CS 245: Database System Principles

Notes 6: Query Processing

Hector Garcia-Molina

Vyhodnocení dotazu

- Dotaz
- Strom dotazu
- Logický plán
- Úpravy
- Fyzický plán
- Vyhodnocení

Příklad

Select B,D

From R,S

Where R.A = "c" $\wedge$ S.E = 2 $\wedge$ R.C=S.C

R	A	B	C
	a	1	10
	b	1	20
	c	2	10
	d	2	35
	e	3	45

S	C	D	E
	10	x	2
	20	y	2
	30	z	2
	40	x	1
	50	y	3

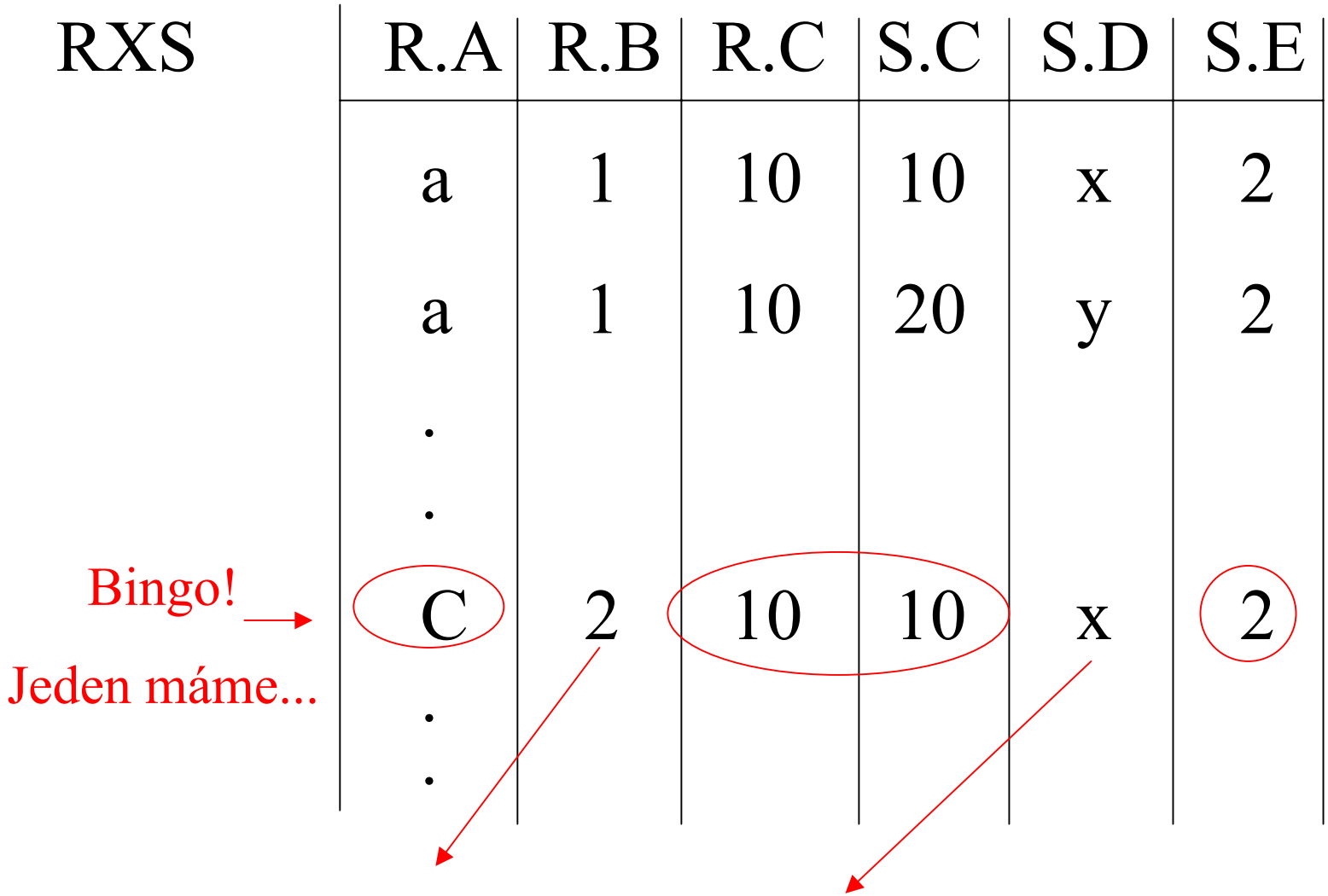
Výsledek:

B	D
2	x

- Jak vyhodnotit uvedený dotaz?

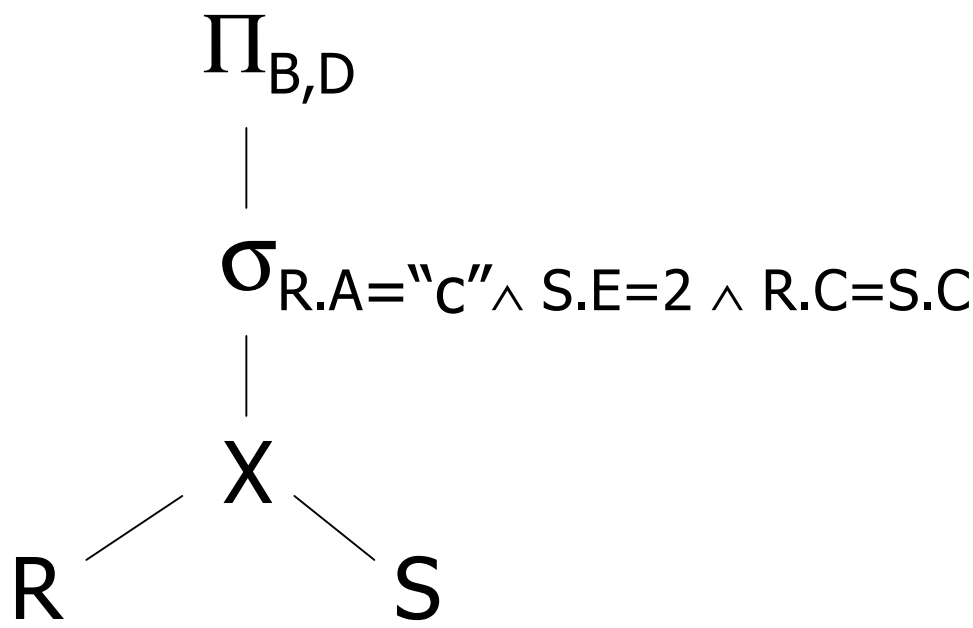
1. způsob

- kartézský součin
- výběr záznamů
- projekce


RXS
R.A
R.B
R.C
S.C
S.D
S.E
a 1 10 10 x 2
a 1 10 20 y 2
Bingo!
C 2 10 10 x 2
Jeden máme...

