

Inteligencia Artificial

Clase #6

Representación del Conocimiento

Dr. Wladimir Rodríguez
Postgrado en Computación
wladimir@ula.ve

Agenda

1. La Problemática de la Representación del Conocimiento.
2. Métodos de Representación del Conocimiento
3. Métodos de Representación basados en la Lógica
4. Lógica proposicional.

Agenda

5. Lógica de predicados de primer orden.
6. Razonamiento en la lógica: sistemas de demostración.
7. La forma clausal de la lógica.
8. Demostración automática: Resolución.
9. La Lógica como formalismo de representación del conocimiento

Propiedades del Conocimiento

- voluminoso
- difícil de caracterizar con precisión.
- incierto/impreciso
- cambia constantemente

La Representación del Conocimiento debe ser Capaz

- captar generalizaciones
- ser comprensible
- fácilmente modificable, incrementable
- ser usado en diversas situaciones y propósitos
- permitir diversos grados de detalle
- captar la incertidumbre, imprecisión
- representar distinciones importantes
- focalizar el conocimiento relevante

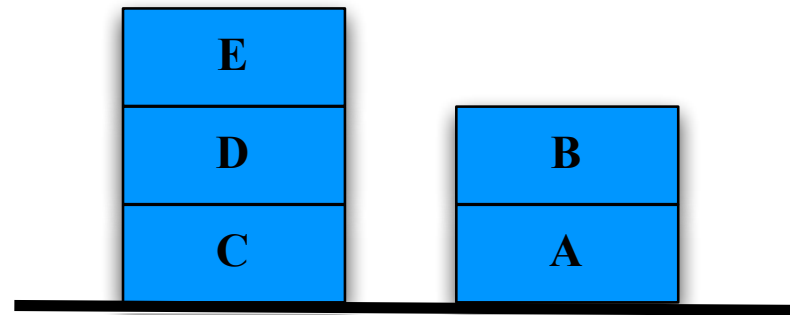
Representación de Conocimiento

- Una representación del conocimiento en IA es una combinación de estructuras de datos (que nos permiten representar mediante un formalismo determinado las "verdades" relevantes en algún dominio) asociadas con mecanismos interpretativos que nos permiten manipular el conocimiento representado a fin de crear soluciones a problemas nuevos.

Representación de Conocimiento

- Manejamos dos tipos de entidades:
 - Hechos: verdades en un cierto mundo, lo que queremos representar
 - Representación de los hechos en un determinado formalismo (las entidades que queremos manipular)
- Entidades que se pueden clasificar en:
 - El nivel del conocimiento, donde se describen los hechos (comportamiento y objetivos de cada agente)
 - El nivel simbólico, donde se describen los objetos del nivel del conocimiento en términos de símbolos manipulables por programas (Newell).

Ontología



- Conjunto de símbolos básicos con los que se compone el conocimiento, junto a las restricciones de consistencia que controlan la composición del mismo
- Ej.: Un bloque no puede estar sobre sí mismo

Ontología

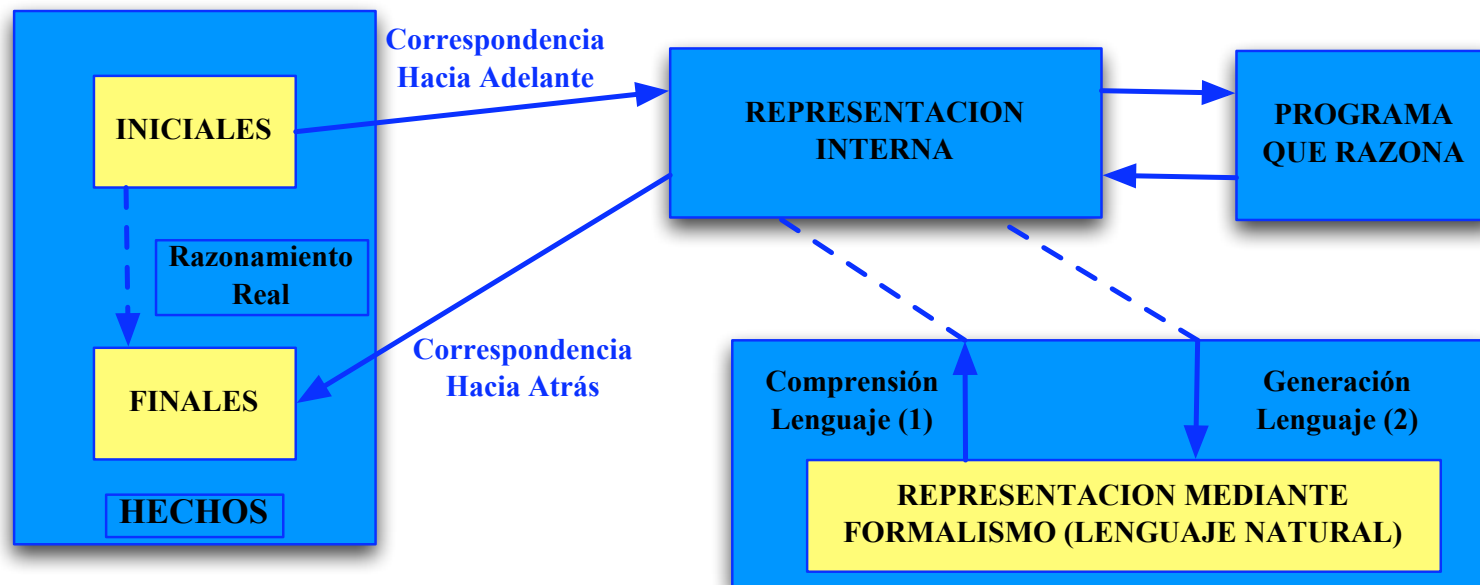
- Vocabulario para representar un dominio (Lista informal de los conceptos de un dominio - Russell):
 - Serie de términos que representan los conceptos y relaciones que interesan del dominio.
 - Conceptos: Bloque, Suelo
 - Relaciones: Sobre

