



PA152: Efektivní využívání DB
6. Zpracování dotazů

Vlastislav Dohnal

Poděkování

- Zdrojem materiálů tohoto předmětu jsou:
 - Přednášky CS245, CS345, CS345
 - Hector Garcia-Molina, Jeffrey D. Ullman, Jennifer Widom
 - Stanford University, California

Vyhodnocení dotazu

■ Postup:

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

Příklad

■ Relace

- R(A,B,C)

- S(C,D,E)

■ Dotaz

- select B,D

- from R,S

- where R.C=S.C and R.A='c' and S.E=2

Příklad

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

... where $R.C=S.C$ and $R.A='c'$ and $S.E=2$

Příklad

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

Odpověď

B	D
2	x

Jak vyhodnotit tento dotaz?

1. způsob

- Kartézský součin
- Výběr záznamů
- Projekce

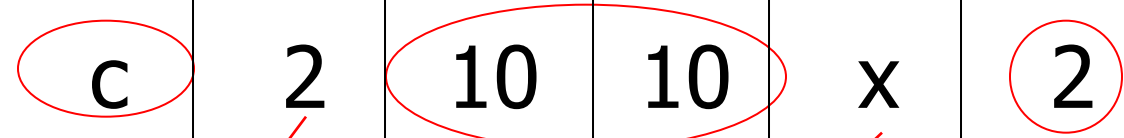
$R \times S$

R.A	R.B	R.C	S.C	S.D	S.E
a	1	10	10	x	2
a	1	10	20	y	2
.					
.					
c	2	10	10	x	2
.					
.					

$R \times S$

R.A	R.B	R.C	S.C	S.D	S.E
a	1	10	10	x	2
a	1	10	20	y	2
.					
.					
c	2	10	10	x	2
.					
.					

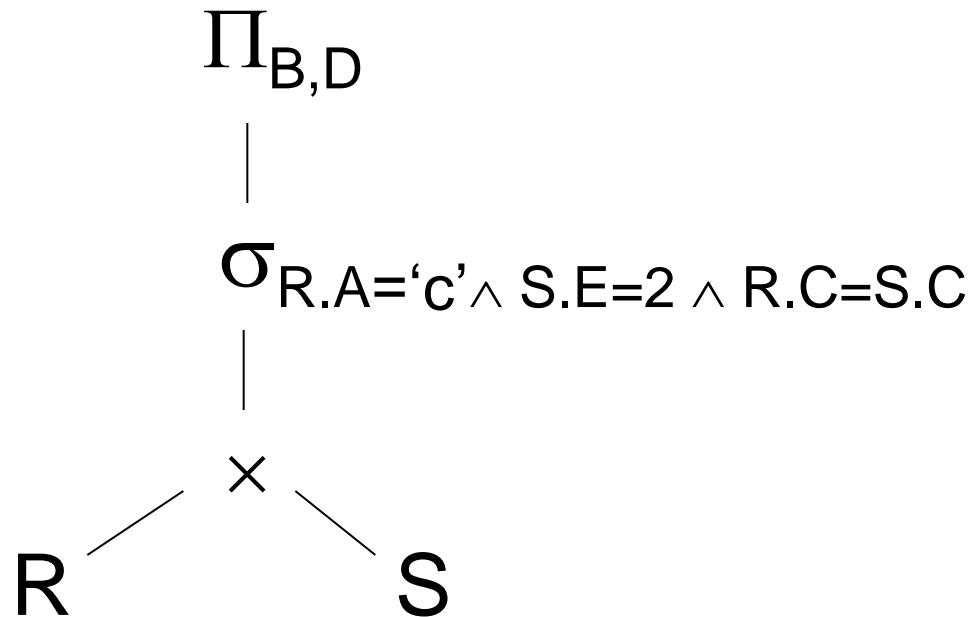
Tento záznam
vyhovuje →



Výstup – výsledek dotazu

Popis plánů provedení dotazu

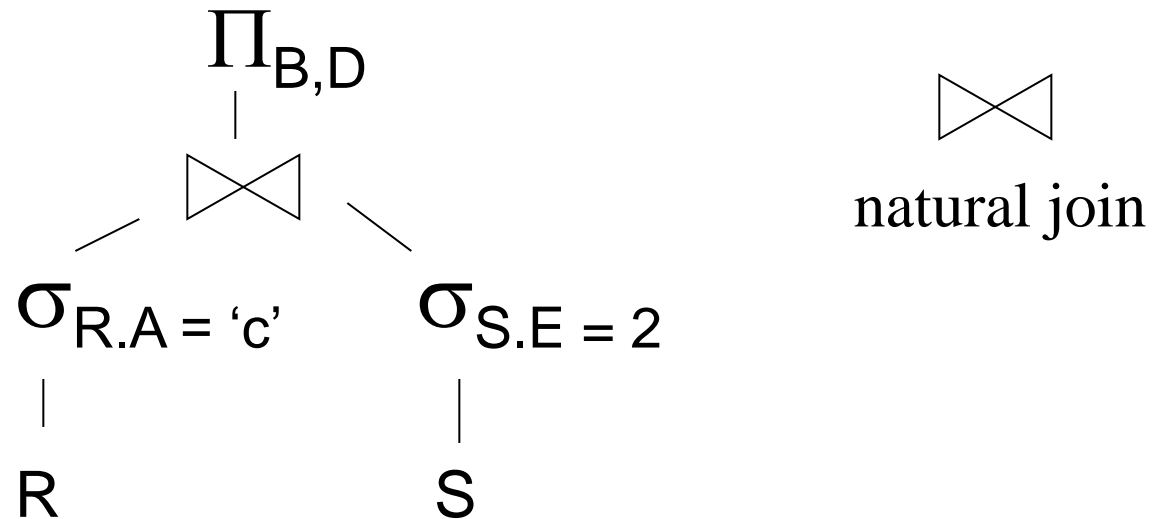
- Použití relační algebry
- Příklad plánu I:



Alternativně: $\Pi_{B,D} [\sigma_{R.A='c' \wedge S.E=2 \wedge R.C = S.C} (R \times S)]$

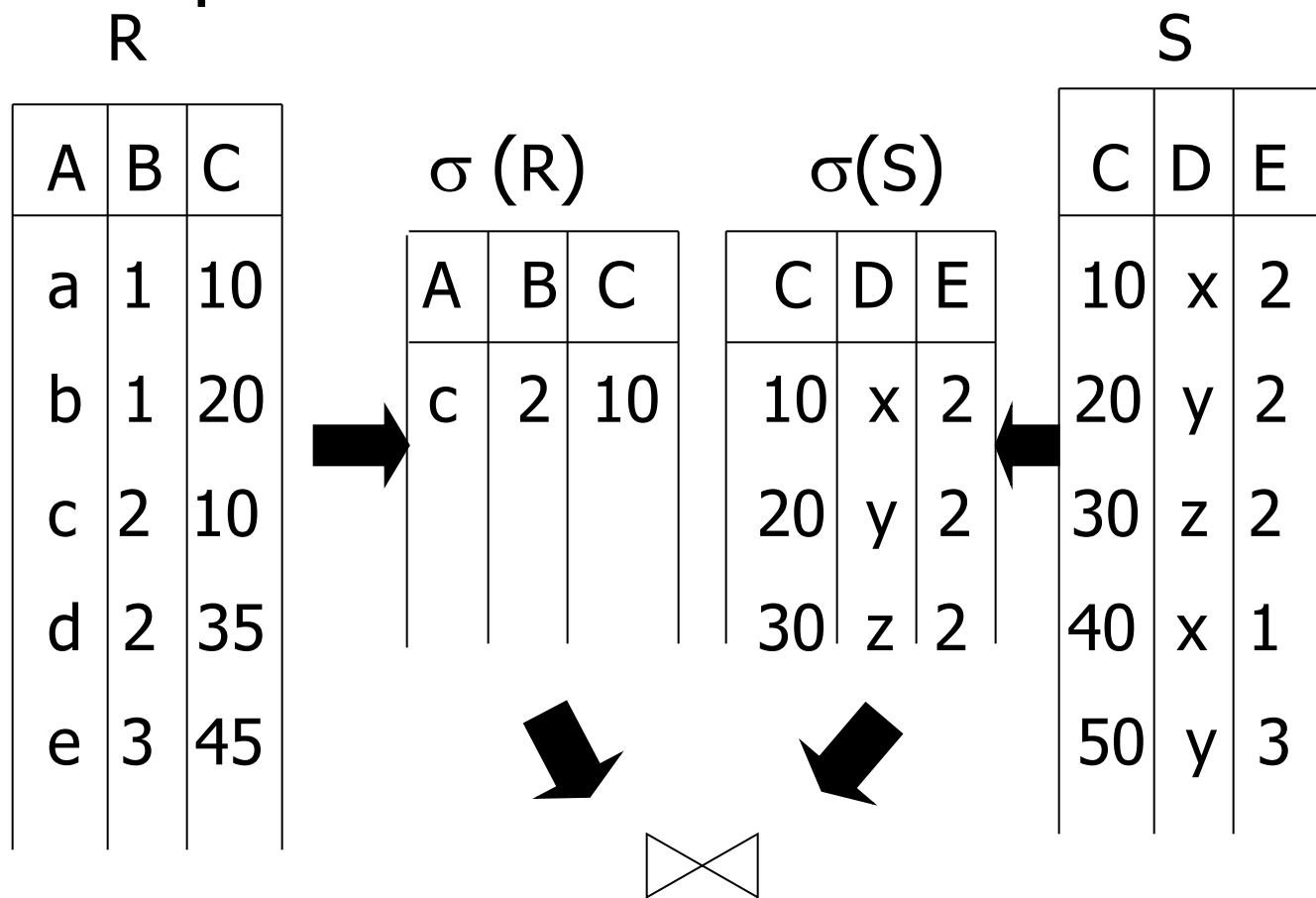
Popis plánů provedení dotazu

- Příklad plánu II:



