Lógica e Inteligencia Artificial: Una Historia sin Fin

Prof. Wílmer Pereira

UCAB / USB

Detractores de Lógica en IA ...

Búsqueda del razonamiento lógico desde Aristóteles, con su consolidación por Peano, Frege, Russel, ... y puesta a tierra con Gödel ...

- En 1980 McCarthy junto con varios colegas traen al tapete el uso de la lógica para modelar razonamiento del sentido común
- En 1987 McDermott, conocido por trabajos de lógica en IA, publica un artículo (*Critique of Pure Reason: Computational Intelligence*) sobre la necesidad de abandonar el camino de la lógica a favor de un enfoque más cercano a la programación (la mayoría del razonamiento es no deductivo).
- Investigadores en filosofía son detractores de la propia área de IA (Searle, Penrose, ...)

---- ARGUMENTO DEL CUARTO CHINO ----

- El test de Turing no ha sido, como se esperaba, la prueba determinante para probar la factibilidad de Inteligencia Artificial en un computador.
- El teorema de incompletitud de Gödel aplica a cualquier sistema deductivo que incluya la aritmética. Las lógicas no clásicas pretenden no sólo ser deductivas

Avances ...

- Principio de Resolución de Robinson dió pie al desarrollo de PROLOG (*Programming in Logic*)
- Dijsktra propuso un lenguaje de guardia basado en especificaciones lógicas para verificación automática de correctitud (implementación GaCeLa en Venezuela, USB)
- *Shells* de sistemas expertos (CLIPS) para el desarrollo de programas declarativos que reflejan experticia humana
- Estrategias de Planificación en robótica con hipótesis de mundos cerrados

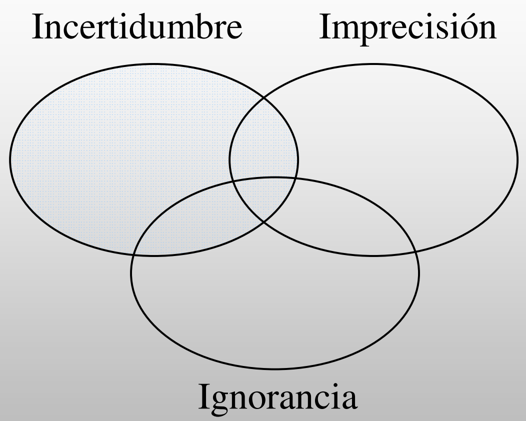
Factor Clave: No Monotonía

- Es claro que monotonía de la lógica clásica limita su uso para razonamiento de sentido común pues el conocimiento debe ser permanentemente revisable.

$$\beta \mid\!- \delta \quad => \quad \beta \wedge \phi \mid\!- \delta$$

- De hecho eliminar esta imposición, por demás razonable, permite reflejar la ignorancia o falta de conocimiento

- Imperfecciones del conocimiento:
  - Incertidumbre
  - Imprecisión
  - Ignorancia



Aprendizaje Automático y No Monotonía

No monotonía es capacidad de manejar ignorancia para razonamiento revisable

- La llegada de nuevo conocimiento cuestiona hechos establecidos ⇒ Aprendizaje Automático
- Se puede representar simbólicamente o numéricamente

(1) Cambiando los mecanismos de inferencia

$$\vdash \quad \text{por} \quad |\!\sim$$

$$=> \quad \text{por} \quad \approx>$$

(2) Teniendo grados de incertidumbre que no respeten

$$\forall x \in \Omega, P(x) = 1$$

Esto se puede lograr con teorías como Dempster-Shafer, lógica difusa o teoría posibilista.

$$P(x) \in [N(x)\ ,\ \Pi(x)] \qquad y \qquad (x\ ,\ P(x))$$

Imposiciones de la Incertidumbre

(1) Se está obligado a relacionar todo el conocimiento (orden total)

(2) Un coeficiente numérico es dificil de encontrar y justificar

(3) Carece de unidad metodológica que los valores de incertidumbre se calculen independientemente de los mecanismos deductivos

Propuesta

- Definir coeficientes de incertidumbre pero en un orden parcial
- Inferencia estrechamente ligada a mecanismos de cálculo de incertidumbre

Lógica Modal

La dualidad: $\Box\, \alpha =_{def} \neg \Diamond \neg\, \alpha$

Sistemas axiomáticos:

$\Box(\alpha \supset \beta) \supset (\Box\, \alpha \supset \Box\, \beta)$ (K)

$\Box\alpha \supset \alpha$ (T)

$\dfrac{\alpha}{\Box\alpha}$ Regla de necesidad

… y combinaciones de los axiomas S4, S5...

