle a_1, \dots, a_k \rangle$ , con  $k \geq 0$ .

- La *longitud del plan*  $\pi$  es  $|\pi| = k$ , el número de acciones.
- Si  $\pi_1 = \langle a_1, \dots, a_k \rangle$  y  $\pi_2 = \langle a'_1, \dots, a'_k \rangle$  son planes, su *concatenación* es el plan  $\pi_1 \bullet \pi_2 = \langle a_1, \dots, a_k, a'_1, \dots, a'_k \rangle$ .

# Función de transición para planes

La *función de transición* de estados extendida para planes es:

$$\gamma(s, \pi) = \begin{cases} s & \text{si } k = 0 \text{ } (\pi \text{ está vacío}) \\ \gamma(\gamma(s, a_1), \langle a_2, \dots, a_k \rangle) & \text{si } k > 0 \text{ y} \\ & a_1 \text{ es aplicable en } s \\ \text{indefinido} & \text{de otro modo} \end{cases} \quad (1)$$



# Definición clásica de solución

## Definición

Sea  $\mathcal{P} = (\Sigma, s_i, g)$  un problema de planeación, una plan  $\pi$  es una **solución** para  $\mathcal{P}$  si  $\gamma(s_i, \pi)$  satisface  $g$ .

- Una solución  $\pi$  es *redundante* si existe una subsecuencia propia de  $\pi$  que también es solución para  $\mathcal{P}$ .
- $\pi$  es *mínimo* si ninguna otra solución para  $\mathcal{P}$  contiene menos acciones que  $\pi$ .



# Introducción a la planeación con órdenes parciales

- 1 Planeación
- 2 Introducción a la planeación con órdenes parciales
- 3 Introducción a la planeación jerárquica

# Planeación con órdenes parciales

Búsqueda en:

## Espacio de estados

Nodos de búsqueda:

Estados del mundo

Función de transición:

$$\gamma : S \times A \rightarrow S$$

Solución:

Estado final  $s$  con  $g(s) = V$

$$\pi = \langle a_1, \dots, a_k \rangle$$

## Espacio de planes

Planes parciales

Operaciones de refinamiento de planes

Plan con órdenes parciales

# Justificación

## Plan clásico:

- 1 Mago, a la derecha.
- 2 Mago, recoge báculo.
- 3 Mago, a la derecha.
- 4 Mago, a la derecha.
- 5 Caballero, a la derecha.
- 6 Caballero, recoge espada.
- 7 Caballero, a la derecha.
- 8 Caballero, atrae dragón.
- 9 Caballero, retrocede. **Efecto:** Dragón, persigue caballero.
- 10 *Mago, abajo.*
- 11 Mago, usar hechizo *ponte de hielo.*
- 12 Mago, baja.
- 13 Mago, baja.
- 14 Mago, toma el tesoro.



**Figura:** El orden estricto en que el mago recoge su báculo y el caballero, su espada no importa, con tal que el caballero distraiga al dragón antes de que pase el mago.

# Definición de plan parcial

## Definición

Un *plan parcial* es una tupla  $\pi = (A, \prec, B, L)$ , donde:

- $A = \{a_1, \dots, a_k\}$  es un conjunto de operadores con asignaciones parciales. Acciones con variables libres.
- $\prec$  es un conjunto de restricciones de orden sobre  $A$  de la forma  $a_i \prec b_i$  ( $a_i$  precede a  $b_i$ ).
- $B$  es un conjunto de restricciones sobre las asignaciones a las variables en  $A$  de la forma:
  - $x = y, x \neq y, x \in D_x$
- $L$  es un conjunto de vínculos causales de la forma  $a_i - [p] \rightarrow a_j$  tales que:
  - $a_i, a_j \in A$  y  $(a_i \prec a_j) \in \prec$
  - El predicado  $p$  es postcondición de  $a_i$  y precondition de  $a_j$ .
  - Las restricciones sobre las asociaciones a variables en  $a_i, a_j, p \in B$ .