Fyzický plán

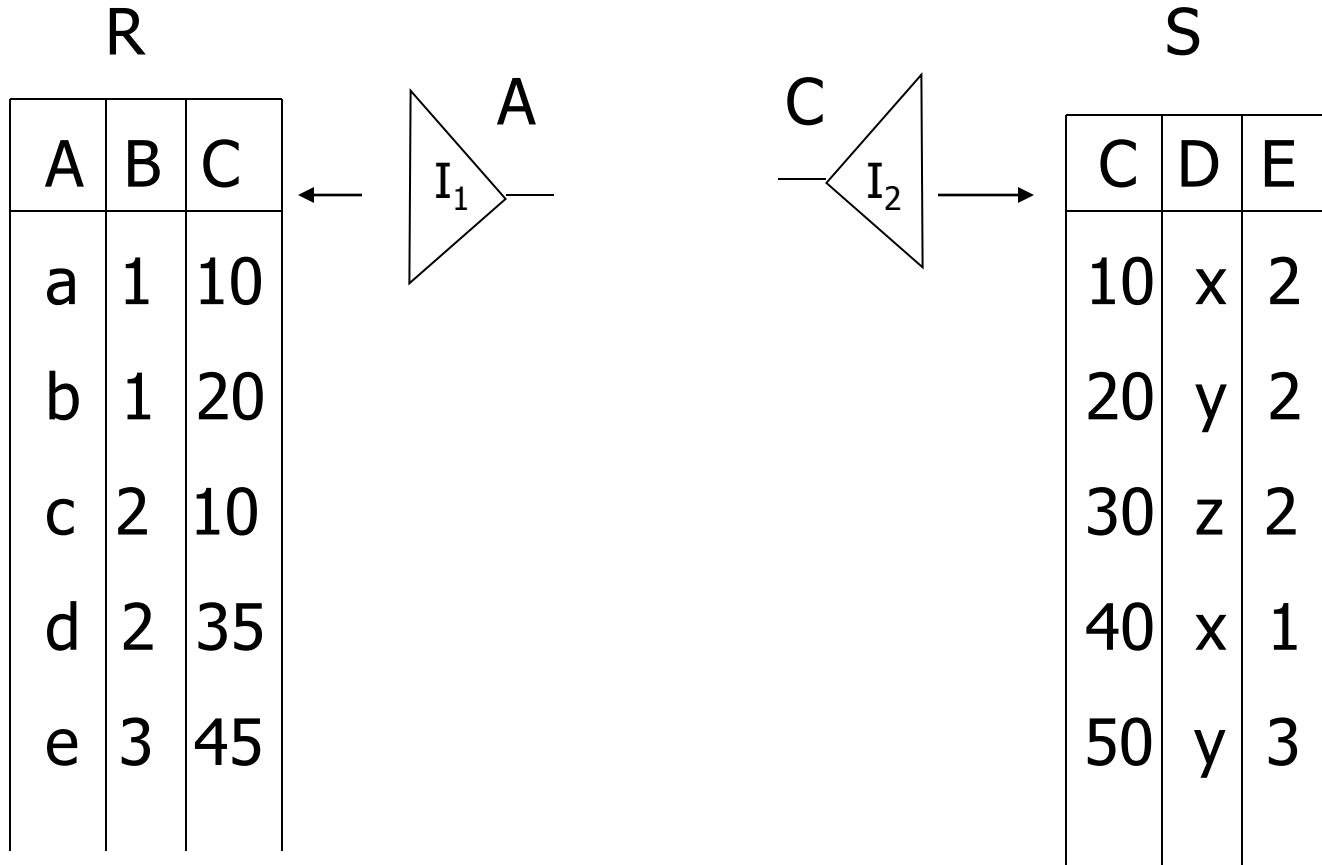
■ Příklad plánu II:

