Chương 3

Xử lý câu truy vấn phân tán

ptndiem@cit.ctu.edu.vn

Nội dung

- **Giới thiệu tổng quan về xử lý câu truy vấn**
- Xử lý câu truy vấn tập trung
- Xử lý truy vấn phân tán

CSDL mẫu

CUSTOMER (**CID**, CNAME, STREET, CCITY);

BRANCH (**BNAME**, ASSETS, BCITY);

ACCOUNT (**A#**, *CID*, *BNAME*, BAL);

LOAN (**L#**, *CID, BNAME*, AMT);

TRANSACTION (**TID**, *CID, A#*, Date, AMOUNT);

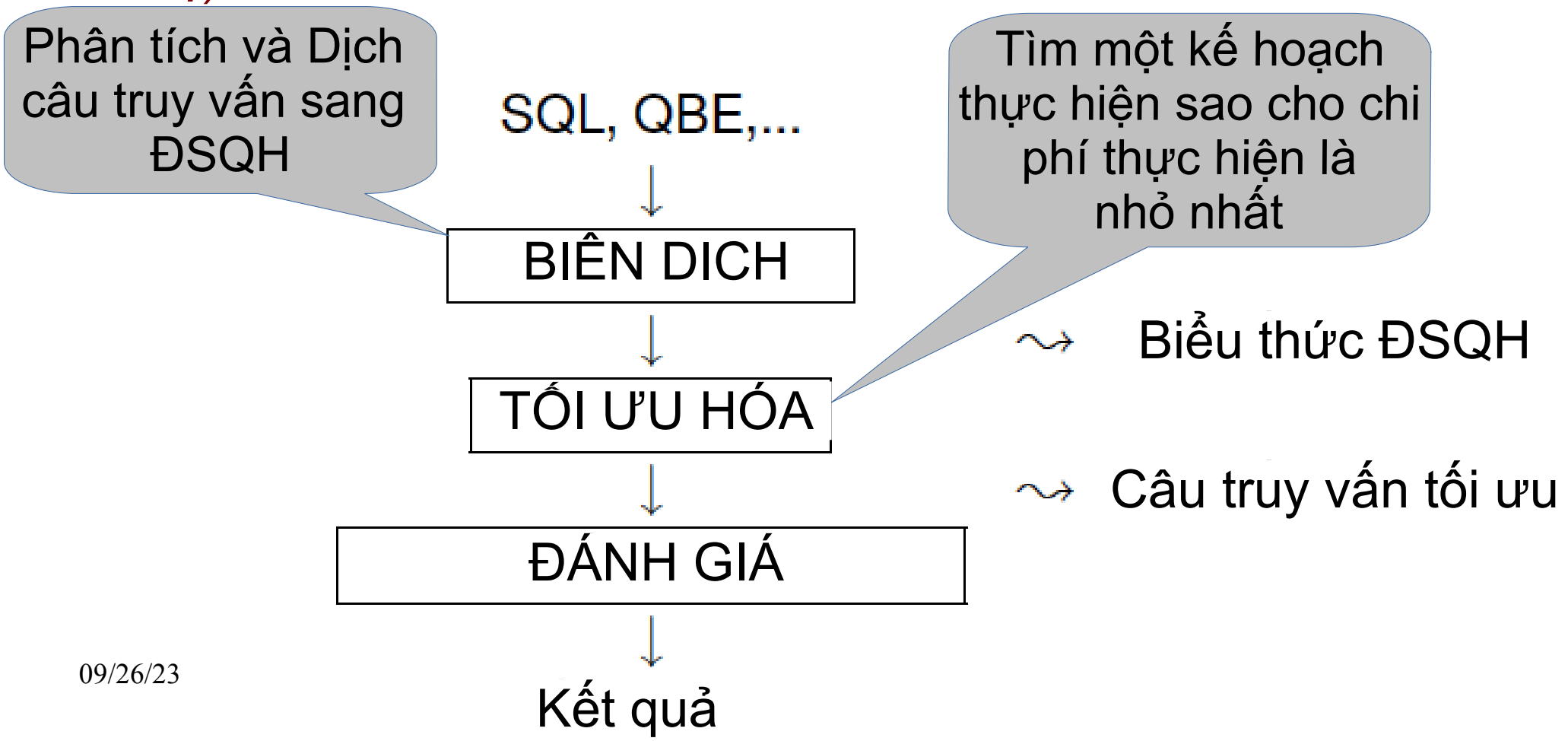
Mục tiêu xử lý câu truy vấn

- Cho một truy vấn. *Mục tiêu là đánh giá tính hiệu quả*.
  - Làm thế nào để chuyển từ SQL sang cây biểu thức đại số quan hệ?
  - Làm thế nào bộ phận tối ưu hóa có được nhiều kế hoạch thực thi (execution plan) có thể.
  - Làm thế nào lựa chọn trong số các kế hoạch này.
  - Làm thế nào để câu truy vấn sau đó được đánh giá.

=> Đây là những kỹ thuật cơ bản, được cài đặt trong bất kỳ DBMS quan hệ nào

Xử lý câu truy vấn

*Xử lý câu truy vấn (*Query Processing*): Là quá trình 3 bước chuyển đổi câu truy vấn cấp cao (ví dụ SQL) sang một câu truy vấn cấp thấp hơn* ***tương đương và hiệu quả hơn*** *(đại số quan hệ).*



Xử lý câu truy vấn

- Trong một hệ thống tập trung, mục tiêu của **bộ xử lý câu truy vấn** (query processor) có thể bao gồm:
  - Tối thiểu hóa thời gian trả lời truy vấn.
  - Tối đa hoá tính song song trong hệ thống.
  - Tối đa hóa thông lượng hệ thống.
  - Tối thiểu hóa tổng số tài nguyên được sử dụng (số lượng bộ nhớ, không gian đĩa, bộ nhớ cache, vv).
  - Các mục tiêu khác

