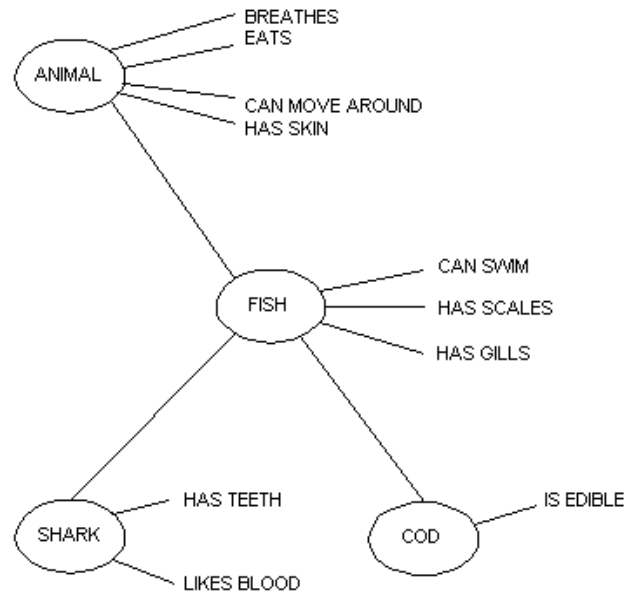


# Tema 5. Comportamiento inteligente: Representación del Conocimiento e inferencia basados en lógica



# Objetivos

- Entender que la resolución de problemas en IA implica definir una representación del problema y un proceso de búsqueda de la solución.
- Comprender la necesidad de representar el conocimiento y realizar inferencia para que un sistema pueda exhibir comportamiento inteligente.
- Conocer los fundamentos de la representación del conocimiento en lógica proposicional y de predicados y sus mecanismos de inferencia asociados.
- Aplicar los aspectos de representación basada en la lógica y mecanismos de inferencia, mediante técnicas y herramientas de programación lógica.

# Estudia este tema en ...

- Nils J. Nilsson, “*Inteligencia Artificial: Una nueva síntesis*”, Ed. Mc Graw Hill, 2000. pp. 215-284

# Contenido

- Representación del conocimiento en IA
- El cálculo proposicional
- Cálculo de predicados
- Introducción a los Sistemas Basados en el Conocimiento

# Representación del conocimiento en IA

- Hemos estudiado varias formas de modelar el mundo de un agente, entre ellas:
    - **Representaciones icónicas:** Simulaciones del mundo que el agente podía percibir.
    - **Representaciones descriptivas:** Valores binarios que describían aspectos ciertos o falsos sobre el mundo.
  - Las representaciones descriptivas tienen ciertas ventajas sobre las icónicas:
    - Son más sencillas.
    - Son fáciles de comunicar a otros agentes.
    - Se pueden descomponer en piezas más simples.
-

# Representación del conocimiento en IA

- Además, hay información del entorno del agente que no se puede representar mediante modelos icónicos, tales como:
    - **Leyes generales.** “Todas las cajas azules pueden ser cogidas”.
    - **Información negativa.** “El bloque A no está en el suelo”, sin decir dónde está el bloque A.
    - **Información incierta.** “O bien el bloque A está sobre el bloque C, o bien el bloque A está sobre el bloque B”.
  - Sin embargo, este tipo de información es fácil de formular como conjunto de restricciones sobre los valores de las características binarias del agente.
  - Estas restricciones representan **conocimiento sobre el mundo.**
-

# Representación del conocimiento en IA

- A menudo, este **conocimiento sobre el mundo** puede utilizarse para razonar sobre él y hallar nuevas características del mismo.