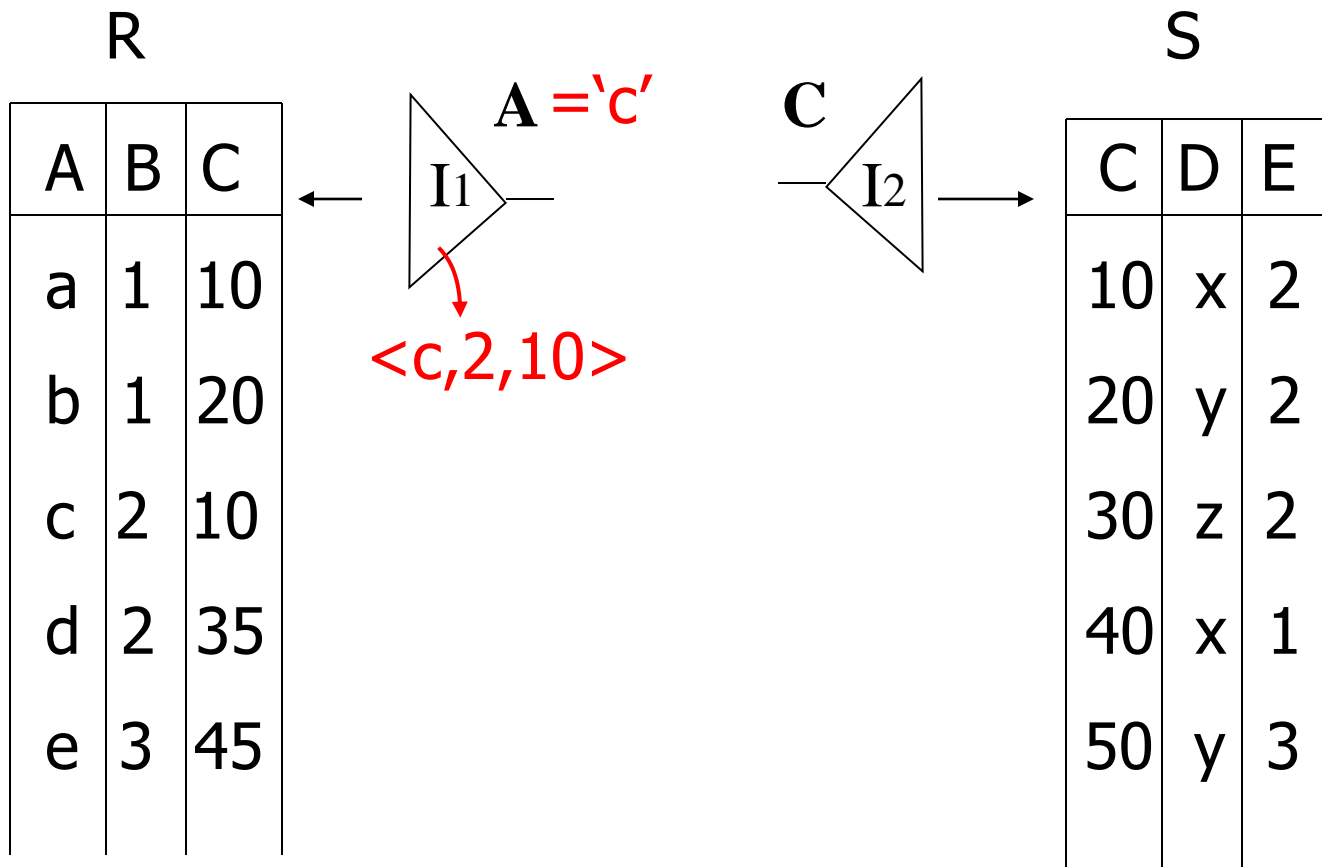


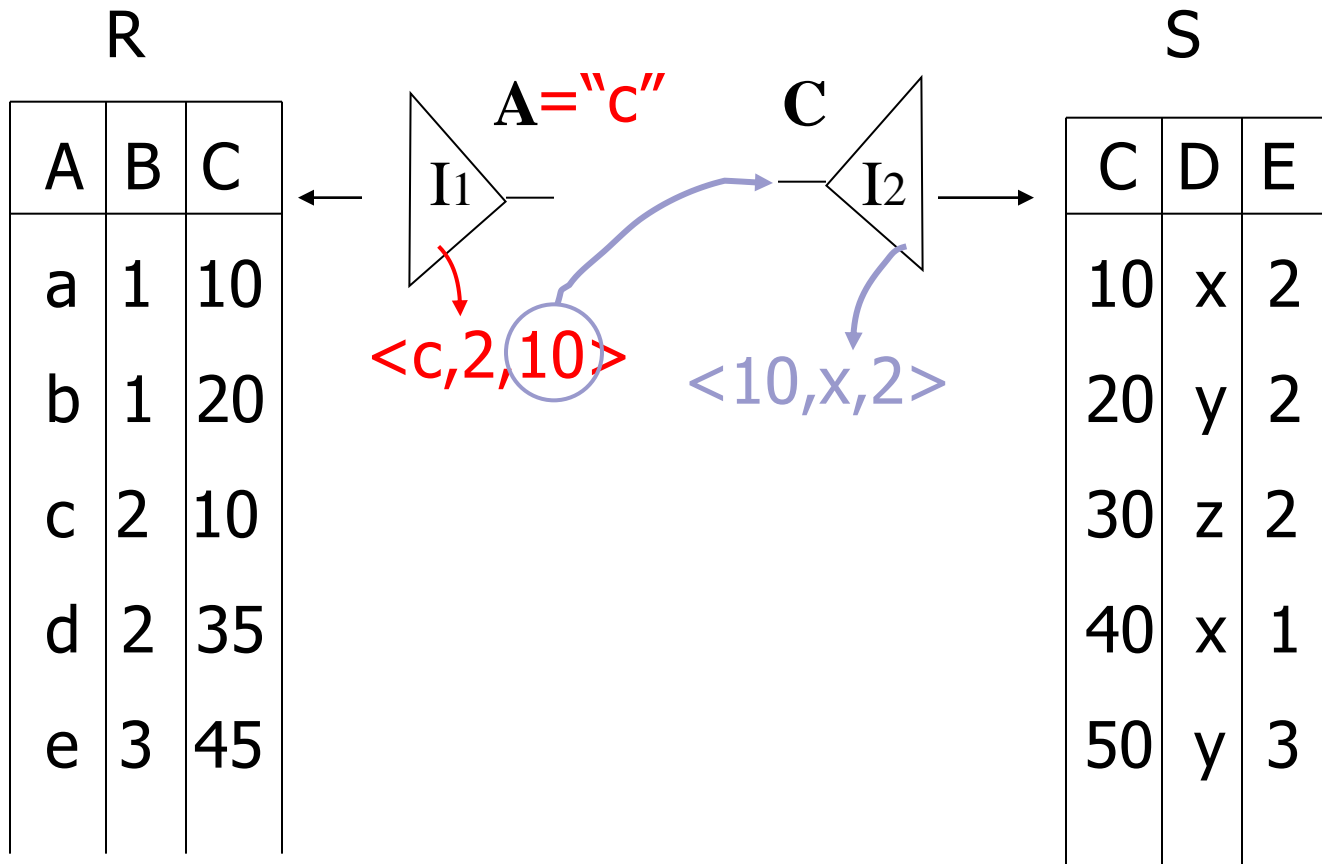
Popis plánů provedení dotazu

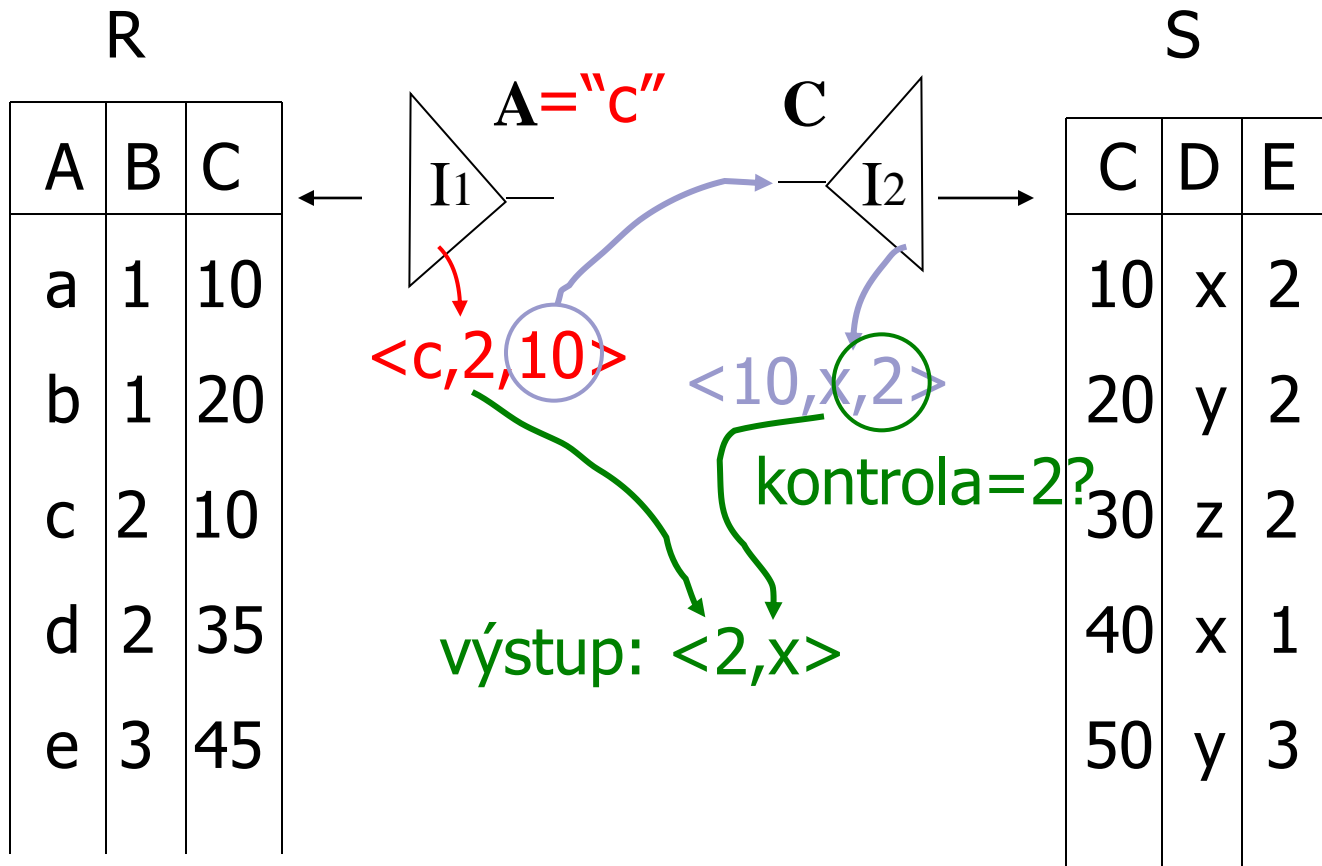
■ Plán III:

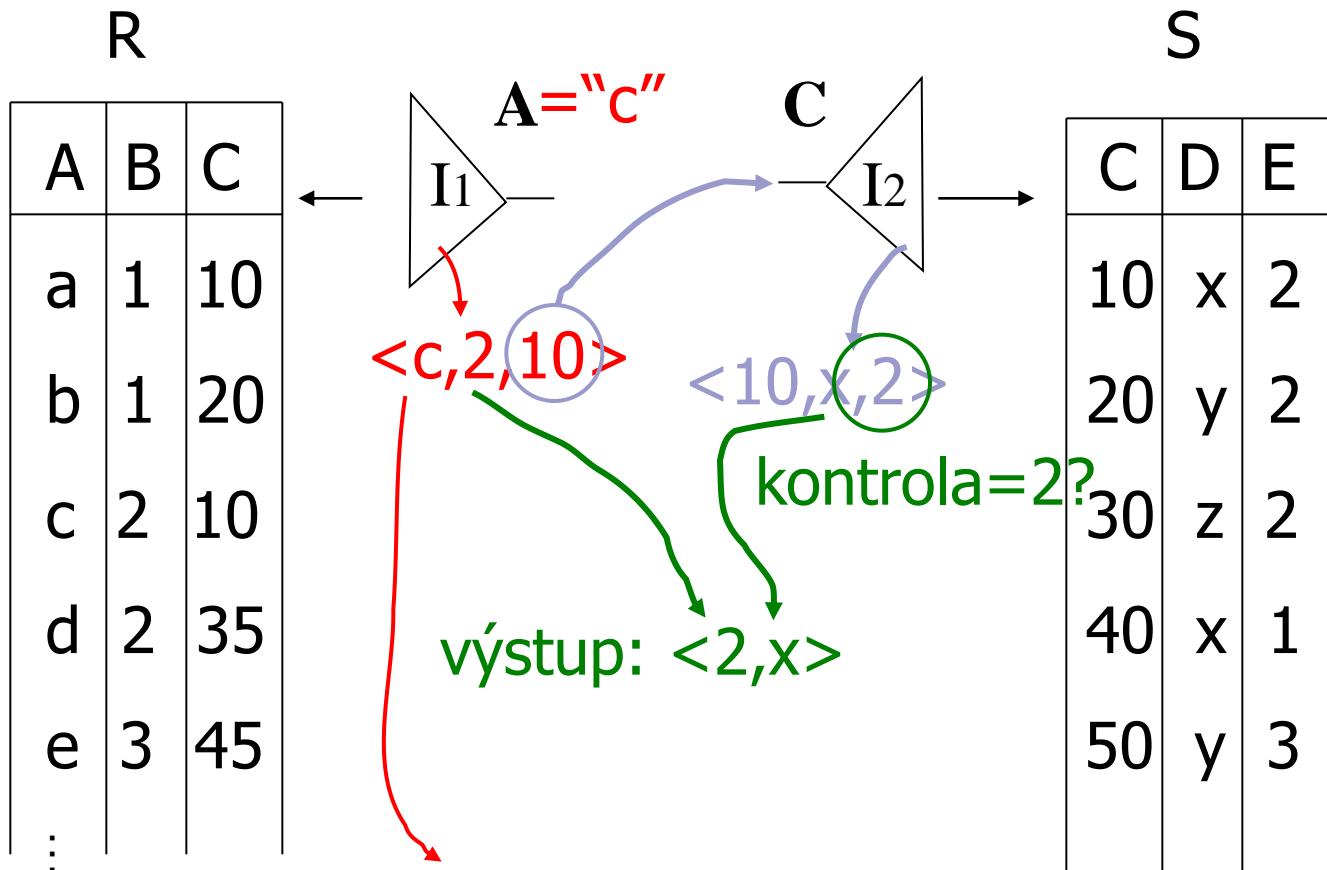
- Použití indexů pro R.A a S.C
- Použijeme index R.A k nalezení záznamů R splňující R.A = “c”
 - Pro každou nalezenou hodnotu R.C použijeme index S.C pro nalezení odpovídajících záznamů
 - Vypustíme záznamy S, kde S.E \neq 2
- Spojíme odpovídající záznamy R,S
- Provedeme projekci na atributy B,D





