

Agentes lógicos

Agentes lógicos

- Se utilizan en ambientes deterministas y parcialmente observables
- Vamos a ver dos conceptos importantes:
 - Representación del conocimiento
 - Razonamiento

Agentes lógicos

Los agentes lógicos están relacionados con un tipo particular de sistemas de IA, los sistemas expertos (SE)

Los SE resuelven problemas que normalmente son resueltos por **expertos humanos**. Lo hacen mediante la aplicación de conocimiento de un dominio específico.

Agentes lógicos

Los SE resuelven problemas que normalmente son resueltos por **expertos humanos**. Lo hacen mediante la aplicación de conocimiento de un dominio específico.

- Hace 15 años representaban la mayor parte de la IA aplicada

Agentes lógicos

Los SE resuelven problemas que normalmente son resueltos por **expertos humanos**. Lo hacen mediante la aplicación de conocimiento de un dominio específico.

- Hace 15 años representaban la mayor parte de la IA aplicada
- Tienden a estar varios años atrasados con respecto a los avances en investigación.

Agentes lógicos

Los SE resuelven problemas que normalmente son resueltos por **expertos humanos**. Lo hacen mediante la aplicación de conocimiento de un dominio específico.

- Hace 15 años representaban la mayor parte de la IA aplicada
- Tienden a estar varios años atrasados con respecto a los avances en investigación.
- Se utilizan cuando no existe un método capaz de encontrar la solución, pero se cuenta con un “experto” que colabore con el desarrollo.

Los SE resuelven problemas que normalmente son resueltos por **expertos humanos**. Lo hacen mediante la aplicación de conocimiento de un dominio específico.

- Hace 15 años representaban la mayor parte de la IA aplicada
- Tienden a estar varios años atrasados con respecto a los avances en investigación.
- Se utilizan cuando no existe un método capaz de encontrar la solución, pero se cuenta con un “experto” que colabore con el desarrollo.
- Para crear un SE, el conocimiento sobre el dominio del problema debe ser:
 - Acotado
 - Suficientemente estático

Los SE se pueden aplicar, por ejemplo, a:

- Diseño
- Detección y corrección de fallas
- Planificación de la producción
- Diagnóstico médico
- Análisis financiero

Agentes lógicos

Los sistemas expertos (SE) se pueden aplicar, por ejemplo, a:

- Diseño
- Detección y corrección de fallas
- Planificación de la producción
- Diagnóstico médico
- Análisis financiero

No se pueden aplicar en:

- Áreas donde se necesite el sentido común (dominios no acotados)

Los SE necesitan:

- Acceder a una base de conocimiento sobre el dominio del problema.
- Uno más mecanismos de razonamiento.
- Un mecanismo para explicar las decisiones.

Volviendo al enfoque de agentes,

- El componente principal de un agente basado en conocimiento es su base de conocimiento (BC). Una BC es un conjunto de sentencias, cada una de las cuales es una afirmación acerca del mundo.
- El agente tiene dos mecanismos para:
 - Añadir sentencias nuevas a la base de conocimiento
 - Preguntar qué se sabe en la base de conocimiento.
- Cada vez que el programa del agente es convocado:
 - 1- Le dice a la BC lo que ha percibido
 - 2- Le pregunta a la BC que acción debe ejecutar, para lo cual se debe realizar un razonamiento