=> Hệ thống có thể không thỏa mãn tất cả những mục tiêu này

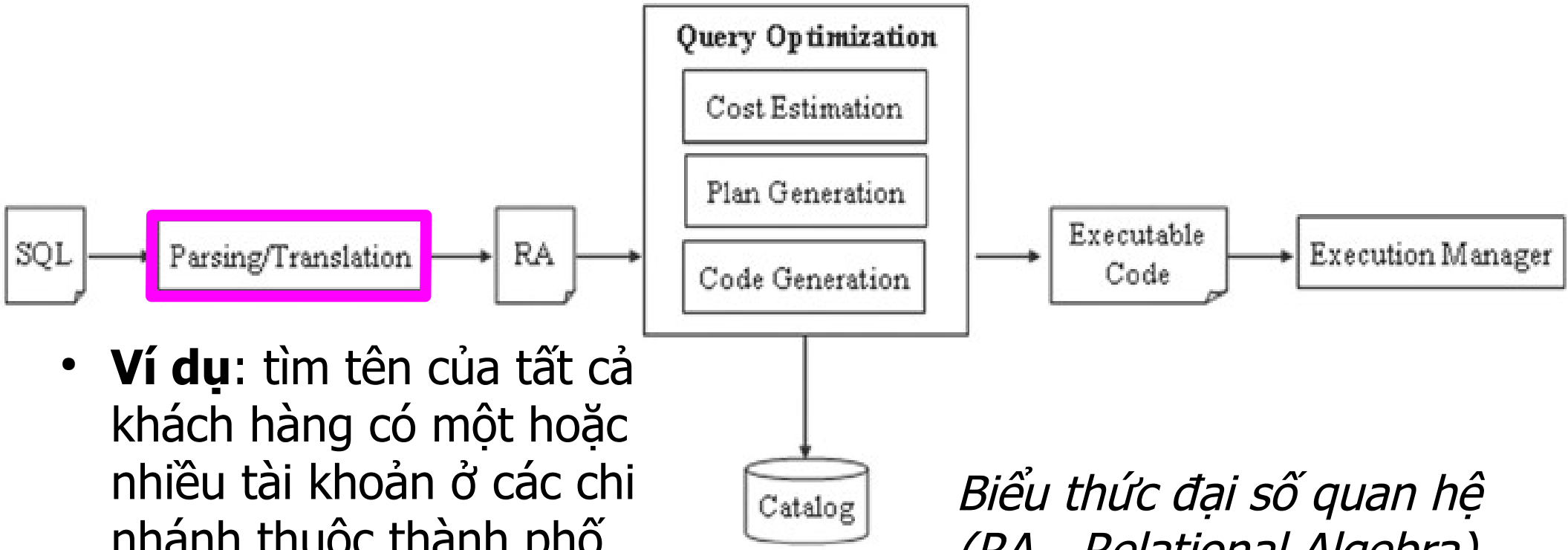
Nội dung

- Giới thiệu tổng quan về xử lý câu truy vấn
- **Xử lý câu truy vấn tập trung**
- Xử lý truy vấn phân tán

3 bước xử lý câu truy vấn

1. Phân tích và dịch câu truy vấn.
   - Kiểm tra cú pháp và các quan hệ
   - Nếu câu truy vấn chính xác, nó được viết lại dưới dạng biểu thức đại số quan hệ tương đương.
2. Tối ưu hóa:
   - Viết lại câu truy vấn thành các biểu thức tương đương
   - Lựa chọn thuật toán riêng biệt cho mỗi phép toán
   - Thu được các *kế hoạch thực thi* (execution plan) và chi phí ước lượng
   - Chọn *kế hoạch* tốt nhất.
3. Thực thi/Đánh giá: *kế hoạch thực thi* được biên dịch, được thực hiện và trả về kết quả.

Phân tích và dịch câu truy vấn



- **Ví dụ**: tìm tên của tất cả khách hàng có một hoặc nhiều tài khoản ở các chi nhánh thuộc thành phố Edina ?

SQL

```
Select c.Cname
From Customer c, Branch b, Account a
Where c.CID = a.CID
   AND a.Bname = b.Bname
   AND b.Bcity = 'Edina';
```

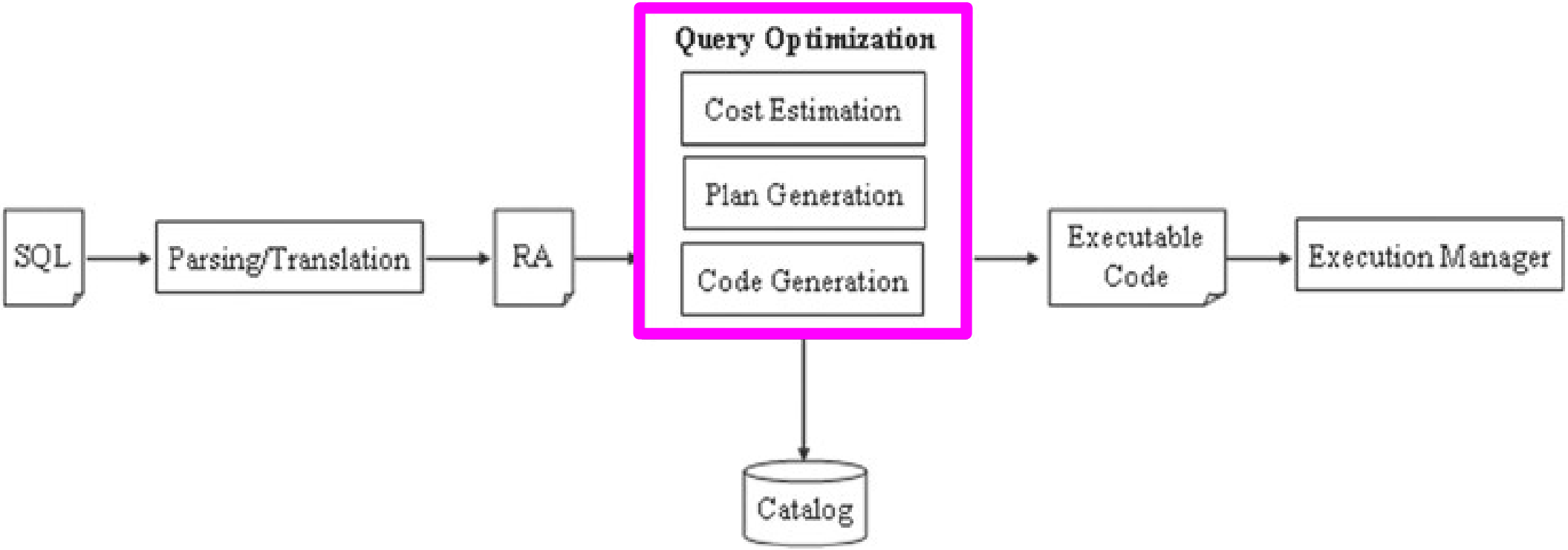
ĐSQH

$\pi_{cname}(\sigma_{Bcity='Edina'}$ (Customer * (Account * Branch)))

Biểu thức đại số quan hệ (RA - Relational Algebra) mà bộ phân tích cú pháp có thể tạo ra :

Phân tích và dịch câu truy vấn

- DBMS **không thực thi ngay** biểu thức ĐSQH trên.
- Biểu thức này phải đi qua một một tập các phép biến đổi và tối ưu hóa trước khi nó đã sẵn sàng để chạy
- **Bộ phận tối ưu hoá truy vấn** (query optimizer) là thành phần chịu trách nhiệm thực hiện điều này.



Nội dung

- Giới thiệu tổng quan về xử lý câu truy vấn
- **Tối ưu hoá câu truy vấn**
- Xử lý truy vấn phân tán

Tối ưu hoá câu truy vấn

- Tối ưu hoá gồm ba bước:
  - Ước lượng chi phí,
  - Sinh ra kế hoạch (plan) thực thi và
  - Sinh mã câu truy vấn.
- Trong một số DBMS (ví dụ: DB2), có một bước bổ sung được gọi là "**viết lại câu truy vấn** (query Rewrite)"
  - Được thực hiện trước khi tối ưu hóa được thực hiện.
  - Bộ phận tối ưu hóa viết lại câu truy vấn bằng cách:
    - loại bỏ điều kiện dư thừa,
    - loại bỏ các biểu thức con thừa và
    - đơn giản hóa các biểu thức phức tạp như lồng nhau

Tối ưu hoá câu truy vấn

- Những sửa đổi trong **câu truy vấn viết lại** được thực hiện bất kể thống kê cơ sở dữ liệu.
- Thống kê được sử dụng trong bước tối ưu để tạo ra một kế hoạch tối ưu.
- **Nhắc lại**: một kế hoạch tối ưu có thể không nhất thiết là kế hoạch tốt nhất cho truy vấn.