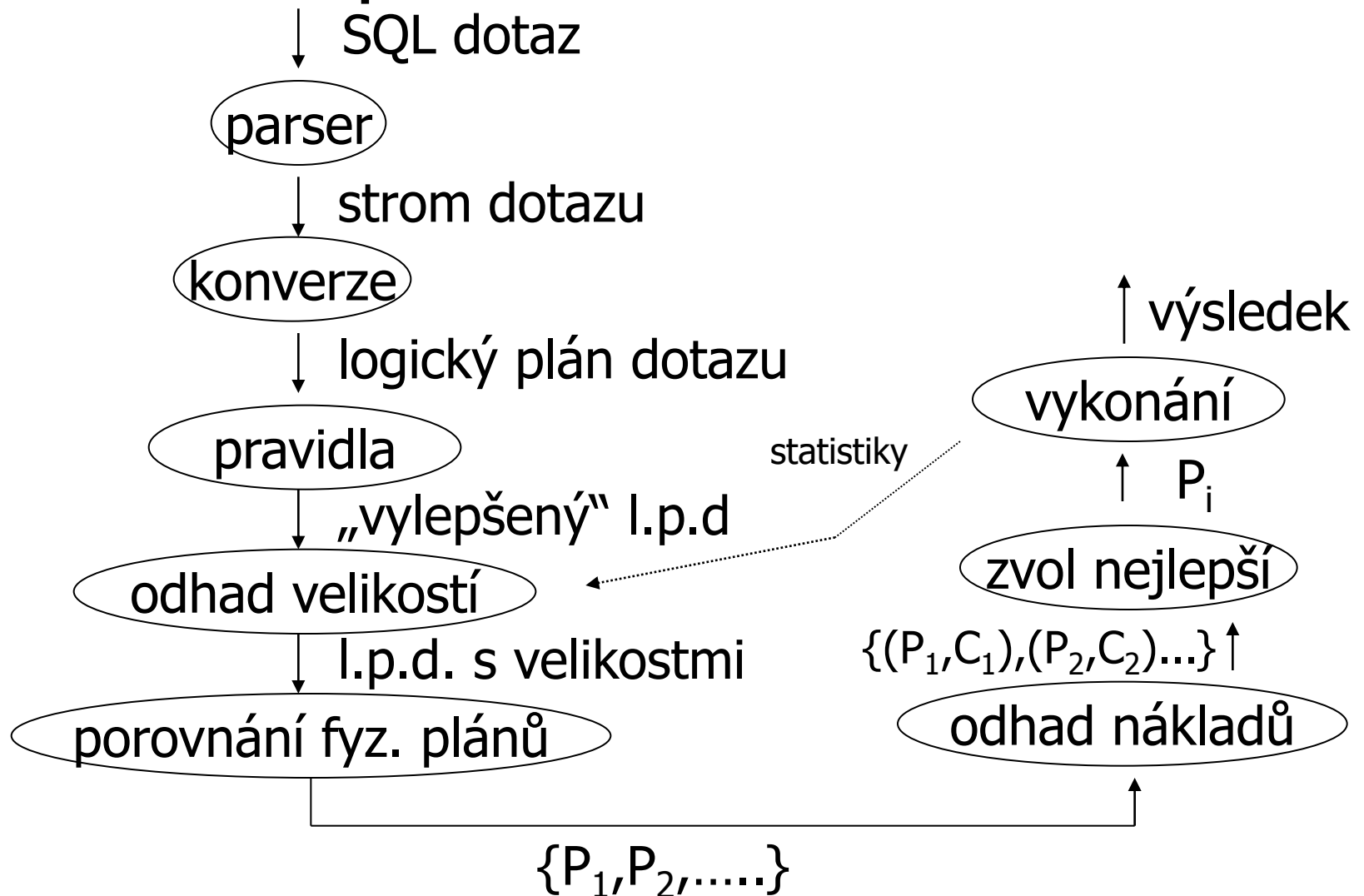






**další záznam:
<c,7,15>**

Přehled optimalizace dotazů

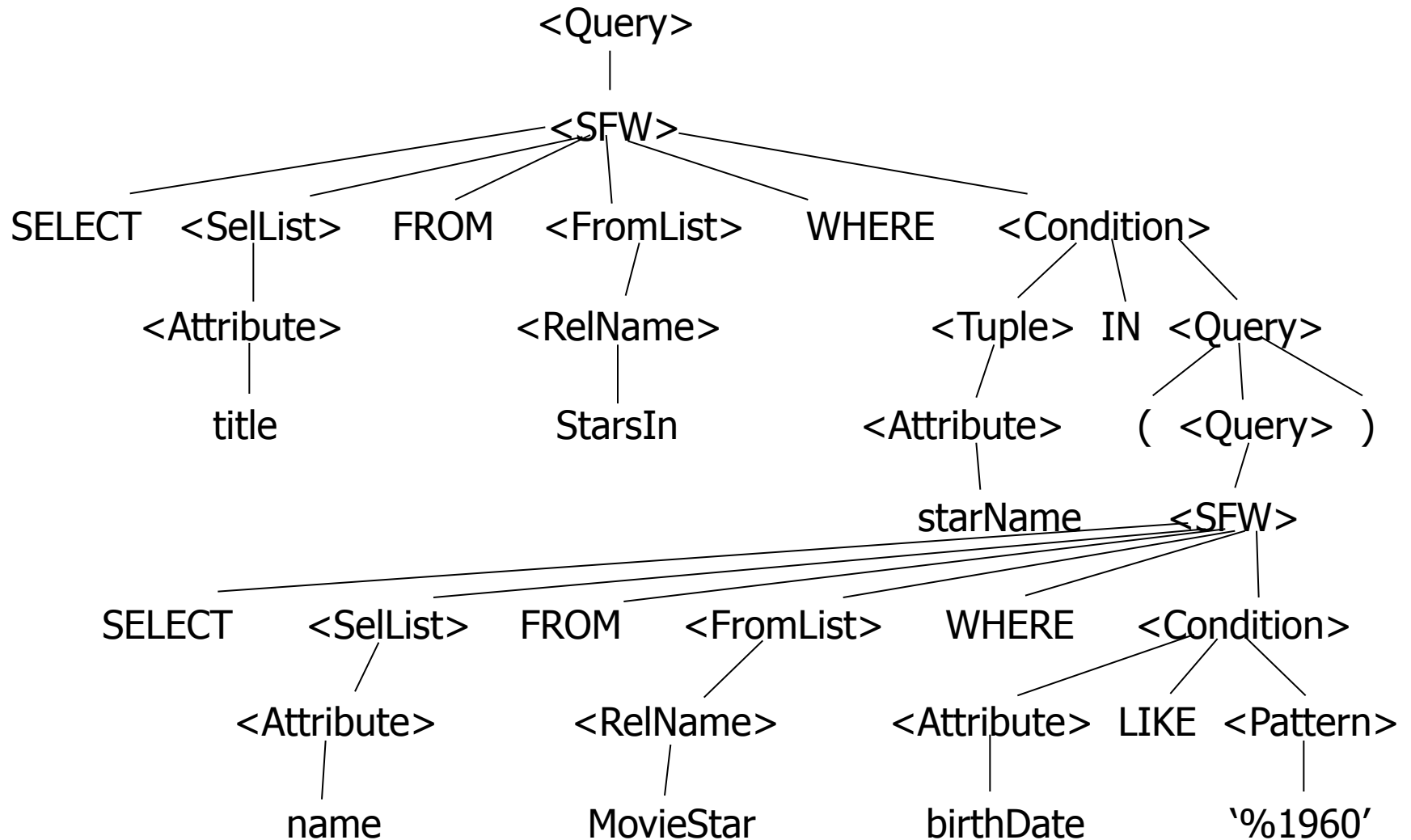


Příklad: SQL dotaz

- Najdi filmy, ve kterých hrají herci narození v roce 1960:

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

# Příklad: strom dotazu



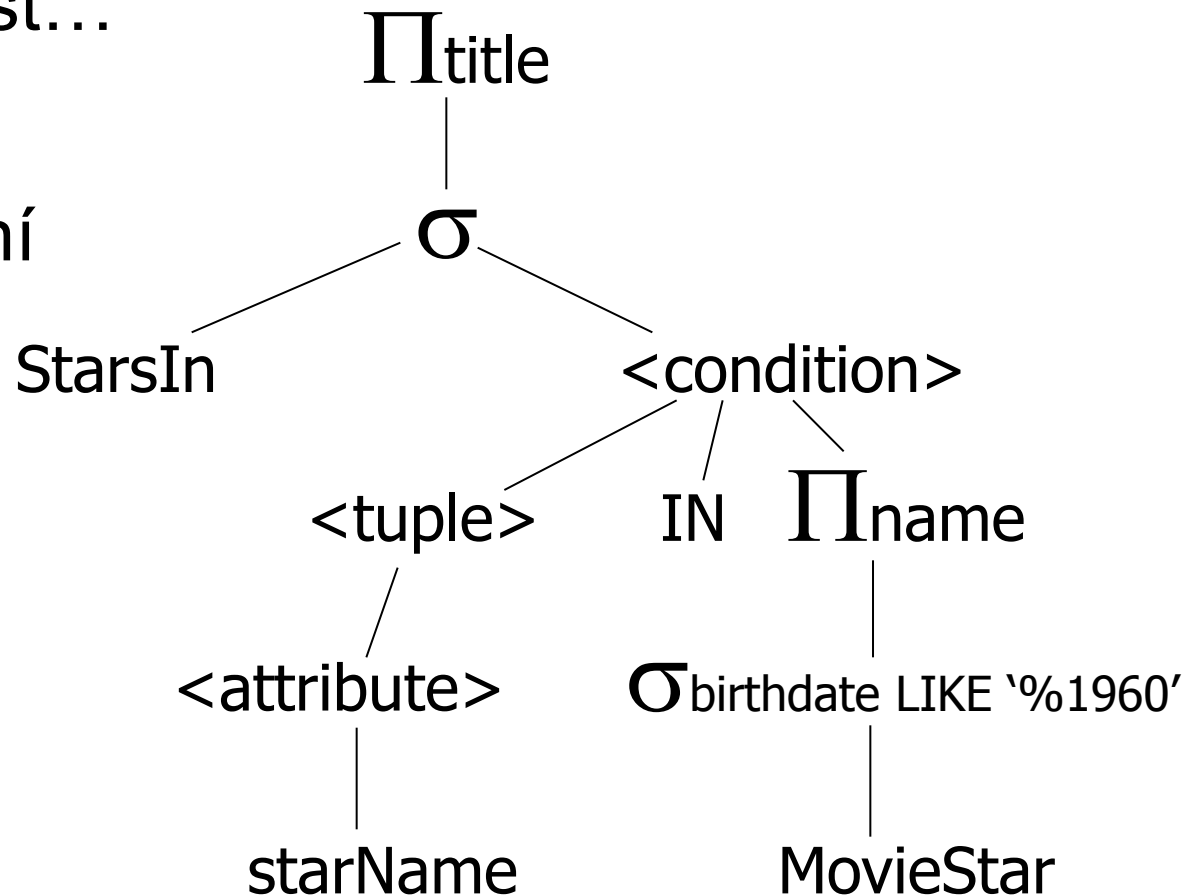
# Příklad: převod do relační algebry

- Selekcce má dva argumenty

- Třeba převést...