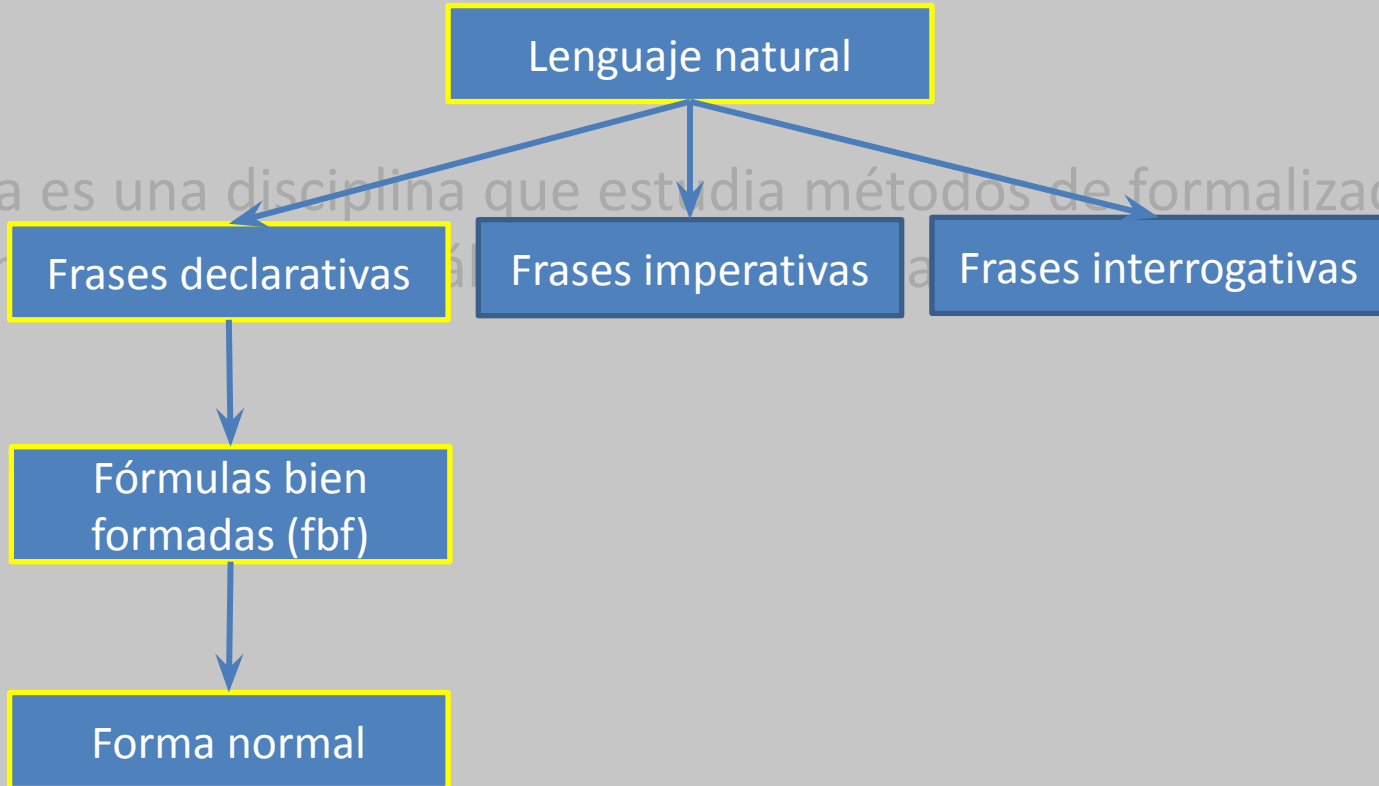
Agentes lógicos

Lógica

La lógica es una disciplina que estudia métodos de formalización del conocimiento y formas válidas de inferencia.

Agentes lógicos

La lógica es una disciplina que estudia métodos de formalización del conocimiento.



Agentes lógicos

Lógica

La lógica es una disciplina que estudia métodos de formalización del conocimiento y formas válidas de inferencia.

Lógica

La lógica es una disciplina que estudia métodos de formalización del conocimiento y formas válidas de inferencia.

Existen dos niveles de abstracción:

- Lógica proposicional
- Lógica de predicados

Agentes lógicos

Lógica proposicional

Toma como elemento básico las frases declarativas simples o proposiciones, que constituyen en sí mismas una unidad de comunicación de conocimiento y pueden ser verdaderas o falsas.

Agentes lógicos

Lógica proposicional

Toma como elemento básico las frases declarativas simples o proposiciones, que constituyen en sí mismas una unidad de comunicación de conocimiento y pueden ser verdaderas o falsas.