Ontología

- Una ontología es algo análogo a un esquema de base de datos, no al contenido de la base de datos.
- Existen diversos lenguajes para poder representar una ontología
- La definición de una ontología como forma de representar los conceptos de interés de un determinado dominio, permite el entendimiento entre distintos programas.
- Ejemplo: Compras electrónicas por la red



Representación del Conocimiento



- Hechos
- Representación hechos
- Relación entre hechos y representaciones
- Spot es un perro \rightarrow (1) $\text{perro}(\text{Spot}) \rightarrow \forall x: \text{perro}(x) \rightarrow \text{tiene_rabo}(x)$
 $\rightarrow \text{tiene_rabo}(\text{Spot}) \rightarrow$ (2) Spot tiene rabo

Propiedades del Sistema de Representación

- Capacidad Expresiva
- Capacidad Deductiva
- Eficiencia Deductiva
- Eficiencia en la Adquisición

Tipos de Conocimiento

- elementos básicos u objetos del mundo real.
- aserciones y definiciones sobre los elementos básicos.
- conceptos, agrupaciones o generalizaciones de elementos básicos.
- relaciones, propiedades de los elementos y conceptos.
- teoremas y reglas de reescritura. Reglas de producción.
- algoritmos de resolución.
- estrategias y heurísticas.
- meta conocimiento.