Relační Algebra – použití pro popis plánů

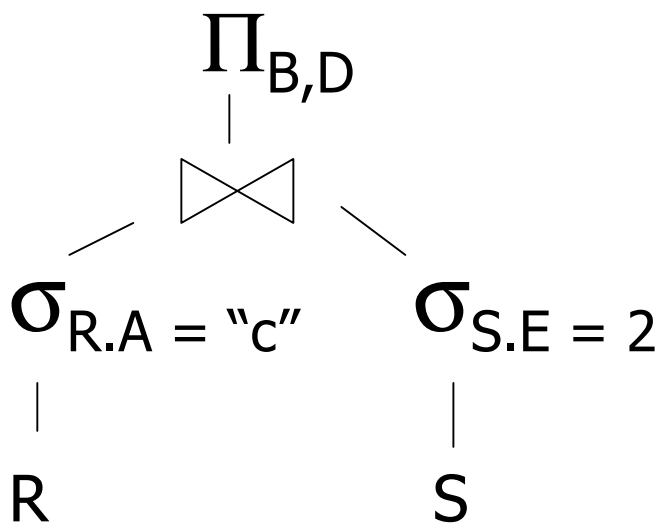
Př.: Plán I



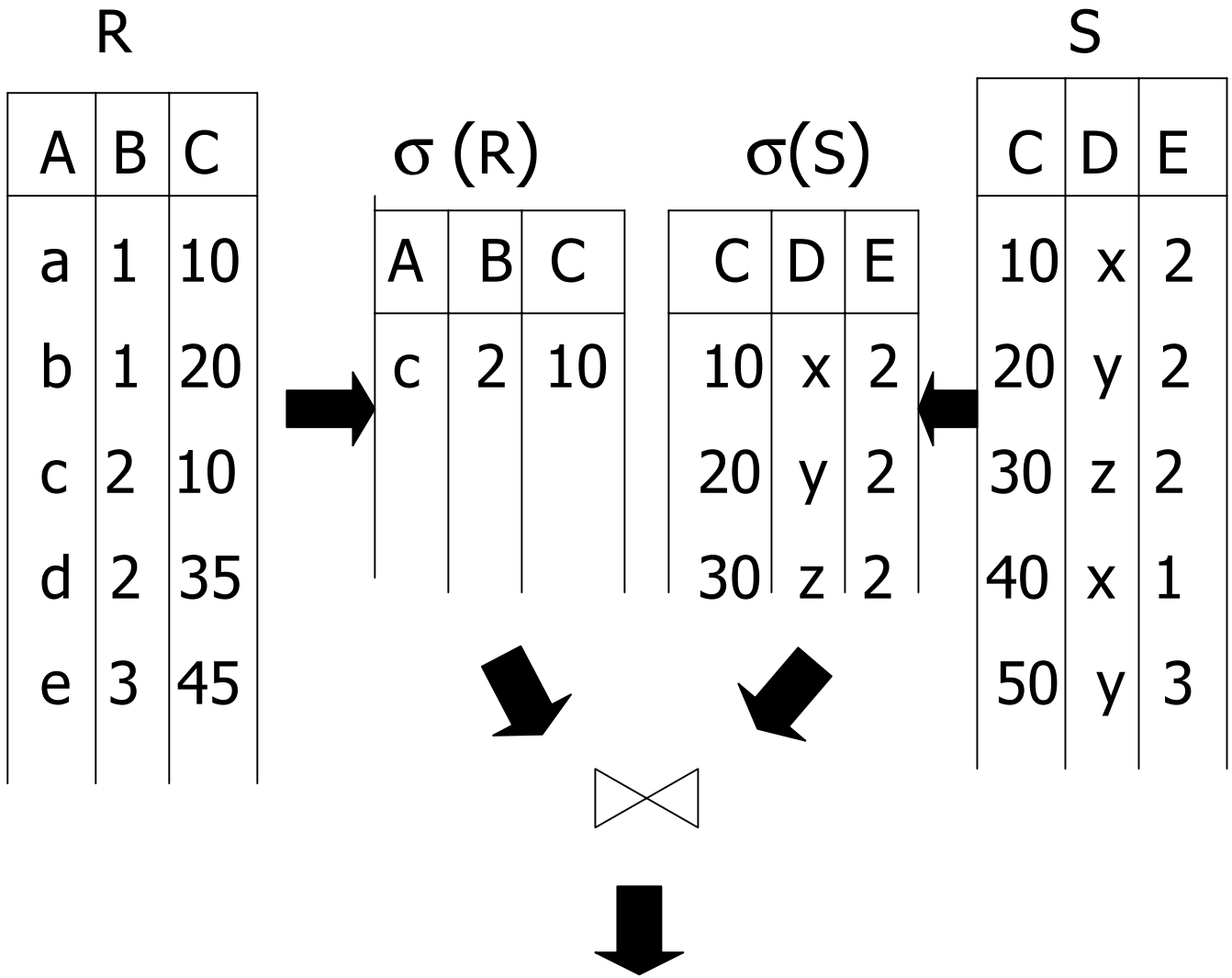
$\Pi_{B,D}$ [$\sigma_{R.A=\text{“c”} \wedge S.E=2 \wedge R.C = S.C}$ (RXS)]

Jiný způsob:

Plán II



⋈ přirozené spojení


R
A B C
a 1 10
b 1 20
c 2 10
d 2 35
e 3 45
σ (R)
A B C
c 2 10
σ(S)
C D E
10 x 2
20 y 2
30 z 2
S
C D E
10 x 2
20 y 2
30 z 2
40 x 1
50 y 3
⋈

Plán III

Použijeme indexy R.A a S.C

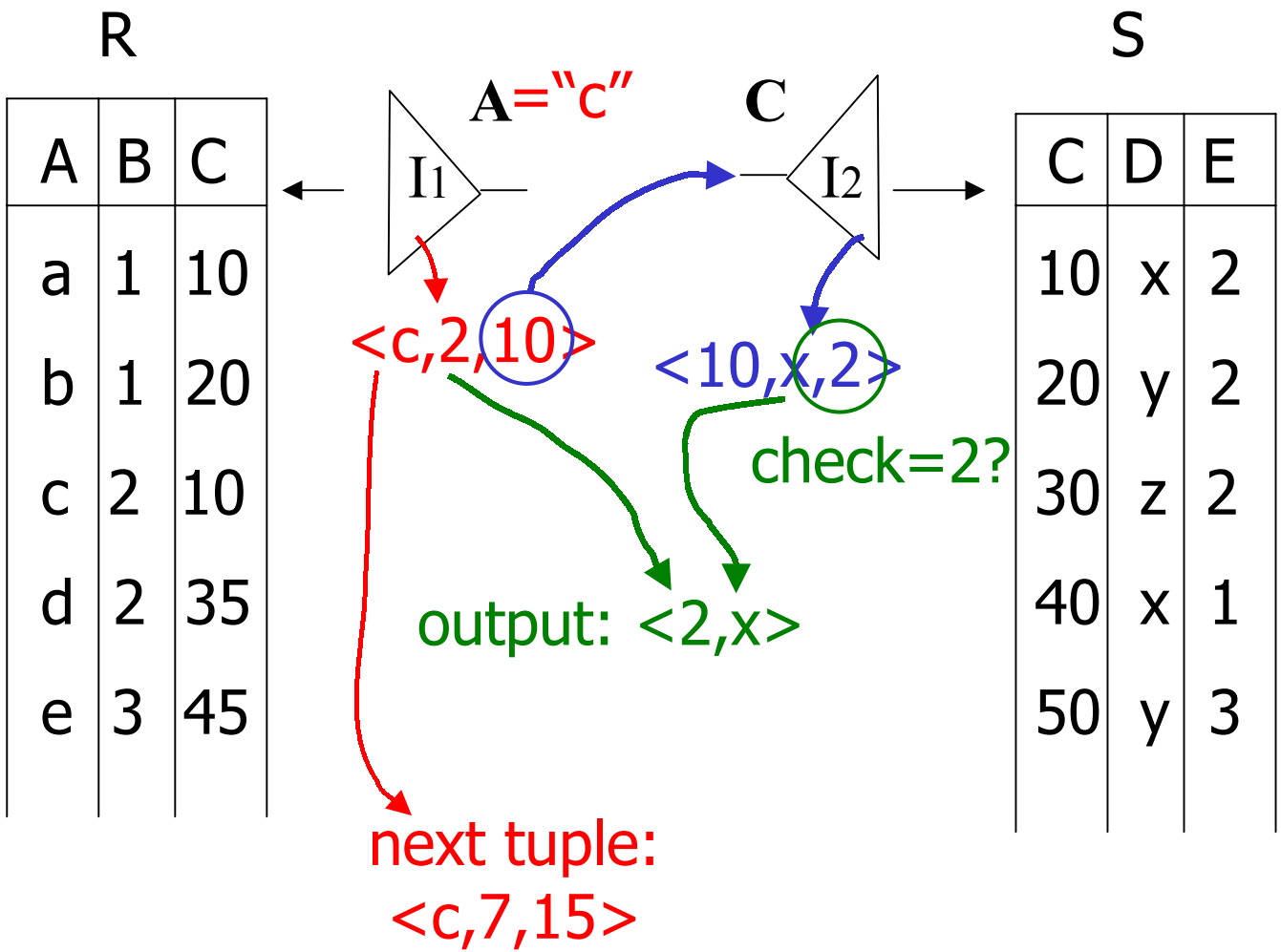
(1) použijeme index R.A k nalezení záznamů R splňující R.A = "c"

