

Tối ưu hóa truy vấn

Tối ưu truy vấn

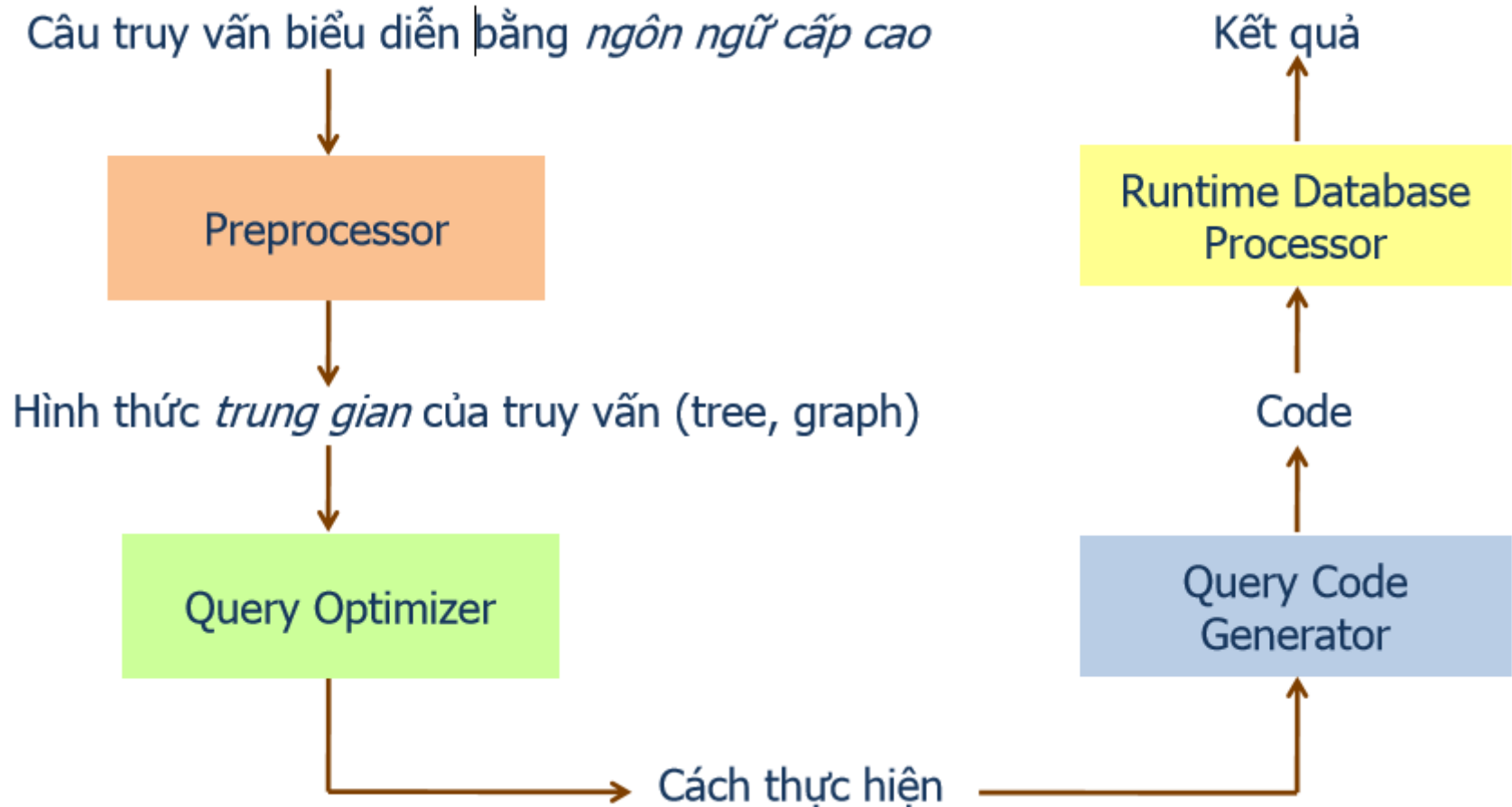
□ Mục tiêu

- Hiểu quy trình thực hiện câu truy vấn
- Xây dựng câu truy vấn một cách có hiệu quả

Nội dung

- ❑ Quy trình thực hiện câu truy vấn
- ❑ Tiền xử lý câu truy vấn
- ❑ Chuyển đổi câu truy vấn
- ❑ Tối ưu hóa câu truy vấn

Quy trình thực hiện truy vấn



Quy trình thực hiện truy vấn

Preprocessor

Scanning: xác định các từ khóa, tên thuộc tính, tên các quan hệ,...