Ví dụ: $\pi_{cname}(\sigma_{Bcity='Edina'}(Customer \times (Account \times Branch)))$

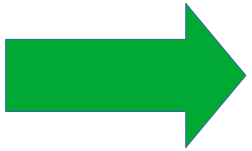
không hiệu quả vì tích Cartesian sinh ra quan hệ trung gian lớn

=> dùng kết nối tự nhiên

$\pi_{cname}((Customer * Account) *(Account * (\sigma_{Bcity='Edina'}(Branch))))$

=> loại bỏ dư thừa

$\pi_{cname}(Customer * (Account * \sigma_{Bcity='Edina'}(Branch)))$



Tối ưu hoá câu truy vấn

Customer : 1000 dòng
Branch : 50 dòng, Có 1 chi nhánh ở Edina
Trung bình, mỗi khách hành có 2 tài khoản
Trung bình mỗi chi nhánh có 40 tài khoản.
=> Account có ? Dòng => 2000

$\pi_{cname}(\sigma_{Bcity='Edina'}(Customer \times (Account \times Branch)))$

R1 ← Account x Branch => 100.000 dòng
R2 ← Customer x R1 => 100.000.000 dòng
Mỗi dòng 100B => R2 ~ 10GB

$\pi_{cname}(\sigma_{Bcity='Edina'}((Customer * Account) * Branch))$

R1 ← Customer *Account => 2000
R2 ← R1 * Branch => 2000
Mỗi dòng 100B
=> R2 ~ 200KB

Tích Cartesian sinh ra quan hệ trung gian lớn
=> dùng kết nối tự nhiên

Tối ưu hoá câu truy vấn

- ***Tối ưu hoá cái gì*** ?
  - Tối ưu hoá việc sử dụng tài nguyên: bộ xử lý, truy xuất đĩa, giao tiếp (D-DB)
  - Tối ưu hoá:
    - thời gian trả lời câu truy vấn;
    - số lượng câu truy vấn được xử lý trên một đơn vị thời gian (tốc độ).
  - Tối ưu hóa truy vấn nhằm mục đích giảm tối thiểu hàm chi phí:

Chi phí I / O + chi phí CPU→ Min

=> Sử dụng các thông tin nào cho tối ưu ?

Tối ưu hoá câu truy vấn

- **Các thông tin sử dụng để tối ưu**
  - Lược đồ luận lý của cơ sở dữ liệu, mô tả các bảng, các ràng buộc toàn vẹn
  - Lược đồ vật lý của cơ sở dữ liệu, chỉ mục và các đường dẫn, kích thước của khối (block)
  - **Thống kê**: kích thước của các bảng, của chỉ mục, sự phân phối các giá trị, tỷ lệ cập nhật ...
  - Đặc điểm của hệ thống: tính song song, bộ vi xử lý chuyên dụng
  - **Giải thuật**: chúng có thể khác nhau tùy thuộc vào hệ thống, ví dụ giải thuật kết nối, chọn, sắp xếp
    - Tất cả các phép toán ĐSQH đều có thể tốn chi phí

    => Cần chọn giải thuật phù hợp

Tối ưu hoá câu truy vấn

- Cho biểu thức:

  $\pi_{cname}(Customer * (Account * \sigma_{Bcity='Edina'}(Branch)))$

- Có thể có nhiều biểu thức khác tương đương với biểu thức đã cho

  => Tất cả các biểu thức khác nhau cho câu truy vấn được đánh giá bởi bộ phận tối ưu hóa truy vấn để tìm biểu thức truy vấn tối ưu ?

Xây dựng biểu thức ĐSQH tương đương

- Cho một câu truy vấn với nhiều toán tử đại số quan hệ:
  - Có nhiều lựa chọn có thể được sử dụng để thể hiện câu truy vấn.
  - Những lựa chọn được tạo ra bằng cách áp dụng **các tính chất ĐSQH**:
    - kết hợp,
    - giao hoán,
    - Idempotent (luỹ đẳng),
    - phân phối,...

Các tính chất của ĐSQH

- Toán tử một ngôi (Uop - chọn) có tính giao hoán :

  Uop1(Uop2(R)) ≡ Uop2(Uop1(R))

  $\sigma_{Bname='Main'}(\sigma_{Assets>12000000}(Branch)) \equiv \sigma_{Assets>12000000}(\sigma_{Bname='Main'}(Branch))$

- Toán tử một ngôi có tính chất luỹ đẳng

  Uop((R)) ≡ Uop1(Uop2((R))

  $\sigma_{Bname='Main' \wedge Assets>12000000}(Branch) \equiv \sigma_{Bname='Main'}(\sigma_{Assets>12000000}(Branch))$

- Toán tử 2 ngôi (Bop) có tính kết hợp

  R Bop1 (S Bop2 T) ≡ (R Bop1 S) Bop2 T

- Toán tử 2 ngôi có tính giao hoán **trừ phép trừ**

  R Bop1 S ≡ S Bop1 R

Các tính chất của ĐSQH

- Toán tử một ngôi phân phối đối với một số toán tử 2 ngôi

Uop(R Bop S) ≡ (Uop(R)) Bop (Uop(S))

$\sigma_{sl>5000}$ ($\pi_{cname,,sal}$(Customer) UNION $\pi_{Ename,\ sal}$ (CUSloyee)) ≡

$\sigma_{sl>5000}$ ($\pi_{cname,sal}$(Customer)) UNION $\sigma_{sl>5000}$ ($\pi_{Ename,\ sal}$ (CUSloyee))

- Toán tử một ngôi có thể được tính toán (tính chất ngược lại phân phối) đối với một số toán tử hai ngôi:

(Uop(R)) Bop (Uop(S)) ≡ Uop(R Bop S)

$\sigma_{sl>5000}$ ($\pi_{cname,sal}$(Customer)) UNION $\sigma_{sl>5000}$ ($\pi_{Ename,\ sal}$ (CUSloyee))
≡ $\sigma_{sl>5000}$ ($\pi_{cname,,sal}$(Customer) UNION $\pi_{Ename,\ sal}$ (CUSloyee))

Tối ưu hoá câu truy vấn

- Tối ưu hoá gồm ba bước:
  - **Ước lượng chi phí,**
  - Sinh ra kế hoạch (plan) thực thi và
  - Sinh mã câu truy vấn.

Ước lượng chi phí

- Áp dụng các tính chất trên vào một biểu thức ĐSQH
  => có thể tạo nhiều biểu thức tương đương cho câu truy vấn ĐSQH
- **Ví dụ**: $(\sigma_{Bname='Main'}(Account)) * Branch$

  $Branch * (\sigma_{Bname='Main'}(Account))$

  ....

  => Bộ phận tối ưu hoá truy vấn chịu trách nhiệm lựa chọn biểu thức tối ưu nhất.

