Banco de Dados Dedutivo

Ana Carolina
&
Fernando Fonseca

Roteiro

- Conceitos Básicos
- Bancos de Dados Dedutivos
  - Definição
  - Exemplo
  - Interpretação de regras
  - Mecanismos de inferência
  - SGBDs dedutivos

Conceitos Básicos

- Dois tipos de especificação são usados:
  - Fatos - são especificados como relações, exceto pelo fato que o nome dos atributos não interessa mas sim a posição deles na tupla.
  - Regras - especificam relações virtuais (similares às visões relacionais) que não estão armazenadas no banco mas que podem ser criadas a partir dos fatos, aplicando o mecanismo de dedução baseado nas regras.

Conceitos Básicos

- Um mecanismo de dedução (ou inferência) em um sistema pode deduzir novos fatos no banco de dados através da interpretação das regras.
- O modelo usado pelos BD dedutivos é relacionado ao formalismo do Cálculo Relacional e à Programação Lógica (Prolog).

Conceitos Básicos

- Uma linguagem declarativa
  - É necessária para a especificação das regras
  - É aquela que especifica o que o programa quer alcançar e não os detalhes de como alcançar
  - Em sistemas de banco de dados a linguagem declarativa usada é Datalog, um subconjunto da linguagem lógica Prolog.

Conceitos Básicos

- BD Orientados-a-objetos X BD Dedutivos
  - BDOO
    - ✓Modela objetos encapsulando sua estrutura e comportamento
    - ✓Deixa a otimização das consultas a cargo do programador

Conceitos Básicos

- BD Orientados-a-objetos X BD Dedutivos (Cont.)
  - BDD
    - ✓Deriva novos conhecimentos dos dados existentes, fornecendo relacionamentos em forma de regras
    - ✓Utiliza mecanismos internos de otimização
- Capacidades dedutivas incluídas nos SGBDOO

SGBD Dedutivo

- Definição:

  Um SGBD Dedutivo é um sistema que inclui capacidade para definir regras que podem deduzir ou inferir informações adicionais dos fatos que estão armazenados no banco de dados.
  - Parte da fundamentação teórica destes sistemas é a lógica matemática e, por isso, eles também são referidos como banco de dados lógicos.

SGBD Dedutivo

- Existem outros sistemas que incorporam esta capacidade de inferência, chamados sistemas de banco de dados especialistas ou sistemas baseados em conhecimento, incluindo técnicas da inteligência artificial. Estes sistemas diferem dos sistemas dedutivos por:
  - Tratar dados sempre em memória principal
  - Extrair o conhecimento das aplicações dos especialistas e não dos dados.

SGBD Dedutivo

- A principal contribuição dos banco de dados dedutivos é a possibilidade de especificar regras recursivas e prover uma maneira de inferir novas informações baseada nas regras especificadas.
  - Forma geral de uma regra:

    cabeça (head) :- corpo (body)

    ↓ Conclusão ↓ Premissa

Exemplo

- Fatos: o predicado supervisiona é definido por:

supervisiona (francisco, joão)
supervisiona (francisco, roberto)
supervisiona (francisco, jane)
supervisiona (maria, alice)
supervisiona (maria, antônio)
supervisiona (tiago, francisco)
supervisiona (tiago, maria)

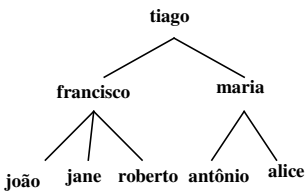
francisco	joão
francisco	roberto
francisco	jane
maria	alice
maria	antônio
tiago	francisco
tiago	maria

Exemplo

- Estes fatos correspondem aos dados atuais que estão armazenados no banco de dados e podem ser considerados como parte de uma relação Supervisiona com dois atributos:
  - supervisiona (supervisor, supervisionado)
    - ✓Logo, supervisiona (X,Y) indica que "X supervisiona Y"

Exemplo

Árvore de supervisão correspondente aos fatos



Exemplo

- Regras:

superior (X,Y) :- supervisiona (X,Y)

superior (X,Y) :- supervisiona (X,Z), superior(Z,Y)

subordinado (X,Y) :- superior (Y,X)

Exemplo

- Ao instanciarmos as variáveis com valores constantes, uma regra tem conclusão verdadeira (lado esquerdo), se todos os predicados da premissa (lado direito) forem verdadeiros para aqueles valores. Note que quando existe mais de um predicado, o operador lógico usado é o AND

Exemplo

- A regra:

superior (X,Y) :- supervisiona (X,Z), superior(Z,Y)

✓É uma regra recursiva, uma vez que um dos predicados do corpo da regra (lado direito) é o mesmo predicado da cabeça da regra (lado esquerdo)

Exemplo

- Note que se tivermos mais de uma regra com a mesma cabeça, isto é equivalente a dizer que o predicado é verdadeiro se um dos corpos é verdadeiro, ou seja, é equivalente a uma operação lógica OR

Ex: X :- Y
X :- Z

✓É equivalente a X :- Y or Z,mas esta não é uma forma padrão em BD Dedutivos.

Exemplo

- Consultas:

Uma consulta tipicamente envolve um predicado com alguns argumentos variáveis e seu objetivo é deduzir diferentes combinações de constantes que quando associadas às variáveis, podem tornar o predicado verdadeiro.

➢EX: superior (tiago, Y)?