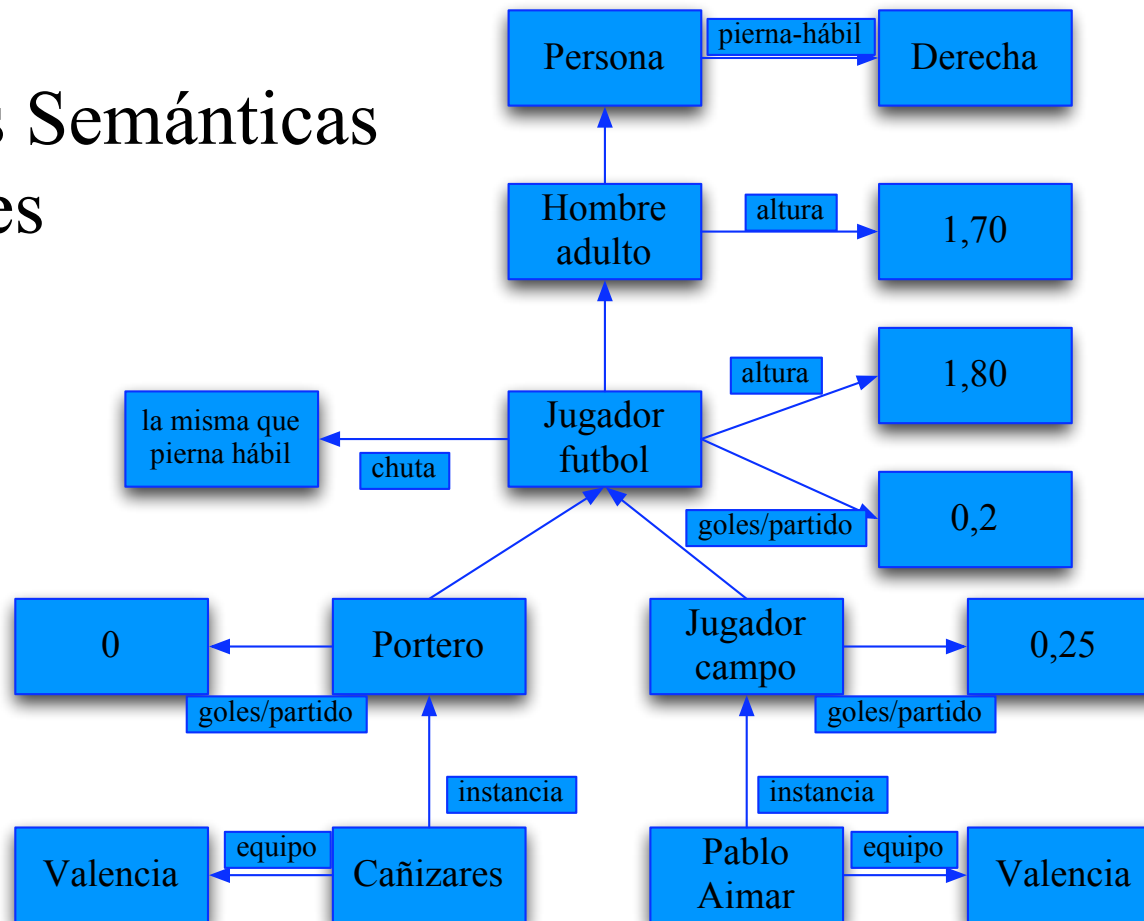
Conocimiento Relacional Simple

- Similar al de BD.
- Escasa capacidad deductiva.

Jugador	Edad	Altura	Peso	Goles
Pablo Aimar	22	1,75	75	7
Mendieta	27	1,70	65	5
Cañizarez	29	1,90	80	0
Jhon Carew	20	1,85	84	5

Conocimiento Heredable

- * Redes Semánticas
- * Frames



Un Nodo de un Frame

Jugador_de_futbol	Arterias
es_un : Hombre_Adulto	subclase_de:
chuta: (IGUAL pierna hábil)	vasos_sanguineos
altura: 1,80	pared : muscular
goles/partido: 0,2	oxigeno: rica
	presión_mínima: 90

Conocimiento Deductivo

$$\forall x: \{ \text{CIUDAD}(x) \wedge \exists y: \{ \text{ALGUACIL}(x,y) \wedge z: \{ [\text{PERRO}(z) \wedge \text{VIVE-EN}(x,z)] \rightarrow \text{MORDIDO}(y,z) \} \} \}$$
$$\forall x: \{ \text{CONJUNTO}(x) \rightarrow \exists y: \exists u: \exists v: [\text{CONJUNTO}(y) \wedge \text{CARD}(x,u) \wedge \text{CARD}(y,v) \wedge \text{MAYOR}(u,v)] \}$$
$$\forall x: \forall y: \{ \{ \text{BLOQUE}(x) \wedge \text{BLOQUE}(y) \wedge [\text{ENCIMA}(x,y) \vee \text{UNIDO}(x,y)] \wedge \text{MOVIDO}(y) \} \rightarrow \text{MOVIDO}(x) \}$$

Reglas de Producción

if

el paciente sufre dolor abdominal, y un murmullo abdominal es percibido por auscultación, y una masa pulsante es palpada en el abdomen

then

el paciente padece una aneurisma aórtico

Conocimiento Procedural

Arterias

subclase_de: vasos_sanguíneos

pared : muscular

oxigeno: rica

presión_mínima: 90

presión_máxima: 100

presión_media: $(\text{presión_mínima} + \text{presión_máxima})/2$

Problemas de la RC

- Existen atributos tan genéricos que aparecen en casi todos los dominios de aplicación?
 - Instancia, es_un
- Existen relaciones relevantes entre los atributos de los objetos?
 - Inversos
 - Jerarquía es_un
 - Técnicas para el razonamiento sobre los valores
 - Atributos univaluados

Problemas de la RC

- ¿A qué nivel de detalle se debe representar el conocimiento?. ¿Existe algún conjunto de primitivas que permita descomponer adecuadamente el conocimiento?. ¿Sería útil el uso de tales primitivas?.
- ¿Cómo se deben representar los conjuntos de objetos?
- Dada una base de conocimiento extensa, ¿cómo acceder al conocimiento relevante en cada momento?

El Problema Marco

(The Frame Problem)

- Representación eficiente de las secuencias de estados que se generan en un proceso de búsqueda.
- *El Problema Marco*: es el problema de la representación de los hechos que cambian, así como de aquellos que no lo hacen (McCarthy y Hayes, 1969).