Parsing: kiểm tra cú pháp ngôn ngữ, biểu diễn Parse Tree

Validating: kiểm tra ngữ nghĩa: quan hệ, thuộc tính, kiểu dữ liệu

Quy trình thực hiện truy vấn

Query Optimizer

lựa chọn chiến thuật thực hiện phù hợp cho việc xử lý câu truy vấn

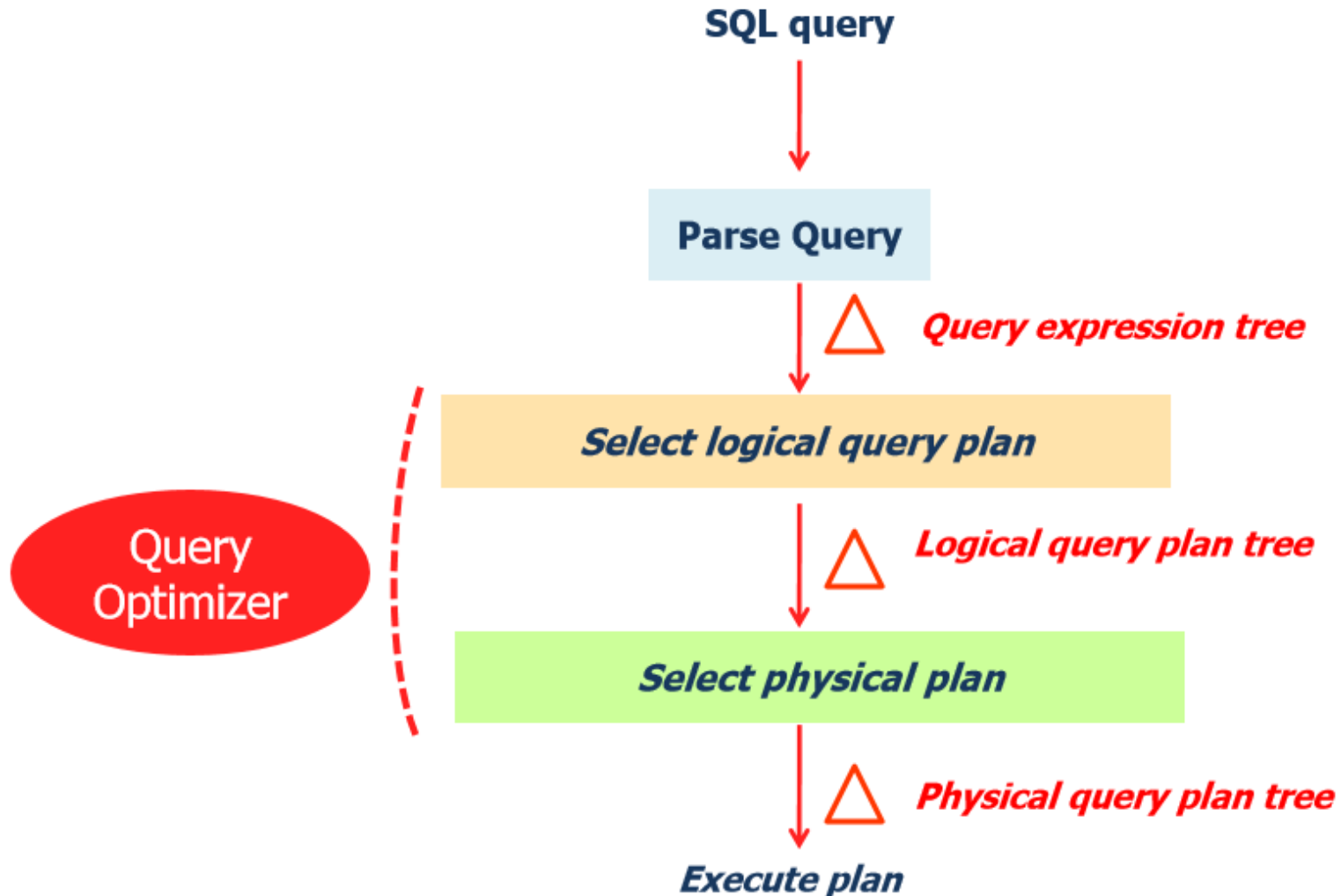
Query Code Generator

phát sinh code để thực hiện kế hoạch đã được lựa chọn

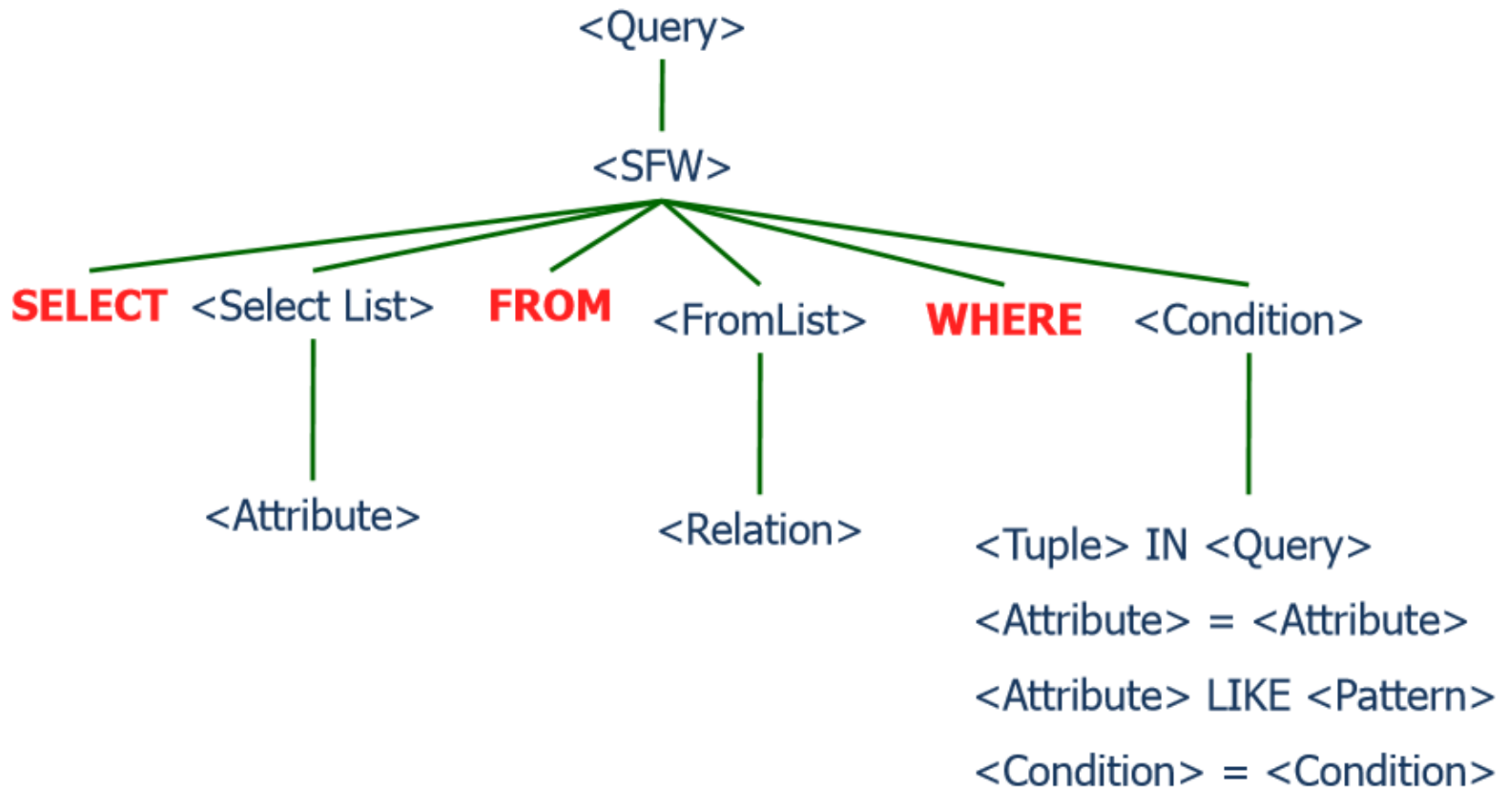
Runtime Database Processor

biên dịch code của câu truy vấn để trả về kết quả truy vấn

Quy trình thực hiện truy vấn



Tiền xử lý câu truy vấn



Ví dụ

NHANVIEN (manv, tennv, ngaysinh, phai, luong)

THAMGIA (mada, manv, ngaybatdau, ngayketthuc)

Liệt kê mã đề án mà nhân viên tham gia có lương >2.000.000

```
SELECT mada
```

```
FROM THAMGIA
```