(2) Pro každou nalezenou hodnotu R.C použijeme index S.C pro nalezení odpovídajících záznamů

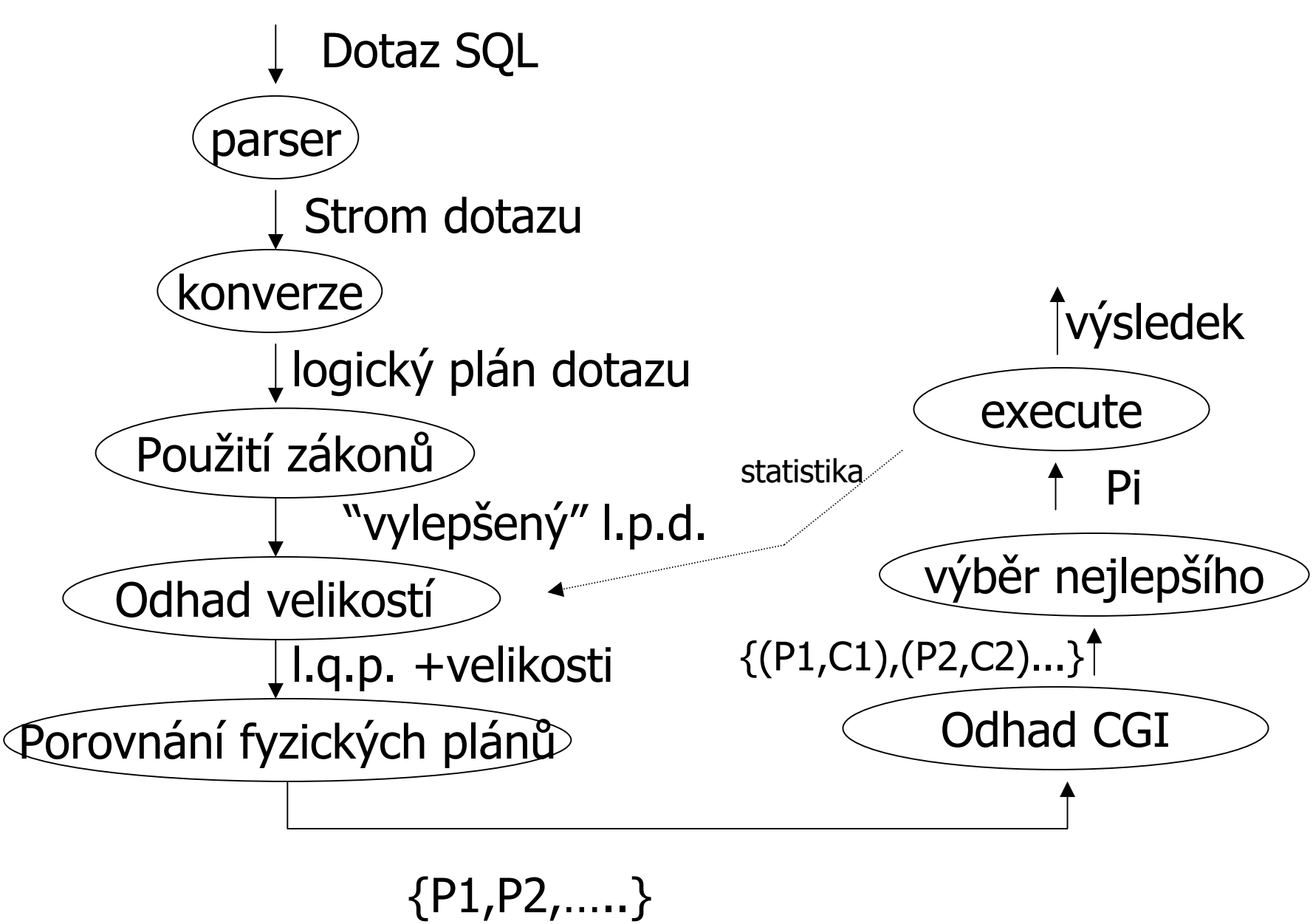
(3) Vypustíme záznamy S, kde S.E ≠ 2

(4) Spojíme odpovídající záznamy R,S

provedeme projekci na atributy B,D


R
A
B
C
a
1
10
b
1
20
c
2
10
d
2
35
e
3
45
A="c"
C
I1
I2
<c,2,10>
<10,x,2>
check=2?
output: <2,x>
next tuple:
<c,7,15>
S
C
D
E
10
x
2
20
y
2
30
z
2
40
x
1
50
y
3

Přehled optimalizace dotazů

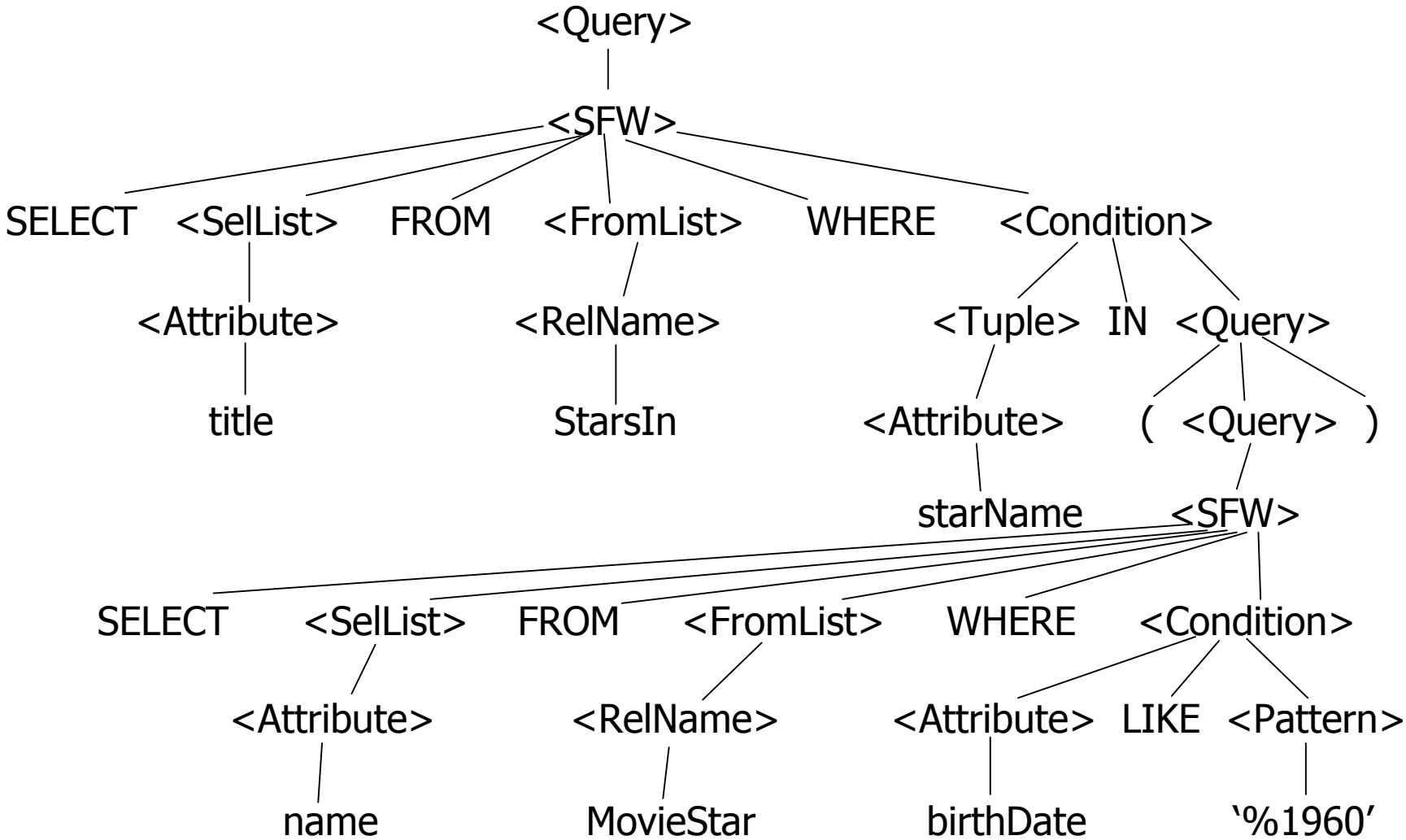

Dotaz SQL
parser
Strom dotazu
konverze
logický plán dotazu
Použití zákonů
"vylepšený" l.p.d.
Odhad velikostí
l.q.p. +velikosti
Porovnání fyzických plánů
{P1,P2,…..}
výsledek
execute
Pi
statistika
výběr nejlepšího
{(P1,C1),(P2,C2)…}
Odhad CGI