Sea $\mathcal{F}$ un conjunto fórmulas modales para el sistema modal T.

$$\mathrm{Th}_{\mathrm{T}} = \{\alpha : \mathcal{F} \models_{\mathrm{T}} \alpha\}$$

La semántica es basada en la teoría de modelos de mundos posibles $\mathcal{M} = (W,R,V)$.

$\mathcal{M} \models_{w} \Box\alpha$ si wRt implica que $\mathcal{M} \models \alpha\ \forall\, t \in W$

En la lógica modal T se cumple que $\forall\, t \in W\ (tRt)$

Lógica Modal T□^{n}

- Se definen secuencias de operadores modales el grado de incertidumbre. Así la inferencia lógica va de la mano con el cálculo de la incertidumbre en las conclusiones

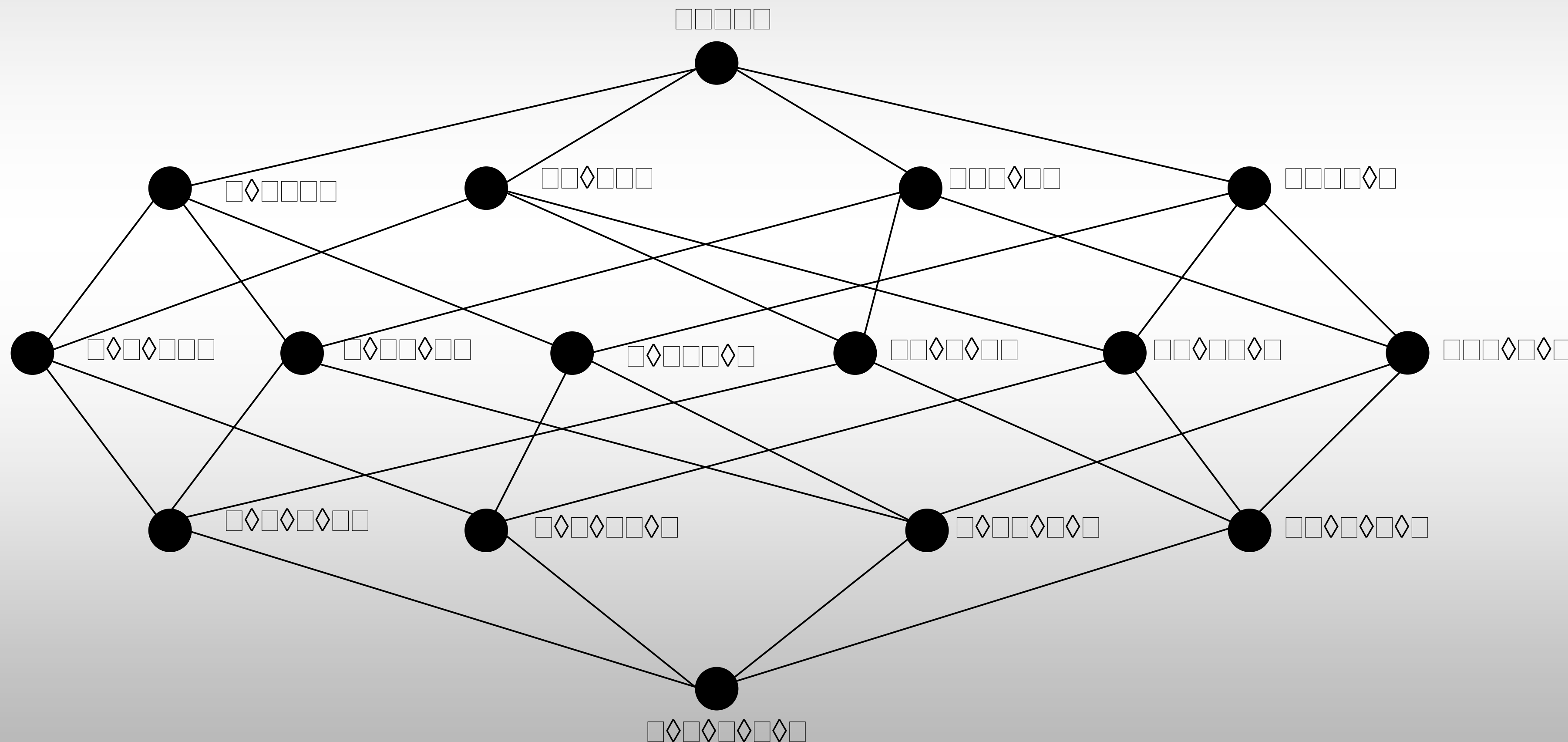
- Nos valdremos de un orden parcial que puede estar embebido en un hipercubo con la dimensión adecuada