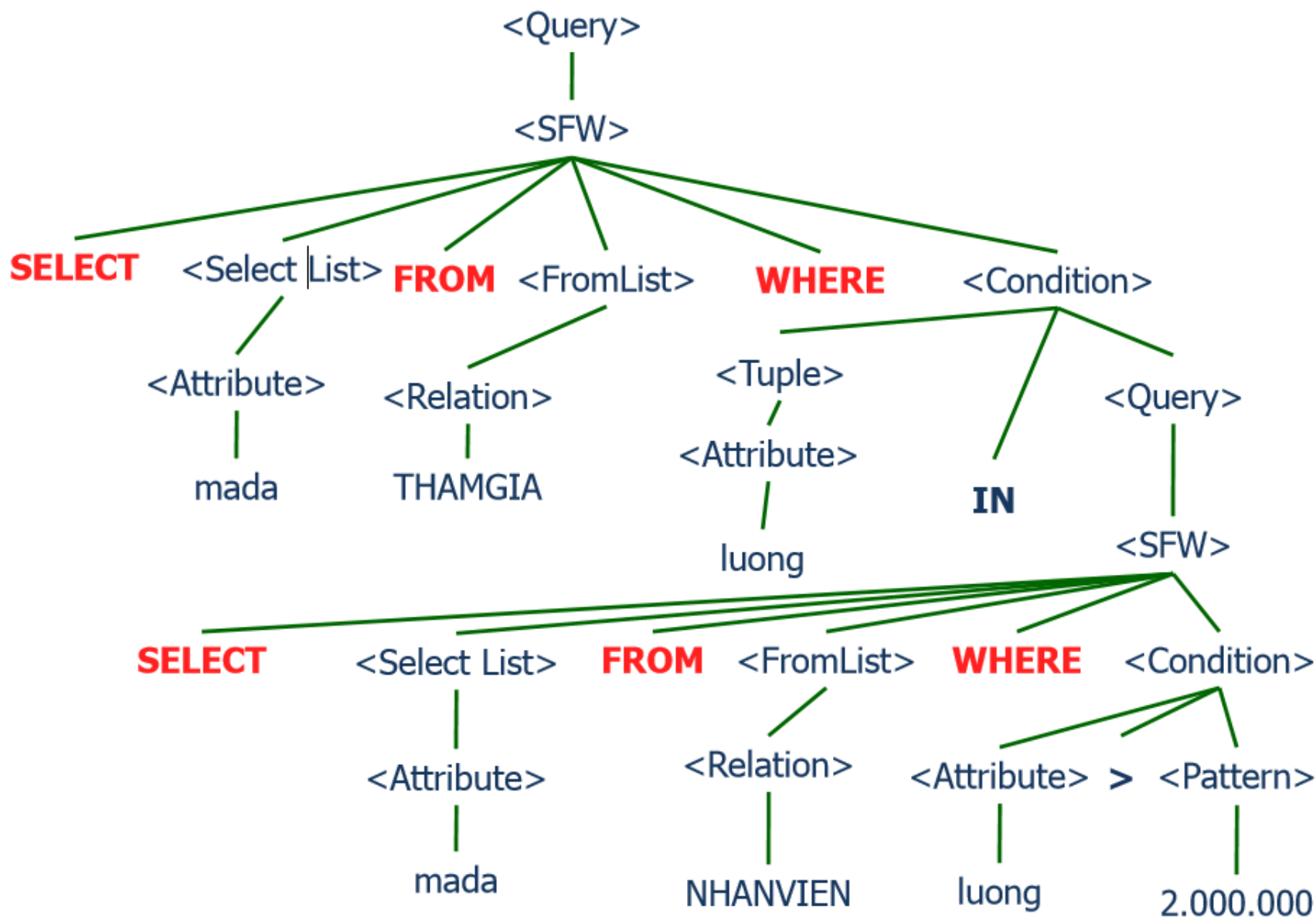
```
WHERE manv IN (
```

```
    SELECT manv
```

```
    FROM NHANVIEN
```

```
    WHERE luong >'2.000.000')
```

Vẽ cây phân tích cú pháp (query expression tree)



Chuyển đổi câu truy vấn

- ❑ Chuyển đổi từ SQL sang đại số quan hệ
- ❑ Các quy tắc biến đổi tương đương

Chuyển đổi câu truy vấn

- ❑ Query block: khối truy vấn đơn vị SELECT FROM WHERE GROUP BY HAVING dùng để chuyển sang ĐSQH
- ❑ Truy vấn lồng: tách khối lệnh ghép thành các khối truy vấn đơn vị

Chuyển đổi câu truy vấn

SELECT	honv, tennv	
FROM	NHANVIEN	
WHERE	luong > (SELECT	MAX (luong)
	FROM	NHANVIEN
	WHERE	maphong = 5);

SELECT honv, tennv
FROM NHANVIEN
WHERE luong > C



$\pi_{\text{honv, tennv}} (\sigma_{\text{luong} > C} (\text{NHANVIEN}))$

SELECT MAX (luong)
FROM NHANVIEN
WHERE maphong = 5



$\mathcal{F}_{\text{MAX luong}} (\sigma_{\text{maphong} = 5} (\text{NHANVIEN}))$

Các quy tắc biến đổi

- ❑ Quy tắc 1: Xử lý các toán tử AND trong điều kiện

$$\sigma_{c1 \text{ AND } c2 \dots \text{ AND } cn}(R) \equiv \sigma_{c1}(\sigma_{c2}(\dots \sigma_{cn}(R)) \dots)$$

- ❑ Ví dụ

NHANVIEN (manv, honv, tennv, ngaysinh, phai, luong, maphong)

$\sigma_{\text{maphong} = \text{'KT' AND phai = \text{'NAM'}}}(\text{NHANVIEN})$

\equiv

$\sigma_{\text{maphong} = \text{'KT'}}(\sigma_{\text{phai} = \text{'NAM'}}(\text{NHANVIEN}))$

Các quy tắc biến đổi

- Quy tắc 2: Thay đổi thứ tự của các phép chọn

$$\sigma_{c_1}(\sigma_{c_2}(R)) \equiv \sigma_{c_2}(\sigma_{c_1}(R))$$

- Ví dụ:

NHANVIEN (manv, honv, tennv, ngaysinh, phai, luong, maphong)

$$\sigma_{\text{maphong} = \text{'KT'}}(\sigma_{\text{phai} = \text{'NAM'}}(\text{NHANVIEN}))$$

≡

$$\sigma_{\text{phai} = \text{'NAM'}}(\sigma_{\text{maphong} = \text{'KT'}}(\text{NHANVIEN}))$$

Các quy tắc biến đổi

- Quy tắc 3: Xử lý các phép chiếu

$$\pi_{\langle DS1 \rangle} \left(\pi_{\langle DS2 \rangle} \left(\dots \pi_{\langle DSn \rangle} (R) \right) \dots \right) \equiv \pi_{\langle DS1 \rangle} (R)$$

- Ví dụ:

NHANVIEN (manv, honv, tennv, ngaysinh, phai, luong, maphong)

$\pi_{\text{manv, honv, tennv}}$ ($\pi_{\text{manv, honv, tennv, ngaysinh}}$ (**NHANVIEN**))

\equiv

$\pi_{\text{manv, honv, tennv}}$ (**NHANVIEN**)

Các quy tắc biến đổi

- Quy tắc 4: Thay đổi thứ tự các phép chọn và phép chiếu

$$\pi_{A1, A2, \dots, An}(\sigma_c(R)) \equiv \sigma_c(\pi_{A1, A2, \dots, An}(R))$$

Nếu như $c \subset [A1 \dots An]$

- Ví dụ:

NHANVIEN (manv, honv, tennv, ngaysinh, phai, luong, maphong)

$$\pi_{\text{manv, honv, tennv, phai}}(\sigma_{\text{phai} = \text{'NAM'}}(\text{NHANVIEN}))$$

\equiv

$$\sigma_{\text{phai} = \text{'NAM'}}(\pi_{\text{manv, honv, tennv, phai}}(\text{NHANVIEN}))$$

Các quy tắc biến đổi

- ❑ Quy tắc 5: Tính giao hoán của phép kết và tích Descartes

$$(R \bowtie_c S) = (S \bowtie_c R) \quad (R \times S) = (S \times R)$$

- ❑ Ví dụ:

NHANVIEN (manv, honv, tennv, ngaysinh, phai, luong, maphong)

PHONGBAN (maphong, tenphong, maql)

(NHANVIEN \bowtie PHONGBAN)

≡

NV.maphong = PB.maphong

(PHONGBAN \bowtie NHANVIEN)

NV.maphong = PB.maphong

Các quy tắc biến đổi

- ❑ Quy tắc 6: Thay đổi thứ tự giữa phép chọn và phép kết

$$\sigma_c(R \bowtie S) \equiv (\sigma_c(R)) \bowtie S$$

Nếu như $c \subset R$ (hay $c \subset S$)