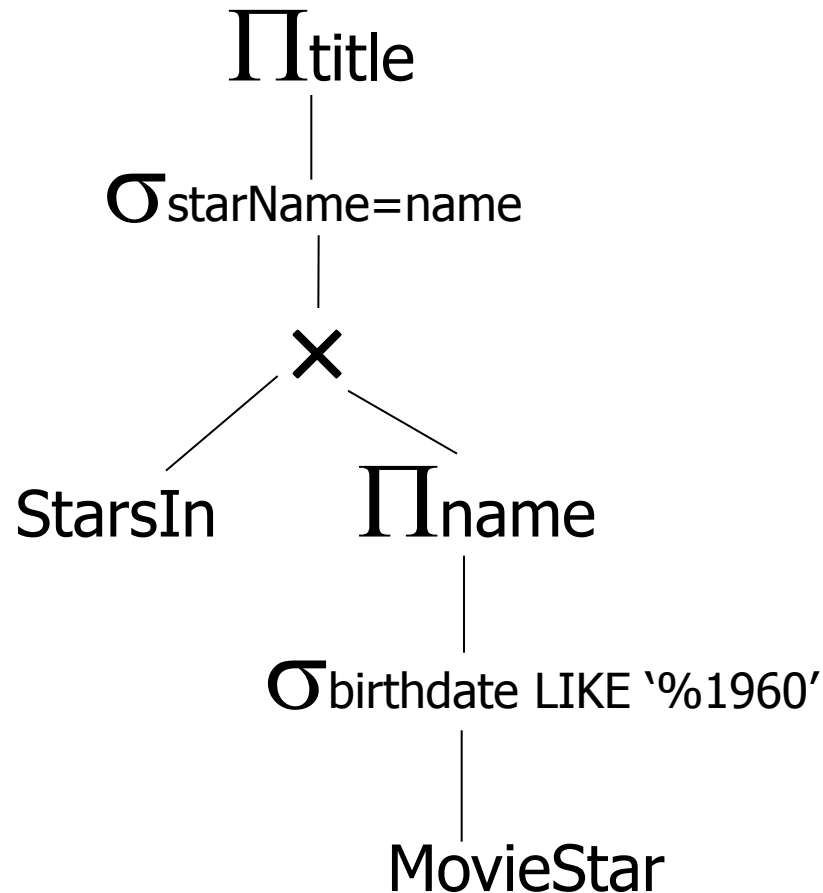
- Operátor IN

- Tj. odstranění vnořených dotazů



# Příklad: logický plán dotazu

- Operátor IN nahrazen součinem



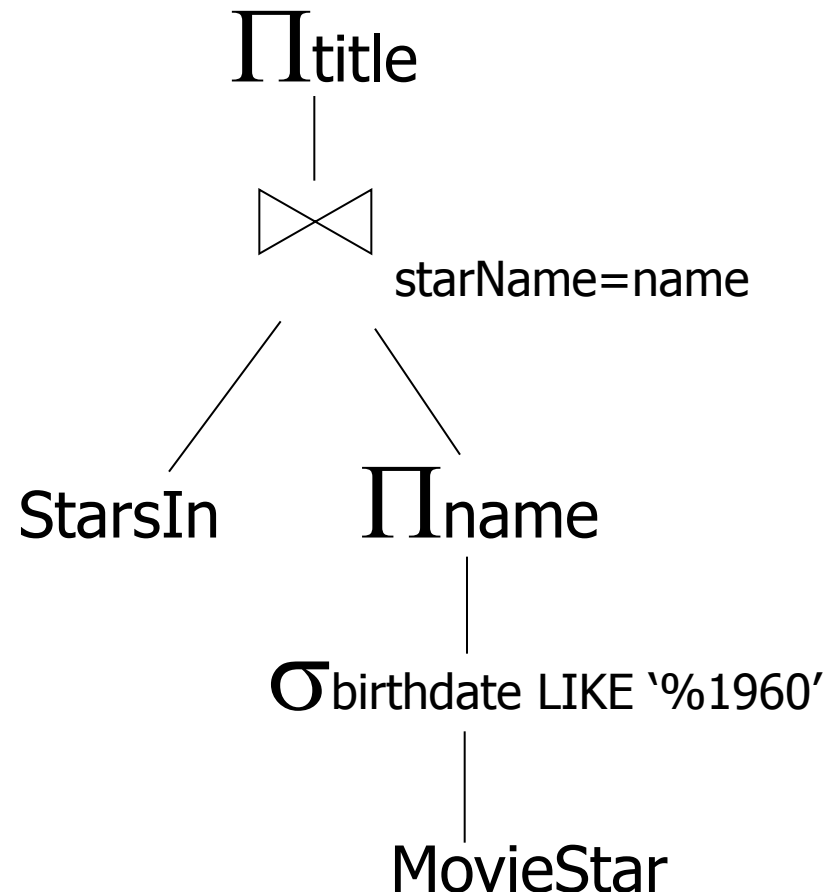
# Příklad: vylepšení logického plánu

## ■ Nahrazení součinu a selekce

- Provedení spojení

## ■ Další možnost

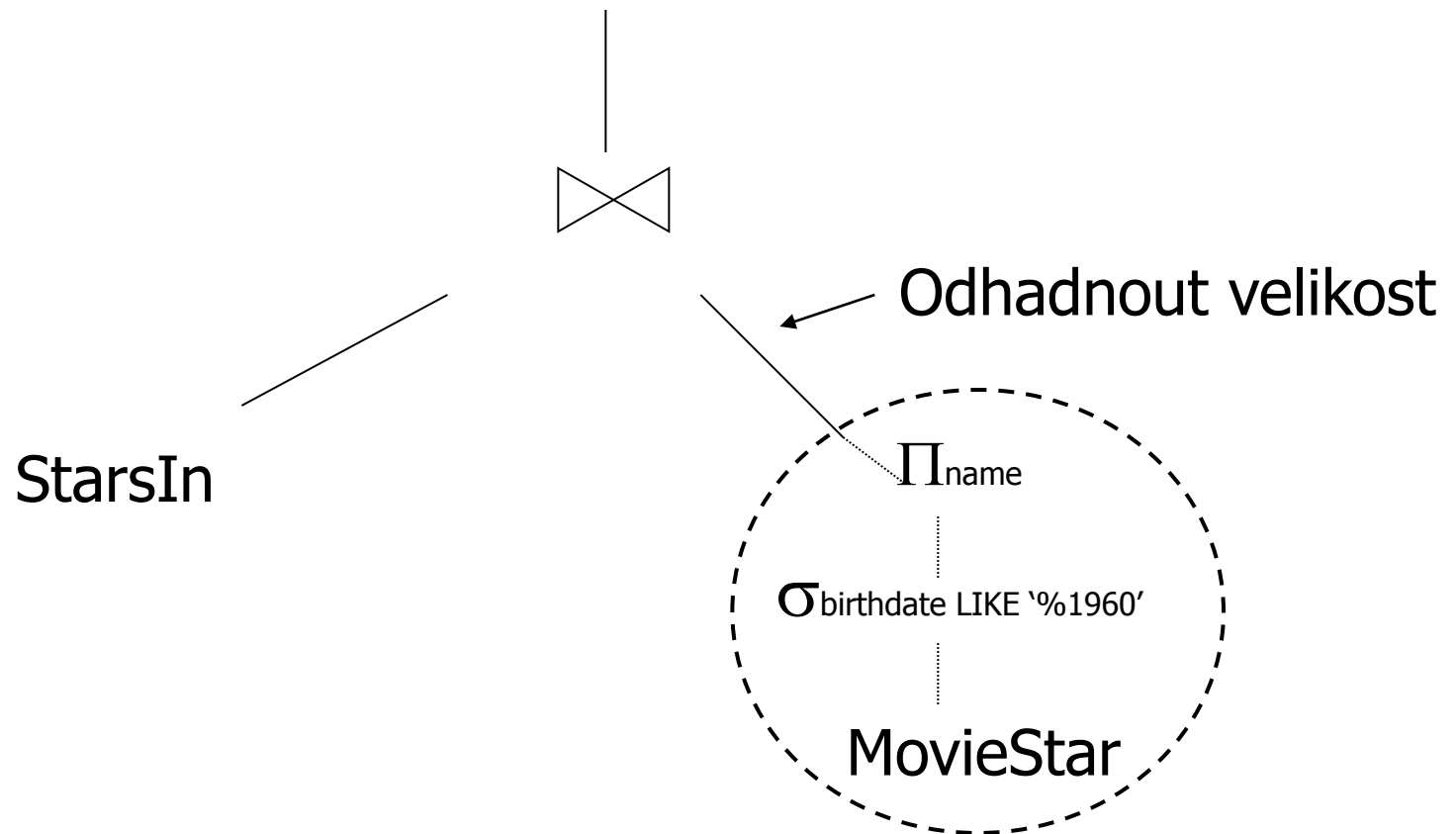
- Posunout projekci k relaci *StarsIn*?



