Agéntes lógicos

Jorge Alberto Jaramillo Garzón

1. La importancia del lenguaje en el pensamiento

La lógica proposicional, a pesar de que puede usarse para representar conocimiento como lo vimos en la clase pasada, resulta demasiado endeble en entornos complejos. Consideremos el mundo de Wumpus, con todas las posibles variables que podríamos necesitar:

1. 16 variables para las posibles posiciones del Wumpus W_{ij}
2. 16 variables para las posibles posiciones de los pozos P_{ij}
3. 16 variables para la presencia de brisa B_{ij}
4. 16 variables para la presencia de hedor S_{ij}

Tendríamos ya 64 proposiciones (sin contar la posible posición del oro que en realidad no es necesaria). Si quisiéramos resolver este problema mediante *model chacking* tendríamos que crea una tabla de verdad de 2^{64} renglones. Eso significa que, si decimos que cada renglón ocupa un byte (lo cual es muy optimista), necesitaríamos una memoria de **16 exabytes** (kilo, mega, giga, tera, peta, exa).

Claro está, esa es la razón por la cual no usamos *model checking* sino que planteamos la resolución de teoremas como una búsueda no informada. Sin embargo, el problema de representar cada afirmación como una proposición (variable) sigue presente, aumentando la complejidad computacional en cualquier escenario.

La decisión de cuál lógica usar, está directamente relacionada con lo que el lenguaje significa para los seres humanos. Los lenguajes naturales que usamos, por ejemplo, sufren de ambigüedad y no están especialmente diseñados para la representación pura sino para la comunicación: si hablo de *cura* es español, puedo estar hablando de la solución a una enfermedad o de un sacerdote. Si hablo de *spring* en inglés, puedo referirme a la primavera o a un resorte.

De hecho, la hipótesis de Sapir-Whorf asegura que **todos los pensamientos teóricos están basados en el lenguaje y que están condicionados por él**. Hay palabras que no tienen traducción en ciertos idiomas y, para quienes sí tienen este significado, resulta mucho más fácil estructurar un pensamiento que lo incluya que para quienes no lo manejan en su lenguaje natural. Por ejemplo, no hay ninguna palabra en inglés que tenga el mismo significado del verbo "estrenar". Para los hispanoparlantes es entonce mucho más fácil estructurar un pensamiento acerca de usar por primera vez un determinado artículop, que para los angloparlantes. La palabra con el récord a "la palabra más concisa del mundo" la tiene un idioma nativo de Tierra del Fuego (Argentina): Mamihlapinatapai significa "Una mirada entre dos personas, cada una de las cuales espera que la otra comience una acción que ambas desean pero que ninguna se anima a iniciar".

El condicionamiento del pensamiento por el lenguaje ha sido demostrado en múltiples ocasiones. Por ejemplo, en el año 2003, la invesigadora en ciencias cognitivas Lera Boroditsky realizó un experimento donde pedía a sujetos hispanoparlantes y germanoparalantes, calificar fotografías de puentes con un adjetivo. La palabra "puente" en español es masculina mientras que en inglés es femenina. Así, las personas que hablaban español escogieron adjetivos como "fuerte", "peligroso" o "imponente", mientras que los alemanes escogieron adjetivos como "elegante", "frágil" o "hermoso".

2. Lógica de primer orden

La lógica de primer orden busca combinar las propiedades de los lenguajes formales (que tienen una semántica no ambigua e independiente del contexto) con las de los lenguajes naturales (mucho más flexibles y ricos en representaciones). En los lenguajes naturales podemos identificar básicamente tres tipos de representaciones: objetos (sustantivos), relaciones (verbos y algunos adverbios) y funciones (adjetivos y otros adverbios).

En la lógica de primer orden podemos representar entonces funciones de objetos como por ejemplo "la cabeza de Juan" como:

$$cabeza(Juan) \tag{1}$$

En términos generales, tenemos un funcional seguido de un objeto entre paréntesis. De la misma manera, podemos expresar una relación entre objetos como "Juan es hermano de Felipe" como:

$$hermano(Juan, Felipe) \tag{2}$$

donde tenemos una relación, seguida de dos o más objetos entre paréntesis.