Lógica de predicados

Representa las frases declarativas con mayor grado de detalle, considerando la estructura interna. Se toman como elementos básicos los objetos y las relaciones entre ellos. Se distingue:

- Qué se afirma (predicado o relación)
- Sobre quién se lo afirma (objeto)

Semántica y modelos

- Una lógica debe definir la semántica del lenguaje. La semántica del lenguaje define el **valor de verdad** de cada sentencia **respecto a cada mundo posible** (modelo).
- “ m es un modelo de α ” indica que “la sentencia α es verdadera en el modelo m ”

Implicación

- Indica que una sentencia se deduce de otra sentencia

$$\beta \rightarrow \alpha$$

- La implicación es una consecuencia de la BC

Inferencia

- Las implicaciones se pueden utilizar para sacar conclusiones, es decir, realizar una inferencia lógica
- La implicación (útil) de α es difícil de lograr porque existen muchas implicaciones no útiles
- Si el algoritmo de inferencia i puede derivar α de la BC, entonces escribimos:

$$BC \vdash_i \alpha$$

- Un algoritmo **sólido** es aquel que deriva implicaciones verdaderas.
- Un algoritmo **completo** es aquel capaz de derivar cualquier implicación cierta.

Símbolos lógicos

- Conectivos
 - Conjunción (\wedge)
 - Disyunción (\vee)
 - Implicación (\rightarrow) o (\models)
 - Negación ($-$) o (\neg)
- Cuantificadores (solo para lógica de predicados)
 - Universal (\forall)
 - Existencial (\exists)

Representación de hechos simples en lógica

Las expresiones transformadas del lenguaje natural al lenguaje de la lógica se llaman fórmulas bien formadas (fbf).

Agentes lógicos

Representación de hechos simples en lógica

Las expresiones transformadas del lenguaje natural al lenguaje de la lógica se llaman fórmulas bien formadas (fbf).

En lenguaje natural:

“Sócrates es humano”

Agentes lógicos

Representación de hechos simples en lógica

Las expresiones transformadas del lenguaje natural al lenguaje de la lógica se llaman fórmulas bien formadas (fbf).

En lenguaje natural:

“Sócrates es humano”

En lógica proposicional:

SócratesHumano

Agentes lógicos

Representación de hechos simples en lógica

Las expresiones transformadas del lenguaje natural al lenguaje de la lógica se llaman fórmulas bien formadas (fbf).

En lenguaje natural:

“Sócrates es humano”

En lógica proposicional:

SócratesHumano

PlatónHumano

Agentes lógicos

Representación de hechos simples en lógica

En lenguaje natural:

“Todos los humanos son mortales”

En lógica proposicional:

HumanoMortal

Agentes lógicos

Representación de hechos simples en lógica

En lenguaje natural:

“Todos los humanos son mortales”

En lógica proposicional:

HumanoMortal

Lo anterior no consigue expresar que cada humano es mortal

Agentes lógicos

Representación de hechos simples en lógica

En lenguaje natural:

“Todos los humanos son mortales”

En lógica proposicional:

HumanoMortal

Lo anterior no consigue expresar que cada hombre es mortal

SócratesMortal

PlatónMortal

Agentes lógicos

Representación de hechos simples en lógica

En lógica de predicados:

Agentes lógicos

Representación de hechos simples en lógica

En lógica de predicados:

humano(Sócrates)

humano(Platón)

$\forall x: \text{humano}(x) \rightarrow \text{mortal}(x)$

Representación de hechos simples en lógica

En lógica de predicados, las fórmulas elementales, atómicas o simplemente **predicados** son del tipo “humano(Sócrates)”, donde “Sócrates” es el término o argumento.

Representación de hechos simples en lógica

En lógica de predicados, las fórmulas elementales, atómicas o simplemente **predicados** son del tipo “hombre(Sócrates)”, donde “Sócrates” es el término o argumento.

Cuando un predicado tiene dos o más argumentos, está indicando una relación entre esos dos o más objetos del mundo.

odia(Marco, César)

Representación de hechos simples en lógica

En lógica de predicados, las fórmulas elementales, atómicas o simplemente **predicados** son del tipo “hombre(Sócrates)”, donde “Sócrates” es el término o argumento.