## Ejemplo:

- El conocimiento que se tiene es “Todos los pájaros vuelan”; y “Piolín es un pájaro”.
    - Se puede *razonar*, por tanto, que “Piolín vuela”.
  - **Otro Ejemplo:** Un robot sólo puede levantar un bloque si tiene suficiente batería y el bloque es elevable. Entonces, el conocimiento sobre el mundo es: “Si el bloque es elevable y hay suficiente batería, entonces es posible levantar el bloque”.
  - El robot “sabrá” si es capaz de levantar el bloque a partir de este **conocimiento** sobre su entorno.
-

# Representación del conocimiento en IA

- Estudiaremos 2 tipos básicos para representar el conocimiento y razonar sobre él:
  - Cálculo proposicional.
  - Cálculo de predicados.



# Cálculo Proposicional

- Elementos de representación: proposiciones y conectivas

$\wedge$  (y),  $\vee$  (o),  $\rightarrow$  (implica),  $\neg$  (no)

- Inferencia: deducciones con reglas, hechos y Modus-Ponens
- Ejemplos: llueve,  $(\neg \text{Nieva} \wedge \text{llueve}) \vee \text{Hay-hielo}$
- Ventaja: representación de tipo general, y decidible (en tiempo finito es capaz de decidir si una proposición es deducible de la información disponible o no)
- Problema: si se quiere razonar sobre conjuntos de cosas. Por ejemplo, grafos, o jerarquías de conceptos.

# Demostración

- Supongamos  $\Delta$  un conjunto de FBFs, y una secuencia de  $n$  FBFs  $\{w_1, w_2, w_3, \dots, w_n\}$ .
- Esta secuencia de FBFs se llama **demostración o deducción** de  $w_n$  a partir de  $\Delta$  si, y sólo si, cada  $w_i$  de la secuencia pertenece a  $\Delta$  o puede inferirse a partir de FBFs en  $\Delta$ .
- Si existe tal demostración, entonces decimos que  $w_n$  es un **teorema de  $\Delta$** , y decimos que  $w_n$  puede demostrarse desde  $\Delta$  con la siguiente notación:  $\Delta \vdash w_n$ ,
- o como  $\Delta \vdash_R w_n$  para indicar que  $w_n$  se demuestra desde  $\Delta$  mediante las reglas de inferencia **R**.

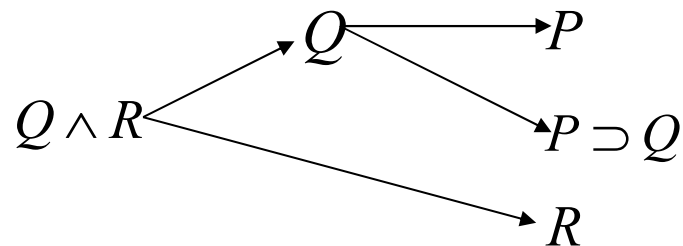
# Demostración

- **Ejemplo:**

- Sea el conjunto de FBFs  $\Delta$ ,  $\Delta = \{P, R, P \supset Q\}$
- Entonces, la siguiente secuencia es una demostración de la Fórmula Bien Formada  $R \wedge Q$  :

$$\{P, P \supset Q, Q, R, Q \wedge R\}$$

- La demostración se puede llevar a cabo fácilmente a través del siguiente **árbol de demostración**, utilizando  $\Delta$  y las reglas de inferencia:



# Reglas de inferencia

- Reglas de equivalencia:

- $\neg (p \wedge q) = (\neg p) \vee (\neg q)$
- $\neg (p \vee q) = (\neg p) \wedge (\neg q)$
- $\neg \neg p = p$

- Inferencia (o deducción):

- $p, q$ ; por tanto  $p \wedge q$
- **Modus-Ponens** ( $p \rightarrow q$  y  $p$ ; por tanto  $q$ )

# Ejemplo: proposiciones

- Una fabrica tiene cuatro sensores que detectan fuego y dos sensores que detectan fugas en el circuito del agua. Existen tres alarmas que se producen en diferentes ocasión