- La cardinalidad del hipercubo será igual a la cantidad de grados de incertidumbre mas uno. Sea ese orden parcial T*

T□^{5} = { □□□□□ , □◊□□□□ , □□◊□□□ , □□□◊□□ , □□□□◊□,
□◊□◊□□□ , □◊□□◊□□ , □◊□□□◊□ , □□◊□◊□□ , □□◊□□◊□,
□□□◊□◊□ , □◊□◊□◊□□ , □◊□◊□□◊□ , □◊□□◊□◊□ , □□◊□◊□◊□,
□◊□◊□◊□◊□ }

Hipercubo de dimensión 5

T□^{5} = { □□□□□□ , □◊□□□□□ , □□◊□□□□ , □□□◊□□□ , □□□□◊□,
□◊□◊□□□□ , □◊□□◊□□□ , □◊□□□◊□□ , □□◊□◊□□□ , □□◊□□◊□,
□□□◊□◊□ , □◊□◊□◊□□, □◊□◊□□◊□ , □◊□□◊□◊□ , □□◊□◊□◊□,
□◊□◊□◊□◊□ }



Sistema Axiomático Graduado

- El modus ponens graduado define el sistema axiomático: Δ_g
- Además los axiomas necesarios para T: K, T y la regla de necesidad
- Sea *S* una secuencia de operadores modales según las reglas de formación de modalidades.

Reglas de inferencia

$$\frac{S\Box\alpha \qquad S\Box(\alpha \supset \beta)}{S\Box\beta}$$ Modus ponens graduado

$$\frac{\alpha}{\Box\alpha}$$ Regla de necesidad

Esquemas de axiomas

$$\Box(\alpha \supset \beta) \supset (\Box\alpha \supset \Box\beta) \qquad \text{(K)}$$

$$\Box\alpha \supset \alpha \qquad \text{(T)}$$

Propiedades interesantes de Δ_g...

- $S_1, S_2 \in \mathrm{T}^*,\; S_1 X \;\wedge\; S_2 \neg X \vdash_{\Delta_g} \bot$
- $\nvdash_{\Delta_g} \bot$
- $\nvdash_{\Delta_g} X \supset \Box X$
- $\vdash_{\mathrm{T}} X$ entonces $\vdash_{\Delta_g} X$

  y

  $\nvdash_{\mathrm{T}} X$ entonces $\nvdash_{\Delta_g} X$

Conclusiones

... del trabajo ...

+ Un orden parcial lo que permite reflejar elementos inciertos incomparables

+ Grados de incertidumbre inmersos en la inferencia lógica

- Sistema axiomático ineficaz (estilo resolución)

- Semántica más específica

... del área ...

- ¿Abandono de la inferencia lógica en el razonamiento del sentido común?
- Computación evolutiva y emergente
- Robótica con preponderancia en la acción más que en la “razón”
- PROLOG perdió terreno en dominio general pero se afianzó en dominios específicos