Cuando un predicado tiene dos o más argumentos, está indicando una relación entre esos dos o más objetos del mundo.

odia(Marco, César)

Si los argumentos son **constantes** (como “Marco”), la fórmula es un **hecho**.

Representación de hechos simples en lógica

En lógica de predicados, las fórmulas elementales, atómicas o simplemente **predicados** son del tipo “hombre(Sócrates)”, donde “Sócrates” es el término o argumento.

Cuando un predicado tiene dos o más argumentos, está indicando una relación entre esos dos o más objetos del mundo.

odia(Marco, César)

Si los argumentos son **constantes** (como “Marco”), la fórmula es un **hecho**.

Si los argumentos son **variables** (como x), la fórmula es una **regla**.

Representación de hechos simples en lógica

Las fórmulas también pueden ser predicados conectados entre sí por conectivos:

$$\text{leal}(x, \text{César}) \vee \text{odia}(x, \text{César})$$

Representación de hechos simples en lógica

Las fórmulas también pueden ser predicados conectados entre sí por conectivos:

$$\text{leal}(x, \text{César}) \vee \text{odia}(x, \text{César})$$

Las fórmulas pueden incluir implicaciones

$$\forall x: \text{romano}(x) \rightarrow \text{leal}(x, \text{César}) \vee \text{odia}(x, \text{César})$$

Satisfacibilidad

- Es la capacidad de una fórmula o un conjunto de fórmulas para ser verdaderas.
- Para generar inferencias es necesario determinar la satisfacibilidad (o no) del conjunto de fórmulas.
- Una sentencia es satisfacible si es verdadera para algún modelo
- En lógica proposicional se debe determinar si existe alguna combinación de valores (verdadero/falso) para los literales que haga verdadero todo el conjunto.
- En lógica de predicados, además, es necesario encontrar una sustitución de variables que haga satisfacible el conjunto.

Formas clausales

- Forma normalizada conjuntiva (FNC). Conjunción de disyunciones.

$$(P \vee Q) \wedge (-P \vee R)$$

- Forma normalizada disyuntiva (FND). Disyunción de conjunciones.

$$(P \wedge Q) \vee (-P \wedge R)$$

- Cláusulas de Horn. Conjunción de disyunciones con no más de un literal positivo (no más de una implicación).

$$(-P \vee -Q \vee R) \wedge (-T \vee P)$$

Conversión a forma clausal en lógica proposicional

Para aplicar el procedimiento de Resolución, las fbf se deben convertir en un conjunto de cláusulas, donde cada cláusula es una fbf en FNC que no contienen ninguna conectiva “ \wedge ”.

$$(P \vee Q) \wedge (\neg P \vee R)$$



$$\begin{array}{l} (P \vee Q) \\ (\neg P \vee R) \end{array}$$

Conversión a forma clausal

Paso 1

Eliminar las implicaciones usando el hecho de que:

$$A \rightarrow B = \neg A \vee B$$

Ejemplo:

verano \wedge soleado \rightarrow calor



$\neg(\text{verano} \wedge \text{soleado}) \vee \text{calor}$

Conversión a forma clausal

Paso 2

Reducir el ámbito de las negaciones a un solo término usando el hecho de que:

- $\neg(\neg P) = P$
 - $\neg(A \wedge B) = \neg A \vee \neg B$
 - $\neg(A \vee B) = \neg A \wedge \neg B$
- Leyes de Morgan

Ejemplo:

$\neg(\text{verano} \wedge \text{soleado}) \vee \text{calor}$



$\neg\text{verano} \vee \neg\text{soleado} \vee \text{calor}$

Conversión a forma clausal

Paso 3

Convertir la fórmula en una conjunción de disyunciones mediante las propiedades asociativa y distributiva.

- $(A \wedge B) \vee C = (A \vee C) \wedge (B \vee C)$
- $(A \vee B) \wedge C = (A \wedge C) \vee (B \wedge C)$
- $(A \vee B) \vee C = A \vee (B \vee C)$, $(A \wedge B) \wedge C = A \wedge (B \wedge C)$

Al final, separar en cláusulas ~~eliminando~~ las conjunciones.