Representación del Estado

- Registrar todos los hechos en cada nodo
 - Inconveniente: muchos hechos serían representados muchas veces, y se emplearía mucho tiempo representándolos.
debajo (suelo, techo)
- No modificar el estado inicial y registrar en cada nodo una representación de los cambios
- Modificar la descripción del estado pero registrar en cada nodo la información necesaria para deshacer la modificación.
- Axiomas Marco (cálculo del nuevo estado):
 - $\text{color}(x, y, s1) \wedge \text{mueve}(x, s1, s2) \rightarrow \text{color}(x, y, s2)$

Métodos de Representación del Conocimiento

- Declarativos: Separación entre conocimiento y estructura de control
 - lógica: expresiones declarativas (fbf)
 - sistemas de producción: (bh, rp, ec)
 - prolog
- Procedurales: Unión entre el conocimiento y la estructura de control.
 - orden dependiente
 - procedimientos y funciones.
- Estructurales: Estructuración del conocimiento.
 - propiedades inferenciales: herencia, transitividad, asociatividad.
 - redes semánticas, frames.

Métodos Declarativos vs. Procedurales

<p>Procedurales (+) mayor capacidad creativa o computacional, menor capacidad expresiva</p> <p>↓</p> <p>mayor capacidad expresiva, menor capacidad creativa o computacional. Declarativos (+)</p>	<ul style="list-style-type: none">- autómata finito- programa- scripts- redes semánticas- frames- grafos- especificaciones formales- cálculo de predicados- teoremas y reglas de reescritura- reglas de producción.- lenguaje natural
---	---

Métodos de Representación Basados en Lógica

- Estructuras de representación:
 - Representación de los hechos del mundo real mediante declaraciones escritas como fórmulas bien formadas (fbf), o estructuras sintácticamente correctas del lenguaje.
- Mecanismos de interpretación:
 - Obtención de nuevo conocimiento a partir del antiguo (reglas que permitan obtener nuevas fbf a partir de las existentes).

Métodos de Representación Basados en Lógica

LÓGICA := SINTAXIS + SEMÁNTICA

- La lógica en sí no es más que sintaxis, semántica y teoría de la demostración. No nos dice en lo más mínimo qué es aquello que deberá expresarse ni tampoco qué vocabulario emplear para ello.

Métodos de Representación Basados en Lógica

- Ontología:
 - *Definiciones*: asocian los nombres de las entidades en el universo de discurso con texto legible que describe lo que significan los nombres
 - +
 - *Axiomas Formales*: restringen la interpretación y el uso de esos términos.

Métodos de Representación Basados en Lógica

- Entidades
 - *Conceptos*: predicados unarios en la Lógica de Primer Orden.
 - *Relaciones*: predicados de aridad mayor en la Lógica de Primer Orden.
 - Ej.: Mundo de Bloques:
 - Bloque: $\text{Bloque}(x)$
 - Suelo: $\text{Suelo}(x)$

Métodos de Representación Basados en Lógica

- SINTAXIS:
 - Lenguaje: (reglas de formación de los objetos básicos)
 - Cálculo de proposiciones.
 - Cálculo de predicados.
 - Estructura Deductiva: (reglas para la obtención de nuevos objetos a partir de los existentes)
 - Sistemas Axiomáticos: (teoría de la demostración, deducción natural)
 - Teoría interpretativa o de Modelos

Métodos de Representación Basados en Lógica

- SEMÁNTICA: Significado (valor de verdad) de los objetos básicos
 - Interpretación
 - Validez
 - Propiedades: consistencia, completitud, decidibilidad, corrección.

Lógica Proposicional

- Proposiciones Lógicas
- Fórmulas bien formadas
- Evaluación de fórmulas
- Conceptos de Validez e Inconsistencia

Cálculo Proposicional

- Sistema Axiomático
- Proposiciones
- Inferencia

Cálculo Proposicional

- Son Proposiciones
 - Hay vida en la tierra
 - Una piedra no puede volar
 - Todos los hombres de Ecuador son solteros
 - Chile es la capital del mundo

Cálculo Proposicional

- No son Proposiciones
 - ¿De veras?
 - Teclea exit
 - Por favor hagan el trabajo de satisfactibilidad!
 - Arriba California

Argumentos

- Argentina está en Africa o Argentina está en Asia
- Argentina no está en Asia
- Por consecuencia, Argentina está en Africa

Proposiciones Compuestas

- La nieve es blanca y la novia de Luis ve la novela de las nueve.
- El carro de Pedro tiene el volante negro o yo necesito lentes

Notación

- Proposiciones: Con letras mayúsculas
 - $P =$ La nieve es Blanca
 - $Q =$ El carro de Pedro tiene el volante negro
 - $R =$ Yo necesito Lentes
 - $S =$ La novia de Luis ve la novela a las nueve

Notación

- Conectores Lógicos
 - Conjunción \wedge , $\&$, y
 - Disyunción \vee , $|$, o
 - Negación \neg , \sim , no
 - Implicación \Rightarrow
 - Equivalencia \Leftrightarrow

