

Curso Extraordinario INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SISTEMAS EXPERTOS



Contenidos del Curso

- ☞ Introducción a la I.A.
- ☞ ¿Cómo razonamos?. Algunas experiencias con el razonamiento automático
 - ◆ El problema de representación a través de la lógica
- ☞ Procedimientos de solución automática de problemas.
- ☞ Redes Neuronales artificiales. ¿Cómo reproducir el "funcionamiento" del cerebro con un ordenador"
- ☞ La IA en el nuevo milenio. Sistemas autónomos




Representación a través de la lógica.

- ☞ Lógica Proposicional
 - ◆ Proposición
 - Enunciado a partir de un hecho que puede ser cierto o falso
 - ◆ Ejemplo
 - $P \equiv$ "El robot está en la sala"
 - ◆ Limitación
 - $P \equiv$ Todo numero positivo tiene raíz cuadrada
- ☞ Lógica de predicados
 - ◆ Especificación matemática de un lenguaje para describir el proceso de cálculo lógico
 - ◆ Aproximación más utilizada
 - Lógica de Predicados de Primer Orden



Lógica de Predicados Primer Orden LPPO I


- ☞ Lógica de predicados de primer orden
 - ◆ Componentes
 - Alfabeto
 - Componentes elementales:
 - Símbolos de predicados
 - Símbolos de variables
 - Símbolos de constantes
 - Símbolos de función
 - Juntores
 - Conjunción(\wedge), disyunción(\vee), implicación(\Rightarrow), equivalencia($=$), Negación(\neg)
 - Cuantificadores (Existencial y universal)
 - Lenguaje formal
 - Axiomas
 - Reglas de Inferencia



LPPO II

- ☞ Lógica de predicados de primer orden
 - ◆ Componentes
 - Alfabeto
 - Lenguaje formal: El conjunto de fórmulas bien definidas (fbd)
 - Definición
 - Si F y G son FBD, entonces también lo son:
 - $F \wedge G$, $F \vee G$, $F \Rightarrow G$, $\neg F$
 - Si F es una FBD, y x es una variable del dominio entonces son también FBD:
 - $(\forall x)F(x)$, $(\exists x)F$
 - Constituyen el elemento diferencial de la lógica
 - Nuevas definiciones: Variable ligada y sentencia
 - Axiomas
 - Reglas de Inferencia

La lógica en I.A. Vidal Moreno. USAL. JUN 2005 5



LPPO III

- ☞ Lógica de predicados de primer orden
 - ◆ Componentes
 - Alfabeto
 - Lenguaje formal
 - Axiomas
 - Conjunto de "fbd" supuestas ciertas
 - Reglas de Inferencia
 - El conjunto de reglas que a aplicadas a un conjunto de FBD permite obtener nuevas fórmulas
 - Ejemplos
 - Reglas de equivalencia de fórmulas
 - Clásicas (Modus Ponendo Ponens, etc)
 - Principio de Resolución


La lógica en I.A. Vidal Moreno. USAL. JUN 2005 6



LPPO IV

- Definiciones
 - TEOREMA
 - Se entenderá por aquella FBD que es deducida utilizando las reglas de inferencia.
 - DEMOSTRACION
 - El conjunto de aplicaciones de reglas así como las FBD que producen.
- Objetivo
 - Automatizar el proceso de obtención de teoremas
- Aplicaciones
 - Razonamiento automático, Implementación de conocimiento experto

La lógica en I.A. Vidal Moreno. USAL. JUN 2005 7



LPPO V

- Principal regla de inferencia en I.A.
 - PRINCIPIO DE RESOLUCION
 - Considérense dos cláusulas en las que aparezcan un literal y su negado. Aplicando el principio de resolución se obtiene una nueva cláusula formada por los literales que aparecen en las dos anteriores menos el inicial y su negado.
 - Ejemplo
 - Considérense las cláusulas siguientes:
 - $\neg P \vee Q$
 - $P \vee R$
 - Se obtiene la nueva fórmula
 - $Q \vee R$