Příklad: dotaz SQL

```
SELECT title
FROM StarsIn
WHERE starName IN (
        SELECT name
        FROM MovieStar
        WHERE birthdate LIKE '%1960'
);
```

(Find the movies with stars born in 1960)

Příklad: Strom dotazu



Příklad: Generování Relační Algebry

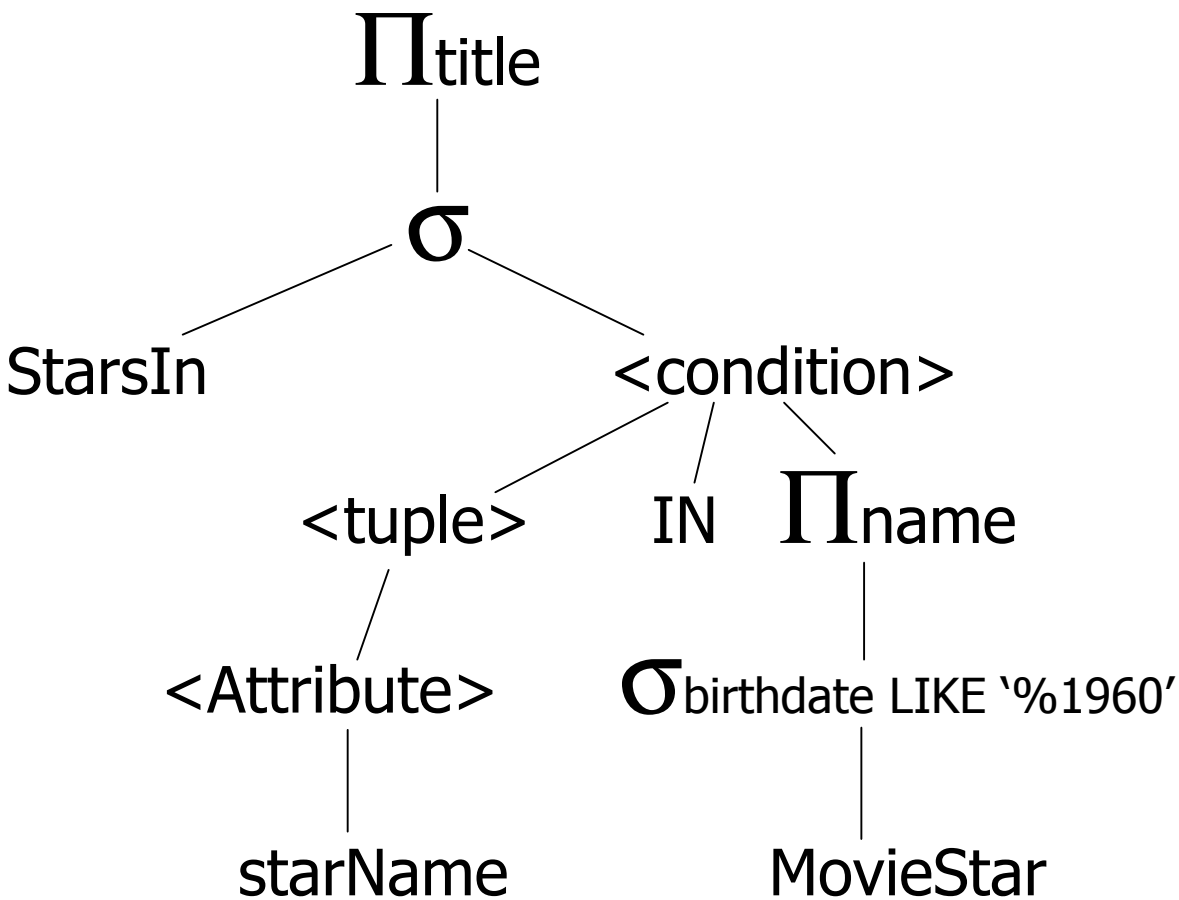


Fig. 7.15: An expression using a two-argument σ, midway between a parse tree and relational algebra

Příklad: Logický plán dotazu

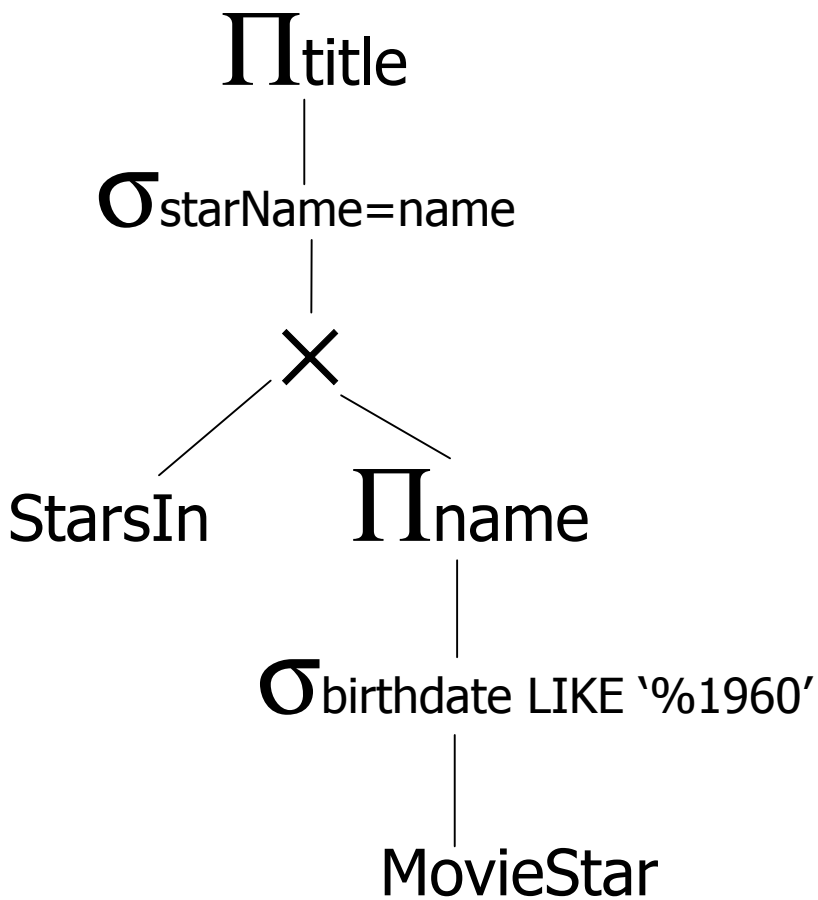
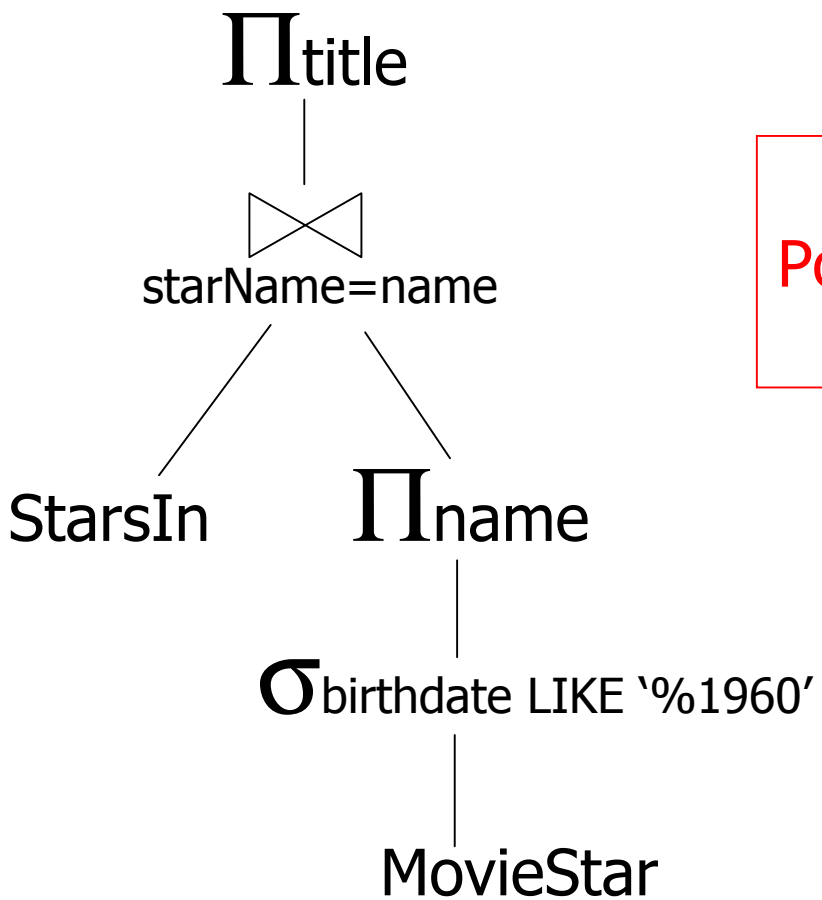