Ejemplo:

$(\text{invierno} \wedge \text{llevarbotas}) \vee (\text{verano} \wedge \text{llevarsandalias})$



$[\text{invierno} \vee (\text{verano} \wedge \text{llevarsandalias})] \wedge [\text{llevarbotas} \vee (\text{verano} \wedge \text{llevarsandalias})]$



$[(\text{invierno} \vee \text{verano}) \wedge (\text{invierno} \vee \text{llevarsandalias})] \wedge [(\text{llevarbotas} \vee \text{verano}) \wedge (\text{llevarbotas} \vee \text{llevarsandalias})]$

Método de Resolución

- También llamado principio de Robinson o Reducción al Absurdo.
- Obtiene demostraciones por refutación. Para probar la veracidad de una cláusula se intenta demostrar que su negación lleva a una contradicción con las proposiciones conocidas.
- Es un proceso iterativo simple. En cada paso, se comparan (resuelven) dos cláusulas llamadas “cláusulas padre”, produciendo una nueva cláusula. La nueva cláusula representa la forma en la que las cláusulas padre interaccionan entre ellas.

Agentes lógicos

Cálculo del resolvente

- Tomamos como ejemplo un sistema con dos cláusulas:

invierno \vee verano

-invierno \vee frío

Cálculo del resolvente

- Tomamos como ejemplo un sistema con dos cláusulas:

invierno \vee verano

-invierno \vee frío

- Todas las cláusulas se suponen siempre verdaderas. Entonces, si “invierno” es cierto, “frío” debe ser cierto para asegurar la veracidad de la segunda cláusula.

Cálculo del resolvente

- Tomamos como ejemplo un sistema con dos cláusulas:

invierno \vee verano

-invierno \vee frío

- Todas las cláusulas se suponen siempre verdaderas. Entonces, si “invierno” es cierto, “frío” debe ser cierto para asegurar la veracidad de la segunda cláusula.
- Si “invierno” es falso, “verano” es cierto para asegurar la veracidad de la primera cláusula.

Cálculo del resolvente

- Tomamos como ejemplo un sistema con dos cláusulas:

invierno \vee verano

-invierno \vee frío

- Todas las cláusulas se suponen siempre verdaderas. Entonces, si “invierno” es cierto, “frío” debe ser cierto para asegurar la veracidad de la segunda cláusula.
- Si “invierno” es falso, “verano” es cierto para asegurar la veracidad de la primera cláusula.
- Entonces, “verano” o “frío” deben ser ciertas

verano \vee frío

Cálculo del resolvente

- Tomamos como ejemplo un sistema con dos cláusulas:

invierno \vee verano

-invierno \vee frío

- Todas las cláusulas se suponen siempre verdaderas. Entonces, si “invierno” es cierto, “frío” debe ser cierto para asegurar la veracidad de la segunda cláusula.
- Si “invierno” es falso, “verano” es cierto para asegurar la veracidad de la primera cláusula.
- Entonces, “verano” o “frío” deben ser ciertas

verano \vee frío

- Se calcula como:

invierno \vee verano \vee -invierno \vee frío

Cálculo del resolvente

- Tomamos como ejemplo un sistema con dos cláusulas:

invierno \vee verano

-invierno \vee frío

- Todas las cláusulas se suponen siempre verdaderas. Entonces, si “invierno” es cierto, “frío” debe ser cierto para asegurar la veracidad de la segunda cláusula.
- Si “invierno” es falso, “verano” es cierto para asegurar la veracidad de la primera cláusula.
- Entonces, “verano” o “frío” deben ser ciertas

verano \vee frío

- Se calcula como:

~~invierno~~ \vee verano \vee ~~-invierno~~ \vee frío

Método de Resolución en lógica proposicional

- La Resolución opera tomando cláusulas padre tales que cada una contenga el mismo literal.
- El literal común debe estar negado en una cláusula y sin negar en la otra.
- El resolvente se calcula como la disyunción de todos los literales de las dos cláusulas, excepto aquellos que se cancelan.
- Si la cláusula generada (resolvente) es la cláusula vacía, se ha llegado a una contradicción.

