

Sistemas Inteligentes

Tema 3 - Representación del conocimiento: Declarativo y Procedimental

Curso 2020/2021

Facultade de Informática
Universidade da Coruña

OBJETIVOS

- Presentar y discutir modelos declarativos de representación del conocimiento
- Introducir las reglas de producción como método estructurado de representación del conocimiento procedimental
- Ver algún ejemplo de cooperación entre métodos declarativos y procedimentales de representación del conocimiento

CONTENIDOS

- Generalidades
- Redes semánticas
- Frames
- Reglas de producción
- ¿Orientación a objetos?

- Comentarios generales
 - La lógica formal permite la utilización de procedimientos de resolución que facilitan el razonamiento con hechos
 - Es útil disponer de estructuras de representación que permitan agrupar propiedades y obtener descripciones únicas de objetos complejos
 - También sería muy útil poder representar eficazmente escenarios y secuencias típicas de acontecimientos

- Los esquemas no formales de representación del conocimiento verifican las siguientes propiedades:
 1. Adecuación representacional: el esquema elegido debe ser capaz de representar las distintas clases de conocimiento del dominio
 2. Adecuación inferencial: el esquema elegido debe permitir manipular conocimiento para obtener conocimiento nuevo
 3. Eficiencia inferencial: el esquema elegido debe ser versátil, utilizando información que permita optimizar el proceso inferencial
 4. Eficacia adquisicional: el esquema elegido debe suministrar vías que permitan la incorporación de información y conocimientos nuevos

REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO

- Clasificación de las representaciones estructuradas
 - Métodos declarativos
 - El conocimiento se representa como una colección estática de hechos, para cuya manipulación se define un conjunto genérico y restringido de procedimientos
 - Métodos procedimentales
 - La mayor parte del conocimiento se representa como procedimientos, lo cual le confiere al esquema de representación un carácter dinámico

- Ventajas de los métodos declarativos
 1. Las verdades del dominio se almacenan una sola vez
 2. Es fácil incrementar e incorporar nuevo conocimiento sin modificar ni alterar el ya existente

- Ventajas de los métodos procedimentales
 1. Mayor énfasis en las capacidades inferenciales del sistema
 2. Permiten explorar distintos modelos y técnicas de razonamiento
 3. Permiten trabajar con información de carácter probabilístico
 4. Incorporan de forma natural conocimiento heurístico

Métodos declarativos

- Redes semánticas
 - Permiten describir simultáneamente acontecimientos y objetos
- Frames o Marcos
 - Estructuras genéricas que permiten representar objetos complejos desde diferentes puntos de vista

Métodos procedimentales

- Reglas de producción
 - Constituidas por una premisa –IF-, una conclusión –THEN- y, opcionalmente, una alternativa –ELSE-

MÉTODOS ESTRUCTURADOS.

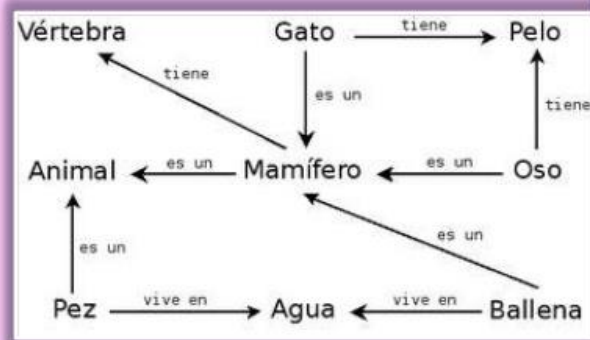
Redes semánticas

- El conocimiento se representa como un conjunto de nodos conectados entre sí por medio de arcos etiquetados
- Los arcos representan relaciones lingüísticas entre nodos
- Los enlaces son unidireccionales. Para establecer enlaces bidireccionales hay que tratar cada relación por separado
- Un enlace es una relación binaria entre nodos

¿QUE ES RED SEMÁNTICA?

Es una forma de representación de conocimiento lingüístico en la que los conceptos y sus interrelaciones se representan mediante un grafo. Si no hay ciclos, pueden ser vistas como árboles.