- ❑ Ví dụ:

NHANVIEN (manv, honv, tennv, ngaysinh, phai, luong, maphong)

PHONGBAN (maphong, tenphong, maql)

$$\sigma_{\text{phai} = \text{'NAM'}}(\text{NHANVIEN} \bowtie \text{PHONGBAN})$$

\equiv

$$(\sigma_{\text{phai} = \text{'NAM'}}(\text{NHANVIEN})) \bowtie \text{PHONGBAN}$$

Các quy tắc biến đổi

- ❑ Quy tắc 6: Phân phối giữa phép chọn và phép kết

$$\sigma_c(R \bowtie S) \equiv (\sigma_{c_1}(R)) \bowtie (\sigma_{c_2}(S))$$

Nếu $c = c_1$ and c_2 , ($c_1 \in R$ và $c_2 \in S$)

- ❑ Ví dụ:

NHANVIEN (manv, honv, tennv, ngaysinh, phai, luong, maphong)

PHONGBAN (maphong, tenphong, maql)

$$\sigma_{\text{phai} = \text{'NAM'} \text{ AND } \text{tenphong} = \text{'Kế toán'}}(\text{NHANVIEN} \bowtie \text{PHONGBAN})$$

\equiv

$$(\sigma_{\text{phai} = \text{'NAM'}}(\text{NHANVIEN})) \bowtie (\sigma_{\text{tenphong} = \text{'Kế toán'}}(\text{PHONGBAN}))$$

Các quy tắc biến đổi

- Quy tắc 7: Phân phối giữa phép chiếu và phép kết

$$\prod_L (R \bowtie_C S) \equiv (\prod_{A_1, A_2, A_3, \dots, A_N} (R)) \bowtie_C (\prod_{B_1, B_2, B_3, \dots, B_M} (S))$$

$$L = \{A_1, \dots, A_N, B_1, \dots, B_M\}; R(A_1, \dots, A_N); S(B_1, \dots, B_M) \text{ Với } C \subset L$$

- Ví dụ:

NHANVIEN (manv, honv, tennv, ngaysinh, phai, luong, maphong)

PHONGBAN (maphong, tenphong, maql)

$$\pi_{\text{manv}, \text{tennv}, \text{maphong}, \text{tenphong}} (\text{NHANVIEN} \bowtie \text{PHONGBAN})$$

\equiv

$$\text{NV.maphong} = \text{PB.maphong}$$

$$(\pi_{\text{manv}, \text{honv}, \text{maphong}} (\text{NHANVIEN})) \bowtie (\pi_{\text{tenphong}, \text{maphong}} (\text{PHONGBAN}))$$

$$\text{NV.maphong} = \text{PB.maphong}$$

Các quy tắc biến đổi

- ❑ Quy tắc 7: Phân phối giữa phép chiếu và phép kết

$$\Pi_L(R \bowtie_C S) \equiv (\Pi_{A_1, A_2, A_3, \dots, A_N, A_{N+1}, A_{N+2}, \dots, A_{N+K}}(R)) \bowtie_C (\Pi_{B_1, B_2, B_3, \dots, B_M, B_{M+1}, B_{M+2}, \dots, B_{M+P}}(S))$$

Với $c \notin L$, $R(A_1, \dots, A_N, A_{N+1}, \dots, A_{N+K})$ $S(B_1, \dots, B_M, B_{M+1}, \dots, B_{M+P})$

- ❑ Ví dụ:

NHANVIEN (manv, honv, tennv, ngaysinh, phai, luong, maphong)

PHONGBAN (maphong, tenphong, maql)

$$\pi_{\text{manv, tennv, tenphong}}(\text{NHANVIEN} \bowtie \text{PHONGBAN})$$

NV.maphong=PB.maphong

≡

$$(\pi_{\text{manv, tennv, maphong}}(\text{NHANVIEN})) \bowtie (\pi_{\text{tennv, maphong}}(\text{PHONGBAN}))$$

NV.maphong=PB.maphong

Các quy tắc biến đổi

- Quy tắc 8: Giao hoán của phép hội và phép giao

$$R \cup S \equiv S \cup R$$

$$R \cap S \equiv S \cap R$$

Các quy tắc biến đổi

- Quy tắc 9: Kết hợp giữa phép kết, tích Descartes, hội và giao

$$(R \theta S) \theta T = R \theta (S \theta T)$$

Trong đó θ là 1 trong các phép toán $\bowtie, \times, \cap, \cup$

Các quy tắc biến đổi

- Quy tắc 10: Phân phối của phép chọn đối với các phép toán

$$\sigma_c(R \theta S) = (\sigma_c(R)) \theta (\sigma_c(S))$$

Nếu θ là 1 trong các phép toán $\cap, \cup, -$

Các quy tắc biến đổi

- Quy tắc 11: Phân phối của phép chiếu đối với các phép toán

Nếu θ là 1 trong các phép toán $\cap, \cup, -$

$$\Pi_L(R \theta S) = (\Pi_L(R)) \theta (\Pi_L(S))$$

Các quy tắc biến đổi

- ❑ Quy tắc 12: Chuyển các phép (σ, \times) thành phép kết
- ❑ Luật De Morgan

$$c \equiv \text{NOT} (c1 \text{ AND } c2) \equiv \text{NOT} (c1) \text{ OR } \text{NOT} (c2)$$

$$c \equiv \text{NOT} (c1 \text{ OR } c2) \equiv \text{NOT} (c1) \text{ AND } \text{NOT} (c2)$$

Tối ưu hóa câu truy vấn

- ❑ Giải thuật Heuristic
- ❑ Ước lượng chi phí
 - Hàm chi phí cho Select
 - Hàm chi phí cho Join

Giải thuật Heuristic

1. Áp dụng **QT 1**, tách các phép chọn liên kiện thành 1 dãy các phép chọn.
2. Áp dụng **QT 2,4,6 và 10**, để đẩy phép chọn xuống càng sâu càng tốt
3. Áp dụng **QT 9** để tái tổ chức cây cú pháp sao cho phép chọn được thực hiện có lợi nhất (chọn ít nhất) → heuristic
4. Phối hợp tích Decartes với các phép chiếu thích hợp theo sau
5. Áp dụng **QT 3, 4, 7 và 11** để đẩy phép chiếu xuống càng sâu càng tốt (có thể phát sinh phép chiếu mới)
6. Tập trung các phép chọn
7. Áp dụng **QT3** để loại những phép chiếu vô ích

Giải thuật Heuristic

Liệt kê họ tên NHANVIEN sinh sau năm 1960 và làm dự án 'ABC'