Método de Resolución en lógica proposicional

El procedimiento para producir una demostración de la proposición P respecto de un conjunto de axiomas F es el siguiente:

- Convertir todas la fbf de F a forma clausal.
- Negar P y convertir a forma clausal. Añadir las cláusulas obtenidas al conjunto.
- Hasta que se encuentre una contradicción o no se pueda seguir avanzando, repetir:
 - Seleccionar dos cláusulas y llamarlas cláusulas padre.
 - Calcular el resolvente
 - Si el resolvente es la cláusula vacía, se encontró una contradicción (P es cierto). Si no, añadirlo al conjunto de cláusulas.

Método de Resolución en lógica proposicional

- Si se encuentra una contradicción, significa que lo que se quería probar era cierto.
- Si no se llega a la contradicción, no se puede sacar conclusiones. P puede ser cierto o falso.

Método de Resolución en lógica proposicional

Ejemplo: Probar R.

**Axiomas convertidos
a FNC**

$$\begin{array}{c} P \\ -P \vee -Q \vee R \\ -S \vee Q \\ -T \vee Q \\ T \end{array}$$

Método de Resolución en lógica proposicional

Ejemplo: Probar R.

**Axiomas convertidos
a FNC**

$$\begin{array}{l} P \\ -P \vee -Q \vee R \\ -S \vee Q \\ -T \vee Q \\ T \\ -R \end{array}$$

Método de Resolución en lógica proposicional

Ejemplo: Probar R.

**Axiomas convertidos
a FNC**

P
-P V -Q V R
-S V Q
-T V Q
T
-R

-P V -Q V
R

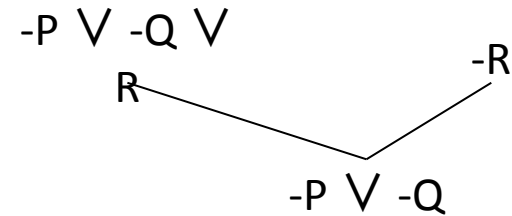
-R

Método de Resolución en lógica proposicional

Ejemplo: Probar R.

**Axiomas convertidos
a FNC**

P
 $-P \vee -Q \vee R$
 $-S \vee Q$
 $-T \vee Q$
 T
 $-R$
 $-P \vee -Q$



Método de Resolución en lógica proposicional

Ejemplo: Probar R.

**Axiomas convertidos
a FNC**

P

$-P \vee -Q \vee R$

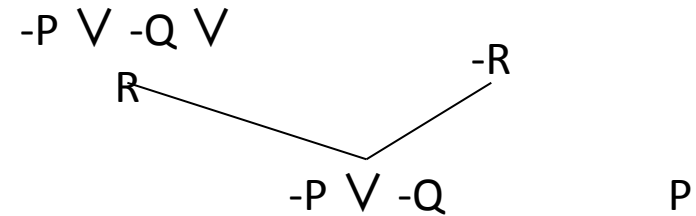
$-S \vee Q$

$-T \vee Q$

T

-R

$-P \vee -Q$

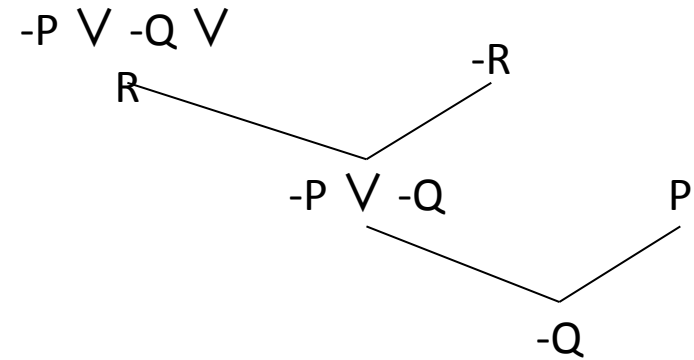


Método de Resolución en lógica proposicional

Ejemplo: Probar R.