Fig. 7.18: Applying the rule for IN conditions

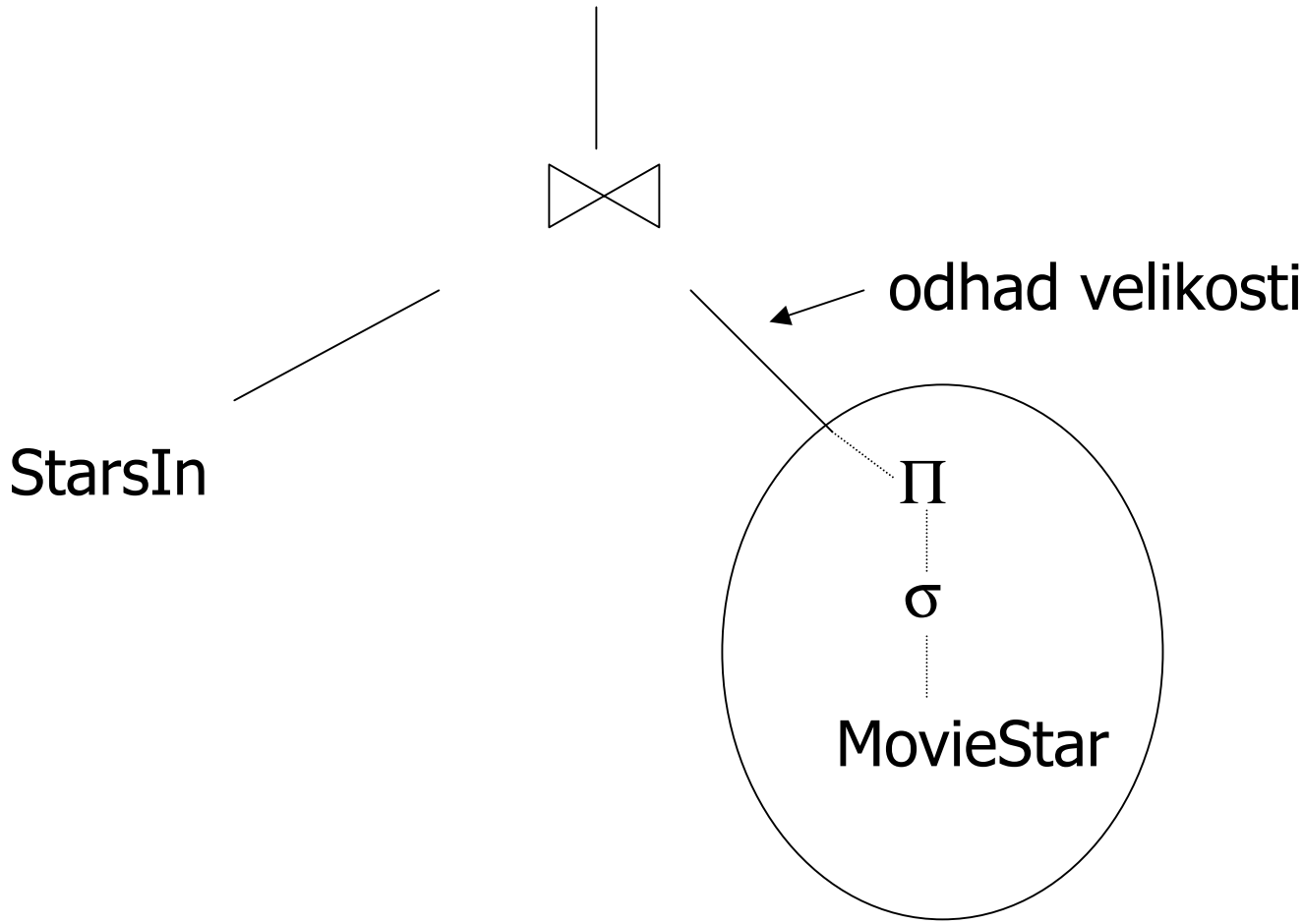
Příklad: Vylepšení logického plánu



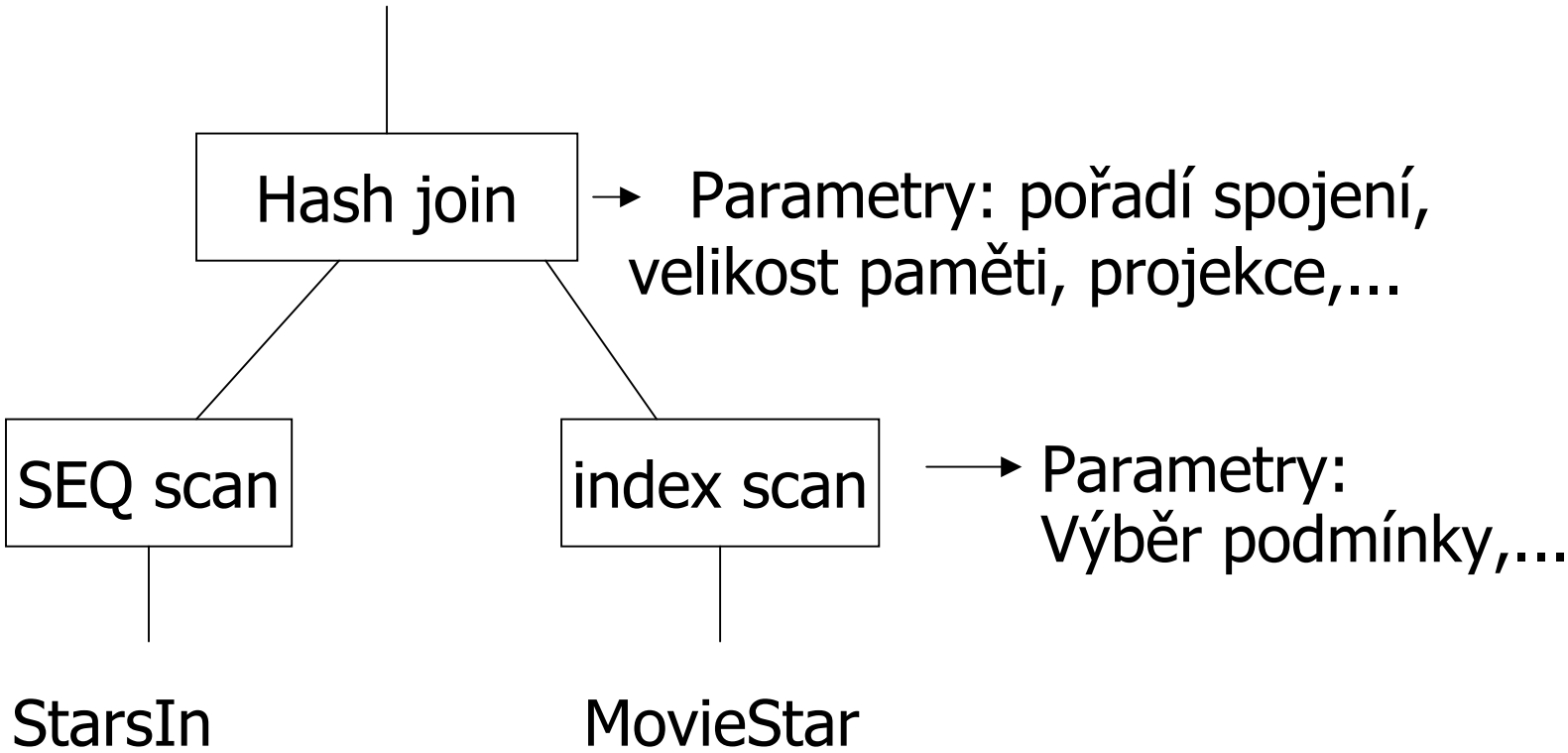
Otázka:
Posunout projekci na StarsIn?