Se utiliza para hacer mapas o esquemas conceptuales



MÉTODOS ESTRUCTURADOS

Redes semánticas

- Relaciones posibles
 - Ocurrencia
 - Cuando se relaciona un miembro de una categoría general con la categoría a la que pertenece (\in)
 - Generalización
 - Relaciona una entidad con otra de carácter más general (ES_UN)
 - Agregación
 - Se relacionan componentes de un objeto con el objeto propiamente dicho (ES_PARTE_DE)
 - Acción
 - Se establecen vínculos dinámicos entre objetos
 - Propiedades
 - Relaciones entre objetos y características de los objetos

MÉTODOS ESTRUCTURADOS. Redes semánticas

- Elementos que permiten establecer relaciones entre distintas estructuras de conocimiento
 1. ES_UN (IS_A): permite establecer relaciones entre taxonomías jerárquicas
 2. ES_PARTE_DE (PART_OF): permite establecer relaciones entre objetos y componentes de un objeto

Milú es-un perro

Un perro es -un animal

Milú es -un animal

La nariz es-parte-de la cara

La cara es-parte-de la cabeza

La nariz es-parte-de la cabeza

- Ejemplo
 - Representar por medio de una red semántica la declaración: “Mi silla es de color cuero”
 - Expandir la red semántica introduciendo nuevas propiedades

MÉTODOS ESTRUCTURADOS

Computacionalmente...

La implementación de una red semántica requiere la construcción de una tabla de n-tuplas, del tipo Objeto-Atributo-Valor, tal que:

- El nodo padre sea el objeto
- El arco sea el atributo
- El nodo destino sea el valor

Objeto	Atributo	valor
Ana	Tiene	Dinero
Ana	Es_un	Persona
Persona	Es_un	Animal
Persona	∈	Mamífero
Mamífero	Es_un	animal

MÉTODOS ESTRUCTURADOS

- Lógica formal

TIENE (DINERO, ANA)

ES_UN (PERSONA, ANA)

∈ (MAMIFERO, PERSONA)

ES_UN (ANIMAL, MAMIFERO)

- Red semántica

(ANA
(TIENE (DINERO))
(ES_UN (PERSONA)))

(PERSONA
(ES_UN (ANIMAL))
(∈ (MAMIFERO)))

(MAMIFERO
(ES_UN (ANIMAL)))