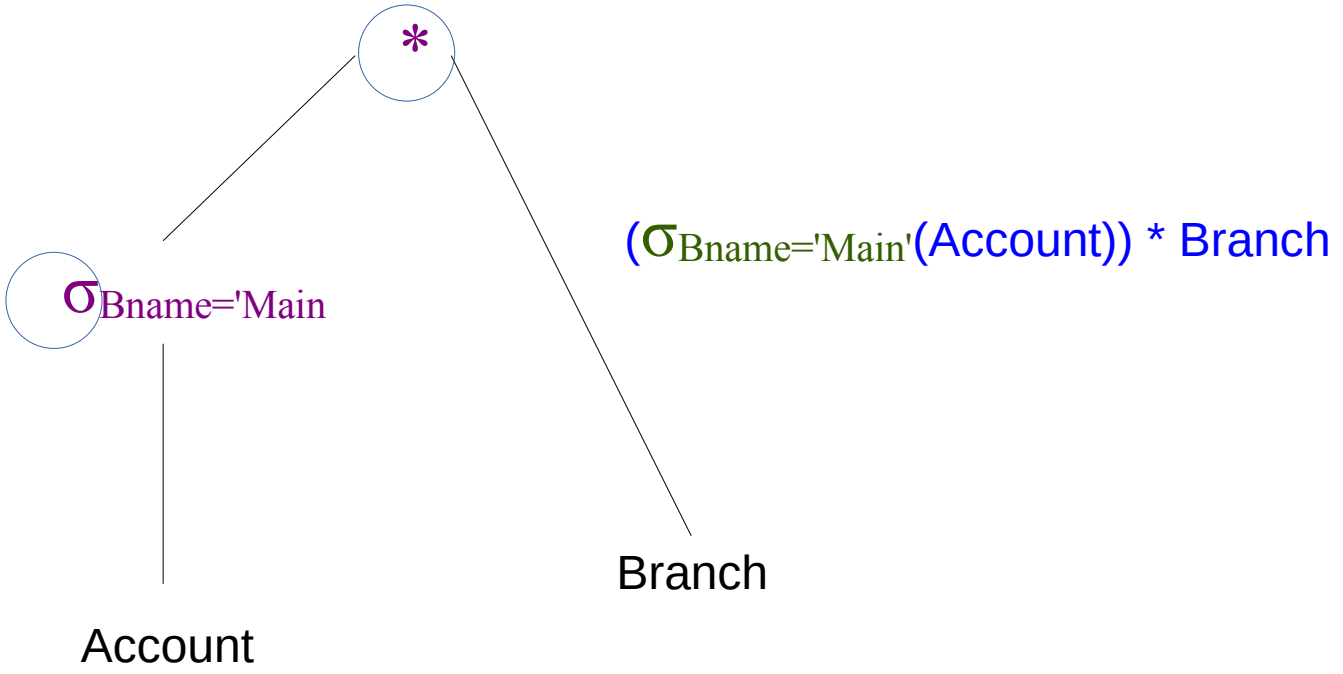
  => để thuận tiện trong việc ước lượng chi phí, khái niệm **cây biểu thức ĐSQH** (query tree) được sử dụng

Cây biểu thức ĐSQH

- Các nút lá là các quan hệ
- Các nút trong là các phép toán ĐSQH
- Toán tử một ngôi nhận vào 1 QH vả trả về 1 QH
- Toán tử 2 ngôi nhận vào 2 QH và trả về 1 QH
- Các kết quả từ các toán tử của một mức được sử dụng bởi các toán tử của mức tiếp theo trong cây cho đến khi **kết quả cuối cùng được tập hợp ở nút gốc**.
- **Ví dụ**: Vẽ cây ĐSQH biểu diễn cho biểu thức:

$$(\sigma_{Bname='Main'}(Account)) * Branch$$

Cây biểu thức ĐSQH

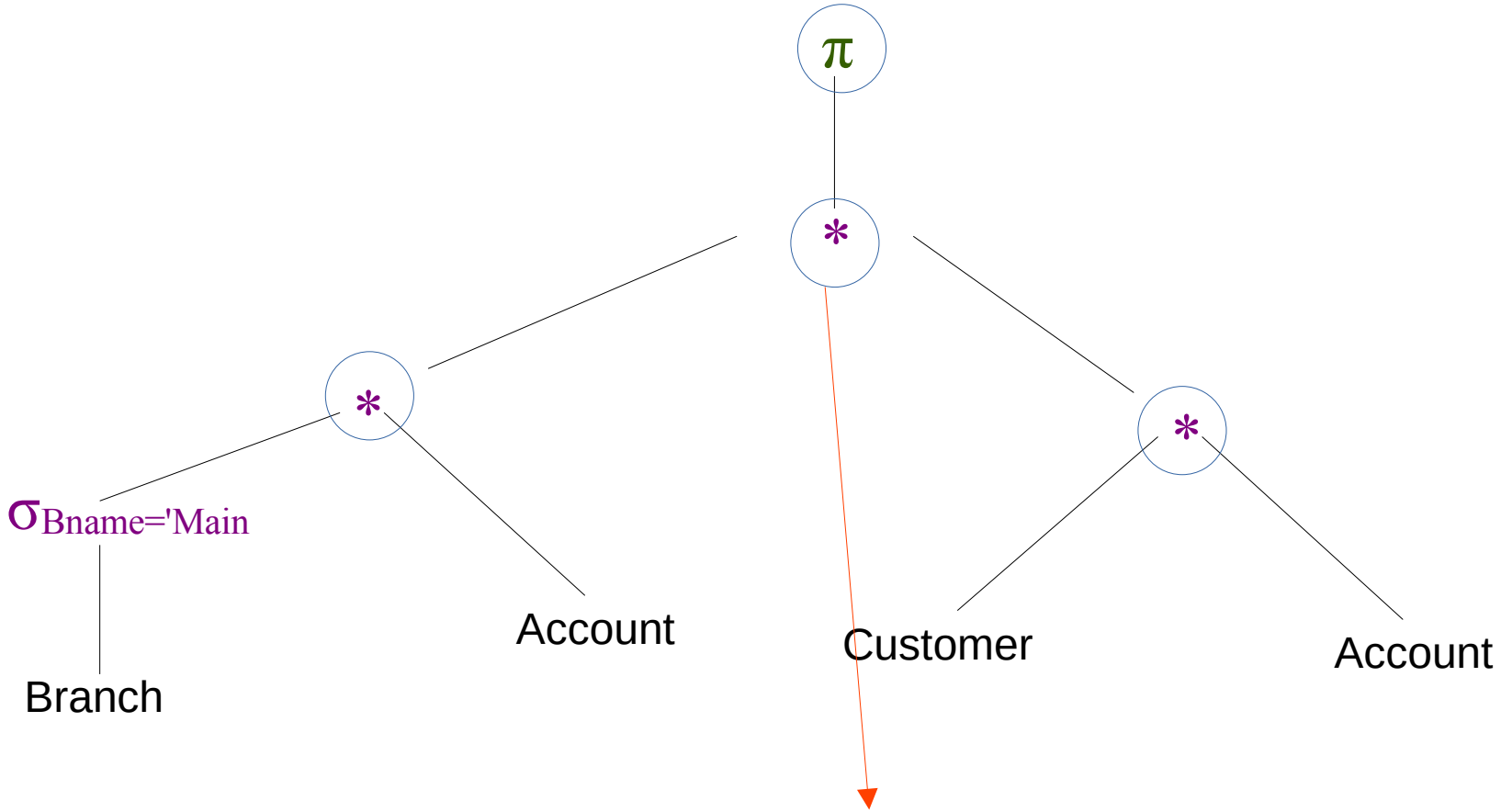


Bài tập: Vẽ cây BT ĐSQH tương ứng với 2 biểu thức sau:

1. $\pi_{cname}((Customer * Account) *(Account * (\sigma_{Bcity='Edina'}(Branch))))$

