

## CHƯƠNG 6

# Phép tính quan hệ (Relational Calculus - Ngôn ngữ tân từ)

- Giới thiệu
- Nhắc lại về lý thuyết logic
- Phép tính quan hệ trên bộ
  - Tuple Relational Calculus (TRC)
- Phép tính quan hệ trên miền
  - Domain Relational Calculus (DRC)

- **Giới thiệu**
- Nhắc lại về lý thuyết logic
- Phép tính quan hệ trên bộ
- Phép tính quan hệ trên miền

- Ngôn ngữ truy vấn hình thức dựa trên lý thuyết logic do Codd đề nghị năm 1972
- Sử dụng biểu thức logic để định nghĩa hình thức kết quả câu truy vấn
  - Dựa trên lý thuyết logic
  - Phi thủ tục
  - Rút trích “**cái gì**” hơn là “**làm thế nào**”
- Khả năng diễn đạt tương đương ĐSQH

## ■ Phân loại

- Phép tính quan hệ trên bộ
  - Biến thiên trên bộ trong quan hệ
  - SQL (Structured Query Language)
- Phép tính quan hệ trên miền
  - Biến thiên trên thành phần miền giá trị
  - QBE (Query By Example)
  - DataLog (Database Logic) ???

- Giới thiệu
- **Nhắc lại về lý thuyết logic**
- Phép tính quan hệ trên bộ
- Phép tính quan hệ trên miền

- Biểu thức logic : phát biểu luôn có giá trị “đúng” hay “sai”
  - Bây giờ là tháng 8.
  - $1 > 5$  (phát biểu hằng sai)
  
- Các khái niệm :
  - Biến : đại lượng biến thiên
  - $x, y, z, \dots$
  - Phép toán logic
  - $\neg$  : phủ định,  $\Rightarrow$  : kéo theo,  $\wedge$  : và,  $\vee$  : hoặc
  - Lượng từ
  - $\exists$  : tồn tại,  $\forall$  : với mọi
  - Công thức : các biểu thức xây dựng dựa trên biểu thức logic

- Một số ví dụ về công thức logic
  - $P(t), \neg P(t), Q(t)$
  - $\neg P(t) \wedge Q(t)$
  - $\exists t(P(t))$
  - $\forall t(P(t))$



- Giới thiệu
- Nhắc lại về lý thuyết logic
- **Phép tính quan hệ trên bộ**
- Phép tính quan hệ trên miền

- Truy vấn được biểu diễn bởi một biểu thức
- Biểu thức phép tính quan hệ trên bộ có dạng

$$\{ t.A \mid P(t) \}$$

- $t$  là biến bộ
  - Có giá trị là một bộ của quan hệ trong CSDL
  - $t.A$  là giá trị của bộ  $t$  tại thuộc tính  $A$
- $P$  là công thức có liên quan đến  $t$ 
  - $P(t)$  có giá trị **ĐÚNG** hoặc **SAI** phụ thuộc vào  $t$
- Kết quả trả về là tập các bộ  $t$  sao cho  $P(t)$  đúng

- Tìm các giáo viên có lương trên 2000

$$\{ t \mid \underbrace{\text{GIAOVIEN}(t)}_{P(t)} \wedge \underbrace{t.\text{LUONG} > 2000}_{Q(t)} \}$$

- Tìm các bộ t thuộc quan hệ giáo viên và thuộc tính lương có giá trị trên 2000
- Kết quả : t là các bộ thỏa mãn P(t) và Q(t) đúng
- GIAOVIEN(t) đúng
  - Nếu t là một bộ của quan hệ GIAOVIEN
- t.LUONG > 2000 đúng
  - Nếu thuộc tính LUONG của t có giá trị trên 2000

- Tìm mã số và họ tên giáo viên có lương trên 2000

$$\{ t.MAGV, t.HOTEN \mid \underbrace{GIAOVIEN(t) \wedge t.LUONG > 2000}_{P(t)} \}$$

