Departamento de Ciências de Computação – SCC
Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – ICMC
Universidade de São Paulo – USP

Disciplina de Bases de Dados
Docente Responsável: Profa. Dra. Cristina Dutra de Aguiar Ciferri

Otimização e Processamento de Consultas
Regras de Transformação para Operações da Álgebra Relacional

1. Cascata de σ

Uma condição de seleção conjuntiva pode ser "quebrada" em uma cascata (i.e., sequência) de operações σ individuais.

$$\sigma_{c_1 \text{ and } c_2 \text{ and } \ldots \text{ and } c_n}(R) \equiv \sigma_{c_1}(\sigma_{c_2}(\ldots(\sigma_{c_n}(R))\ldots))$$

2. Comutatividade de σ

A operação σ é comutativa.

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

3. Cascata de π

Em uma sequência de operações π, todas, com exceção da última, podem ser ignoradas.

$$\pi_{lista_1}(\pi_{lista_2}(\ldots(\pi_{lista_n}(R))\ldots)) \equiv \pi_{lista_1}(R)$$

4. Comutatividade de σ e π

Se a condição de seleção *c* envolve somente os atributos $A_1, \ldots, A_n$ na lista de projeção, as duas operações podem ser comutadas.

$$\pi_{A_1 A_2, \ldots, A_n}(\sigma_c(R)) \equiv \sigma_c(\pi_{A_1 A_2, \ldots, A_n}(R))$$

5. Comutatividade de ⋈ (e ×)

A operação ⋈ é comutativa. A operação × também é comutativa.

$$R \bowtie_c S \equiv S \bowtie_c R$$

$$R \times S \equiv S \times R$$

6. Comutando σ com ⋈ (ou ×)

Se todos os atributos na condição de seleção *c* envolvem somente os atributos de uma das relações a serem aplicadas a operação de junção natural (i.e., relação R), então σ e ⋈ (ou ×) podem ser comutadas da seguinte forma:

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

Se a condição de seleção *c* pode ser escrita como (*c1* e *c2*), onde a condição *c1* envolve somente as atributos da relação R e a condição *c2* envolve somente os atributos da relação S, então σ e ⋈ (ou ×) podem ser comutadas da seguinte forma:

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

7. Comutando π com ⋈ (ou ×)

Suponha que a lista de projeção seja $L = \{A_1, ..., A_n, B_1, ..., B_m\}$, onde $A_1, ..., A_n$ são atributos da relação R e $B_1, ..., B_m$ são atributos da relação S. Se a condição junção *c* envolve somente atributos em L, então π e ⋈ (ou ×) podem ser comutadas da seguinte forma:

$$\pi_L (R \bowtie_c S) \equiv (\pi_{A_1, ..., A_n} (R)) \bowtie_c (\pi_{B_1, ..., Bm} (S))$$

Se a condição de junção *c* envolve atributos adicionais que não estejam em L, estes devem ser adicionados à lista de projeção e uma projeção adicional é necessária. Por exemplo, se os atributos $A_{n+1}, ..., A_{n+k}$ de R e $B_{m+1}, ..., B_{m+p}$ de S estão envolvidos na condição de junção *c*, mas não estão na lista de projeção L, então π e ⋈ (ou ×) podem ser comutadas da seguinte forma:

$$\pi_L (R \bowtie_c S) \equiv \pi_L ((\pi_{A_1, ..., A_n, A_{n+1}, ..., A_{n+k}} (R)) \bowtie_c (\pi_{B_1, ..., B_m, B_{m+1}, ..., B_{m+p}} (S)))$$

8. Comutatividade das operações de conjunto

As operações ∪ e ∩ são comutativas, mas – não.

9. Associatividade de $\bowtie$, $\times$, $\cup$ e $\cap$

Essas quatro operações são individualmente associativas, ou seja, se θ for aplicado para alguma destas operações, então:

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

10. Comutando σ com operações de conjunto

A operação σ pode ser comutada com $\cup$, $\cap$ e $-$. Se θ for aplicado para estas três últimas operações:

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

11. Comutando π com $\cup$

$$\pi_L\ (R \cup S) \equiv (\pi_L\ (R)) \cup (\pi_L\ (S))$$

12. Convertendo uma sequência (σ, $\times$) em $\bowtie$

Se a condição c de uma σ que segue uma $\times$ corresponde à condição de junção, então (σ, $\times$) pode ser convertida em $\bowtie$ da seguinte forma:

$$\sigma_c\ (R \times S) \equiv (R \bowtie_c S)$$

13. Outras transformações

Por exemplo, uma condição c (de seleção ou de junção) pode ser convertida em uma condição equivalente utilizando as leis de Morgan.

$$c \equiv \text{not } (c_1 \text{ and } c_2) \equiv (\text{not } c_1) \text{ or } (\text{not } c_2)$$

$$c \equiv \text{not } (c_1 \text{ or } c_2) \equiv (\text{not } c_1) \text{ and } (\text{not } c_2)$$

Algoritmo de Otimização Baseado em Heurística

1. Usando a regra 1, quebre qualquer condição de seleção conjuntiva em uma sequência de operações de seleção individuais. Isto permite um maior grau de liberdade para se mover as operações de seleção individuais em direção aos nós folhas da árvore de consulta.

2. Usando as regras 2, 4, 6 e 10, correspondentes à comutatividade da operação de seleção com outras operações, mova cada operação de seleção em direção aos nós folhas da árvore de consulta tanto quanto permitido pelos atributos envolvidos na condição de seleção.

3. Usando as regras 5 e 9, correspondentes à comutatividade e à associatividade das operações binárias, rearranje os nós folhas da árvore usando o seguinte critério. Primeiro, posicione as relações dos nós folhas que possuem as operações de seleção *mais restritivas* de forma que essas relações sejam executadas primeiro na representação da árvore de consulta. A definição de operação de seleção mais restritiva consiste em uma operação que produza tanto uma relação com o menor número de tuplas quanto uma relação com o menor tamanho absoluto. Outra possibilidade consiste em definir a operação de seleção mais restritiva como aquela de menor seletividade. Em seguida, tenha certeza de que a ordenação dos nós folhas não gera a necessidade da operação de produto cartesiano. Por exemplo, se as duas relações com a operação de seleção mais restritivo não têm uma condição de junção direta entre elas, pode ser desejável rearranjar a ordem dos nós folhas com o objetivo de se aplicar a operação de junção ao invés da operação de produto cartesiano.

4. Usando a regra 12, transforme a combinação da operação de produto cartesiano com a operação de seleção subsequente na árvore de consulta em uma operação de junção, caso a operação de seleção subsequente represente a condição de junção.

5. Usando as regras 3, 4, 7 e 11, correspondentes à cascata de projeções e à comutatividade da operação de projeção com outras operações, quebre e mova listas de projeções em direção aos nós folhas da árvore tanto quanto permitido por meio da criação de novas operações de projeção quando necessário. Somente aqueles atributos necessários no resultado da consulta e nas operações subsequentes na árvore de consulta devem ser mantidos após cada operação de projeção.

6. Identifique as subárvores que representam grupos de operações que podem ser executadas por um único algoritmo.