De esta forma, podemos representar sentencias más complejas como:

$$casados(padre(Ricardo), madre(Ana)) \tag{3}$$

donde decimos que el padre de Ricardo está casado con la mamá de Ana. Al igual que en la lógica de prpoposiciones, estas frases pueden tomar valores de FALSO y VERDADERO.

Así mismo, podemos usar conectores lógicos y cuantificadores como:

$$\forall x \; \exists y \; amar(x, y) \tag{4}$$

Además, en la lógica de primer orden se puede usar la igualdad para indicar que dos sentencias se refieren al mismo objeto:

$$padre(Salvador) = Jorge \tag{5}$$

2.1. Cláusulas definitivas

Las cláusulas definitivas son disyunciones de proposiciones en las que sólo una es positiva:

$$\neg A \vee \neg B \vee C \tag{6}$$

Por eliminación del implicante tendremos que:

$$A \wedge B \Rightarrow C \tag{7}$$

Si todas las reglas son cláusulas definitivas, una forma sencilla de realizar inferencias es a través del algoritmo de encadenamiento hacia adelante (*forward chaining*), el cual opera mediante la aplicación sucesiva de *modus ponens*

1. Reconocimiento: Encuentra reglas aplicables y márcalas.
2. Resolución de conflictos: Desactiva reglas que no añadan hechos nuevos.
3. Acción: Agrega a la lista de hechos las consecuencias de las reglas marcadas. Si no hay reglas aplicables se detiene el intérprete.

Ejemplo:

Consideremos las siguientes reglas exporesadas en lógica de primer orden:

- $mamifero(A) \Rightarrow vertebrado(A)$
- $vertebrado(A) \wedge vuela(A) \Rightarrow ave(A)$
- $vertebrado(A) \Rightarrow animal(A)$
- $ave(A) \Rightarrow tieneplumas(A)$
- $vertebrado('pato')$
- $vuela('pato')$
- $mamifero('gato')$

Primera iteración:

1. El hecho $mamifero('gato')$ dispara la regla $mamifero(A) \Rightarrow vertebrado(A)$, agregando el hecho $vertebrado('gato')$.
2. El hecho $vertebrado('pato')$ dispara la regla $vertebrado(A) \Rightarrow animal(A)$, agregando el hecho $animal('pato')$.
3. Los hechos $vuela('pato')$ y $vertebrado('pato')$ disparan la regla $vertebrado(A) \wedge vuela(A) \Rightarrow ave(A)$, creando el hecho $ave('pato')$

Segunda iteración:

1. El hecho $vertebrado('gato')$ dispara la regla $vertebrado(A) \Rightarrow animal(A)$, agregando el hecho $animal('gato')$.
2. El hecho $ave('pato')$ dispara la regla $ave(A) \Rightarrow tieneplumas(A)$, creando el hecho $tieneplumas('pato')$.

El algoritmo termina porque no hay más reglas que se puedan disparar creando nuevos hechos.

¿Cómo nos beneficia esto en el mundo de Wumpus? Ya no tendremos 16 reglas para la brisa, sino una función que es aplicable a las posiciones del mundo (llamemos a estas posiciones p_{ij}):

$$breeze(p_{1,1}) = FALSE \tag{8}$$

$$breeze(p_{i,j}) \Leftrightarrow pit(p_{i+1,j}) \vee pit(p_{i-1,j}) \vee pit(p_{i,j+1}) \vee pit(p_{i,j-1}) \tag{9}$$

Cómo convertir cualquier regla en cláusula definitiva:

- $B_{11} \Leftrightarrow (P_{12} \vee P_{21})$
- $(B_{11} \Rightarrow (P_{12} \vee P_{21})) \wedge ((P_{12} \vee P_{21}) \Rightarrow B_{11})$
- $(\neg B_{11} \vee (P_{12} \vee P_{21})) \wedge (\neg(P_{12} \vee P_{21}) \vee B_{11})$
- $(\neg B_{11} \vee P_{12} \vee P_{21}) \wedge ((\neg P_{12} \wedge \neg P_{21}) \vee B_{11})$
- $(\neg B_{11} \vee P_{12} \vee P_{21}) \wedge (\neg P_{12} \vee B_{11}) \wedge (\neg P_{21} \vee B_{11})$

Sin embargo, todavía hace falta llevar estas reglas a **cláusulas definitivas** (TAREA).