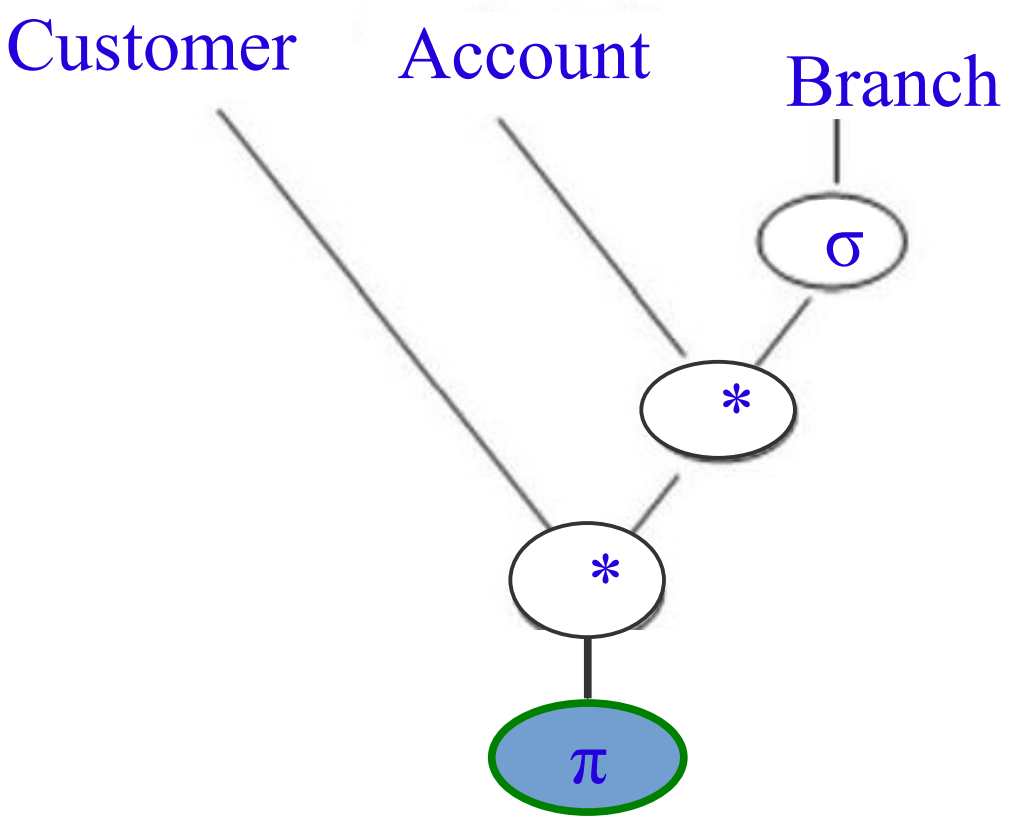
2. $\pi_{cname}(Customer * (Account * \sigma_{Bcity='Edina'}(Branch)))$

Cây biểu thức ĐSQH



1. $\pi_{cname}((Customer * Account) *(Account * (\sigma_{Bcity='Edina'}(Branch))))$

Cây biểu thức ĐSQH



2. $\pi_{cname}(Customer * (Account * \sigma_{Bcity='Edina'}(Branch)))$

Cây biểu thức ĐSQH

CUSTOMER (**CID**, CNAME, STREET, CCITY);
BRANCH (**BNAME**, ASSETS, BCITY);
ACCOUNT (**A#**, *CID*, *BNAME*, BAL);
LOAN (**L#**, *CID, BNAME*, AMT);
TRANSACTION (**TID**, *CID, A#*, Date, AMOUNT);

Bài tập 1: Tìm tên khách hàng có thực hiện giao dịch tại chi nhánh VCB với số tiền hơn 5triệu đồng

a. Viết câu lệnh SQL

b. Viết 1 biểu thức ĐSQH tương đương và vẽ cây BT ĐSQH tương ứng

Cây biểu thức ĐSQH

2.Tìm số tiền đã vay của khách hàng ở chi nhánh Cần thơ

$$\pi_{AMT}(LOAN * (\sigma_{Bcity='Cantho'}(Branch)))$$

3.Tìm số tiền đã giao dịch của khách hàng Nguyễn Văn Linh ở chi nhánh Cần thơ.

$$A \leftarrow Account * (\sigma_{Bcity='Cantho'}(Branch))$$

$$B \leftarrow \sigma_{Cname='NVL'}(Customer)$$

$$\pi_{AMOUNT}((A * B) * Transaction)$$

Ước lượng chi phí

- Bộ phận tối ưu hoá sẽ phân tích tất cả các cây trong không gian giải pháp và **chọn một cây tối ưu cho câu truy vấn** (cây có chi phí nhỏ nhất).
- Ước lượng chi phí gồm 2 bước : cắt tỉa và phân tích chi phí
  - *Bước đầu tiên trong ước lượng chi phí là **cắt tỉa*** (pruning):
    - *Các cây "xấu" bị loại bỏ* bằng cách áp dụng một vài luật
    - Một trong các luật được xem xét là "trước khi kết nối các quan hệ, chúng phải được giảm kích thước bằng cách áp dụng các phép chọn và chiếu"
  - *Bước tiếp theo là **phân tích chi phí***, các dữ liệu thống kê được dùng

Ước lượng chi phí

- **Ví dụ:**

  Sử dụng lại ví dụ phần trước với câu SQL sau:

```
Select c.Cname
From Customer c, Branch b, Account a
Where c.CID = a.CID
      AND a.Bname = b.Bname
      AND b.Bcity = 'Edina';
```

Ước lượng chi phí

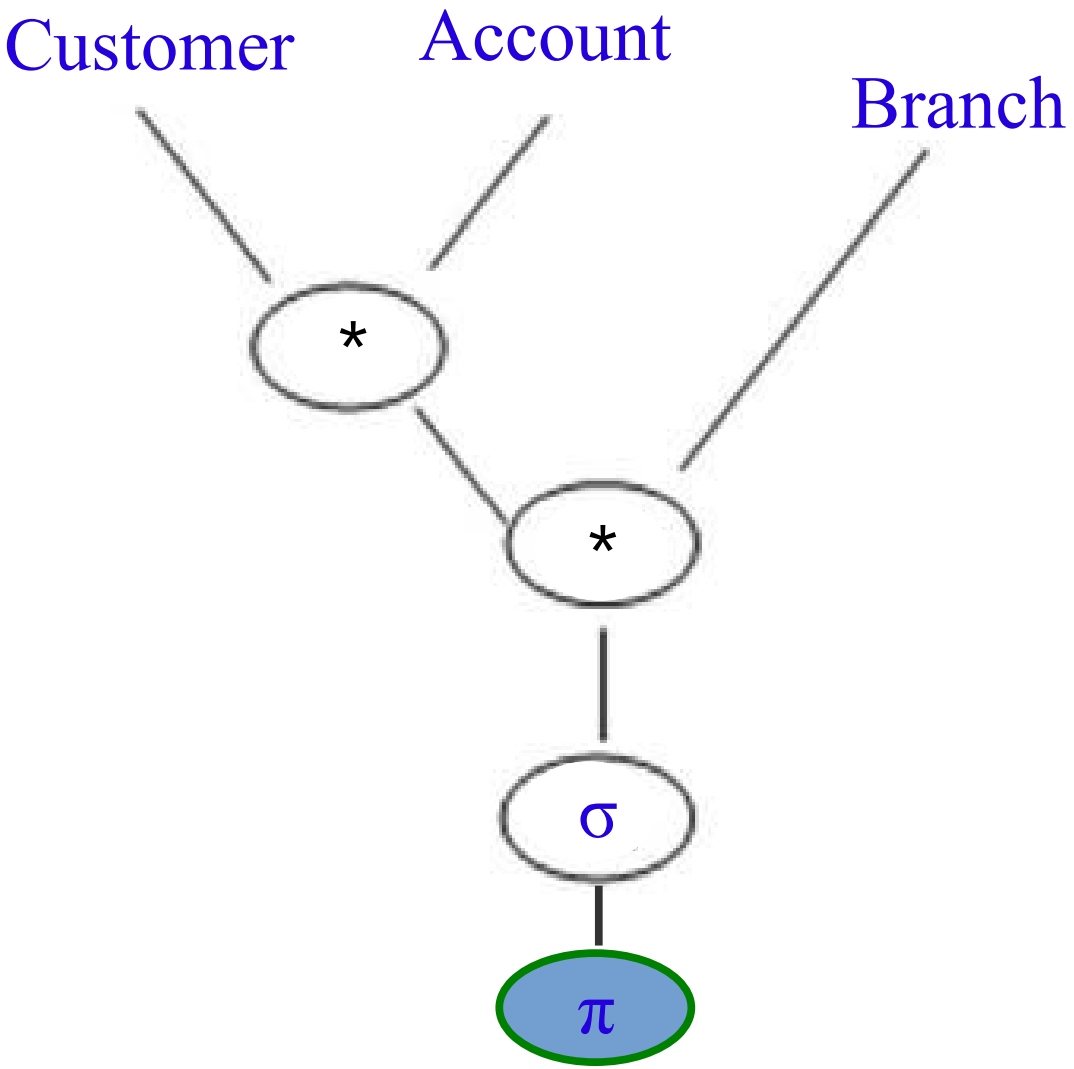
- **B1: Cắt tỉa**
  - Xét các biểu thức tương đương câu SQL đã cho