Ngôn ngữ SQL

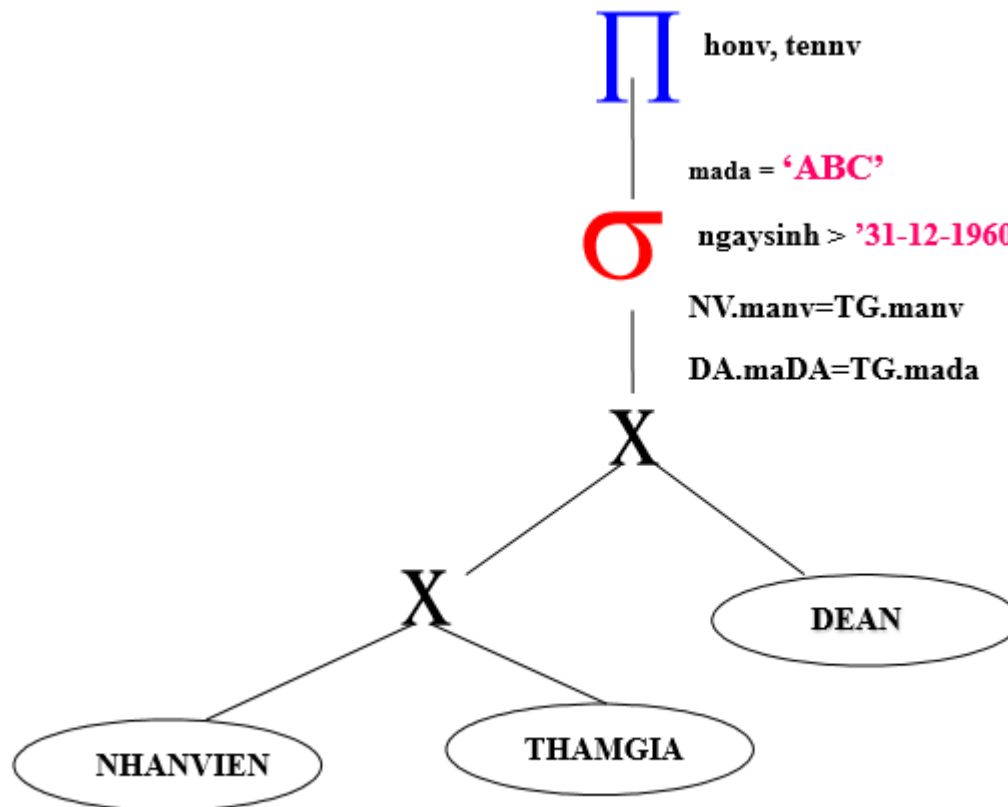
```
SELECT honv, tennv  
FROM NHANVIEN NV, DEAN DA, THAMGIA TG  
WHERE mada='ABC' AND NV.manv=TG.manv AND  
DA.mada=TG.mada AND ngaysinh > '31-12-1960'
```

Ngôn ngữ ĐSQH

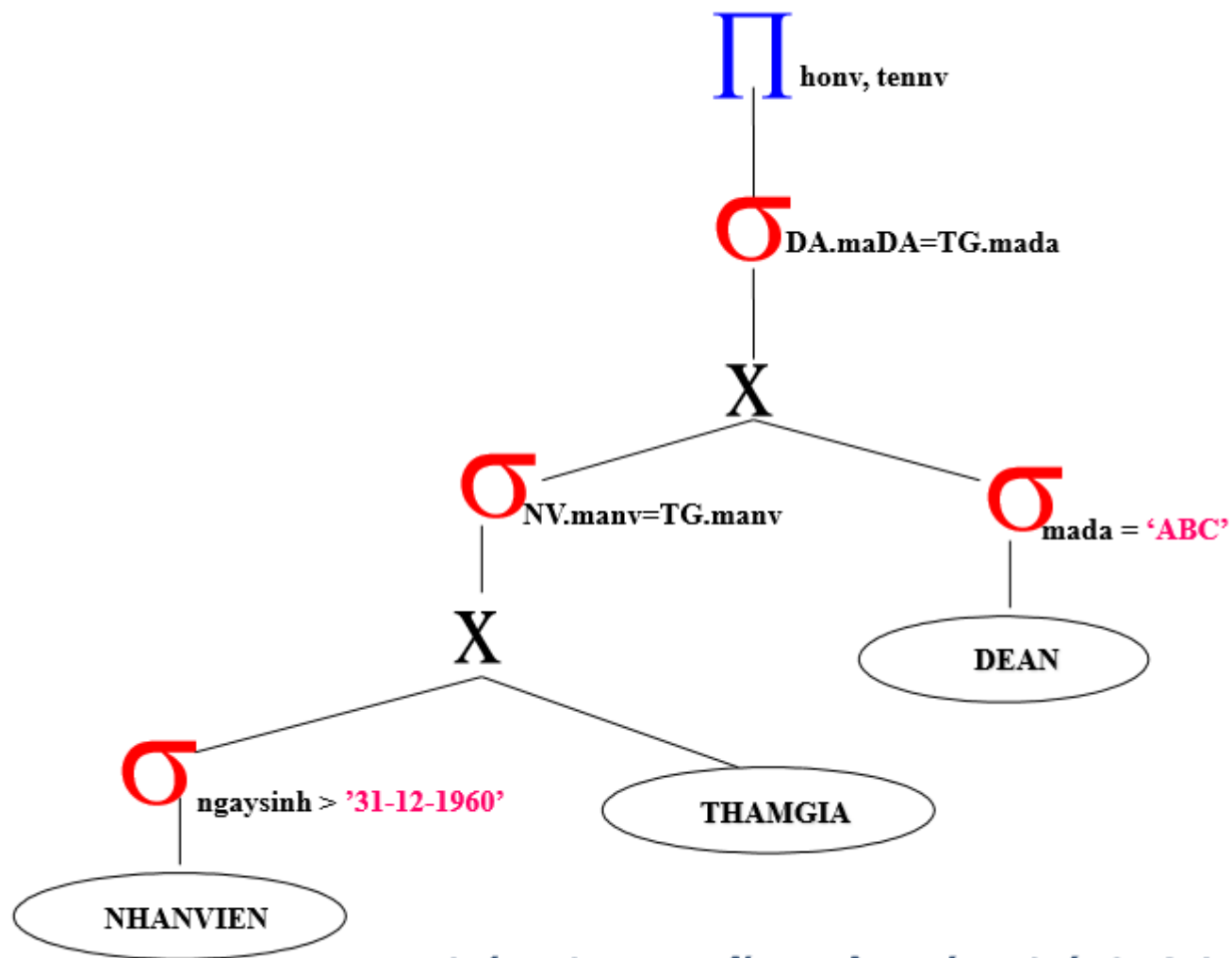
$$\Pi_{honv, tennv} (\sigma_{mada = 'ABC' \wedge ngaysinh > '31-12-1960' \wedge NV.manv=TG.manv \wedge DA.mada=TG.mada} (NHANVIEN \times DEAN \times THAMGIA))$$