Ejemplos

- La nieve es blanca y la novia de Luis ve la novela de las nueve.
 - Con notación = $P \wedge S$
- El carro de Pedro tiene el volante negro o yo necesito lentes.
 - Con notación = $Q \vee R$

Precedencia de Conectores

- Tabla de precedencia
 1. Paréntesis
 2. Negación
 3. Conjunción
 4. Disyunción
 5. Implicación
 6. Equivalencia

Precedencia: Ejemplo 1

$$\neg A \wedge B \vee \neg C \Rightarrow R \wedge \neg C$$

- El conector \Rightarrow tiene menor precedencia

$$\{\neg A \wedge B \vee \neg C\} \Rightarrow \{R \wedge \neg C\}$$

- \vee tiene menor precedencia

$$\{(\neg A \wedge B) \vee \neg C\} \Rightarrow \{R \wedge \neg C\}$$

Precedencia: Ejemplo 2

- $\neg A \wedge \neg B \vee \neg C \Rightarrow B \wedge \neg C \Rightarrow D \Leftrightarrow E \Rightarrow \neg F$

1. \Leftrightarrow tiene menor precedencia

$$[\neg A \wedge \neg B \vee \neg C \Rightarrow B \wedge \neg C \Rightarrow D] \Leftrightarrow [E \Rightarrow \neg F]$$

2. \Rightarrow

$$[\{\neg A \wedge \neg B \vee \neg C \Rightarrow B \wedge \neg C\} \Rightarrow D] \Leftrightarrow [E \Rightarrow \neg F]$$

3. \Rightarrow

$$[\{\{\neg A \wedge \neg B \vee \neg C\} \Rightarrow B \wedge \neg C\} \Rightarrow D] \Leftrightarrow [E \Rightarrow \neg F]$$

4. \vee

Fórmula Bien Formada

- Aquella expresión lógica que representa una proposición simple o compuesta, la cual esta bien escrita de acuerdo a determinada sintaxis se llama una fórmula bien formada (FBF).

Construcción de Fórmula Bien Formada

1. Un **átomo** es una fórmula bien formada.
2. Si **G** es una FBF entonces $\neg \mathbf{G}$ también.
3. Si **G**, **H** son FBF's entonces también lo son:
 $G \wedge H$, $G \vee H$, $G \Rightarrow H$, $G \Leftrightarrow H$
4. Todas las FBF se forman aplicando: **1, 2 y 3.**

Tautología y Validez

- Una proposición A es una Tautología o una fórmula válida si es verdadera en todas las posibles interpretaciones.

P	$\neg P$	$P \vee \neg P$
V	F	V
F	V	V

Interpretación

- Interpretación: Asignación de valores de verdad para las proposiciones de una expresión.
- La notación para fórmula válida: $\models A$.
- Ejemplo: $P \vee \neg P$

Contradicción e Inconsistencia

- Una fórmula A es una contradicción o es inconsistente si es falsa en todas sus interpretaciones.
- Ejemplo: La fórmula $A \wedge \neg A$ es inconsistente o contradictoria

A	$\neg A$	$A \wedge \neg A$
V	F	F
F	V	F

Fórmulas Consistentes e Invalidas

- Las fórmulas consistentes son aquellas para las cuales se tiene por lo menos una interpretación para la cual la fórmula es verdadera.
- Una fórmula inválida es aquélla que es falsa al menos para una interpretación.

Observaciones

- Una fórmula es válida si y solo si su negación es inconsistente.
- Una fórmula es inconsistente si y solo si su negación es válida.
- Una fórmula es inválida si y solo si existe por lo menos una interpretación sobre la cual la fórmula es falsa.

Observaciones

- Una fórmula es consistente si y solo si existe por lo menos una interpretación sobre la cual la fórmula es verdadera.
- Si una fórmula es válida, entonces es consistente, pero no viceversa.
- Si una fórmula es inconsistente, entonces es inválida, pero no viceversa.