La lógica en I.A. Vidal Moreno. USAL. JUN 2005 8



Reglas de Inferencia

1. $\neg \neg (X) = X$

Comutativas

2. $X \wedge X2 = X2 \wedge X1$

3. $X1 \vee X2 = X2 \vee X1$

Asociativas

4. $\neg P \wedge (P2 \wedge P3) = (P2 \wedge P3) \wedge \neg P$

5. $\neg P \vee (P2 \vee P3) = (P2 \vee P3) \vee \neg P$

Distributivas

6. $\neg P \vee (P2 \wedge P3) = ((P2 \vee P2) \wedge (P2 \vee P3))$

7. $\neg P \wedge (P2 \vee P3) = ((P2 \wedge P2) \vee (P2 \wedge P3))$

De Morgan

8. $\neg \neg (P1 \vee P2) = (P1 \wedge P2)$

9. $\neg \neg (P1 \wedge P2) = (P1 \vee P2)$

10. $\neg P \wedge \text{FALSO} = \text{FALSO}$

11. $\neg P \wedge \text{VERDADERO} = P1$

12. $\neg P \vee \text{FALSO} = P1$

13. $\neg P \vee \text{VERDADERO} = \text{VERDADERO}$

14. $P \vee (\neg P1) = \text{VERDADERO}$

15. $\neg P \wedge (\neg P1) = \text{FALSO}$

16. $\neg P1 \Rightarrow P2 = (\neg P1 \vee P2)$

17. $P1 \Rightarrow P2 = (\neg P2 \Rightarrow P1)$

18. $\neg (\exists X) P(X) = (\forall X) (\neg P(X))$

19. $\neg (\forall X) P(X) = (\exists X) (\neg P(X))$

20. $(\forall X) [P(X) \wedge Q(X)] = ((\forall X) P(X)) \wedge ((\forall X) Q(X))$

21. $(\exists X) [P(X) \vee Q(X)] = ((\exists X) P(X)) \vee ((\exists X) Q(X))$

22. $(\forall X) P(X) = (\forall Y) P(Y) \quad \forall \exists -$

23. $(\exists X) P(X) = (\exists Y) P(Y)$

La lógica en I.A.

Vidal Moreno. USAL. JUN 2005

9



Mét. Gen. Resolución I

Aplicación del principio de resolución

Pasar las formulas a FNC.

Conjunción de cláusulas

Falta identificar el problema de las variables ligadas

- Algoritmo de Unificación

Es el principio de funcionamiento del PROLOG

La lógica en I.A.

Vidal Moreno. USAL. JUN 2005

10



Mét. Gen. Resolución II

- ☞ $(\forall x) \{ P(x) \Rightarrow \{ (\forall y)[P(y) \Rightarrow P(f(x,y))] \wedge \neg(\forall y) [Q(x,y) \Rightarrow P(y)] \} \}$
- ☞ Pasos a realizar para poner en FNC:
- ☞ 1º Paso. Eliminación de los símbolos de implicación
 - $(\forall x) \{ \neg P(x) \vee \{ (\forall y)[\neg P(y) \vee P(f(x,y))] \wedge \neg(\forall y) [\neg Q(x,y) \vee P(y)] \} \}$
- ☞ 2º Paso. Reducir los objetivos de las negaciones.
 - $(\forall x) \{ \neg P(x) \vee \{ (\forall y)[\neg P(y) \vee P(f(x,y))] \wedge (\exists y) [Q(x,y) \wedge \neg P(y)] \} \}$
- ☞ 3º Paso. Normalización de variables.
 - $(\forall x) \{ \neg P(x) \vee \{ (\forall y)[\neg P(y) \vee P(f(x,y))] \wedge (\exists z) [Q(x,z) \wedge \neg P(z)] \} \}$
- ☞ 4º Paso. Eliminación de de cuantificadores existenciales.
 - $(\forall x) \{ \neg P(x) \vee \{ (\forall y)[\neg P(y) \vee P(f(x,y))] \wedge [Q(x,g(x)) \wedge \neg P(g(x))] \} \}$
- ☞ 5º Paso. Colocación en forma Prenexa.
 - $(\forall x)(\forall y) \{ \neg P(x) \vee \{ [\neg P(y) \vee P(f(x,y))] \wedge [Q(x,g(x)) \wedge \neg P(g(x))] \} \}$
- ☞ 6º Paso. Poner la matriz en FNC (conjunción de disyunciones).
 - $(\forall x)(\forall y) \{ [\neg P(x) \vee [\neg P(y) \vee P(f(x,y))]] \wedge [\neg P(x) \vee Q(x,g(x))] \wedge [\neg P(x) \vee \neg P(g(x))] \}$