1. $\pi_{cname}(\sigma_{Bcity='Edina'}((Customer * Account) * Branch))$
2. $\pi_{cname}((Customer * Account) * (\sigma_{Bcity='Edina'}(Branch)))$
3. $\pi_{cname}(Customer * (\sigma_{Bcity='Edina}(Account * Branch)))$
4. $\pi_{cname}(\sigma_{Bcity='Edina'}(Customer * (Account * Branch)))$
5. $\pi_{cname}(Customer * (Account * (\sigma_{Bcity='Edina'}(Branch))))$

  - Vẽ các cây biểu thức ĐSQH tương đương các biểu thức đã cho

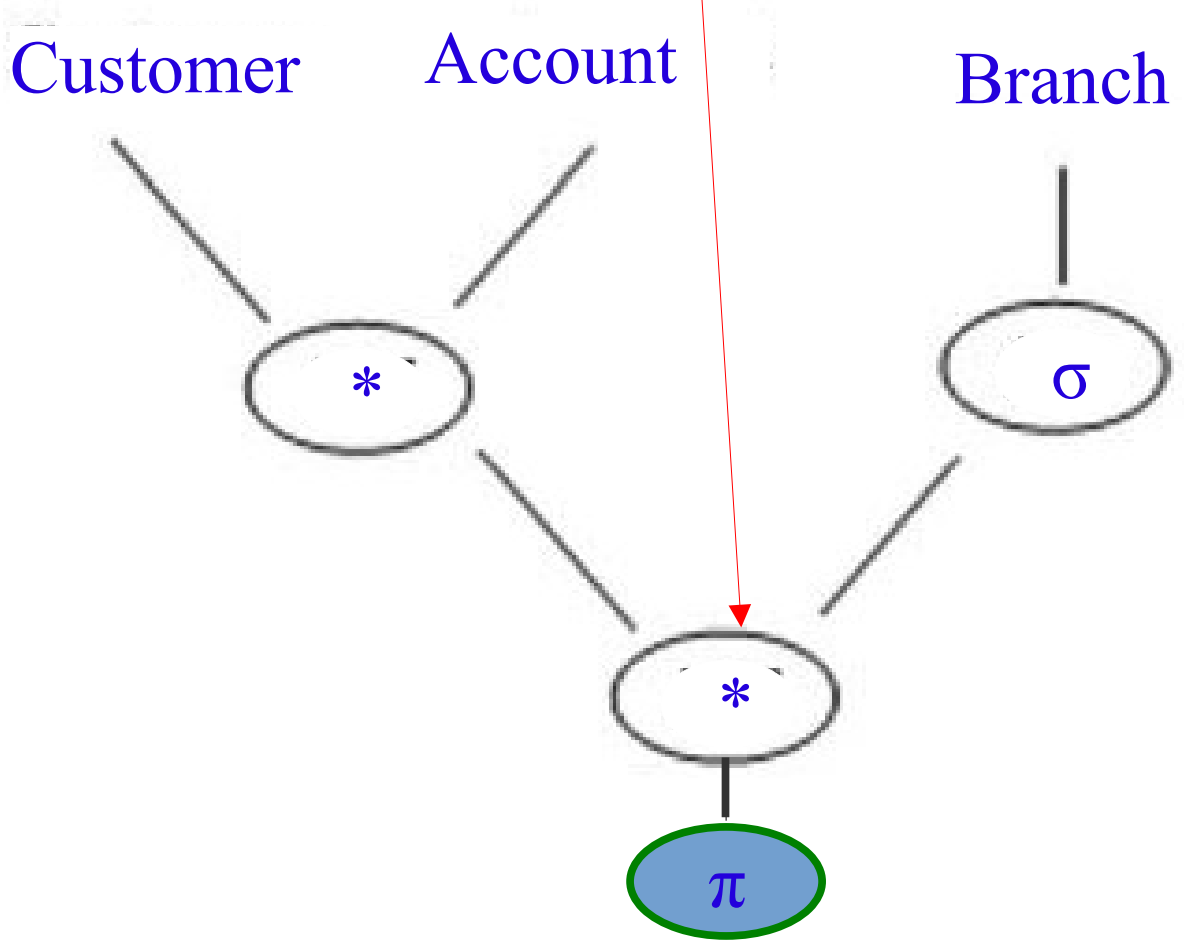
Cắt tỉa

1. $\pi_{cname}(\sigma_{Bcity='Edina'}((Customer * Account) * Branch))$



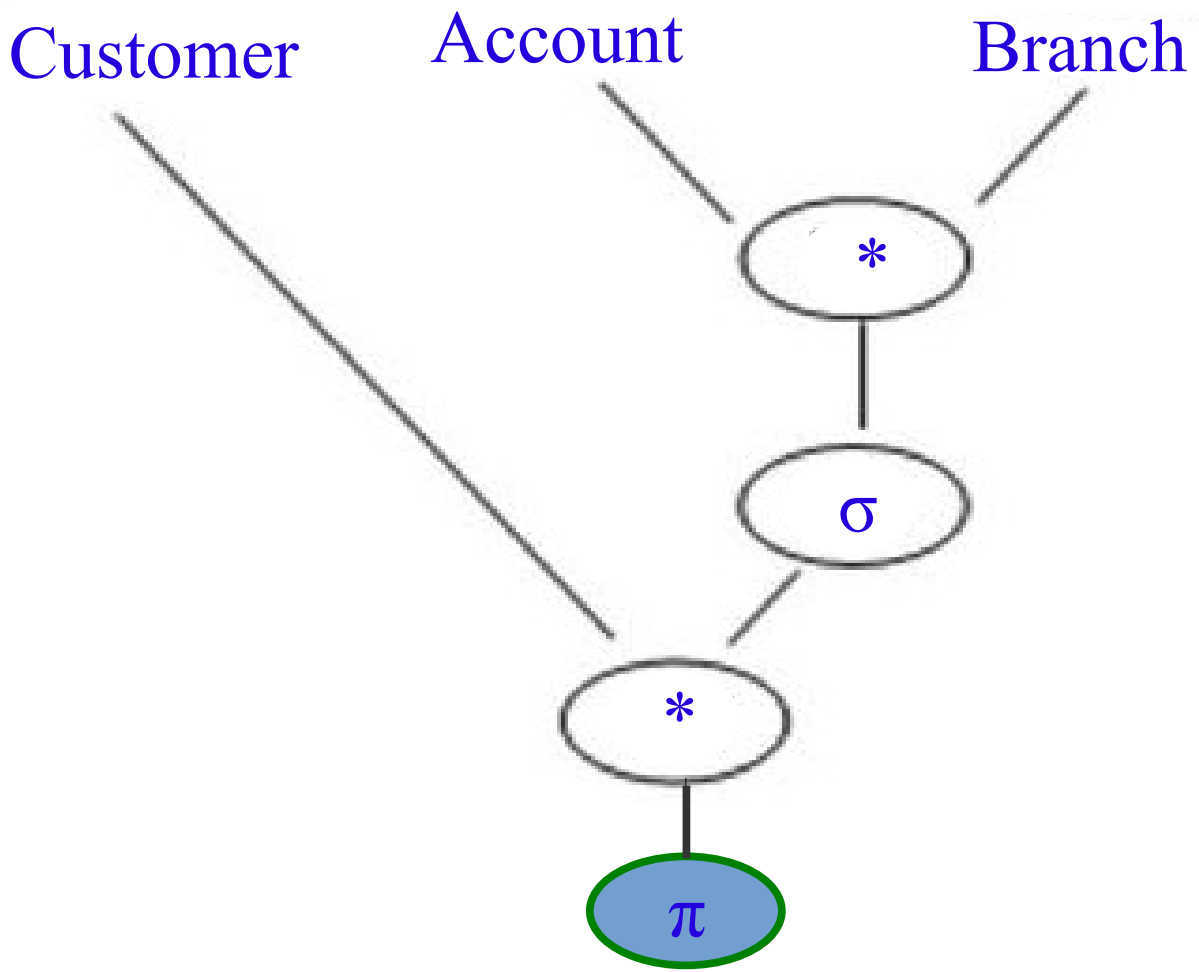
Cắt tỉa

2. $\pi_{cname}((Customer * Account) * (\sigma_{Bcity='Edina'}(Branch)))$



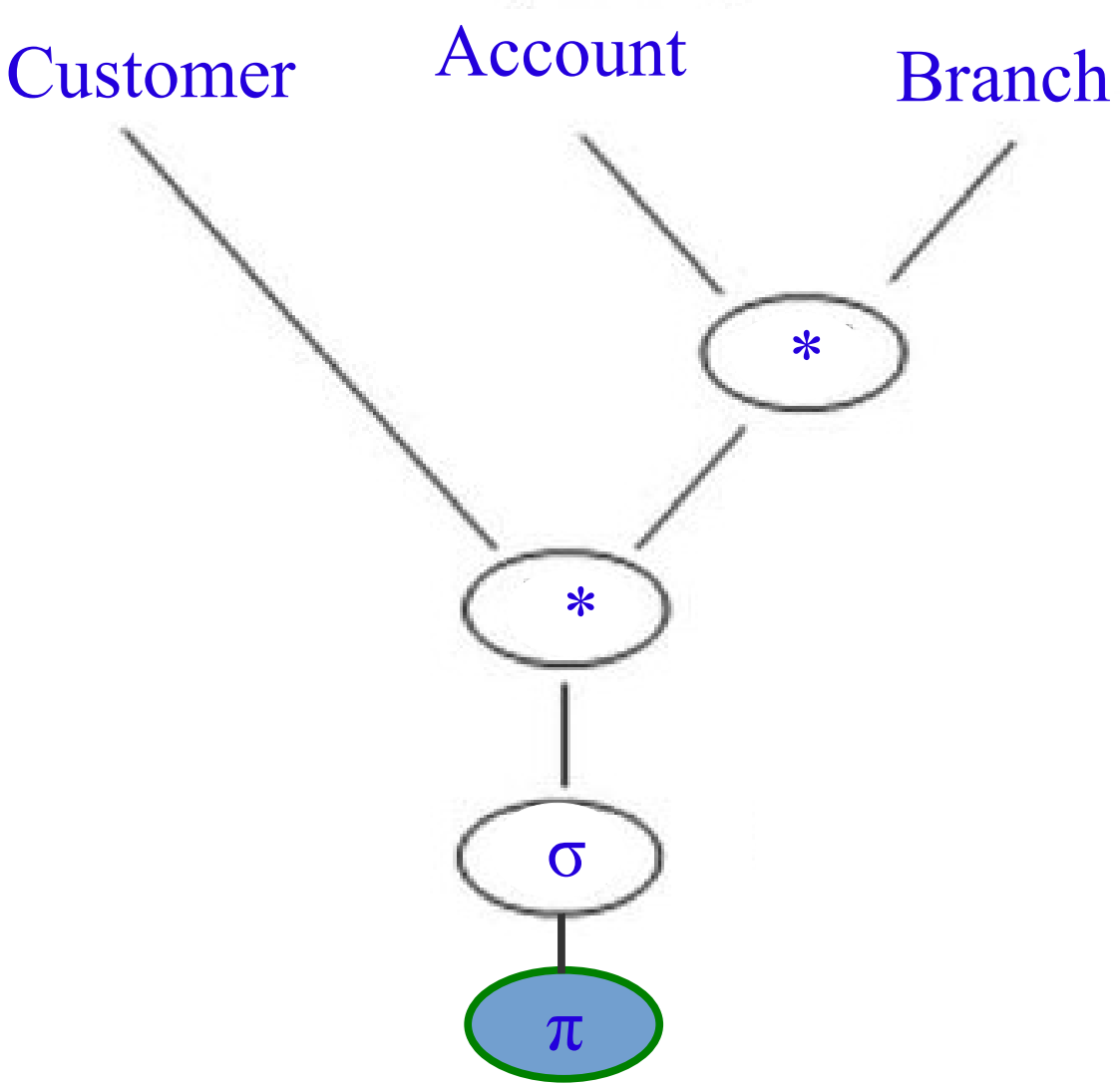
Cắt tỉa

3. $\pi_{cname}(Customer * (\sigma_{Bcity='Edina}(Account * Branch)))$