- Tập các MAGV và HOTEN của những bộ t sao cho t là một thể hiện của GIAOVIEN và t có giá trị lớn hơn 2000 tại thuộc tính LUONG
- Kết quả :
- Tìm những bộ t thuộc GIAOVIEN có thuộc tính lương lớn hơn 2000
- Lấy ra các giá trị tại thuộc tính MAGV và HOTEN

- Cho biết các giáo viên (MAGV) làm việc ở bộ môn ‘Hệ thống thông tin’
  - Lấy ra những bộ t thuộc GIAOVIEN
  - So sánh t với một bộ s nào đó để tìm ra những giáo viên làm việc ở bộ môn ‘Hệ thống thông tin’
  - Lượng từ “tồn tại” của phép toán logic:

$$(\exists t)(P(t))$$

**TRUE** → Tồn tại ít nhất 1 bộ t sao cho biểu thức P(t) đúng

**FALSE** → Không có bộ t nào làm cho biểu thức P(t) đúng

- Cho biết các giáo viên (MAGV) làm việc ở bộ môn ‘Hệ thống thông tin’

$\{ t.MAGV \mid GIAOVIEN(t) \wedge$

$(\exists s) ( BOMON(s) \wedge$

$s.TENBM = \text{‘Hệ thống thông tin’} \wedge$

$s.MABM = t.MABM ) \}$

GIAOVIEN

| MAGV | HOTEN          | MABM |
|------|----------------|------|
| 1    | Nguyễn Hoài An | HTTT |
| 2    | Trần Trà Hương | MMT  |
| 3    | Nguyễn Nam Sơn | CNPM |
| 4    | Lý Hoàng Hà    | HTTT |

BOMON

| MABM | TENBM              |
|------|--------------------|
| HTTT | Hệ thống thông tin |
| CNPM | Công nghệ phần mềm |
| MMT  | Mạng máy tính      |

Q(s)

MAGV

|   |
|---|
| 1 |
| 4 |

# Ví dụ 4



- Cho biết tên các giáo viên (HOTEN) tham gia đề tài hoặc là trưởng bộ môn

$$\{ t.HOTEN \mid GIAOVIEN(t) \wedge ($$
$$(\exists s)(THAMGIADT(s) \wedge t.MAGV = s.MAGV) \vee$$
$$(\exists u)(BOMON(u) \wedge t.MAGV = u.TRUONGBM)) \}$$

| GIAOVIEN |                     |
|----------|---------------------|
| MAGV     | HOTEN               |
| t1       | 1<br>Nguyễn Hoài An |
| t2       | 2<br>Trần Trà Hương |
| t3       | 3<br>Nguyễn Nam Sơn |
| t4       | 4<br>Lý Hoàng Hà    |

| THAMGIADT |      |
|-----------|------|
| MAGV      | MADT |
| 1         | 1    |
| 3         | 2    |

| BOMON |          |
|-------|----------|
| MABM  | TRUONGBM |
| HTTT  | 1        |
| CNPM  | 4        |
| MMT   | null     |

- Cho biết tên các giáo viên (HOTEN) vừa không tham gia đề tài vừa không chủ nhiệm đề tài

$$\{ t.HOTEN \mid GIAOVIEN(t) \wedge ($$
$$\neg (\exists s) (THAMGIADT(s) \wedge t.MAGV = s.MAGV) \wedge$$
$$\neg (\exists u) (DETAI(u) \wedge t.MAGV = u.GVCNDT)) \}$$

GIAOVIEN

| MAGV | HOTEN          |
|------|----------------|
| 1    | Nguyễn Hoài An |
| 2    | Trần Trà Hương |
| 3    | Nguyễn Nam Sơn |
| 4    | Lý Hoàng Hà    |

THAMGIADT

| MAGV | MADT |
|------|------|
| 1    | 1    |
| 3    | 2    |

DETAI

| MADT | GVCNDT |
|------|--------|
| 1    | 1      |
| 2    | 2      |
| 3    | null   |



- Với mỗi bộ môn của khoa CNTT, cho biết họ tên giáo viên là trưởng bộ môn.