Mét. Gen. Resolución III

Aplicación

• Ejemplo

Los detectives Barros y Martín del Area de Homicidios del distrito 14 de la zona Noroeste de Nueva York son llamados para proceder a la investigación de un asesinato. Este ha sido perpetrado en apartamento, pero antes de entrar en él deciden investigar en el vecindario de escalera. Los vecinos comentan que la víctima era conocida como solitaria, con pocos amigos. La vecina de enfrente recuerda que esa noche regresó a casa alrededor de media noche. Deciden entrar en el apartamento, el cual ofrece un aspecto melancólico. Todo parece intacto, sin muestras de violencia. Aparece el forense quien comenta, como primera impresión, que la causa de la muerte es un envenenamiento o un ataque cardíaco. Posteriormente averiguan que una de las pocas personas que mantenía relación con la víctima era un hombre llamado CASTRO. Por último y tras un examen más exhaustivo el forense determina que la muerte no es debida al corazón y que fué después de medianoche.



Mét. Gen. Resolución IV

Aplicación

Ejemplo

MELANCOLICO \rightarrow "Apartamento melancólico"

INTACTO \rightarrow "Apartamento intacto"

CORAZON \vee VENENO \rightarrow "Muerte debida a fallo del corazón o a veneno"

DESPUES_DE_MEDIANOCHE \rightarrow "El hecho fue después de medianoche"

\sim CORAZON \rightarrow "No es debido a ataque cardíaco"

También se incorporan las FBD que expresan la experiencia policila de la detective Barros:

$(DESPUES_DE_MEDIANOCHE \wedge INTACTO) \Rightarrow AMIGO \rightarrow$ "Si el asesinato fue después de medianoche y está intacto todo, entonces el asesino es amigo"

$(VENENO \wedge AMIGO) \Rightarrow CASTRO$



Mét. Gen. Resolución V

Paso a F.N.C

1.- MELANCOLICO

2.- INTACTO

3.- CORAZON \vee VENENO

4.- DESPUES_DE_MEDIANOCHE

5.- \sim CORAZON

6.- \sim DESPUES_DE_MEDIANOCHE \vee \sim INTACTO \vee AMIGO

7.- \sim VENENO \vee \sim AMIGO \vee CASTRO

NUEVAS FORMULAS

8.- $(7 \text{ y } 3) (\sim$ VENENO \vee \sim AMIGO \vee CASTRO) \wedge (CORAZON \vee VENENO) = \sim AMIGO \vee CASTRO \vee CORAZON

9.- $(6 \text{ y } 4) (\sim$ DESPUES_DE_MEDIANOCHE \vee \sim INTACTO \vee AMIGO) \wedge DESPUES_DE_MEDIANOCHE = \sim INTACTO \vee AMIGO

10.- $(9 \text{ y } 2) (\sim$ INTACTO \vee AMIGO) \wedge (INTACTO) = AMIGO

11.- $(10 \text{ y } 8) (\sim$ AMIGO \vee CASTRO \vee CORAZON) \wedge (AMIGO) = (CASTRO \vee CORAZON)