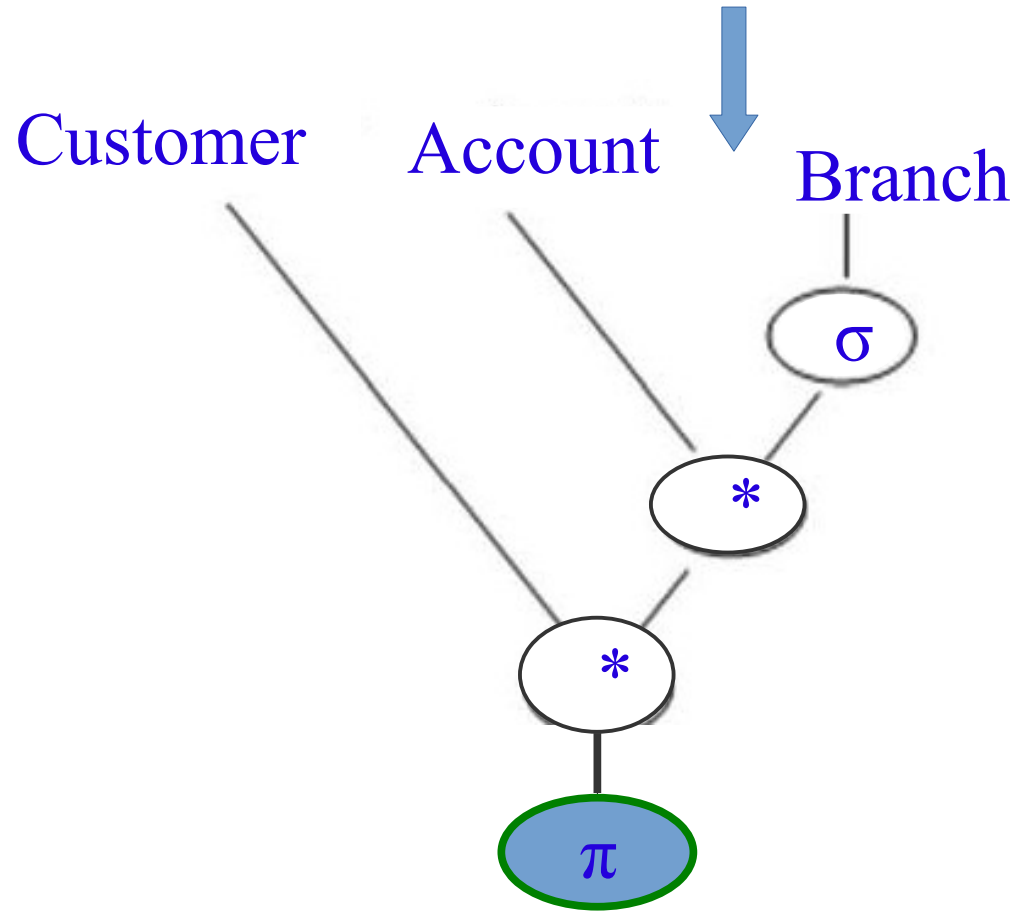
Cắt tỉa

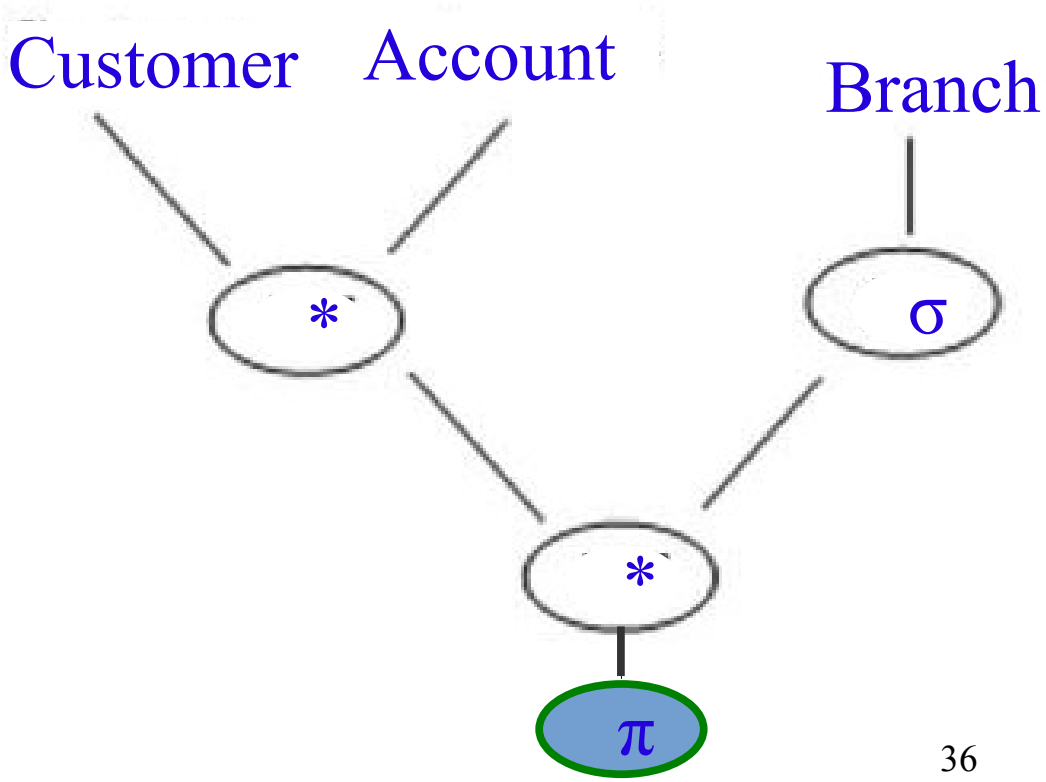
4. $\pi_{cname}(\sigma_{Bcity='Edina'}(Customer * (Account * Branch)))$



Cắt tỉa

5. $\pi_{cname}(Customer * (Account * (\sigma_{Bcity='Edina'}(Branch))))$





Cắt tỉa

- Áp dụng luật các phép chọn chiếu cần thực hiện trước kết nối lên các cây biểu thức ĐSQH

  => **Các trường hợp 2 và 5 giữ lại**, các trường hợp khác bị loại

- **Bước 2: Phân tích chi phí => sử dụng các dữ liệu thống kê**

Phân tích chi phí

- **Bước 2: Phân tích chi phí => sử dụng các dữ liệu thống kê**

  Cho:

  - Có 500 khách hàng trong ngân hàng.
  - Trung bình, mỗi khách hàng có hai tài khoản.
  - Có 100 chi nhánh trong ngân hàng.
  - Có 10 chi nhánh tại thành phố Edina.
  - 10% khách hàng có tài khoản tại các chi nhánh tại Edina.