$$\{ s.MABM, t.HOTEN \mid BOMON(s) \wedge GIAOVIEN(t) \wedge s.MAKHOA = 'CNTT' \wedge s.TRUONGBM = t.MAGV \}$$

| BOMON |        |          |
|-------|--------|----------|
| MABM  | MAKHOA | TRUONGBM |
| HTTT  | CNTT   | 1        |
| CNPM  | CNTT   | 4        |
| MMT   | CNTT   | null     |

| MABM | HOTEN          |
|------|----------------|
| HTTT | Nguyễn Hoài An |
| CNPM | Lý Hoàng Hà    |

| GIAOVIEN |                |      |
|----------|----------------|------|
| MAGV     | HOTEN          | MABM |
| 1        | Nguyễn Hoài An | HTTT |
| 2        | Trần Trà Hương | MMT  |
| 3        | Nguyễn Nam Sơn | CNPM |
| 4        | Lý Hoàng Hà    | CNPM |

- Cho biết tên các giáo viên nữ và tên khoa của giáo viên này

$$\{t.HOTEN, u.TENKHOA \mid GIAOVIEN(t) \wedge KHOA(u) \wedge \\ t.PHAI = 'Nữ' \wedge \\ (\exists s)(BOMON(s) \wedge s.MAKHOA = u.MAKHOA \wedge \\ s.MABM = t.MABM) \}$$

- Tìm các giáo viên (MAGV, HOTEN) tham gia vào tất cả các đề tài
  - Cấu trúc “với mọi” của phép toán logic

$$(\forall t) (P(t))$$

**TRUE** → Mọi bộ t làm cho biểu thức  $P(t)$  **đúng**

**FALSE** → Có ít nhất 1 bộ t làm cho biểu thức  $P(t)$  **sai**

## Ví dụ 8 (tt)



- Tìm các giáo viên (MAGV, HOTEN) tham gia vào tất cả các đề tài

$\{ t.MAGV, t.HOTEN \mid GIAOVIEN(t) \wedge$

$(\forall s)(DETAI(s) \wedge (\exists u)(THAMGIADT(u) \wedge$

$u.MADT = s.MADT \wedge t.MAGV = u.MAGV)))$

GIAOVIEN

|    | MAGV | HOTEN          |
|----|------|----------------|
| t1 | 1    | Nguyễn Hoài An |
| t2 | 2    | Trần Trà Hương |
| t3 | 3    | Nguyễn Nam Sơn |
| t4 | 4    | Lý Hoàng Hà    |

DETAI

|    | MADT | TENDT |
|----|------|-------|
| s1 | 1    | ...   |
| s2 | 2    | ...   |
| s3 | 3    | ...   |

THAMGIADT

|    | MAGV | MADT |
|----|------|------|
| u1 | 1    | 1    |
| u2 | 2    | 2    |
| u3 | 4    | 1    |
| u4 | 4    | 2    |
| u5 | 4    | 3    |

- Tìm các giáo viên (MAGV, HOTEN) tham gia vào tất cả các đề tài do giáo viên mã số 2 làm chủ nhiệm
  - Cấu trúc “kéo theo” của phép tính logic

$$P \Rightarrow Q$$

Nếu P thì Q

- Tìm các giáo viên (MAGV, HOTEN) tham gia vào tất cả các đề tài do giáo viên mã số 2 làm chủ nhiệm

$$\begin{aligned} & \{ t.MAGV, t.HOTEN \mid GIAOVIEN(t) \wedge \\ & (\forall s)((DETAI(s) \wedge \\ & s.GVCNDT = 2) \Rightarrow (\exists u(THAMGIADT(u) \wedge \\ & u.MADT = s.MADT \wedge \\ & t.MAGV = u.MAGV))) \} \end{aligned}$$

| GIAOVIEN |                |
|----------|----------------|
| MAGV     | HOTEN          |
| t1       | 1              |
|          | Nguyễn Hoài An |
| t2       | 2              |
|          | Trần Trà Hương |
| t3       | 3              |
|          | Nguyễn Nam Sơn |
| t4       | 4              |
|          | Lý Hoàng Hà    |

| DETAI |        |
|-------|--------|
| MADT  | GVCNDT |
| s1    | 1      |
|       | 2      |
| s2    | 2      |
|       | 1      |
| s3    | 3      |
|       | 2      |
| s4    | 4      |
|       | null   |
| s5    | 5      |
|       | 4      |

| THAMGIADT |      |
|-----------|------|
| MAGV      | MADT |
| u1        | 1    |
|           | 1    |
| u2        | 1    |
|           | 3    |
| u3        | 2    |
|           | 1    |
| u4        | 4    |
|           | 2    |
| u5        | 2    |
|           | 3    |
|           | 4    |
|           | 3    |
|           | 4    |
|           | 5    |