Fórmulas Equivalentes

- Dos fórmulas F y G son equivalentes, denotado por $F \Leftrightarrow G$, si y solo si los valores de verdad de F y G son los mismos bajo cualquier interpretación de F y G
- Ejemplo
 - $P \Rightarrow Q$ es equivalente a $\neg P \vee Q$

Forma Normal Conjuntiva

- Una fórmula F es una forma normal conjuntiva (FNC) si y solo si F tiene la forma:
 - $F_1 \wedge F_2 \wedge F_3 \wedge \dots \wedge F_n$
 - donde $n \geq 1$ y cada F_i es una disyunción de literales.
 - Ejemplo: $(P \vee Q \vee R) \wedge (P \vee Q)$

Forma Normal Disyuntiva

- Una fórmula F es una forma normal disyuntiva (FND) si y solo si F tiene la forma:
 - $F_1 \vee F_2 \vee F_3 \vee \dots \vee F_n$
 - donde $n \geq 1$ y cada F_i es una conjunción de literales.
 - Ejemplo: $(P \wedge Q \wedge R) \vee (P \wedge Q)$

Transformación a la Forma Normal

- Paso 1. Eliminar las conectivas \Rightarrow , \Leftrightarrow .
- Paso 2. Pasar las negaciones hacia dentro de la formula. Se utilizan las leyes de De Morgan,
- Paso 3. Obtener la forma normal. Se utilizan las leyes distributivas.

Implicación

- La relación Causa-Efecto se expresa como una Implicación

Si P entonces Q	$P \Rightarrow Q$
P = Antecedentes o Hipótesis Q = Consecuente o Conclusión	

Implicación Material

a. Si $1 + 1 = 2$ entonces

París es la Capital de Francia

b. Si $1 + 1 \neq 2$ entonces

París es la capital de Francia

c. Si $1 + 1 \neq 2$ entonces

Roma es la capital de Francia

Implicación: Tabla de Verdad

P	Q	$P \Rightarrow Q$
F	F	V
F	V	V
V	F	F
V	V	V

Implicación Material: Ejemplos

- Si *el sol ha brillado todo el día* entonces $2+7 > 4$
- Sí *yo obtengo un libro*, entonces *yo leeré esta noche*
- Si *yo obtengo el libro de texto*, entonces *este cuarto es rojo*
- Sí *las conejas son azules* entonces *la tierra es cuadrada*

La causalidad puede o no estar en el antecedente de la implicación.

Ejemplo: Planteamiento

- *Si el cobre se sumerge en ácido sulfúrico, entonces el cobre se disuelve*
- Con notación:
A = el cobre se sumerge en ácido sulfúrico
B = el cobre se disuelve
- Se expresará $A \Rightarrow B$

Ejemplo: Evaluación

- Sin discusión: *Si el cobre se sumerge en ácido sulfúrico entonces se disolverá.*
- Como *consecuencia* cuando A y B son verdaderos, $A \Rightarrow B$ también lo es.

Ejemplo: Evaluación

- Si *el cobre se sumerge en ácido sulfúrico*, entonces *el cobre se disuelve*.
- Siempre es falsa cuando A es verdadera y B es falsa.
- Es decir: $A \wedge \neg B$ es verdadera
- En esta expresión el signo negativo representa falso y su ausencia representa verdadero

Ejemplo: Evaluación

- .De la transparencia anterior:
- $A \Rightarrow B$ siempre falsa cuando $A \wedge \neg B$ es verdadera.
- $A \Rightarrow B$ siempre verdadera cuando $\neg(A \wedge \neg B)$ es verdadera.
- $A \Rightarrow B$ siempre verdadera cuando $\neg A \vee B$ es verdadera.

Consecuencias lógicas

- Dadas las fórmulas F_1, \dots, F_n y una fórmula G , se dice que G es una consecuencia lógica (G sigue lógicamente) de F_1, \dots, F_n , si y solo si para cualquier interpretación I , en la cual F_1, \dots, F_n es verdadera, G también lo es

Métodos de prueba

- *Teorema 1*
 - Dadas las fórmulas $F1, F2, \dots, Fn$ y una fórmula G , G es una consecuencia lógica de $F1, F2, \dots, Fn$, si y solo si:
 $(F1 \wedge F2 \wedge \dots \wedge Fn) \Rightarrow G$ es válida.

Método Directo

Método de Prueba

- *Teorema 2*
 - Dadas las fórmulas $F1, F2, \dots, Fn$ y una fórmula G , G es una consecuencia lógica de $F1, F2, \dots, Fn$, si y solo si:
 $(F1 \wedge F2 \wedge \dots \wedge Fn) \Rightarrow \neg G$ es válida.

Método Indirecto

Demostración y Deducción

- *Demostración:*
Es una sucesión de fórmulas P_1, P_2, \dots, P_n tales que cada P_i es:
 - Un axioma.
 - Una fórmula obtenida a partir de las anteriores.
- Y, el último elemento (P_n) es la fórmula que se desea demostrar.

Reglas de Inferencia

- Permiten la deducción de nuevas proposiciones a partir de otras dadas.
- Así se relaciona el hecho de que una nueva proposición sea verdadera, a partir de la veracidad de las proposiciones originales.