Fig. 7.20: An improvement on fig. 7.18.

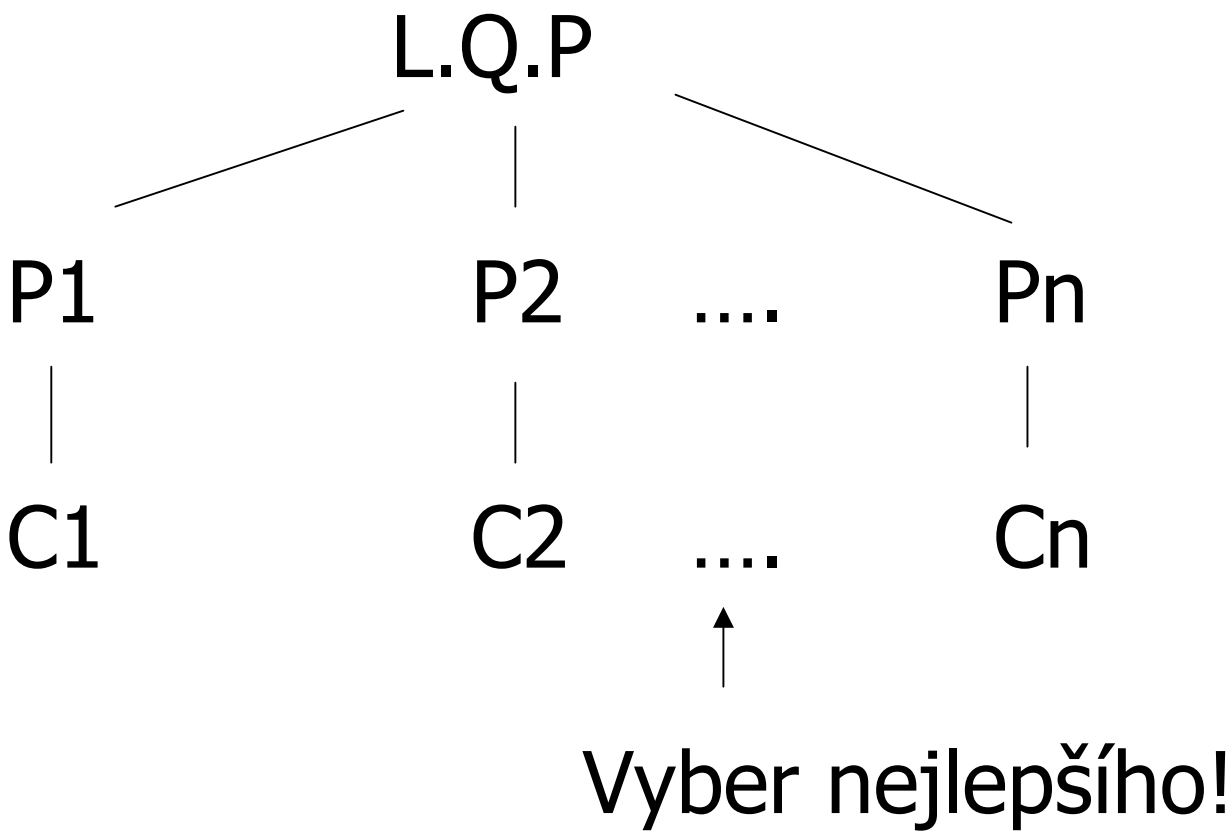
Příklad: Odhad velikostí výsledků



Příklad: jeden fyzický plán



Příklad: Odhad ceny



Optimalizace dotazu

- Úroveň relační algebry
- Úroveň podrobného plánu dotazu
  - Odhad ceny
    - bez indexů
    - s indexy
  - Vytvoření a porovnání plánů

Optimalizace

- Transformační pravidla (zajištění ekvivalence)
- Jaké transformace?

pravidla: Přir. spojení & součin & sjednocení

$R \bowtie S = S \bowtie R$

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

$R \times S = S \times R$

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

$R \cup S = S \cup R$

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

pravidla: výběr

$$\sigma_{p1 \wedge p2}(R) = \sigma_{p1}\ [\ \sigma_{p2}\ (R)]$$

$$\sigma_{p1 \vee p2}(R) = [\ \sigma_{p1}\ (R)]\ \cup\ [\ \sigma_{p2}\ (R)]$$

Bags vs. Sets

R = {a,a,b,b,b,c}

S = {b,b,c,c,d}

RUS = ?

- Možnost 1 SUM

  RUS = {a,a,b,b,b,b,b,c,c,c,d}
- Možnost 2 MAX

  RUS = {a,a,b,b,b,c,c,d}

Možnost 2 (MAX) funguje:

$$\sigma_{p1 \vee p2}(R) = \sigma_{p1}(R) \cup \sigma_{p2}(R)$$

Příklad: R={a,a,b,b,b,c}

P1 satisfied by a,b; P2 satisfied by b,c

$\sigma_{p1 \vee p2}(R) = \{a,a,b,b,b,c\}$

$\sigma_{p1}(R) = \{a,a,b,b,b\}$

$\sigma_{p2}(R) = \{b,b,b,c\}$

$\sigma_{p1}(R) \cup \sigma_{p2}(R) = \{a,a,b,b,b,c\}$

Pragmatické rozhodnutí

-> použití “SUM” pro sjednocení multimnožin

-> některá pravidla nemůžeme pro multimnožiny použít

pravidla: kombinace σ + ⋈

Nechť

p = výraz obsahující pouze atributy R

q = výraz obsahující pouze atributy R

m = výraz obsahující atributy R a S

$\sigma_p (R \bowtie S) = [\sigma_p (R)] \bowtie S$

$\sigma_q (R \bowtie S) = R \bowtie [\sigma_q (S)]$

pravidla: kombinace σ + $\bowtie$

$$\sigma_{p \wedge q}(R \bowtie S) = [\sigma_p(R)] \bowtie [\sigma_q(S)]$$

$$\sigma_{p \wedge q \wedge m}(R \bowtie S) = \sigma_m \left[(\sigma_p R) \bowtie (\sigma_q S) \right]$$

$$\sigma_{p \vee q}(R \bowtie S) = \left[(\sigma_p R) \bowtie S \right] \cup \left[R \bowtie (\sigma_q S) \right]$$

Příklad odvození:

$$\sigma_{p \wedge q} (R \bowtie S) =$$

$$\sigma_p [\sigma_q (R \bowtie S)] =$$

$$\sigma_p [R \bowtie \sigma_q (S)] =$$

$$[\sigma_p (R)] \bowtie [\sigma_q (S)]$$

pravidla: kombinace π,σ

x = podmnožina atributů R

z = atributy ve výrazu P
(podmnožina atributů R)

$$\pi_x[\sigma_{p\,(R)}] = \pi_x\{\sigma_p[\overbrace{\pi_{xz}\ \cancel{\pi_x}}\ (R)]\}$$

pravidla: kombinace π, $\bowtie$

x = podmnožina atributů R

y = podmnožina atributů S

z = průnik atributů R,S

$$\pi_{xy}(R \bowtie S) =$$

$$\pi_{xy}\{[\pi_{xz}(R)] \bowtie [\pi_{yz}(S)]\}$$

$$\pi_{xy}\{\sigma_p\ (R \bowtie S)\} \ =$$

$$\pi_{xy}\{\sigma_p\ [\pi_{xz'}(R) \bowtie \pi_{yz'}(S)]\}$$

$$z' = z\ U\ \{\text{atributy použité v P}\}$$

pravidla kombinace σ, $\cup$:

$$\sigma_p(R \cup S) = \sigma_p(R) \cup \sigma_p(S)$$

$$\sigma_p(R - S) = \sigma_p(R) - S = \sigma_p(R) - \sigma_p(S)$$

Jaké transformace použít?