{ t.MAGV, t.HOTEN | GIAOVIEN(t) ∧

(∀s)((DETAI(s) ∧

s.GVCNDT = 2) ⇒ (∃u(THAMGIADT(u) ∧

u.MADT = s.MADT ∧

t.MAGV = u.MAGV ))) }



| MAGV |
|------|
| 1    |
| 2    |

- Một công thức truy vấn tổng quát có dạng

$$\{ t_1.A_i, t_2.A_j, \dots t_n.A_k \mid P(t_1, t_2, \dots, t_n) \}$$

- $t_1, t_2, \dots, t_n$  là các biến bộ
- $A_i, A_j, \dots, A_k$  là các thuộc tính trong các bộ  $t$  tương ứng
- $P$  là công thức
  - $P$  là công thức nguyên tố
  - Hoặc được hình thành từ những công thức nguyên tố



- Biến tự do (free variable)

$$\{ t \mid \text{GIAOVIEN}(t) \wedge t.\text{LUONG} > 2000 \}$$

t là biến tự do

- Biến kết buộc (bound variable)

$$\{ t \mid \text{GIAOVIEN}(t) \wedge (\exists s)(\text{BOMON}(s) \wedge s.\text{MABM} = t.\text{MABM} \wedge s.\text{TENBM} = \text{“Hệ thống thông tin”}) \}$$

Biến tự do

Biến kết buộc

■ (i)  $R(t)$

- $t$  là biến bộ
- $R$  là quan hệ

GIAOVIEN ( $t$ )

■ (ii)  $t.A \theta s.B$

- $A$  là thuộc tính của biến bộ  $t$
- $B$  là thuộc tính của biến bộ  $s$
- $\theta$  là các phép so sánh  $<, >, \leq, \geq, \neq, =$

$t.MAGV = s.MAGV$

■ (iii)  $t.A \theta c$

- $c$  là hằng số
- $A$  là thuộc tính của biến bộ  $t$
- $\theta$  là các phép so sánh  $<, >, \leq, \geq, \neq, =$

$s.LUONG > 30000$

- Mỗi công thức nguyên tố đều mang giá trị ĐÚNG hoặc SAI
  - Gọi là chân trị của công thức nguyên tố
- Công thức (i)  $t \in R$ 
  - Chân trị ĐÚNG nếu  $t$  là một bộ thuộc  $R$
  - Chân trị SAI nếu  $t$  không thuộc  $R$

| R | A        | B  | C |
|---|----------|----|---|
|   | $\alpha$ | 10 | 1 |
|   | $\alpha$ | 20 | 1 |

$t1 = \langle \alpha, 10, 1 \rangle$

$t2 = \langle \alpha, 20, 2 \rangle$

$t1 \in R$  có chân trị ĐÚNG

$t2 \in R$  có chân trị SAI

## ■ Công thức (ii) và (iii)

 $t.A \theta s.B$  $t.A \theta c$ 

- Chân trị tùy thuộc vào việc thay thế giá trị thật sự của bộ vào vị trí biến bộ

| R | A        | B  | C |
|---|----------|----|---|
|   | $\alpha$ | 10 | 1 |
|   | $\alpha$ | 20 | 1 |

Nếu t là bộ  $\langle \alpha, 10, 1 \rangle$

Thì  $t.B > 5$  có chân trị ĐÚNG ( $10 > 5$ )

- Được hình thành từ công thức nguyên tố thông qua các phép toán logic hoặc các lượng từ
  - Phủ định  $\neg P(t)$
  - Toán tử và  $P(t) \wedge Q(t)$
  - Toán tử hoặc  $P(t) \vee Q(t)$
  - Cấu trúc tồn tại  $(\exists t)(P(t))$
  - Cấu trúc với mọi  $(\forall t)(P(t))$
  - Phép toán kéo theo :  $P(t) \Rightarrow Q(t)$