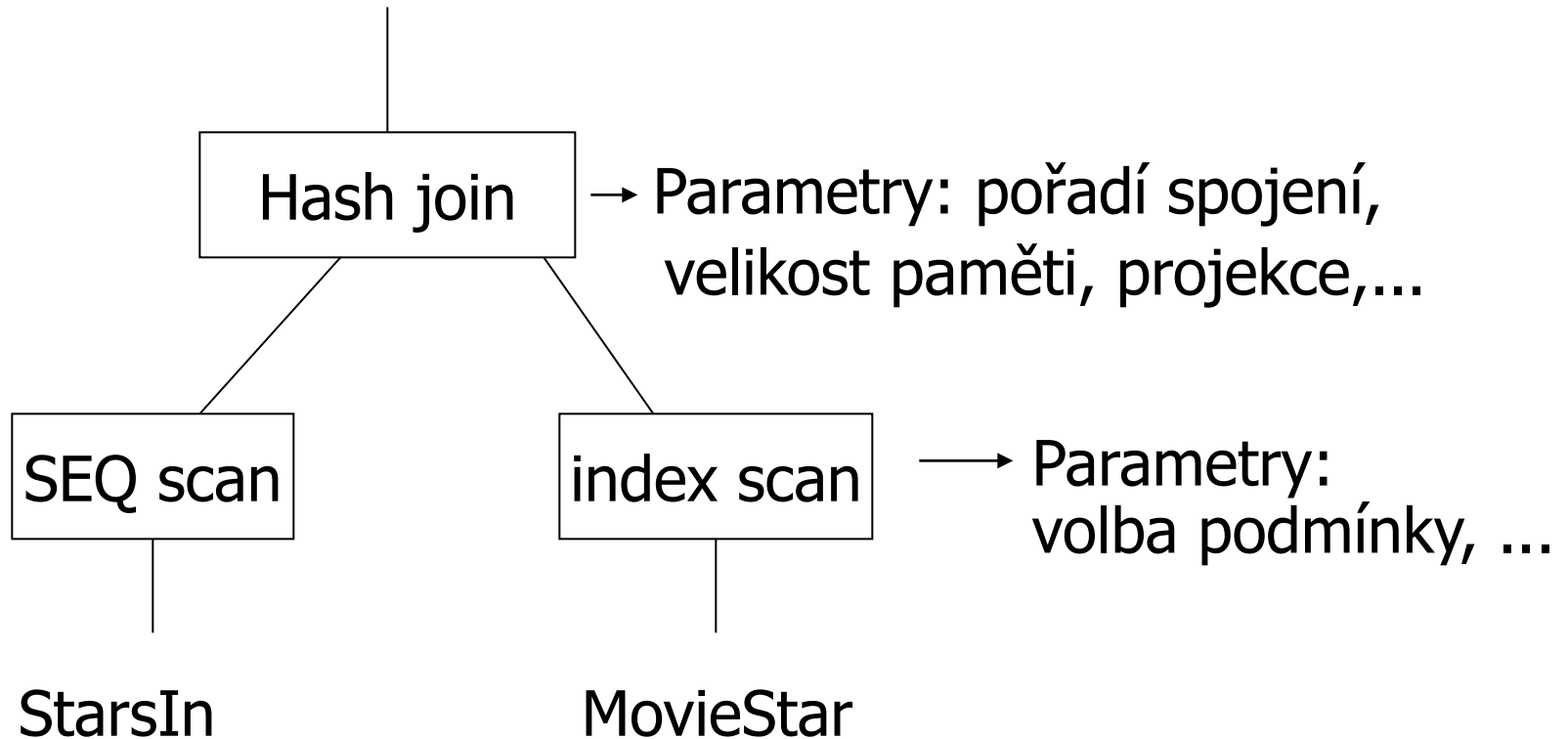


# Příklad: odhad velikostí výsledků

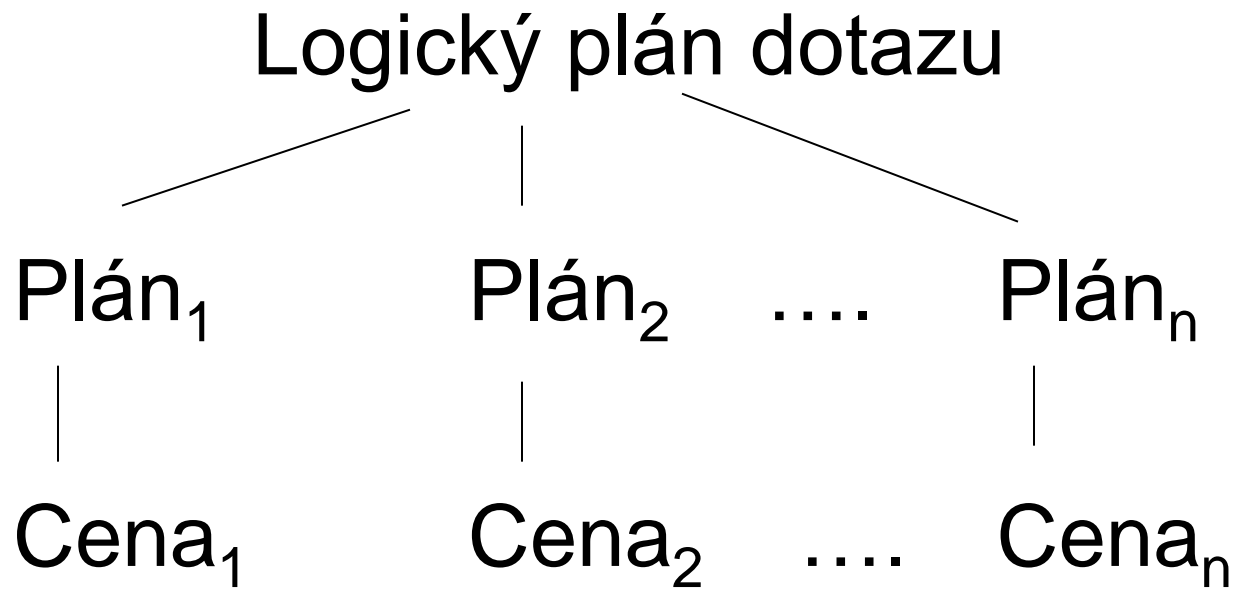
- Před generováním fyzických plánů
- Ovlivňují odhad ceny provedení



# Příklad: jeden fyzický plán



# Příklad: ohodnocení plánů cenou



Vyber plán s nejnižší cenou!

# Optimalizace dotazu

- Úroveň relační algebry
- Úroveň podrobného plánu dotazu
  - Odhad ceny
    - Bez indexů
    - S indexy
  - Vytvoření a porovnání plánů

# Optimalizace relační algebry

## ■ Transformační pravidla

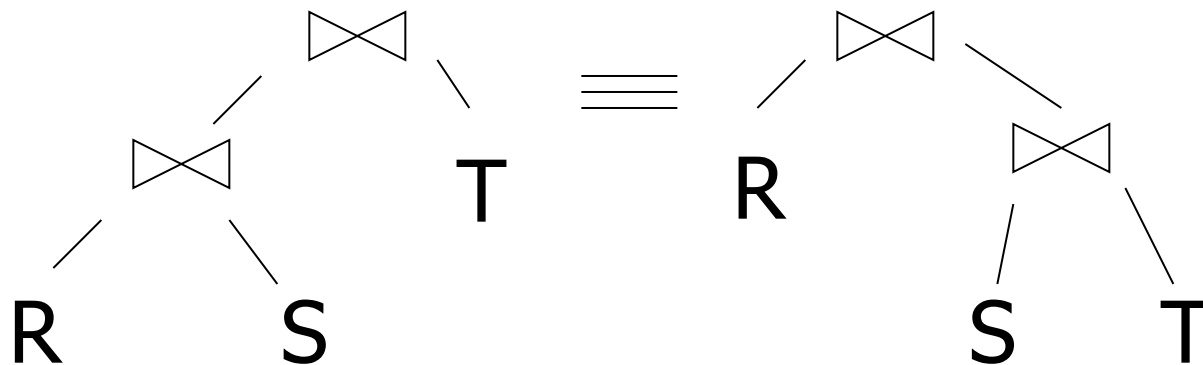
- Musí zajistit ekvivalenci výsledků
- Jaké transformace jsou vhodné?

# Transformační pravidla

## ■ Přirozené spojení

- Protože jsou všechny atributy zachovány, není pořadí důležité

■ Příklad:  $R \bowtie S = S \bowtie R$   
 $(R \bowtie S) \bowtie T = R \bowtie (S \bowtie T)$



# Transformační pravidla

- Stejně pro kartézský součin a sjednocení

$$R \times S = S \times R$$

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

$$R \cup S = S \cup R$$

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

# Transformační pravidla

## ■ Selekcce

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

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



# Problém duplicit

- Množiny nebo multimnožiny?
  - Relace jsou multimnožiny
- Příklad
  - $R = \{a, a, b, b, b, c\}$
  - $S = \{b, b, c, c, d\}$
  - $R \cup S = ?$
- Možnost 1: SUM
  - $R \cup S = \{a, a, b, b, b, b, b, c, c, c, d\}$
- Možnost 2: MAX
  - $R \cup S = \{a, a, b, b, b, c, c, d\}$

# Možnost 1: SUM

## ■ Sjednocení dvou relací

□  $R \cup S$

## ■ Příklad

□ Poslanci(id, rok, partaj, ...)

□ Senátoři(id, rok, partaj, ...)

□  $R = \pi_{\text{rok, strana}}(\text{Senátoři})$

$S = \pi_{\text{rok, strana}}(\text{Poslanci})$

| rok  | partaj |
|------|--------|
| 1997 | ODS    |
| 2003 | ČSSD   |
| 2007 | SZ     |

| rok  | partaj |
|------|--------|
| 1997 | ODS    |
| 1998 | KDU    |
| 1996 | ČSSD   |

# Možnost 2: MAX

## ■ Rozklad selekce:

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

## ■ Příklad: $R = \{a, a, b, b, b, c\}$

□  $p1$  splňují  $a, b$ ;  $p2$  splňují  $b, c$

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

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

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

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

# Volba správné možnosti

## ■ Pragmatické rozhodnutí

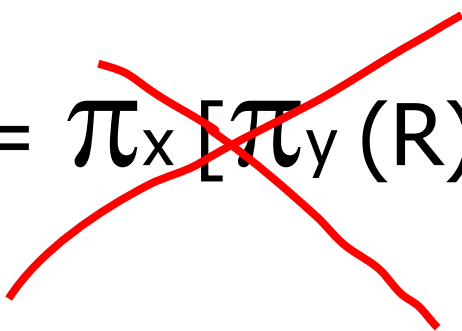
- Použití “SUM” pro sjednocení multimnožin
- Některá pravidla nemůžeme pro multimnožiny použít

# Transformační pravidla

## ■ Značení:

- $X$  = množina atributů
- $Y$  = množina atributů
- $XY = X \cup Y$

## ■ Projekce

$$\pi_{xy}(R) = \pi_x[\pi_y(R)]$$


# Transformační pravidla

- Kombinace selekce a přirozeného spojení

- Necht'

$p$  = výraz obsahující pouze atributy  $R$

$q$  = výraz obsahující pouze atributy  $S$

$m$  = výraz obsahující atributy  $R$  a  $S$

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

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

# Transformační pravidla

- Kombinace selekce a přirozeného spojení
  - Další pravidla lze odvodit

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

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

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

$$\left[ (\sigma_p (R)) \bowtie S \right] \cup \left[ R \bowtie (\sigma_q (S)) \right]$$

# Příklad odvození pravidla

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

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

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

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



# Transformační pravidla

- Kombinace projekce a selekce

- Necht'

$x$  = podmnožina atributů  $R$

$z$  = atributy použité ve výrazu  $P$   
(podmnožina  $R$ )

$$\pi_x[\sigma_p(R)] = (\sigma_p[\pi_x(R)])$$

# Transformační pravidla

- Kombinace projekce a selekce

- Necht'

$x$  = podmnožina atributů  $R$

$z$  = atributy použité ve výrazu  $P$   
(podmnožina  $R$ )

$$\pi_x[\sigma_P(R)] = \pi_x \left( \sigma_P \left[ \overset{\pi_{xz}}{\cancel{\pi_x}}(R) \right] \right)$$

# Transformační pravidla

- Kombinace projekce a přirozeného spojení

- Necht'

$x$  = podmnožina atributů  $R$

$y$  = podmnožina atributů  $S$

$z$  = průnik atributů  $R, S$

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

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

# Transformační pravidla

- Kombinace navíc se selekcí

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

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

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

# Transformační pravidla

- Kombinace projekce, selekce a kartézského součinu

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

# Transformační pravidla

- Kombinace selekce a sjednocení

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

- Kombinace selekce a rozdílu

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

- Selekcí je možné aplikovat i na S

- Může být vhodné pro zmenšení relace před provedením rozdílu

- Otázka: Musí P něco splňovat?