MÉTODOS ESTRUCTURADOS

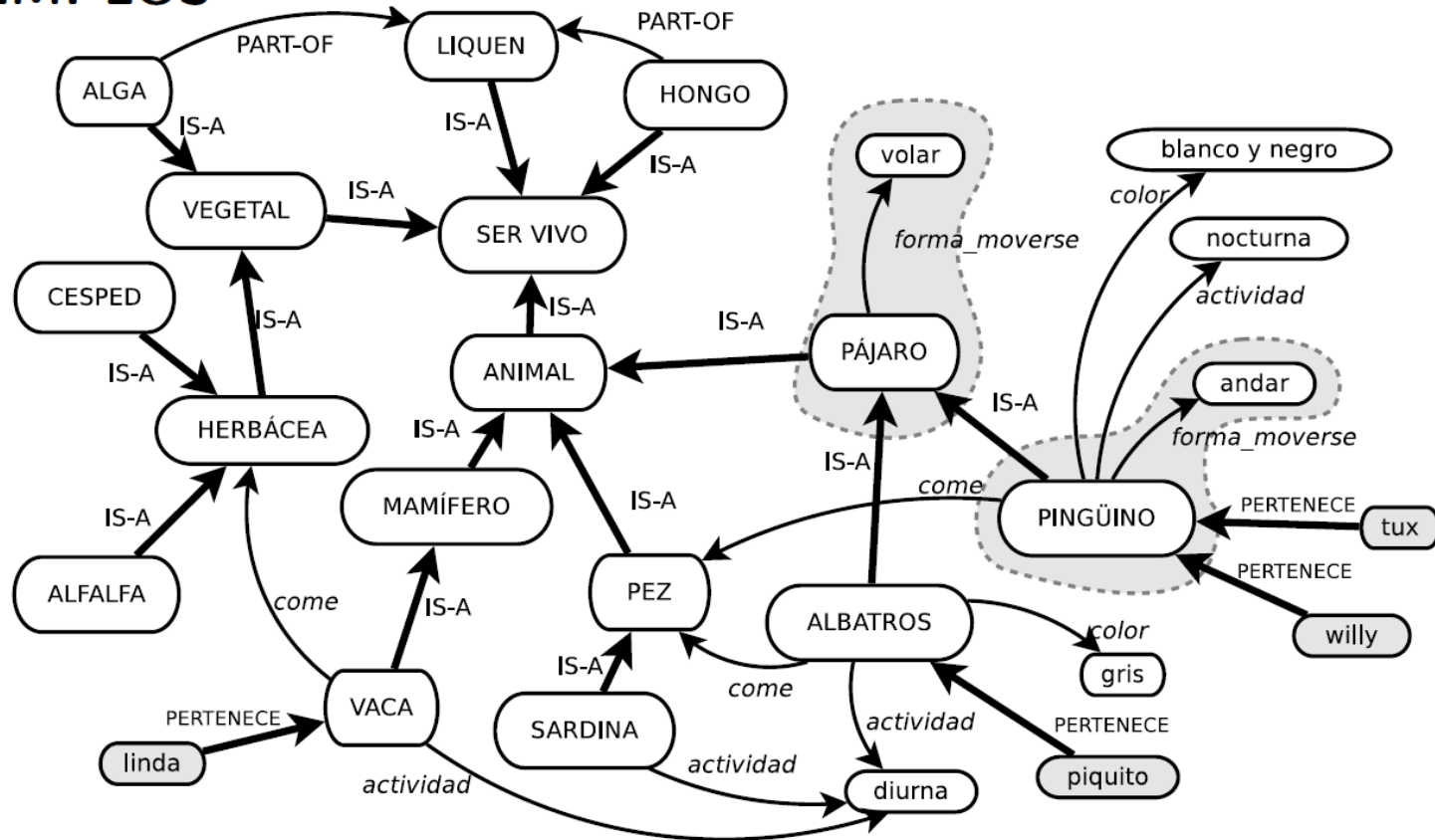
■ Herencia de propiedades

- Cualquier propiedad considerada cierta para una clase de elementos debe ser cierta para cualquier ejemplo de la clase (taxonomías)

■ Razonamiento

- Por rastreo. Las relaciones pueden no ser totalmente rigurosas y, por lo tanto, las inferencias obtenidas por rastreo pueden no ser válidas (condiciones de excepción no reconocidas)
- Emparejamiento. Construcción de fragmentos de red, algunos de cuyos nodos tienen valores definidos, pero otros no (variables). El sistema debe tratar de encontrar un fragmento de la red original que encaje con la red problema

EJEMPLOS



- Frames o Marcos
 - Ante un problema nuevo...
 - Nadie empieza directamente un análisis exhaustivo, y desde cero, para construir incrementalmente estructuras de conocimiento cada vez más complejas, la última de las cuales describa perfectamente la nueva situación presentada
 - El primer paso suele consistir en recuperar experiencias anteriores y tratar de razonar por semejanza

- Tratan el problema de la representación desde la óptica del razonamiento por semejanza
- Describen clases de objetos
- Son representaciones estructuradas de conocimiento estereotipado

■ Estructura

- Cabecera
 - Le da nombre a la frame, y es representativa de la clase de objetos que se describen
- Slots
 - Elementos que representan una propiedad o atributo del elemento genérico representado por la frame
 - Los slots pueden anidarse sin limitación de profundidad
 - La profundidad de un slot representa un nivel de conocimiento, y su contenido es una especialización del nivel anterior

- Ejemplo
 - Fundamentos de IA
 - Capítulos
 - » Introducción
 - » Cuestiones preliminares
 - » Consideraciones generales
 - » Resumen
 - » Textos básicos
 - Resolución de problemas
 - » Espacio de estados
 - » Características generales
 - » Estrategias de exploración
 - » Resumen
 - » Textos básicos
 - ...
 - Alcance
 - ...

- (pájaro
 (morfología
 (plumas)

 (pico)

 (...))

 (reproducción
 (ovípara))
 (...))
- (gorrión
 (es_un(pájaro))
 (tamaño (pequeño))
 (color (pardo)))

(gorrión
 (morfología
 (plumas)
 (pico)
 (...))
 (reproducción (ovípara))
 (...)
 (tamaño
 (pequeño))
 (color
 (pardo))
 (...))