- $\sigma_{p1 \wedge p2}(R) \rightarrow \sigma_{p1}[\sigma_{p2}(R)]$
- $\sigma_{p}(R \bowtie S) \rightarrow [\sigma_{p}(R)] \bowtie S$
- $R \bowtie S \rightarrow S \bowtie R$
- $\pi_{x}[\sigma_{p}(R)] \rightarrow \pi_{x}\{\sigma_{p}[\pi_{xz}(R)]\}$

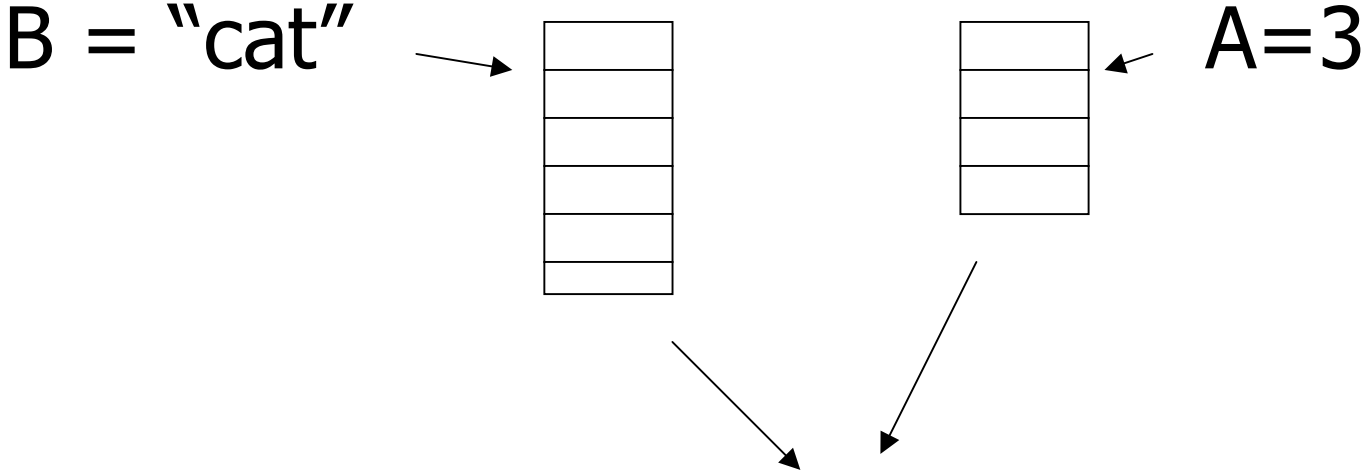
Obecné rada: projekci co nejdříve

Příklad: R(A,B,C,D,E) x={E}

P: (A=3) $\wedge$ (B="cat")

$\pi_x \{\sigma_p\ (R)\}$ vs. $\pi_E \{\sigma_p\{\pi_{ABE}(R)\}\}$

Co když máme na A, B indexy?



Průnik seznamu ukazatelů dává výsledek přímo

Obecná pravidla:

- bez transformací neuděláme chybu
- Většinou výhodné: brzký výběr

- eliminace společných podvýrazů

Outline - Query Processing

- Úroveň relační algebry
  - transformační pravidla
  - volba pravidel
- Úroveň podrobného plánu dotazu
  - odhad ceny
  - vytvoření a porovnání plánů

Odhad velikosti výsledku

- Statistika pro relaci R
  - T(R) : # záznamů R
  - S(R) : # bytů v každém záznamu R
  - B(R): # bloků obsazených R
  - V(R, A) : # různých hodnot R
    na atributech A

Příklad

R

A	B	C	D
cat	1	10	a
cat	1	20	b
dog	1	30	a
dog	1	40	c
bat	1	50	d

A: 20 byte string

B: 4 byte integer

C: 8 byte date

D: 5 byte string

T(R) = 5 S(R) = 37

V(R,A) = 3 V(R,C) = 5

V(R,B) = 1 V(R,D) = 4

Odhad velikostí W = R1 x R2

$T(W) = T(R1) \times T(R2)$

$S(W) = S(R1) + S(R2)$

Odhad velikostí $W = \sigma_{A=a}(R)$

$S(W) = S(R)$

$T(W) = ?$

Příklad

R

A	B	C	D
cat	1	10	a
cat	1	20	b
dog	1	30	a
dog	1	40	c
bat	1	50	d

V(R,A)=3

V(R,B)=1

V(R,C)=5

V(R,D)=4

$W = \sigma_{z=val}(R)$ $\quad T(W) = \dfrac{T(R)}{V(R,Z)}$

Předpoklad:

Hodnoty ve výrazu výběru Z = val
jsou rovnoměrně rozloženy
mezi všechny různé hodnoty v R,
kterých je V(R,Z).

Alternativní předpoklad:

Hodnoty ve výrazu výběru Z = val
jsou rovnoměrně rozloženy
v oboru hodnot atributu Z: DOM(R,Z)

Příklad

R

A	B	C	D
cat	1	10	a
cat	1	20	b
dog	1	30	a
dog	1	40	c
bat	1	50	d

Alternativní předpoklad

V(R,A)=3 DOM(R,A)=10

V(R,B)=1 DOM(R,B)=10

V(R,C)=5 DOM(R,C)=10

V(R,D)=4 DOM(R,D)=10

$W = \sigma_{z=val}(R)$ T(W) = ?

$$C=val \Rightarrow T(W) = (1/10)1 + (1/10)1 + \ldots = (5/10) = 0.5$$

$$B=val \Rightarrow T(W)= (1/10)5 + 0 + 0 = 0.5$$

$$A=val \Rightarrow T(W)= (1/10)2 + (1/10)2 + (1/10)1 = 0.5$$

Příklad

R

A	B	C	D
cat	1	10	a
cat	1	20	b
dog	1	30	a
dog	1	40	c
bat	1	50	d

Alternativní předpoklad

V(R,A)=3 DOM(R,A)=10

V(R,B)=1 DOM(R,B)=10

V(R,C)=5 DOM(R,C)=10

V(R,D)=4 DOM(R,D)=10

$$W = \sigma_{z=val}(R) \quad T(W) = \frac{T(R)}{DOM(R,Z)}$$

Velikost výběru

SC(R,A) = průměrný počet záznamů splňujících podmínku rovnosti na R.A

$$SC(R,A) = \begin{cases} \dfrac{T(R)}{V(R,A)} \\ \\ \dfrac{T(R)}{DOM(R,A)} \end{cases}$$

Co když $W = \sigma_{z \geq val}(R)$?