  - Cần t đơn vị thời gian để xử lý mỗi bộ của mỗi quan hệ trong bộ nhớ

    => Có 1000 tài khoản trong ngân hàng và 100 tài khoản tại các chi nhánh ở Edina

Phân tích chi phí

$\pi_{cname}((Customer * Account) * (\sigma_{Bcity='Edina'}(Branch)))$

Chi phí cho trường hợp 2

Phép toán	Chi phí	Số dòng
Customer * Account → R1	500 * 1000t	1000 bộ
$\sigma_{Bcity='Edina'}$(Branch) → R2	100t	10 bộ
R1 * R2 → Kết quả	1000 * 10t	100 bộ
Tổng chi phí	**510.100t**	

$\pi_{cname}(Customer * (Account * (\sigma_{Bcity='Edina'}(Branch))))$

Chi phí cho trường hợp 5

Phép toán	Chi phí	Số dòng
$\sigma_{Bcity='Edina'}$(Branch) → R1	100t	10 bộ
R1 * Account → R2	10 *1000t	100 bộ
R2 * customer → Kết quả	100 * 500t	100 bộ
Tổng chi phí	**60.100t**	

=> Cây trường hợp 5 được chọn

=> Luôn thực hiện các phép toán thu hẹp quan hệ trước các phép toán mở rộng quan hệ