/* quais os subordinados de tiago? */

Exemplo

- Consultas:
- Um outro tipo de consulta, que contém apenas constantes em seus argumentos, retorna um valor verdadeiro ou falso, dependendo se os argumentos informados podem ser deduzidos dos fatos e das regras.
  - Ex: superior (tiago, jane)?

```
/* tiago é superior a jane? */
```


Interpretação de Regras

- Existem duas alternativas para interpretação teórica de regras:
  - Baseada em prova:
    - ✓Os fatos e as regras são considerados assertivas verdadeiras ou axiomas,
    - ✓Os fatos são axiomas assumidos como verdadeiros,
    - ✓As regras são chamadas axiomas dedutivos, uma vez que elas podem ser usadas para deduzir novos fatos.

Interpretação de Regras

✓Exemplo:

- Como provar o fato superior (tiago, antônio) das regras e fatos do exemplo anterior?
  - 1. superior (X,Y) :- supervisiona (X,Y)
  - 2. superior (X,Y) :- supervisiona (X,Z), superior(Z,Y)
  - 3. supervisiona (maria, antônio)

Interpretação de Regras

- Como provar...?
  - 4. supervisiona (tiago, maria)
  - 5. superior (maria, antônio) (aplicando 1 em 3)
  - 6. superior (tiago, antônio) :- supervisiona (tiago, maria), superior (maria, antônio) (aplicando 2 em 4 e 5)

Interpretação de Regras

- Alternativas..(Cont.)
  - Baseada em modelo:
    - ✓Dado um domínio finito (Universo de Herbrand) de valores constantes, cada combinação possível de valores é associada a um predicado como argumento

Interpretação de Regras

- Baseada em modelo:
  - ✓Deve-se determinar se o predicado é verdadeiro ou falso. Em geral, é suficiente indicar as combinações verdadeiras (fatos) e afirmar que todas as outras são falsas. Este processo é chamado interpretação
  - ✓Uma interpretação é chamada um modelo, se para um dado conjunto de regras, estas são sempre verdadeiras para aquela interpretação.

Interpretação de Regras

✓Exemplo:
- Regras:
  - superior (X,Y) :- supervisiona (X,Y)
  - superior (X,Y) :- supervisiona (X,Z), superior(Z,Y)
- Fatos conhecidos:
  - supervisiona (francisco, joão)
  - supervisiona (francisco, roberto)

Interpretação de Regras

- Fatos conhecidos (Cont.)
  - supervisiona (francisco, jane)
  - supervisiona (maria, alice)
  - supervisiona (maria, antônio)
  - supervisiona (tiago, francisco)
  - supervisiona (tiago, maria)
  - supervisiona (X,Y) é falso para qualquer outra combinação

Interpretação de Regras

✓Exemplo (cont.):
- Fatos derivados:

  pela regra 1
  - superior (francisco, joão)
  - superior (francisco, roberto)
  - superior (francisco, jane)
  - superior (maria, alice)
  - superior (maria, antônio)
  - superior (tiago, francisco)
  - superior (tiago, maria)

Interpretação de Regras

- Fatos derivados (Cont.)

  pela regra 2
  - superior (tiago, joão)
  - superior (tiago, roberto)
  - superior (tiago, jane)
  - superior (tiago, alice)
  - superior (tiago, antônio)

superior (X, Y) é falso para qualquer outra combinação

Mecanismos de Inferência

❖ Dois principais mecanismos:
- ➢ Bottom-Up ou Encadeamento para Frente
  - ✓O motor de inferência começa pelos fatos e aplica as regras para gerar outros fatos
  - ✓O termo encadeamento para frente indica que a inferência caminha dos fatos para os objetivos

Mecanismos de Inferência

➢Bottom-Up ou Encadeamento para Frente (Cont.)
- ✓Na consulta superior (tiago, Y)?, primeiro o mecanismo verifica se algum fato existente responde à consulta e, como não existe, só então as regras são aplicadas para gerar novos fatos.

Mecanismos de Inferência

- **Top-Down ou Encadeamento para Trás**
  - ✓Começa com o predicado objetivo da consulta e tenta encontrar variáveis que levem a fatos válidos no bd
  - ✓O termo encadeamento para trás indica que a inferência caminha dos objetivos desejados para encontrar fatos que os satisfaçam
  - ✓Os fatos não são explicitamente gerados como no encadeamento para frente

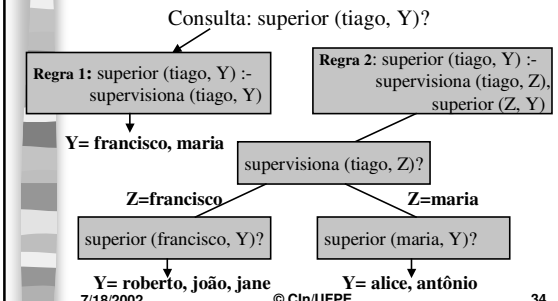
Mecanismos de Inferência

- Top-Down ou Encadeamento para Trás:
  - Na consulta superior (tiago, Y)?,
    - ✓Primeiro o mecanismo procura por algum fato que tenha o predicado 'superior' com 'tiago' como primeiro argumento
    - ✓Como não encontra, procura a primeira regra que tenha como cabeça este predicado e substitui o primeiro argumento por 'tiago'

Mecanismos de Inferência

- Na consulta superior (tiago, Y)? (Cont)
  - ✓E o mecanismo continua aplicando as regras até encontrar as possíveis respostas da consulta.

Mecanismos de Inferência



SGBD Dedutivos

- SGBD dedutivos existentes:
  - Logic Data Language (LDL) no MCC (EUA)
  - CORAL na Universtity of Wisconsin
  - NAIL! (Not Another Implementation of Logic!) em Stanford