$T(W) = ?$

- Řešení # 1:

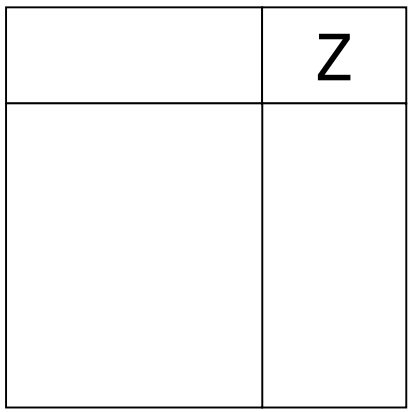
  $T(W) = T(R)/2$

- Řešení # 2:

  $T(W) = T(R)/3$

- Řešení # 3: Odhad podle rozsahu

Příklad R



V(R,Z)=10

W= $\sigma_{z \geq 15}$ (R)

$f = \frac{20-15+1}{20-1+1} = \frac{6}{20}$ (fraction of range)

$T(W) = f \times T(R)$

Analogicky:

$f \times V(R,Z)$ = fraction of distinct values

$$T(W) = [f \times V(Z,R)] \times \frac{T(R)}{V(Z,R)} = f \times T(R)$$

Odhad velikostí $W = R1 \bowtie R2$

x = atributy z R1

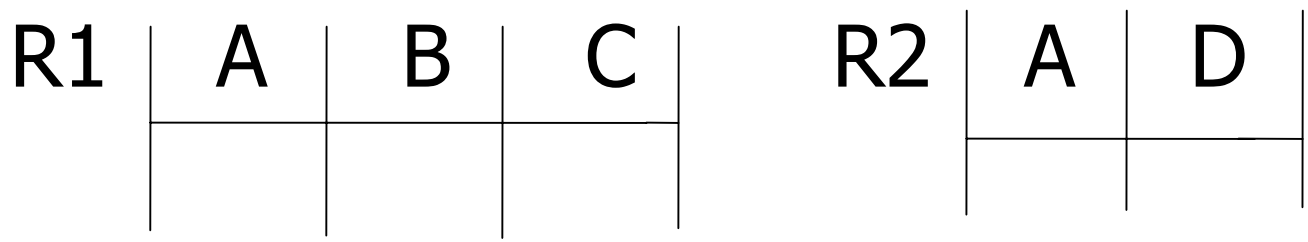
y = atributy z R2

Případ 1

$$X \cap Y = \emptyset$$

Stejné jako R1 x R2

Případ 2 $W = R1 \bowtie R2$ $X \cap Y = A$

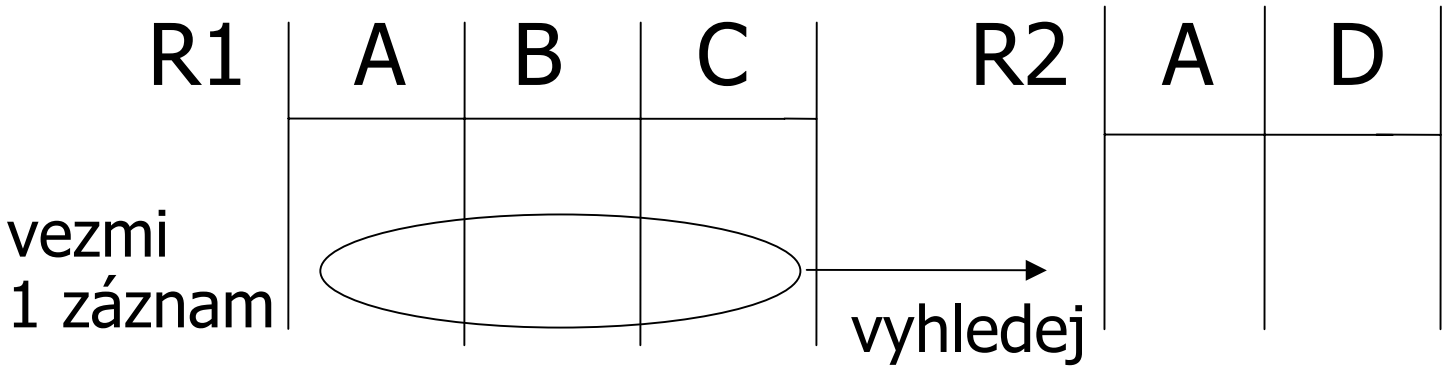


Předpoklad:

$V(R1,A) \leq V(R2,A) \Rightarrow$ každá hodnota A z R1 je i v R2

$V(R2,A) \leq V(R1,A) \Rightarrow$ každá hodnota A z R2 je i v R1

Výpočet T(W) pro $V(R1,A) \leq V(R2,A)$



1 záznam R1 se spojí s $\frac{T(R2)}{V(R2,A)}$ záznamy

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

- $V(R1,A) \leq V(R2,A) \quad T(W) = \frac{T(R2)\ T(R1)}{V(R2,A)}$

- $V(R2,A) \leq V(R1,A) \quad T(W) = \frac{T(R2)\ T(R1)}{V(R1,A)}$

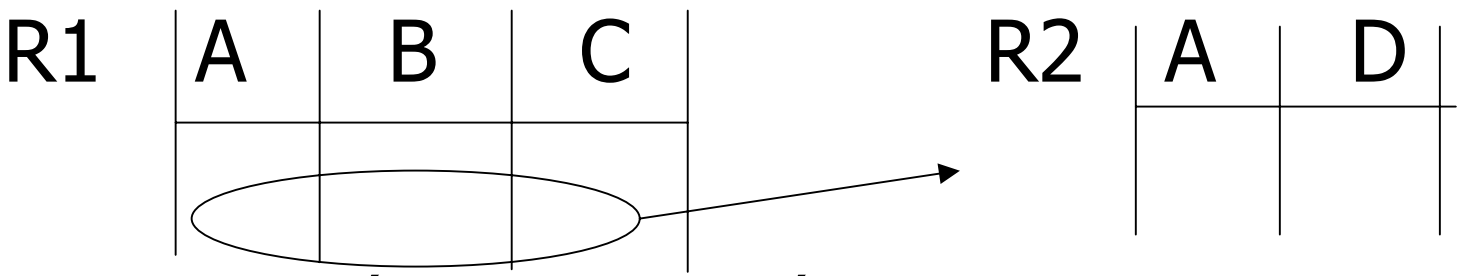
[A je společný atribut]

Obecně $W = R1 \bowtie R2$

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

Případ 2 Alternativní předpoklad

Hodnoty jsou rovnoměrně rozděleny v doméně



tyto záznamy se spojí s T(R2)/DOM(R2,A)

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

Předpokládáme stejné

Ve všech případech:

$$S(W) = S(R1) + S(R2) - S(A)$$

velikost atributu A

Poznámka: pro složitější výrazy potřebujeme velikosti mezivýsledků.

$$W = [\sigma_{A=a}(R1)] \bowtie R2$$

bereme jako relaci U

$$T(U) = T(R1)/V(R1,A) \qquad S(U) = S(R1)$$

potřebujeme V (U, *) !!

Odhad V

Př.: $U = \sigma_{A=a}(R1)$

R1 má atributy A,B,C,D

V(U, A) =

V(U, B) =

V(U, C) =

V(U, D) =

Příklad

R1

A	B	C	D
cat	1	10	10
cat	1	20	20
dog	1	30	10
dog	1	40	30
bat	1	50	10

V(R1,A)=3

V(R1,B)=1

V(R1,C)=5

V(R1,D)=3

$U = \sigma_{A=a}(R1)$

V(U,A) =1 V(U,B) =1 $V(U,C) = \frac{T(R1)}{V(R1,A)}$

V(D,U) ... něco mezi

Možné odhady $U = \sigma_{A=a}(R)$

$V(U,A) = 1$

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

Pro spojení $U = R1(A,B) \bowtie R2(A,C)$

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

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

$V(U,C) = V(R2, C)$

Příklad:

$Z = R1(A,B) \bowtie R2(B,C) \bowtie R3(C,D)$

R1	T(R1) = 1000	V(R1,A)=50	V(R1,B)=100
R2	T(R2) = 2000	V(R2,B)=200	V(R2,C)=300
R3	T(R3) = 3000	V(R3,C)=90	V(R3,D)=500

Mezivýsledek: $U = R \bowtie S$

$$T(U) = \frac{1000 \times 2000}{200}$$

$V(U,A) = 50$

$V(U,B) = 100$

$V(U,C) = 300$

$$Z = U \bowtie R3$$

$$T(Z) = \frac{1000 \times 2000 \times 3000}{200 \times 300}$$

$V(Z,A) = 50$

$V(Z,B) = 100$

$V(Z,C) = 90$

$V(Z,D) = 500$

Souhrn

- Odhad velikosti výsledků je "umění"

- Nezapomeňte:

  Pro korektní odhad potřebujeme korektní statistiky – nutnost udržovat při modifikacích tabulky

Přehled

- Odhad ceny plánu dotazu
  - Odhad velikosti výsledku ← Máme
  - Odhad počtu V/V operací ← Příště