12.- $(11 \text{ y } 5) (\text{CASTRO } \vee \text{ CORAZON}) \wedge (\sim$ CORAZON) = (CASTRO)



Mét. Gen. Resolución VI

Algoritmo de Unificación

- ◆ Limitación del principio de resolución
 - * $\sim \text{PERSONA}(x) \vee \text{ALMA}(x)$ y $\text{PERSONA}(\text{ADOLFO})$
 - ¿ $\text{ALMA}(\text{ADOLFO})$?
 - * Falta por determinar el procedimiento que permite encontrar la instanciación de x
 - $x = \text{'ADOLFO'}$
 - $\sim \text{PERSONA}(\text{ADOLFO}) \vee \text{ALMA}(\text{ADOLFO})$
 - $\text{PERSONA}(\text{ADOLFO})$
- ◆ El algoritmo de unificación permite determinar si dos cláusulas son unificables
 - * Unificable:
 - Si existe una instanciación de las variables que permite aplicar el principio de resolución
 - Unificador: Instanciación ("Sustitución") que permite aplicar el principio de resolución
 - "Sirve para identificar valores de variables que hacen ciertos los predicados"



Met. Gen. Resolución VII

Algoritmo de unificación

- ◆ Sustitución:
 - * Ejemplo: $S1 = \{A/x, y/z, f(h)/k\}$
 - * Aplicación
 - $P1(x, g(k), f2(z))$
 - $P1_{S1}(A, g(f(h)), f2(y))$
 - * Composición:
 - $S1 = \{g(x,y)/z\}$
 - $S2 = \{A/x, B/y, C/w, D/z\}$
 - $S1S2 = \{g(A,B)/z, A/x, B/y, C/w\}$
- ◆ Unificador más general (u.m.g)
 - * Sustitución que permite resolver de forma óptima dos literales
- ◆ Los literales se deben escribir en forma de lista:
 - * $P(x, f(A, y)) \rightarrow (P \ x \ (f \ A \ y))$



M. Gen. Resolución VIII

```

UNIFICAR(E1,E2)
1  IF alguno de ellos es un átomo, intercambiarlos si
   es necesario para que E1 sea un átomo y entonces DO
2  BEGIN
3      IF E1=E2 return NADA
4      IF E1 es variable DO
5          BEGIN
6              IF E1 aparece en E2 return FALLO
7              return E2/E1
8          END
9      IF E2 es variable return E1/E2
10     return FALLO
11 END
12 F1 <- I*(E1); T1 <- RESTO(E1)
13 F2 <- I*(E2); T2 <- RESTO(E2)
14 Z1 <- UNIFICAR(F1,F2)
15 IF Z1=FALLO return FALLO
16 G1 <- Aplicar Z1 a T1
17 G2 <- Aplicar Z1 a T2
18 Z2 <- UNIFICAR(G1,G2)
19 IF Z2=FALLO return FALLO
20 return la composición de Z1 y Z2
    
```

La lógica en I.A.

Vidal Moreno. USAL. JUN 2005

17



Mét. Gen. Resolución IX

- ☞ Método general de resolución
 - ◆ Dos literales deben ser unificados antes de ser cancelados
 - ◆ Las sustituciones hechas para lograr la resolución dentro de una cláusula deben ser aplicadas a lo largo de toda la cláusula y no solamente en la parte unificada y cancelada.
- ☞ Existe un problema de explosión combinatoria
 - ◆ El número de posibles candidatos crece conforme se producen aplicaciones sucesivas de resoluciones
 - ◆ Son necesarios procedimientos que guíen el proceso de aplicación del método:

ALGORITMOS DE BUSQUEDA

La lógica en I.A.

Vidal Moreno. USAL. JUN 2005

18