**Axiomas convertidos
a FNC**

P
 $\neg P \vee \neg Q \vee R$
 $\neg S \vee Q$
 $\neg T \vee Q$
 T
 $\neg R$
 $\neg P \vee \neg Q$
 $\neg Q$

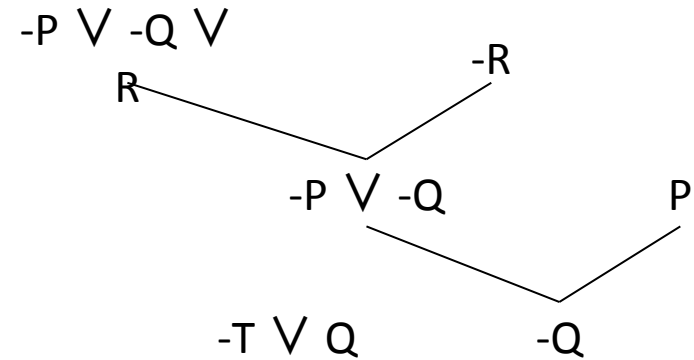


Método de Resolución en lógica proposicional

Ejemplo: Probar R.

**Axiomas convertidos
a FNC**

P
 $-P \vee -Q \vee R$
 $-S \vee Q$
 $-T \vee Q$
 T
 $-R$
 $-P \vee -Q$
 $-Q$

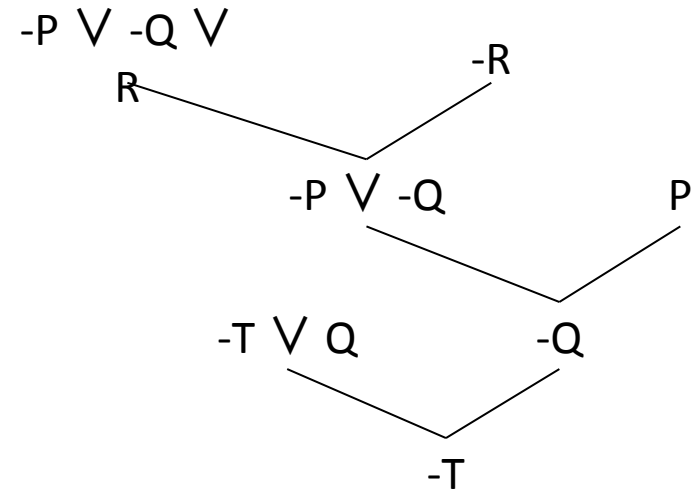


Método de Resolución en lógica proposicional

Ejemplo: Probar R.

**Axiomas convertidos
a FNC**

P
 $\neg P \vee \neg Q \vee R$
 $\neg S \vee Q$
 $\neg T \vee Q$
 T
 $\neg R$
 $\neg P \vee \neg Q$
 $\neg Q$
 $\neg T$

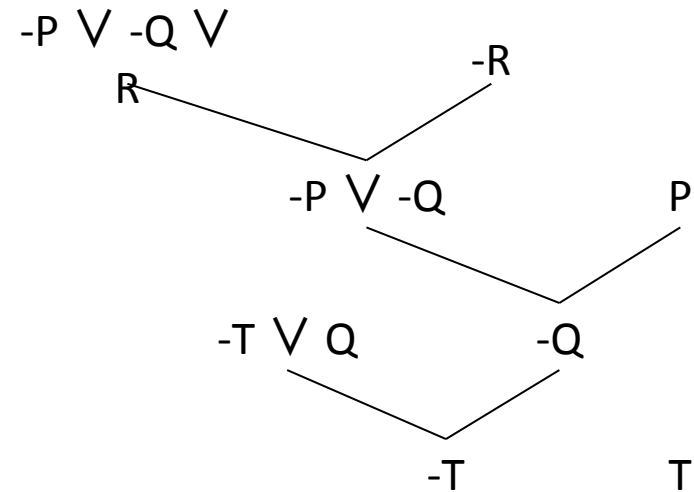


Método de Resolución en lógica proposicional

Ejemplo: Probar R.