Notación para las Reglas de Inferencia

- Cuando se describe una regla de inferencia, la premisa especifica el patrón que debe ser apareado con nuestra base de conocimiento y la conclusión es el nuevo conocimiento inferido.
- Usaremos la notación

premise δ conclusion

Reglas de Inferencia

- Modus Ponens: $x \Rightarrow y, x \delta y$
- Eliminación-Y: $x_1 \wedge x_2 \wedge \dots \wedge x_n \delta x_i$
- Introducción-Y: $x_1, x_2, \dots, x_n \delta x_1 \wedge x_2 \wedge \dots \wedge x_n$
- Introducción-O: $x \delta x \vee y \vee z \dots$
- Eliminación Doble-Negación: $\neg \neg x \delta x$
- Resolución Unidad: $x \vee y, \neg x \delta y$

Reglas de Inferencia por Resolución

$$x \vee y, \neg y \vee z \quad \delta \quad x \vee z$$

-0-

$$\neg x \Rightarrow y, y \Rightarrow z \quad \delta \quad \neg x \Rightarrow z$$

Mecanismo de Prueba

- Dado
 - una base de conocimiento representada como un conjunto de sentencias proposicionales.
 - Una meta definida como una sentencia proposicional
 - una lista de reglas de inferencia
- Podemos escribir un programa para que aplique una y otra vez las reglas inferencia a la base de conocimiento en la esperanza de derivar la meta.

Ejemplo

- Lloverá O habrá un examen.
- David es Darth Vader O no lloverá.
- David no es Darth Vader.
- Habrá un examen?

Solución

- Lluvia = a , Examen = b , David es Vader = c
- Base de Conocimiento (todas son ciertas):
 $a \vee b$, $c \vee \neg a$, $\neg c$
- Por Resolución sabemos que $b \vee c$ es cierta.
- Por Resolución Unidad sabemos que b es cierta.

Desarrollando un Procedimiento de Prueba

- Derivando (o refutando) una meta a partir de una colección de hechos lógicos corresponde a un árbol de búsqueda muy grande.
- Un número grande de reglas de inferencia pueden ser utilizadas.
- La selección de cual regla aplicar y cuando no es trivial.

Resolución y FNC

- Resolución es una regla de inferencia sencilla que puede operar eficientemente sobre una forma especial de sentencias.
- Esta forma especial es llamada forma clausal o forma normal conjuntiva (FNC), y tiene estas propiedades:
 - Cada sentencia es una disyunción (o) de literales
 - Todas las sentencias están implícitamente

Lógica Proposicional y FCN

- Cualquier sentencia de lógica proposicional puede ser convertida a FNC. Necesitamos remover todos los conectores diferentes a O (sin modificar el significado de la sentencia)

Convirtiendo a FCN

- Eliminar implicaciones y equivalencias.
- Reducir el alcance de todas las negaciones a un solo término.
- Usar las leyes asociativa y distributiva para convertir a una conjunción de disyunciones.
- Crear una sentencia separada para cada conjunción.

Paso 1

- Eliminación de Implicaciones y Equivalencias:
- $x \Rightarrow y$ se convierte $\neg x \vee y$
- $x \Leftrightarrow y$ se convierte $(\neg x \vee y) \wedge (\neg y \vee x)$

Paso 2

- Reducir el Alcance de las Negaciones
- $(\neg \neg x)$ se convierte x
- $\neg(x \vee y)$ se convierte $(\neg y \wedge \neg x)$
- $\neg(x \wedge y)$ se convierte $(\neg y \vee \neg x)$

Paso 3

- Convertir a una conjunción de disyunciones
- Propiedad Asociativa :
$$(A \vee B) \vee C = A \vee (B \vee C)$$
- Propiedad Distributiva :
$$(A \wedge B) \vee C = (A \vee C) \wedge (B \vee C)$$

Usando Resolución para Probar

- Convertir todas las sentencias proposicionales que están en la de base conocimiento a FNC.
- Agregar la contradicción de la meta a la de base conocimiento (in FNC).
- Usar resolución como una regla de inferencia para probar que la combinación de hechos no pueden ser todos ciertos.

Prueba por Contradicción

- Asumimos que todos los hechos originales son CIERTOS.
- Agregamos un nuevo hecho (la contradicción de la sentencia que tratamos de probar es CIERTA).
- Si podemos inferir que FALSO es CIERTO sabemos que la base de conocimientos esta corrompida.
- La única cosa que podría no ser CIERTA es la negación de la meta que agregamos, por lo que debe ser FALSA. Por lo tanto la meta es cierta.