$s_1, s_2, s_3, s_4, f_1, f_2, a_1, a_2, a_3$

- Si el detector 3 de fuego o el detector 2 de fugas saltan, se debe producir la alarma 1

$$R1: s_3 \vee f_2 \rightarrow a_1$$

- Si saltan los detectores de fuego 1 y 4, se debe producir la alarma 2

$$R2: s_1 \wedge s_4 \rightarrow a_2$$

- Si salta la alarma 1, y el detector de fuego 2 o el de fugas 1, se debe producir la alarma 3

$$R3: a_1 \wedge (s_2 \vee f_1) \rightarrow a_3$$

# Ejemplo de Inferencia: deducción

- Han saltado el detector de fuego 2 y el de fugas 2.
- ¿Qué alarmas saltaran?
  - a.  $s_2$
  - b.  $f_2$
  - c. (R1 y a)  $a_1$
  - d. (R3, a y c)  $a_3$

# Resolución en el cálculo proposicional

- **La refutación** es útil para demostrar que la negación de una cláusula es inconsistente en el sistema, quedando así demostrada, por tanto, la veracidad de dicha cláusula.

- **Ejemplo:**

- 1. Convertir las FBFs de  $\Delta$  como conjunciones de cláusulas

a)  $BATERIA\_OK$

b)  $\neg ROBOT\_SE\_MUEVE$

c)  $\neg BATERIA\_OK \vee \neg OBJETO\_ELEVABLE \vee ROBOT\_SE\_MUEVE$

- 2. Convertir  $\neg w$  como conjunción de cláusulas

$OBJETO\_ELEVABLE$

# Resolución en el cálculo proposicional

- **Ejemplo:**

- 3. Unir el resultado de los pasos 1 y 2 en un único conjunto  $\Gamma$

$\Gamma = \{$

*a) BATERIA\_OK*

*b)  $\neg$ ROBOT\_SE\_MUEVE*

*c)  $\neg$ BATERIA\_OK  $\vee$   $\neg$ OBJETO\_ELEVABLE  $\vee$  ROBOT\_SE\_MUEVE*

*d) OBJETO\_ELEVABLE*

$\}$



# Resolución en el cálculo proposicional

- **Ejemplo:**

- 4. Aplicar la resolución a las cláusulas de  $\Gamma$  de forma iterativa, hasta que no haya nada más que resolver o se llegue a **Nil**

- Resolviendo c) y d), tenemos que

$$e) \neg BATERIA\_OK \vee ROBOT\_SE\_MUEVE$$

- Resolviendo e) y b), tenemos:

$$f) \neg BATERIA\_OK$$

- Resolviendo f) y a), tenemos **Nil**.
  - Queda demostrado que  $\neg OBJETO\_ELEVABLE$

# Resolución en el cálculo proposicional

- Como hemos visto, el procedimiento de refutación mediante resolución consiste en “*aplicar resoluciones hasta que se genere la cláusula vacía o no se puedan hacer más resoluciones*”.
- La selección de cláusulas para su resolución, de forma manual, es sencilla.
- Existen distintas estrategias que permiten determinar la selección de las cláusulas a resolver para conseguir una mayor eficiencia.

# Dificultades de representación

- Una empresa tiene 10 empleados. Los empleados pueden trabajar en tres tipos de puestos: director, jefe o administrativo

$\text{Empleado1TrabajaDeDirector}, \text{Empleado2TrabajaDeJefe}, \dots$

- Si es director gana 60000 euros brutos al año, si es jefe 30000 y, si no, 20000. Además, si tiene mas de dos hijos, gana 10000 euros mas al año

$\text{Empleado1Tiene1Hijo}, \text{Empleado2Tiene3Hijos}, \dots$

$\text{Empleado1Tiene1Hijo} \wedge \text{Empleado1TrabajaDeDirector} \rightarrow \text{Empleado1Gana60000}$

$\text{Empleado2Tiene3Hijos} \wedge \text{Empleado2TrabajaDeJefe} \rightarrow \text{Empleado2Gana40000}$