Giải thuật Heuristic

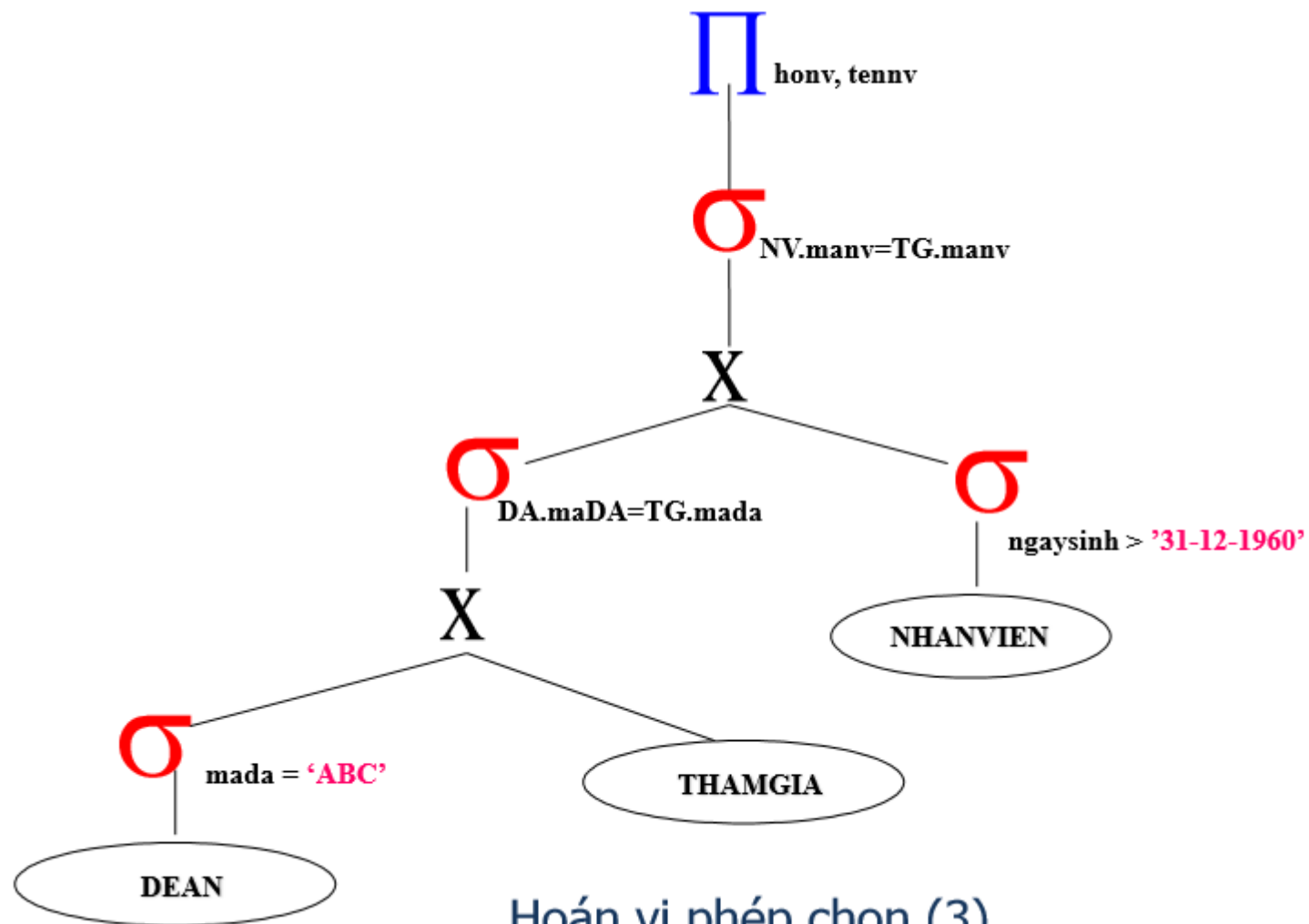
$\Pi_{\text{honv, tennv}}(\sigma_{\text{mada} = \text{'ABC'} \wedge \text{ngaysinh} > \text{'31-12-1960'} \wedge \text{NV.manv} = \text{TG.manv} \wedge \text{DA.mada} = \text{TG.mada}}(\text{NHANVIEN} \times \text{DEAN} \times \text{THAMGIA}))$



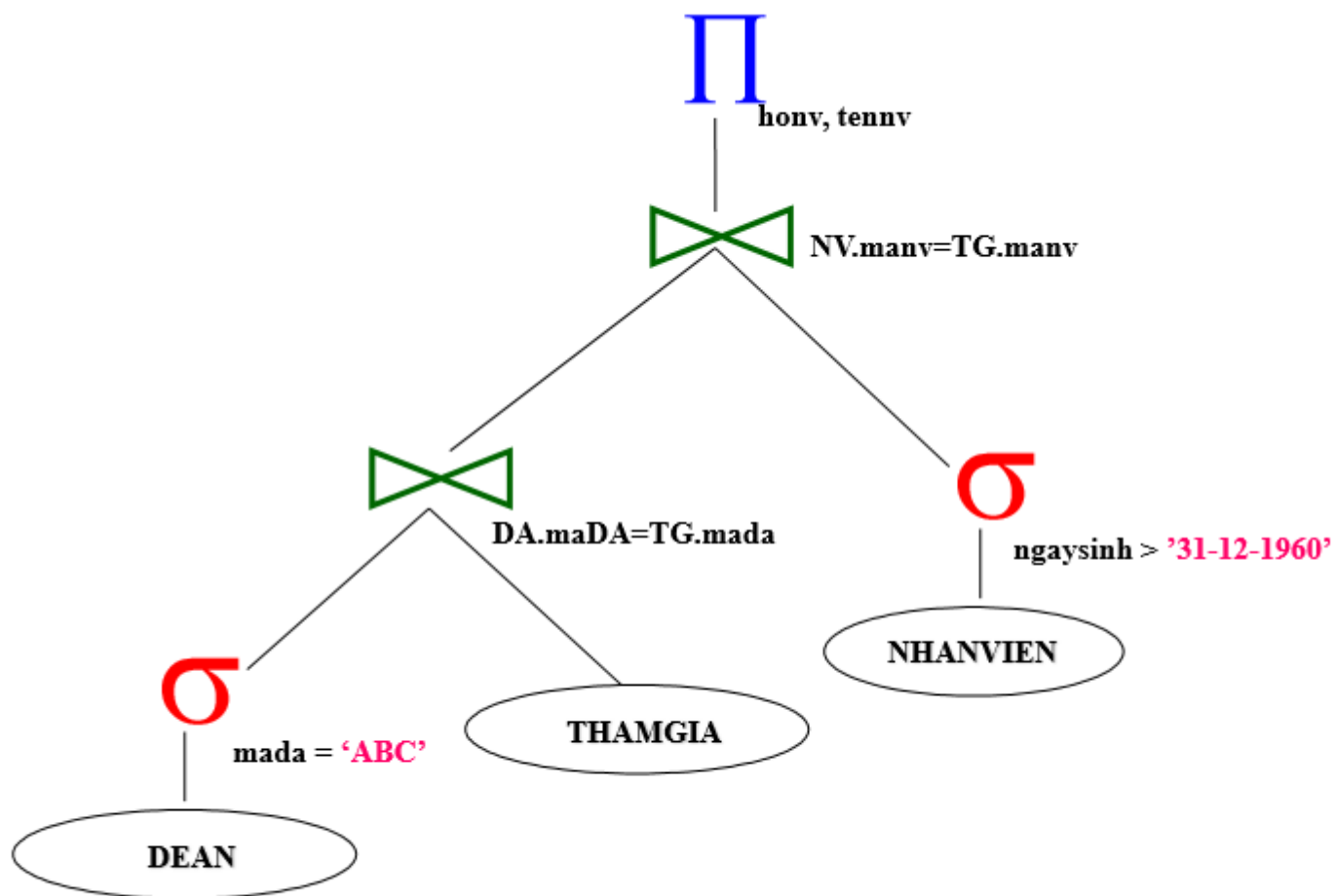
Cây biểu diễn biểu thức truy vấn (1)