Ejemplo

- Base de Conocimiento :

P

$$(P \wedge Q) \Rightarrow R$$

$$(S \vee T) \Rightarrow Q$$

T

- Meta:

R

Conversión FCN

Sentencia:

P

$(P \wedge Q) \Rightarrow R$

$(S \vee T) \Rightarrow Q$

T

FCN:

P

$\neg P \vee \neg Q \vee R$

$\neg S \vee Q$

$\neg T \vee Q$

T

Agregar la Contradicción de la Meta

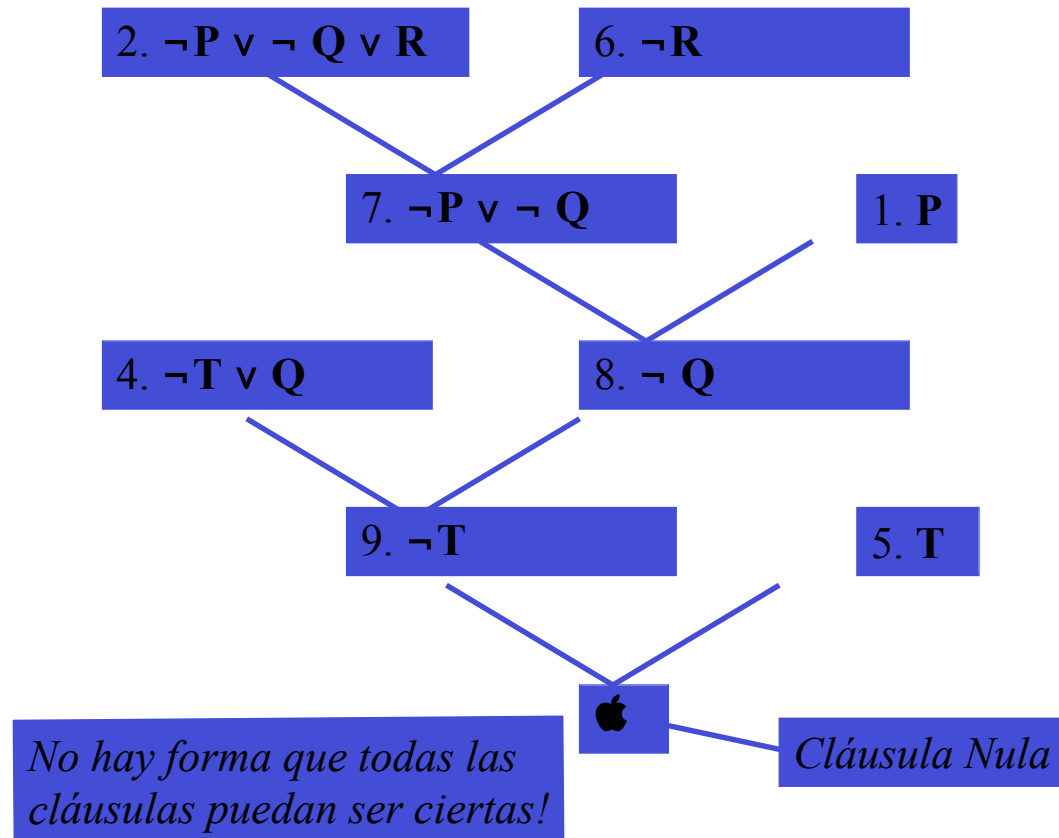
- La meta es R, por lo que agregamos $\neg R$ a la lista de hechos, el nuevo conjunto es:
 1. P
 2. $\neg P \vee \neg Q \vee R$
 3. $\neg S \vee Q$
 4. $\neg T \vee Q$
 5. T

Aplicando Resolución

- Hecho 2 puede ser resuelto con hecho 6, generando un nuevo hecho:

$$\begin{array}{ccc} \neg P \vee \neg Q \vee R & & \neg R \\ & \searrow & \swarrow \\ & \neg P \vee \neg Q & \end{array}$$

Solución



Vista más intuitiva del mismo ejemplo

- P: Juan es inteligente
- Q: Juan le gusta el hockey
- R: Juan va a RPI
- S: Juan es Canadiense
- T: Juan patina.

Sentencias Originales

- Juan es inteligente
- Si Juan es inteligente y Juan le gusta hockey, Juan va a RPI
- Si Juan es Canadiense o Juan patina, Juan le gusta hockey.
- Juan patina.

Después de la conversión a FNC

- Hecho 2: Juan no es inteligente, o Juan no le gusta hockey, o Juan va a RPI.
- Hecho 3: Juan no es Canadiense o Juan le gusta hockey.
- Hecho 4: Juan no patina, o Juan le gusta hockey.

Solución



Límites de la Lógica Proposicional

- El poder expresivo de la lógica proposicional es limitado. Se asume que todo puede ser expresado por hechos simples.
- Es mucho más fácil modelar el mundo real usando propiedades y relaciones.
- La Lógica de Predicados provee estas capacidades más formalmente y es usada en muchos dominios de IA para representar conocimiento.