**Axiomas convertidos
a FNC**

P
 $-P \vee -Q \vee R$
 $-S \vee Q$
 $-T \vee Q$
 T
 $-R$
 $-P \vee -Q$
 $-Q$
 $-T$

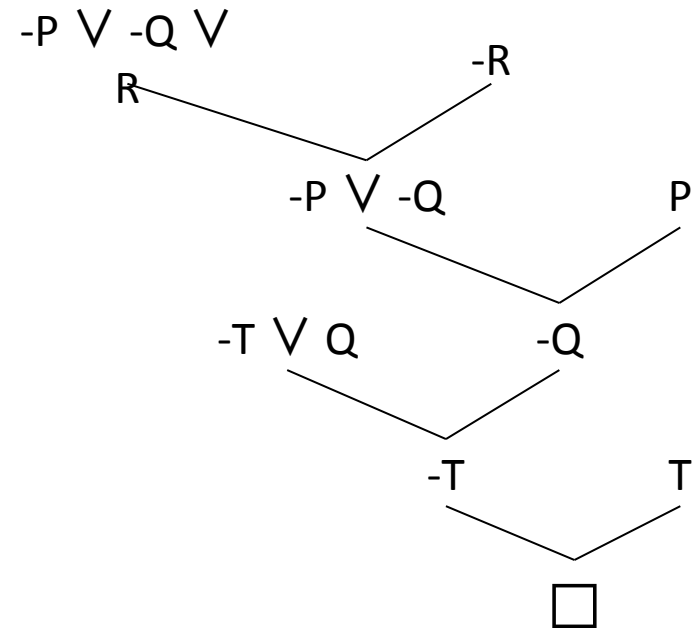


Método de Resolución en lógica proposicional

Ejemplo: Probar R.

**Axiomas convertidos
a FNC**

P
 $-P \vee -Q \vee R$
 $-S \vee Q$
 $-T \vee Q$
 T
 $-R$
 $-P \vee -Q$
 $-Q$
 $-T$



Método de Resolución en lógica proposicional

- Si se encuentra una contradicción, significa que lo que se quería probar era cierto.
- Si no se llega a la contradicción, no se puede sacar conclusiones. P puede ser cierto o falso.

Método de Resolución en lógica de predicados

- El método es similar al utilizado en lógica proposicional.
- Se agrega un proceso, la unificación.

Método de Resolución en lógica de predicados

- El método es similar al utilizado en lógica proposicional.
- Se agrega un proceso, la unificación.

Unificación

La unificación se produce utilizando sustituciones. El objetivo es que, en dos referencias a un mismo predicado, los términos lleguen a ser idénticos.

Método de Resolución en lógica de predicados

- El método es similar al utilizado en lógica proposicional.
- Se agrega un proceso, la unificación.

Unificación

La unificación se produce utilizando sustituciones. El objetivo es que, en dos referencias a un mismo predicado, los términos lleguen a ser idénticos.

-perro(x) \vee carnívoro(x)

perro(Tobi)

Método de Resolución en lógica de predicados

- El método es similar al utilizado en lógica proposicional.
- Se agrega un proceso, la unificación.

Unificación

La unificación se produce utilizando sustituciones. El objetivo es que, en dos referencias a un mismo predicado, los términos lleguen a ser idénticos.

-perro(x) \vee carnívoro(x)

perro(Tobi)

$S[x/Tobi]$

Método de Resolución en lógica de predicados

- El método es similar al utilizado en lógica proposicional.
- Se agrega un proceso, la unificación.

Unificación

La unificación se produce utilizando sustituciones. El objetivo es que, en dos referencias a un mismo predicado, los términos lleguen a ser idénticos.

-perro(x) \vee carnívoro(x)	perro(Tobi)
-------------------------------	-------------

$S[x/Tobi]$

-perro(Tobi) \vee carnívoro(Tobi)	perro(Tobi)
-------------------------------------	-------------

Agentes lógicos

Es todo por hoy!!