- (1) Mọi công thức nguyên tố là công thức
- (2) Nếu  $P$  là công thức thì
  - $\neg(P)$  là công thức
  - $(P)$  là công thức
- (3) Nếu  $P1$  và  $P2$  là các công thức thì
  - $P1 \vee P2$  là công thức
  - $P1 \wedge P2$  là công thức
  - $P1 \Rightarrow P2$  là công thức

- (4) Nếu  $P(t)$  là công thức thì
  - $\forall t (P(t))$  là công thức
    - Chân trị ĐÚNG khi  $P(t)$  ĐÚNG với mọi bộ  $t$ .
    - Chân trị SAI khi có ít nhất 1 bộ  $t$  làm cho  $P(t)$  SAI
  - $\exists t (P(t))$  là công thức
    - Chân trị ĐÚNG khi có ít nhất 1 bộ làm cho  $P(t)$  ĐÚNG
    - Chân trị SAI khi  $P(t)$  SAI với mọi bộ  $t$

- (5) Nếu  $P$  là công thức nguyên tố thì
  - Các biến bộ  $t$  trong  $P$  là biến tự do
  
- (6) Công thức  $P = P1 \wedge P2$  ,  $P = P1 \vee P2$  ,  $P = P1 \Rightarrow P2$ 
  - Sự xuất hiện của biến  $t$  trong  $P$  là tự do hay kết buộc phụ thuộc vào việc nó là tự do hay kết buộc trong  $P1, P2$



- (i)  $P1 \wedge P2 = \neg (\neg P1 \vee \neg P2)$
- (ii)  $\forall t (R(t) \wedge (P(t))) = \neg \exists t (\neg R(t) \vee \neg P(t))$
- (iii)  $\exists t (R(t) \wedge (P(t))) = \neg \forall t (\neg R(t) \vee \neg (P(t)))$
- (iv)  $P \Rightarrow Q = \neg P \vee Q$

## ■ Xét công thức

$$\{ t \mid \neg (\text{GIAOVIEN}(t)) \}$$

- Có rất nhiều bộ  $t$  không thuộc quan hệ GIAOVIEN
- Thậm chí không có trong CSDL
- Kết quả trả về không xác định

## ■ Một công thức $P$ gọi là an toàn nếu các giá trị trong kết quả đều lấy từ miền giá trị của $P$

- $\text{Dom}(P)$
- Tập các giá trị được đề cập trong  $P$

## ■ Ví dụ

$$\{ t \mid \text{GIAOVIEN}(t) \wedge t.\text{LUONG} > 30000 \}$$

- $\text{Dom}(\text{GIAOVIEN}(t) \wedge t.\text{LUONG} > 30000)$
- Là tập các giá trị trong đó
  - Có giá trị trên 3000 tại thuộc tính LUONG
  - Và các giá trị khác tại những thuộc tính còn lại
- Công thức trên là an toàn

- Giới thiệu
- Nhắc lại về lý thuyết logic
- Phép tính quan hệ trên bộ
- **Phép tính quan hệ trên miền**

- Biểu thức phép tính quan hệ trên miền có dạng

$$\{ x_1, x_2, \dots, x_n \mid P(x_1, x_2, \dots, x_n) \}$$

- $x_1, x_2, \dots, x_n$  là các biến miền
  - Biến nhận giá trị là một miền giá trị của một thuộc tính
- $P$  là công thức theo  $x_1, x_2, \dots, x_n$ 
  - $P$  được hình thành từ những công thức nguyên tố
- Kết quả trả về là tập các giá trị  $x_1, x_2, \dots, x_n$  sao cho khi các giá trị được thay thế cho các  $x_i$  thì  $P$  đúng

- Cho biết mã và tên giáo viên có lương trên 3000

$\{ p, q \mid (\exists r) \text{ (GIAOVIEN}(p, q, r, s, t, u, v, x, y, z, m) \wedge r > 3000) \}$