# Características de los planes parciales

- **Meta:** Alcanzar el estado objetivo satisfaciendo todas sus precondiciones.
- **Submetas:** Precondiciones sin vínculos causales (no han sido satisfechas por ninguna acción).
- Las **acciones** sólo se encuentran **ordenadas parcialmente**  $\Rightarrow$  permite ejecutar acciones en paralelo.
- En los estados intermedios se puede tener **asignaciones parciales** de las variables de los operadores.

# Fallas

**Fallas en un plan**  $\pi = (A, \prec, B, L)$ :

- ❶ Una precondition de una acción en  $A$  sin una relación causal en  $L$  que la satisfaga.
- ❷ Una amenaza: una acción  $a_k$  que pueda interferir con una relación causal  $\langle a_i - [p] \rightarrow a_j \rangle$ . Esto sucede si y sólo si:
  - ❶  $a_k$  tiene una postcondición  $\neg q$  que se puede unificar con  $p$ .
  - ❷  $(a_i \prec a_k)$  y  $(a_k \prec a_j)$  son consistentes con  $\prec$ .
  - ❸ Las asignaciones que unifican  $q$  y  $p$  son consistentes con  $B$ .



# Solución

## Teorema

*Un plan parcial  $\pi = (A, \prec, B, L)$  es una solución al problema de planeación  $\mathcal{P}(\Sigma, s_0, g)$  si:*

- ❶  *$\pi$  no tiene fallas.*
- ❷ *Las restricciones de orden  $\prec$  no son circulares.*
- ❸ *Las restricciones a las asignaciones a variables a  $B$  son consistentes.*

# Ejemplo

Plan parcial:

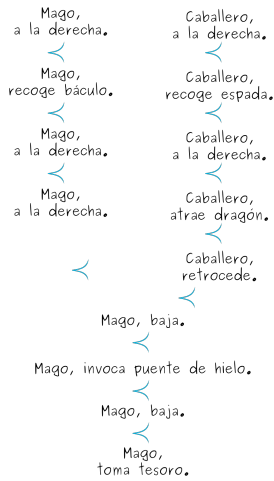


Figura: Asignaciones: El mago debe poner el puente, por ello el caballero distrae al dragón.

# Introducción a la planeación jerárquica

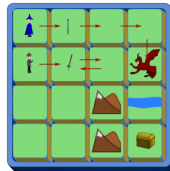
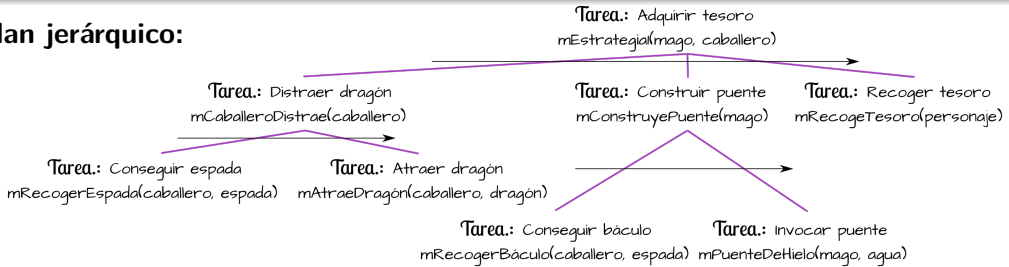
- 1 Planeación
- 2 Introducción a la planeación con órdenes parciales
- 3 Introducción a la planeación jerárquica

# Planteamiento

- El objetivo es completar una *tarea*.
- Cada *tarea* puede ser realizada por uno o más *métodos*.
- Un método es *aplicable* para realizar una tarea cuando se cumplen sus precondiciones.
- Cada método puede ser descompuesto en *subtareas* que permiten completar la tarea original.
- En general, estas subtareas pueden estar ordenadas parcial o totalmente.
- El problema queda resuelto cuando las subtareas más sencillas coinciden con acciones atómicas aterrizadas del dominio.

# Ejemplo

## Plan jerárquico:



**Figura:** La misión se divide en tres tareas, que al final serán secuencias de acciones primitivas.

# Referencias I

-  Ghallab, Malik, Dana Nau y Paolo Traverso (2004). *Automated Planning, Theory and Practice*. Morgan Kaufmann Publishers.

# Licencia

Creative Commons  
Atribución-No Comercial-Compartir Igual