- Información procedimental (demons)
 - Procedimientos que la mayor parte del tiempo están inactivos, pero que cuando son activados desencadenan acciones concretas
 - If_needed, If_added, If_removed ... (D_algo)
 - Cuando un demon es activado por una entrada en la frame al nivel correspondiente, el procedimiento del demon se ejecuta, y luego el demon es eliminado

```
Base_de_reglas
  If_removed
    D_remove_rules
  Rules
    Rule_1
    Rule_2
  Params_in_ifs
    Param_1
    Rule_1
```

- Los demons...
 - Proporcionan uniones procedimentales entre distintas frames
 - Posibilitan la ejecución de rutinas externas
 - Imprimen un cierto carácter dinámico a la representación del conocimiento con frames

- Frames como elementos descriptivos

José_Pérez

Edad

57_años

Historial_clínico

Hepatitis

Tipo

B

Complicaciones

Fallo_renal

Bronquitis_crónica

Medicación

Diuréticos

- Frames como elementos de control del conocimiento...

Hipertensión

Especificaciones_de_entrada

Valor_tipo

Literal

Multiplicidad

No

Incertidumbre

SI

Estrategia

Preguntar

Usar_reglas

- Permiten definir procesos de razonamiento con información incompleta
- Permiten inferir rápidamente hechos no representados de forma explícita
- Imprimen cierto carácter dinámico a la representación al definir procesos que establecen relaciones entre otras frames, y conexiones con el mundo exterior
- Utilizan con profusión la herencia

- Razonamiento con frames
 1. Selección de la frame que mejor se ajuste a nuestra situación actual
 2. Ejemplificación de dicha frame tras considerar las condiciones específicas actuales (asociar un individuo particular a una clase)

■ Reglas de producción

- Son un esquema de representación del conocimiento procedimental
- Constan de tres partes:
 - IF Condición o premisa
 - THEN Conclusión o acción
 - ELSE Alternativa
- La premisa puede estar constituida por un conjunto de cláusulas anidadas (\wedge, \vee, \neg)

REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO

IF: (1) Cláusula_1
And: (2) Cláusula_2
And: (3) OR
Cláusula_3.1
Cláusula_3.2
THEN: (1) Conclusión_1
And: (2) Acción_1
ELSE: (1) Alternativa_1

REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO

- Premisa:
 - $\text{Cláusula_1} \wedge \text{Cláusula_2} \wedge (\text{Cláusula_3.1} \vee \text{Cláusula_3.2})$
- Cláusula:
 - $\langle \text{Parámetro/Relación/Valor} \rangle$
- Parámetro:
 - $(\text{Frame slot_1 slot_1.3})$
- La parte THEN de la regla, que puede ser múltiple, representa una hipótesis de trabajo, o una acción que puede ser ejecutada

REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO

Regla_1

IF: (1) (presión arterial sistólica) > 160
And: (2) (presión arterial diastólica) > 95
And: (3) (presión arterial media) > 130
THEN: (1) (diagnóstico hemodinámico) = hipertensión_arterial

(presión (arterial (sistólica (177))
 (diastólica (99))
 (media (131))))



(diagnóstico (hemodinámico (hipertensión_arterial)))

REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO

Regla_2

IF:	(1)	(gases arteriales CO2) = hipercapnia
And:	(2)	(gases arteriales pH) = acidemia
And:	(3)	(gases arteriales bicarbonatos) = normal
THEN:	(1)	(diagnóstico respiratorio) = (acidosis respiratoria)

(gases (arteriales (CO2 (hipercapnia))
 (pH (acidemia))
 (bicarbonatos (normal))))



(diagnóstico (hemodinámico (hipertensión_arterial))
 (respiratorio (acidosis (respiratoria))))

■ IFALL

- Todas las cláusulas de la premisa han de ser ciertas para que se ejecute la acción, o se establezca la conclusión de la parte THEN
- Equivale a una regla en la que todas las cláusulas estén anidadas por medio de operadores (\wedge)

■ IFANY

- Todas las cláusulas de la premisa están conectadas por medio de operadores (\vee)
- En cuanto una cláusula es cierta se ejecuta la acción o se establece la hipótesis de la parte THEN
- Equivale a una búsqueda no exhaustiva dentro de la misma regla

■ IFSOME

- Todas las cláusulas de la premisa están conectadas por medio de operadores (\vee)
- Aunque una cláusula sea cierta, antes de ejecutar la acción o de establecer la hipótesis de la parte THEN, se investiga toda la premisa
- Equivale a una búsqueda exhaustiva dentro de la misma regla

- Las condiciones y acciones involucradas son explícitas
- El conocimiento es representado de forma muy modular
- Cada regla constituye una unidad completa de razonamiento
- Permiten almacenar y utilizar conocimiento muy específico, y de naturaleza heurística