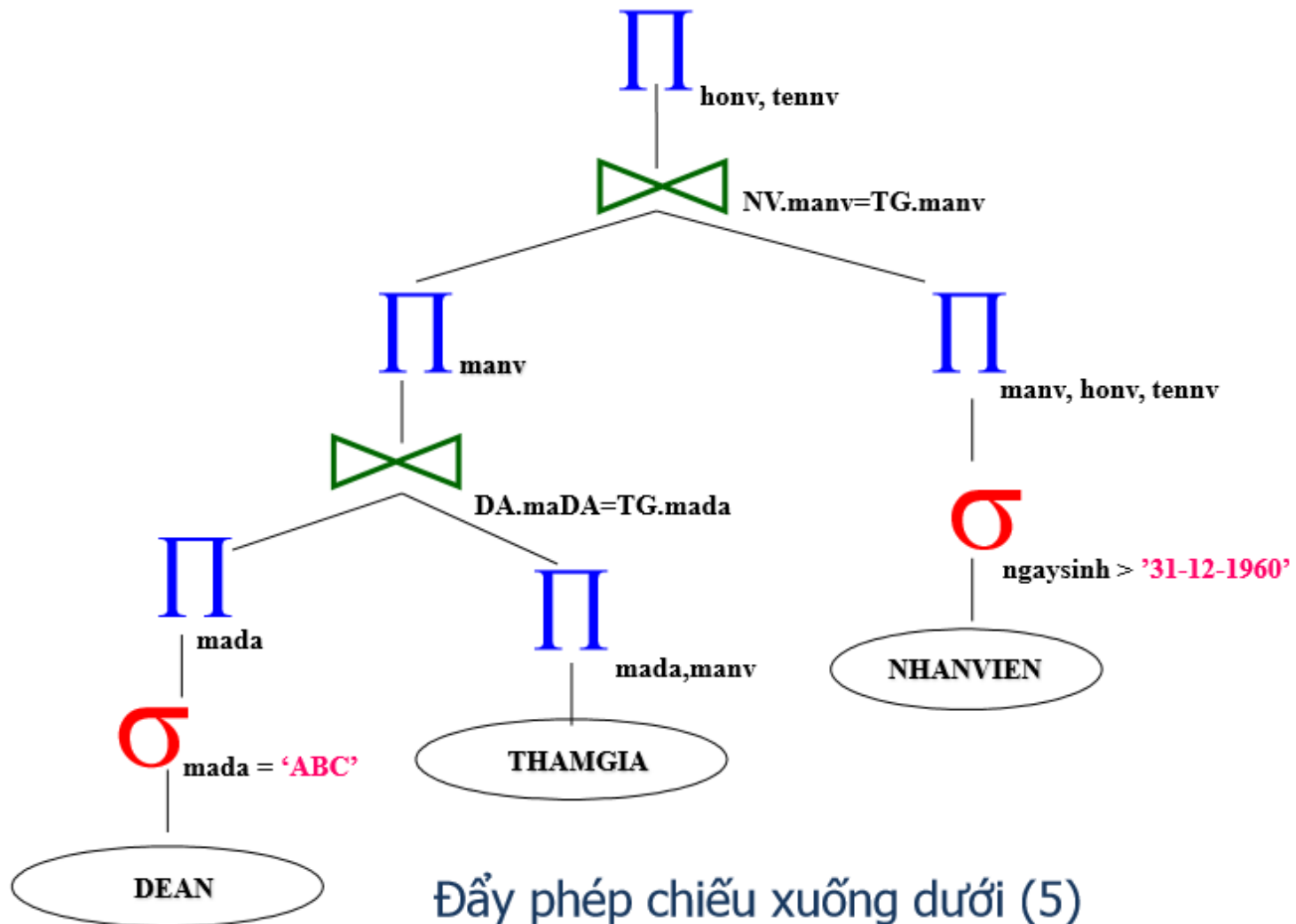
Đưa phép chọn xuống sâu các nhánh (2)



Hoán vị phép chọn (3)



Thay thế các phép tích Descartes và phép chọn bằng phép kết (4)



Ngôn ngữ ĐSQH

$\Pi_{\text{honv, tennv}}((\pi_{\text{mada}}(\sigma_{\text{mada} = \text{'ABC'}}(\text{DEAN}))) \bowtie (\pi_{\text{mada, manv}}(\text{THAMGIA})))$
DA.mada=TG.mada

\bowtie
NV.manv=TG.manv $(\pi_{\text{manv, honv, tennv}}(\sigma_{\text{ngaysinh} > \text{'31-12-1960'}}(\text{NHANVIEN}))))$

Ngôn ngữ SQL

```
SELECT honv, tennv
FROM
  (SELECT mada FROM DEAN
   WHERE mada = 'ABC') AS DA INNER JOIN
  (SELECT mada, manv FROM THAMGIA) AS TG
  ON DA.mada=TG.mada INNER JOIN
  (SELECT manv, honv, tennv FROM NHANVIEN WHERE ngaysinh > '31-12-1960') NV
  ON NV.manv=TG.manv
```

Ước lượng chi phí

- ❑ So sánh chi phí giữa những cách thực hiện câu truy vấn: chọn cách có chi phí thấp nhất



Ước lượng chi phí

• Các tham số về kích thước file

NHANVIEN

manv	tenv	phai	hsl
NV01	An	Nam	1.5
NV02	Bình	Nam	1.5
NV03	Dung	Nữ	3
NV04	Duyên	Nữ	2.5

manv: char (20)

tennv: nvarchar (50)

phai: nvarchar (10)

hsl (hệ số lương): double

- Số mẫu tin của bảng (tuples): **$T(R)$**
- Kích thước 1 mẫu tin: **$S(R)$**
- Tổng số block chứa tất cả các bộ: **b**
- Số mẫu tin của 1 block: **bfr**
- Số giá trị khác nhau của thuộc tính A (kích thước của miền giá trị): **$V(R,A)$**

Ví dụ

R	A	B	C	D
	x	1	10	a
	x	1	20	b
	y	1	30	a
	y	1	40	c
	z	1	50	d

A: chuỗi 20 bytes

B: số nguyên 4 bytes

C: ngày 8 bytes

D: chuỗi 68 bytes

1 block = 1024 bytes
(block header: 24 bytes)

$$T(R) = 5$$

$$S(R) = 100^*$$

$$B(R) = 1$$

$$V(R, A) = 3$$

$$V(R, C) = 5$$

$$V(R, B) = 1$$

$$V(R, D) = 4$$

Ví dụ

Cho quan hệ $R(a,b,c)$

– Trong đó: a, b integer 4 Bytes

c string 100 Bytes

Header mỗi bộ là 12 Bytes

1 Block 1024 Bytes

Block Header 24 Bytes

Số mẫu tin của bảng $T(R) = 10\,000$

Tính số mẫu tin trong 1 block?

Số Block cần thiết để lưu trữ 10 000 mẫu tin?

Kích thước file tối thiểu chứa được số mẫu tin trên?