**GIAOVIEN**(MAGV, HOTEN, LUONG, PHAI, NGAYSINH, SONHA,  
DUONG, QUAN, THANHPHO, GVQLCM, MABM)

- Cho biết các giáo viên (MAGV) làm việc ở bộ môn ‘Hệ thống thông tin’

$$\{p \mid (\exists m)(\text{GIAOVIEN}(p, q, r, s, t, u, v, x, y, z, m) \wedge$$
$$(\exists a)(\exists b)(\text{BOMON}(a, b, c, d, e, f, j) \wedge$$
$$b = \text{‘Hệ thống thông tin’} \wedge a = m)) \}$$

**GIAOVIEN**(MAGV, HOTEN, LUONG, PHAI, NGAYSINH, SONHA,  
DUONG, QUAN, THANHPHO, GVQLCM, MABM)

**BOMON**(MABM, TENBM, PHONG, DIENTHOAI, TRUONGBM,  
MAKHOA, NGAYNHANCHUC)

- Cho biết các giáo viên (MAGV, HOTEN) không có tham gia đề tài nào

$$\{p, q \mid \text{GIAOVIEN}(\mathbf{p}, q, r, s, t, u, v, x, y, z, m) \wedge \\ \neg(\exists \mathbf{a})(\text{THAMGIADT}(\mathbf{a}, b, c, d, e) \wedge a = p) \}$$

**GIAOVIEN**(MAGV, HOTEN, LUONG, PHAI, NGAYSINH, SONHA,  
DUONG, QUAN, THANHPHO, GVQLCM, MABM)

**THAMGIADT**(MAGV, MADT, STT, PHUCAP, KETQUA)



- (i)  $R(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 
  - $x_i$  là biến miền
  - $R$  là quan hệ có  $n$  thuộc tính
  
- (ii)  $x \theta y$ 
  - $x, y$  là các biến miền
  - Miền giá trị của  $x$  và  $y$  phải giống nhau
  - $\theta$  là các phép so sánh  $<, >, \leq, \geq, \neq, =$
  
- (iii)  $x \theta c$ 
  - $c$  là hằng số
  - $x$  là biến miền
  - $\theta$  là các phép so sánh  $<, >, \leq, \geq, \neq, =$

- Một công thức nguyên tố mang giá trị ĐÚNG hoặc SAI với một tập giá trị cụ thể tương ứng với các biến miền
  - Gọi là chân trị của công thức nguyên tố
  
- Một số qui tắc và biến đổi tương tự với phép tính quan hệ trên bộ

## ■ Xét công thức

$$\{ p, r, s \mid \neg \text{GIAOVIEN}(p, q, r, s, t, u, v, x, y, z)\}$$

- Các giá trị trong kết quả trả về không thuộc miền giá trị của biểu thức
- Công thức không an toàn

## ■ Xét công thức

$$\{ x \mid \underbrace{\exists y (R(x, y))}_{\text{Công thức 1}} \wedge \underbrace{\exists z (\neg R(x, z) \wedge P(x, z))}_{\text{Công thức 2}} \}$$

- R là quan hệ có tập các giá trị hữu hạn
- Cũng có 1 tập hữu hạn các giá trị không thuộc R
- Công thức 1: chỉ xem xét các giá trị trong R
- Công thức 2: không thể kiểm tra khi không biết tập giá trị hữu hạn của z

- Cho biểu thức

$$\{ x_1, x_2, \dots, x_n \mid P(x_1, x_2, \dots, x_n) \}$$

- Biểu thức trên được gọi là an toàn nếu:

- Những giá trị xuất hiện trong các bộ của biểu thức phải thuộc về miền giá trị của P
- Lượng từ  $\exists$ : biểu thức  $\exists x (Q(x))$  đúng khi và chỉ khi xác định được giá trị của x thuộc  $\text{dom}(Q)$  làm cho  $Q(x)$  đúng
- Lượng từ  $\forall$ : biểu thức  $\forall x (Q(x))$  đúng khi và chỉ khi  $Q(x)$  đúng với mọi giá trị của x thuộc  $\text{dom}(Q)$