- Ejemplo cooperativo...
 - Ciertas observaciones meteorológicas permiten afirmar que, cuando el crepúsculo adquiere una tonalidad rojiza en ausencia de nubes, y el cielo no tiene una coloración especial (aparte de la luz crepuscular), el pronóstico meteorológico es de buen tiempo. Por el contrario, si el crepúsculo es blanquecino o amarillento, la situación indica un enturbiamiento de las condiciones atmosféricas. En este caso, si además hay nubes en capas bajas, podemos pronosticar un empeoramiento gradual. Con buen pronóstico se recomiendan actividades al aire libre. De lo contrario es mejor quedarse en casa.
 - Representar el conocimiento declarativo y el procedimental

REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO

- Identificación de palabras clave...
 - Crepúsculo
 - Propiedades: color, tonalidad,...
 - Valores: rojizo, blanquecino, amarillento,... ¿otros?
 - Cielo
 - Propiedades
 - Nubes
 - » Valores: ausencia, presencia
 - Coloración
 - » Valores: especial, ¿otras?
 - Pronóstico
 - Meteorológico, ¿otros?
 - Buen tiempo, ¿enturbiamiento?, empeoramiento gradual, ¿otros?
 - Nubes (capas bajas)
 - Actividades (recomendadas: aire libre, quedarse en casa)

- Formalización de reglas en lenguaje natural
 - (1) Si el crepúsculo es de color rojizo, y no hay nubes en el cielo, y el cielo no tiene una tonalidad especial, entonces el pronóstico meteorológico es de buen tiempo
 - (2) Si el crepúsculo es de color blanquecino o amarillento, entonces el pronóstico meteorológico es de enturbiamiento
 - (3) Si el pronóstico meteorológico es de enturbiamiento, y hay nubes en el cielo, y las nubes están en capas bajas, entonces el pronóstico meteorológico es de empeoramiento
 - (4) Si el pronóstico meteorológico es de buen tiempo, entonces se recomiendan actividades al aire libre. De lo contrario es mejor quedarse en casa

REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO

- Cielo
 - Crepúsculo
 - Color
 - Rojizo
 - Blanquecino
 - Amarillento
 - Otro
 - Nubes
 - Presentes
 - Posición
 - » Capas_bajas
 - » Otra
 - Ausentes
 - Tonalidad
 - Especial
 - Normal
- (cielo
 (crepúsculo
 (color
 (rojizo)
 (blanquecino)
 (amarillento)
 (otro)))

 (nubes
 (presentes
 (posición
 (capas_bajas)
 (otra)))
 (ausentes))

 (tonalidad
 (especial)
 (normal)))

■ Pronóstico

- Meteorológico
 - Buen_tiempo
 - Enturbiamiento
 - Empeoramiento
 - Otros
- otros

(pronóstico

(meteorológico

(buen_tiempo)

(enturbiamiento)

(empeoramiento)

(otros))

(otros))

■ Actividades

- Recomendadas
 - Al_aire-libre
 - Quedarse_en_casa
- otras

(actividades
(recomendadas
(al_aire_libre)
(quedarse_en_casa))
(otras))

■ Regla_1

IF: (1) (cielo crepúsculo color) = rojizo

and: (2) (cielo nubes) = ausentes

and: (3) (cielo tonalidad) = normal

THEN: (pronóstico meteorológico buen_tiempo)

- Regla_2

IF: (1) (cielo crepúsculo color) = blanquecino

or: (2) (cielo crepúsculo color) = amarillento

THEN: (pronóstico meteorológico enturbiamiento)

Regla_3

IF: (1) (pronóstico meteorológico) = enturbiamiento
and: (2) (cielo nubes) = presentes
and: (3) (cielo nubes presentes posición) = capas_bajas
THEN: (pronóstico meteorológico empeoramiento)

Regla_4

IF: (1) (pronóstico meteorológico) = buen_tiempo
THEN: (actividades recomendadas al_aire_libre)
ELSE: (actividades recomendadas quedarse_en_casa)

Bibliografía

- González y Dankel, The engineering of knowledge-based systems: theory and practice, Prentice-Hall International, eds., 1993
- Rich y Knight, Inteligencia artificial, McGraw-Hill, eds., 1994
- Moret et al., Fundamentos de inteligencia artificial, Servicio de Publicaciones UDC, eds., 2004
- G. Booch, “Análisis y diseño orientado a objetos, 2ª ed.”, Addison-Wesley / Díaz de Santos, Wilmington, Delaware, USA, 1996