Ví dụ

Cho quan hệ $R(a,b,c)$

– Trong đó: a, b integer 4 Bytes

c string 100 Bytes

Header mỗi bộ là 12 Bytes

1 Block 1024 Bytes

Block Header 24 Bytes

Số mẫu tin của bảng $T(R) = 10\,000$

Tính số mẫu tin trong 1 block?

$$btr = 1000/120 \approx 8$$

Số Block cần thiết để lưu trữ 10 000 mẫu tin?

$$B(R) = 10\,000/8 = 1250$$

Kích thước file tối thiểu chứa được số mẫu tin trên? $(1250 * 1024)$ Bytes

Ví dụ

Cho quan hệ $R(a,b,c)$

– Trong đó: a, b integer 4 Bytes

c string 100 Bytes

Header mỗi bộ là 12 Bytes

1 Block 1024 Bytes

Block Header 24 Bytes

Số mẫu tin của bảng $T(R) = 10\,000$

Nếu $S = \Pi_{a+b,c}(R)$ Tính $B(R)$ (gợi ý: 1 Tuple 116 Bytes)

Nếu $U = \Pi_{a,b}(R)$ Tính $B(R)$

Hàm chi phí cho Select

□ Ước lượng $W = \sigma_{A=x}(R)$ (đối với điều kiện =)

$$T(W) = \frac{T(R)}{V(R, A)}$$

Hàm chi phí cho Select

- Ước lượng $W = \sigma_{A > x}(R)$ (đối với điều kiện $>$, \geq , $<$, \leq)

Cách 1

$$T(W) = \frac{T(R)}{2}$$

Cách 2

$$T(W) = \frac{T(R)}{3}$$

Hàm chi phí cho Select

□ Ví dụ

Cho R (A, B, C), tính chi phí $S = \sigma_{A=10 \wedge B < 20} (R)$

Với $T(R) = 10.000$; $V(R, A) = 50$

Ta có:

$$T(W) = \frac{T(R)}{V(R, A)} = \frac{10000}{50 \times 3}$$

Hàm chi phí cho Select

- Hàm tính chi phí cho Select theo phương pháp tìm kiếm P_i : S_i
- Chi phí truy cập block tính theo hàm S_i : C_{Si}

Hàm chi phí cho Select

S1. Tìm kiếm tuyến tính

- Duyệt từng mẫu tin, và kiểm tra giá trị thuộc tính của mẫu tin đó có thỏa mãn điều kiện chọn (không nhất thiết là điều kiện =) hay không
- Độ phức tạp: $O(n)$
- Đối với thuộc tính không khóa

$$C_{S1a} = b$$

- Đối với điều kiện =, thuộc tính khóa

$$C_{S1b} = (b/2)$$

- đặc biệt, nếu không tìm thấy mẫu tin nào $C_{S1b} = b$

Hàm chi phí cho Select

S2. Tìm kiếm nhị phân

- Nếu điều kiện chọn (=) trên thuộc tính có sắp xếp thứ tự thì việc tìm kiếm nhị phân hiệu quả hơn tìm kiếm tuyến tính
- Độ phức tạp: $O(\log_2 n)$

$$C_{S2} = \log_2 b + [(s/bfr)] - 1$$

s: số mẫu tin thỏa mãn điều kiện = trên thuộc tính A_k

- Đặc biệt đối với điều kiện = trên thuộc tính khóa (hay UNIQUE)

$$C_{S2} = \log_2 b$$

Hàm chi phí cho Select

- Ví dụ: Cho lược đồ quan hệ

Nhanvien (manv, honv, tennv, ngaysinh, gioitinh, luong, maphong)

Phongban (maphong, tenphong, ngaythanhlap, maql)

- Tính chi phí cho câu truy vấn sau

Truy vấn: $\sigma_{\text{maphong} > 5} \wedge \text{manv} = \text{'NV05'}$ (**Nhanvien**)

Biết $r_{NV} = 10.000$ mẫu tin, $b_{NV} = 2000$ blocks

Hàm chi phí cho Select

Truy vấn: $\sigma_{\text{maphong} > 5 \wedge \text{manv} = \text{'NV05'}} (\text{Nhanvien})$

– Đối với điều kiện *maphong* > 5

$$C_{S1a} = b = 2000$$

– Đối với điều kiện *manv* = 'NV05'

$$C_{S1a} = b/2 = 1000$$

$$C_{S2} = \log_2 b = \log_2 2000 = \log_2 2 \cdot 10^3 = 1 + 3 \log_2 10 \approx 11$$

→ Vậy chọn điều kiện *manv* = 'NV05' để thực hiện trước

Hàm chi phí cho Join

[Ullman + 2001]

$R1 (A, B, C); R2 (A, D) \quad W = R1 \bowtie R2$

TH1: $V(R1, A) \leq V(R2, A)$

$$T(W) = T(R1) \times \frac{T(R2)}{V(R2, A)}$$

TH2: $V(R2, A) \leq V(R1, A)$

$$T(W) = T(R2) \times \frac{T(R1)}{V(R1, A)}$$

Hàm chi phí cho Join

[Ullman + 2001]

- Tổng quát

$$T(W) = \frac{T(R1) \times T(R2)}{\max(V(R1, A), V(R2, A))}$$

- Số lượng giá trị của thuộc tính không tham gia phép kết

$$V(W, A) = \min \{V(R1, A), V(R2, A)\}$$

$$V(W, B) = V(R1, B)$$

$$V(W, C) = V(R1, C)$$

$$V(W, D) = V(R2, D)$$

Hàm chi phí cho Join

[Elmasri+2003]

- Hàm tính chi phí cho Join theo phương pháp tìm kiếm P_i : J_i
- Chi phí truy cập block tính theo hàm J_i : C_{ji}

Lưu ý: hàm tính chi phí chỉ dựa trên số block chuyển từ memory đến đĩa
(chưa đề cập thời gian tính toán, chi phí lưu trữ và các yếu tố khác)

Hàm chi phí cho Join

- Độ chọn lọc của phép kết (js)

$$js = | (R \bowtie_c S) | / | R \times S | = | (R \bowtie_c S) | / (|R| * |S|)$$

$0 \leq js \leq 1$

- Kích thước của tập kết quả sau khi thực hiện phép kết

$$| (R \bowtie_c S) | = js * |R| * |S|$$

- $R.A=S.B$

– Nếu A là khóa của R thì

$$| (R \bowtie_c S) | \leq |S|, js \leq 1/|R|$$

– Nếu B là khóa của S thì

$$| (R \bowtie_c S) | \leq |R|, js \leq 1/|S|$$

Hàm chi phí cho Join

- J1. Phép kết lồng nhau
 - Giả sử R là vòng lặp ngoài

$$C_{J1} = b_R + (b_R * b_S) + ((js * |R| * |S|) / bfr_{RS})$$

Hàm chi phí cho Join

- Ví dụ: Tính chi phí cho phép kết sau

Truy vấn: **NHANVIEN** ⋈_{NV.maphong=PB.maphong} **PHONGBAN**

Biết: $r_{\text{Nhanvien}}=10000$, $r_{\text{Phongban}}=125$, $b_{\text{Nhanvien}}=2000$, $b_{\text{Phongban}}=13$,
 $\text{brf}_{\text{NV_PB}}=4$

Hàm chi phí cho Join

- $js = 1/|PHONGBAN| = 1/125$
- Sử dụng J1 với NHANVIEN là vòng lặp ngoài

$$\begin{aligned}C_{J1} &= b_{NV} + (b_{NV} * b_{PB}) + ((js * r_{NV} * r_{PB}) / brf_{NV_PB}) \\ &= 2000 + (2000 * 13) + ((1/125 * 10000 * 125) / 4) = 30500\end{aligned}$$

- Sử dụng J1 với PHONGBAN là vòng lặp ngoài

$$\begin{aligned}C_{J1} &= b_{PB} + (b_{PB} * b_{NV}) + ((js * r_{NV} * r_{PB}) / brf_{NV_PB}) \\ &= 13 + (13 * 2000) + ((1/125 * 10000 * 125) / 4) = 28513\end{aligned}$$

Vậy sử dụng PHONGBAN là vòng lặp ngoài