# Volba vhodné transformace

$$\sigma_{p_1 \wedge p_2} (R) \rightarrow \sigma_{p_1} [\sigma_{p_2} (R)]$$

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

$$R \bowtie S \rightarrow S \bowtie R$$

$$\pi_x [\sigma_p (R)] \rightarrow \pi_x (\sigma_p [\pi_{xz} (R)])$$

# Volba transformace

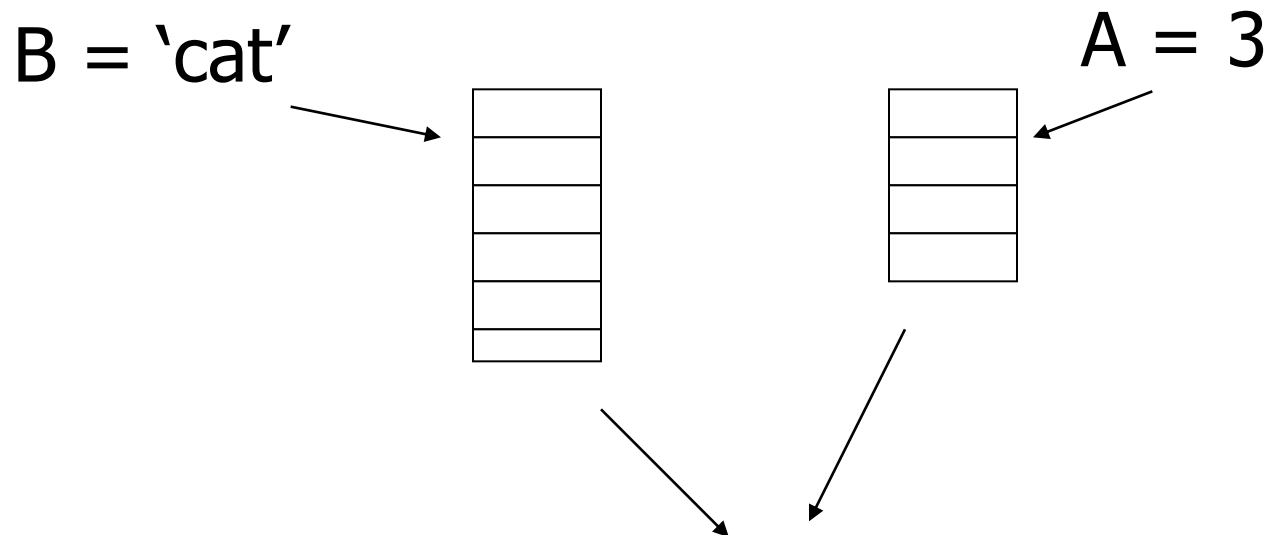
- Projekce co nejdříve
- Příklad:
  - $R(A,B,C,D,E,F,G,H,I,J)$     výsledek={E}
  - Filtr P: (A=3) and (B="cat")

$$\pi_E(\sigma_P(R)) \quad \text{vs.} \quad \pi_E(\sigma_P(\pi_{ABE}(R)))$$



# Volba transformace (2)

- Máme indexy
  - Pro A i pro B



Průnik seznamu ukazatelů  
přímo dává výsledek

# Volba transformace (3)

- Obecná pravidla:
  - Bez transformací neuděláme chybu
  - Většinou výhodné
    - Selekcce nejbliže relacím
- Eliminace společných podvýrazů
- Eliminace duplicit

# Zpracování dotazu: přehled

- Úroveň relační algebry
  - Transformační pravidla
  - Volba vhodných pravidel
- Úroveň podrobného plánu dotazu
  - Odhad ceny
  - Vytvoření a porovnání plánů

# Odhad ceny plánu dotazu

1. Odhad velikosti výsledku operace
2. Odhad počtu  $V/V$  operací

# Odhad velikosti výsledku operace

## ■ Statistiky pro relaci R

- $T(R)$  – počet záznamů
- $S(R)$  – velikost záznamu v bajtech
- $B(R)$  – počet obsazených bloků
- $V(R, A)$  – počet unikátních hodnot atributu A

## ■ Pro správné odhady

- Statistiky musí být aktuální

# Příklad statistik

## ■ Relace R

- Atribut A – řetězec, 20 bajtů
- Atribut B – celé číslo, 4 bajty
- Atribut C – datum, 8 bajtů
- Atribut D – řetězec, 5 bajtů

| A   | B | C       | D |
|-----|---|---------|---|
| cat | 1 | 10.2.98 | a |
| cat | 1 | 20.3.98 | b |
| dog | 1 | 30.4.98 | a |
| dog | 1 | 14.6.98 | c |
| bat | 1 | 15.6.98 | d |

## ■ Statistiky

- $T(R) = 5$
- $V(R,A) = 3$
- $V(R,C) = 5$
- $S(R) = 37$
- $V(R,B) = 1$
- $V(R,D) = 4$

# Odhad velikosti

- Kartézský součin  $W = R_1 \times R_2$ 
  - $T(W) = T(R_1) \cdot T(R_2)$
  - $S(W) = S(R_1) + S(R_2)$

# Odhad velikosti

- Selekcce  $W = \sigma_{Z=val}(R)$

- $S(W) = S(R)$

- $T(W) = ?$

- $W = \sigma_{A='cat'}(R)$

$$T(W) = \frac{T(R)}{V(R,A)} = 5/3$$

| A   | B | C       | D |
|-----|---|---------|---|
| cat | 1 | 10.2.98 | a |
| cat | 1 | 20.3.98 | b |
| dog | 1 | 30.4.98 | a |
| dog | 1 | 14.6.98 | c |
| bat | 1 | 15.6.98 | d |

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

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

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

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



# Odhad velikosti

- Předpoklad předchozího odhadu
  - Rovnoměrné rozložení hodnot mezi hodnotami v  $R!$ 
    - Tj.  $f(\text{val}) = T(R) / V(R,Z)$
- Alternativní předpoklad
  - Rovnoměrné rozložení hodnot v celé doméně
    - Počet hodnot v doméně označujeme  $\text{DOM}(R,Z)$

# Odhad velikosti: příklad

- Selekcce  $W = \sigma_{Z=val}(R)$

- $T(W) = ?$

- Odvození

- $W = \sigma_{C=val}(R)$

- $T(W) = (1/10)1 + (1/10)1 + \dots$   
 $= 5/10 = 0,5$

- $W = \sigma_{B=val}(R)$

- $T(W) = (1/10)5$

- $W = \sigma_{A=val}(R)$

- $T(W) = 0,5$

| A   | B | C       | D |
|-----|---|---------|---|
| cat | 1 | 10.2.98 | a |
| cat | 1 | 20.3.98 | b |
| dog | 1 | 30.4.98 | a |
| dog | 1 | 14.6.98 | c |
| bat | 1 | 15.6.98 | d |

$V(R,A)=3$

$DOM(R,A)=10$

$V(R,B)=1$

$DOM(R,B)=10$

$V(R,C)=5$

$DOM(R,C)=10$

$V(R,D)=4$

$DOM(R,D)=10$

# Odhad velikosti

## ■ Selekcce $W = \sigma_{Z=val}(R)$

□ Původní návrh

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

□ Alternativní návrh

$$T(W) = \frac{T(R)}{DOM(R,Z)}$$

| A   | B | C       | D |
|-----|---|---------|---|
| cat | 1 | 10.2.98 | a |
| cat | 1 | 20.3.98 | b |
| dog | 1 | 30.4.98 | a |
| dog | 1 | 14.6.98 | c |
| bat | 1 | 15.6.98 | d |

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

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

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

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

$$DOM(R,A)=10$$

$$DOM(R,B)=10$$

$$DOM(R,C)=10$$

$$DOM(R,D)=10$$

# Odhad velikosti

- Selekcce  $W = \sigma_{Z \geq \text{val}}(R)$

- Návrh 1

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

- Návrh 2

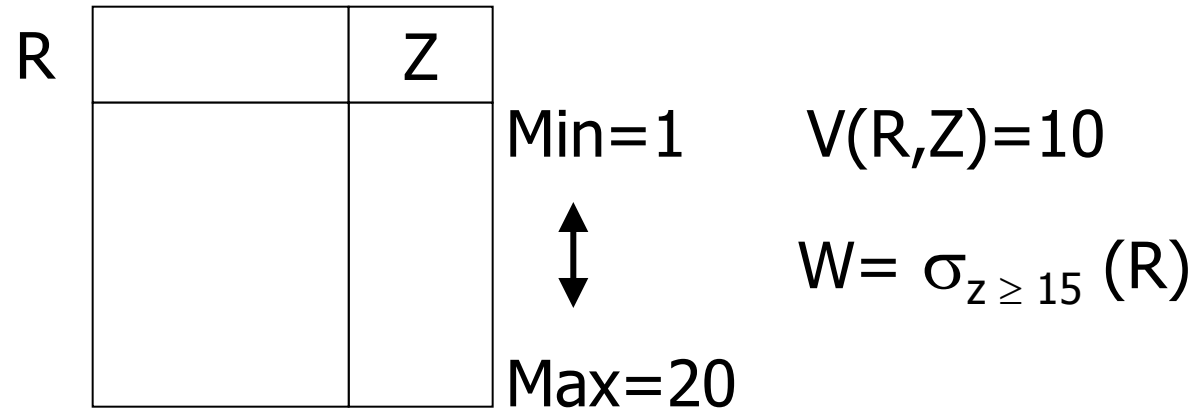
- $T(W) = T(R) / 3$

- Návrh 3

- Podle velikosti rozsahu

# Odhad velikosti

- Selekcce – podle velikosti rozsahu



- Vypočítej podíl hodnot (unikátních)

$$f = \frac{20-15+1}{20-1+1} = \frac{6}{20}$$

□  $T(W) = f \cdot T(R)$

# Odhad velikosti

## ■ Přirozené spojení $W = R_1 \bowtie R_2$

### □ Značení

- $X$  – atributy  $R_1$
- $Y$  – atributy  $R_2$

## ■ Příklad 1

- $X \cap Y = \emptyset$
- Stejně jako  $R_1 \times R_2$

## ■ Příklad 2

- $X \cap Y = A$
- Viz dále...

# Odhad velikosti: přirozené spojení

$R_1 \bowtie R_2$

| $R_1$ | A | B | C |
|-------|---|---|---|
|       |   |   |   |

| $R_2$ | A | D |
|-------|---|---|
|       |   |   |

## ■ Předpoklad

□  $V(R_1, A) \leq V(R_2, A)$

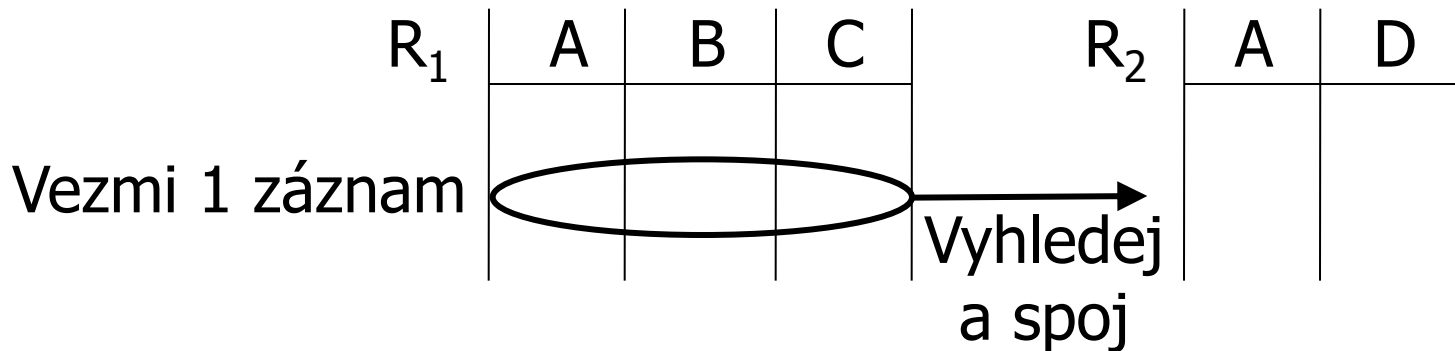
→ každá hodnota  $A$  z  $R_1$  je i v  $R_2$

□  $V(R_2, A) \leq V(R_1, A)$

→ každá hodnota  $A$  z  $R_2$  je i v  $R_1$

# Odhad velikosti: přirozené spojení

- $V(R_1, A) \leq V(R_2, A)$



- 1 záznam se spojí s  $T(R_2) / V(R_2, A)$  záznamy
- Výsledek:

$$T(W) = \frac{T(R_2)}{V(R_2, A)} \cdot T(R_1)$$



# Odhad velikosti: přirozené spojení

## ■ Shrnutí obou variant

$$\square V(R_1, A) \leq V(R_2, A)$$

$$T(W) = \frac{T(R_2)}{V(R_2, A)} \cdot T(R_1)$$

$$\square V(R_2, A) \leq V(R_1, A)$$

$$T(W) = \frac{T(R_1)}{V(R_1, A)} \cdot T(R_2)$$

## ■ Rozdíl je pouze v děliteli

# Odhad velikosti: přirozené spojení

## ■ Obecný závěr

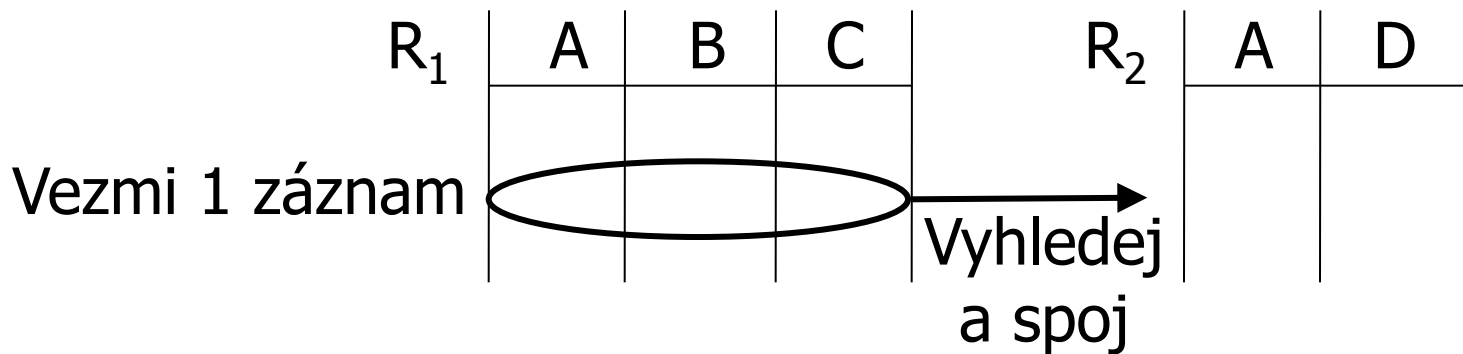
$$\square W = R_1 \bowtie R_2$$

$$T(W) = \frac{T(R_1) \cdot T(R_2)}{\max \{ V(R_1, A), V(R_2, A) \}}$$

# Odhad velikosti: přirozené spojení

- Alternativní definice

- Rovnoměrné rozložení v doméně



- 1 záznam se spojí s  $T(R_2)/\text{DOM}(R_2, A)$  záznamy

- Výsledek:

$$T(W) = \frac{T(R_1) \cdot T(R_2)}{\text{DOM}(R_2, A)} = \frac{T(R_1) \cdot T(R_2)}{\text{DOM}(R_1, A)}$$

předpokládáme stejné

# Odhad velikosti: přirozené spojení

- $W = R_1 \bowtie R_2$

- Velikost záznamu

- $S(W) = S(R_1) + S(R_2) - S(A)$

- Platí pro všechny varianty

# Odhad velikosti: ostatní operace

## ■ Projekce

- $\Pi_{AB}(R), T(W)=T(R), S(W)=S(AB)$

## ■ Selekcce

- $\sigma_{A=a \vee B=b}(R), S(W)=S(R),$  necht'  $n=T(R)$

- $T(W) = n \cdot (1 - (1-m_1/n) \cdot (1-m_2/n))$

- $m_1 = T(R) / V(R,A) \qquad m_2 = T(R) / V(R,B)$

## ■ Sjednocení, průnik, rozdíl

- $\cup, \cap, -$

- $T(W)$  – počítá se průměrná velikost

# Odhad velikosti

- Pro složitější výrazy jsou třeba ostatní statistiky

- Příklad

$$\square W = [\underbrace{\sigma_{A=a}(R_1)}] \bowtie R_2$$

označme jako U

- $T(U) = T(R_1) / V(R_1, A)$        $S(U) = S(R_1)$

- Pro výsledek potřebujeme i  $V(U, *)$  !

# Odhad počtu hodnot

- Odhady  $V(U, *)$

- $U = \sigma_{A=a}(R_1)$

- Předpokládejme, že  $R_1(A, B, C, D)$

# Odhad počtu hodnot: příklad

■ Relace  $R_1$

■  $U = \sigma_{A=a}(R_1)$

■ Výsledek

□  $V(U,A) = 1$

□  $V(U,B) = 1$

□  $V(U,C) = 1 \dots (T(R_1) / V(R_1,A))$

□  $V(U,D) = 1 \dots (T(R_1) / V(R_1,A))$

| A   | B | C       | D |
|-----|---|---------|---|
| cat | 1 | 10.2.98 | a |
| cat | 1 | 20.3.98 | b |
| dog | 1 | 30.4.98 | a |
| dog | 1 | 14.6.98 | c |
| bat | 1 | 15.6.98 | d |

$V(R,A)=3$

$V(R,B)=1$

$V(R,C)=5$

$V(R,D)=4$



# Odhad počtu hodnot: praxe

## ■ Obvyklé řešení

- $U = \sigma_{A=a}(R_1)$

- $V(U, A) = 1$

- $V(U, *) = V(R, *)$

# Odhad počtu hodnot: spojení

- $U = R_1(A,B) \bowtie R_2(A,C)$

- Výsledek:

- $V(U,A) = \min\{ V(R_1, A), V(R_2, A) \}$

- $V(U,B) = V(R_1, B)$

- $V(U,C) = V(R_2, C)$

# Odhad počtu hodnot: spojení

## ■ Příklad

$$\square Z = R_1(A,B) \bowtie R_2(B,C) \bowtie R_3(C,D)$$

$$\square T(R_1) = 1000 \quad V(R_1,A)=50 \quad V(R_1,B)=100$$

$$\square T(R_2) = 2000 \quad V(R_2,B)=200 \quad V(R_2,C)=300$$

$$\square T(R_3) = 3000 \quad V(R_3,C)=90 \quad V(R_3,D)=500$$

# Odhad počtu hodnot: spojení

## ■ Mezivýsledek

$$\square U = R_1(A,B) \bowtie R_2(B,C)$$

## □ Výsledek:

- $T(U) = T(R_1) \cdot T(R_2) / \max\{ V(R_1,B), V(R_2,B) \} =$   
 $= 1000 \cdot 2000 / 200$
- $V(U,A) = 50$
- $V(U,B) = 100$
- $V(U,C) = 300$

# Odhad počtu hodnot: spojení

- Celkový výsledek

- $Z = U \bowtie R_3(C,D)$

- Výsledek:

- $T(Z) = 10\,000 \cdot 3\,000 / 300$

- $V(Z,A) = 50$

- $V(Z,B) = 100$

- $V(Z,C) = 90$

- $V(Z,D) = 500$

# Odhad počtu hodnot: histogram

- Histogram hodnot atributu

- Zpřesnění odhadů

- Počet různých hodnot

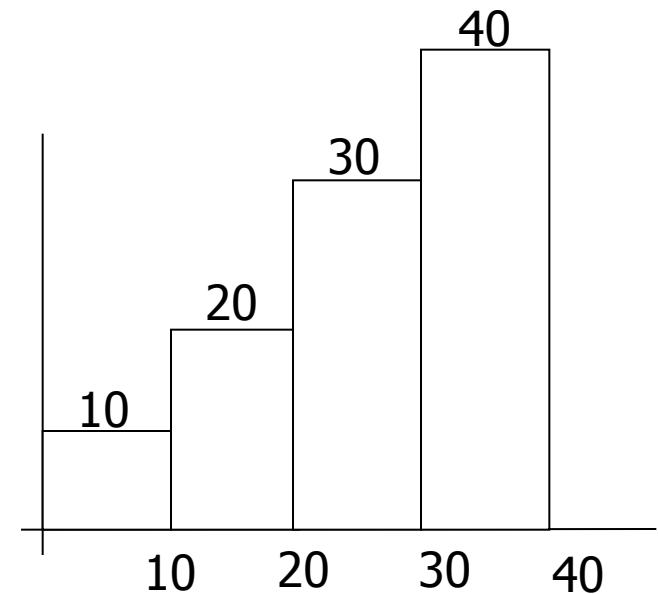
- Málo → pro každou počet

- Hodně → segmentace

- Stejně intervaly

- Percentily

- Pouze pro nejfrekventovanější, ostatní dohromady



# Shrnutí

- Odhad velikosti výsledků je „umění“
- Nezapomeňte:
  - Pro korektní odhad potřebujeme korektní statistiky
    - nutnost udržovat tabulky při modifikacích
  - Jaké jsou náklady takové údržby?

# Aktualizace statistik

- Statisticky se příliš nemění
  - v krátkém časovém úseku
- I nepřesné statistiky mohou být užitečné
- Okamžitá aktualizace statistik
  - Může být úzkým místem – statistiky jsou velmi často používány
- → Neaktualizuj příliš často



# Aktualizace statistik

- Prováděno periodicky
  - Po uplynutí určitého času
  - Po určitém počtu změn
- Pomalé pro  $V(R,A)$ 
  - Zejména pokud se počítají histogramy
  - → Počítáno na vzorku dat
    - Pokud je většina hodnot různých →  $V(R,A) \approx T(R)$
    - Pokud je málo různých hodnot → pravděpodobně jsme většinu ze všech viděli

# Odhad ceny plánu dotazu: přehled

- Odhad velikosti výsledku operace
  - Již probráno
- Odhad počtu V/V operací
  - Další přednáška
- Vytvoření a porovnání plánů