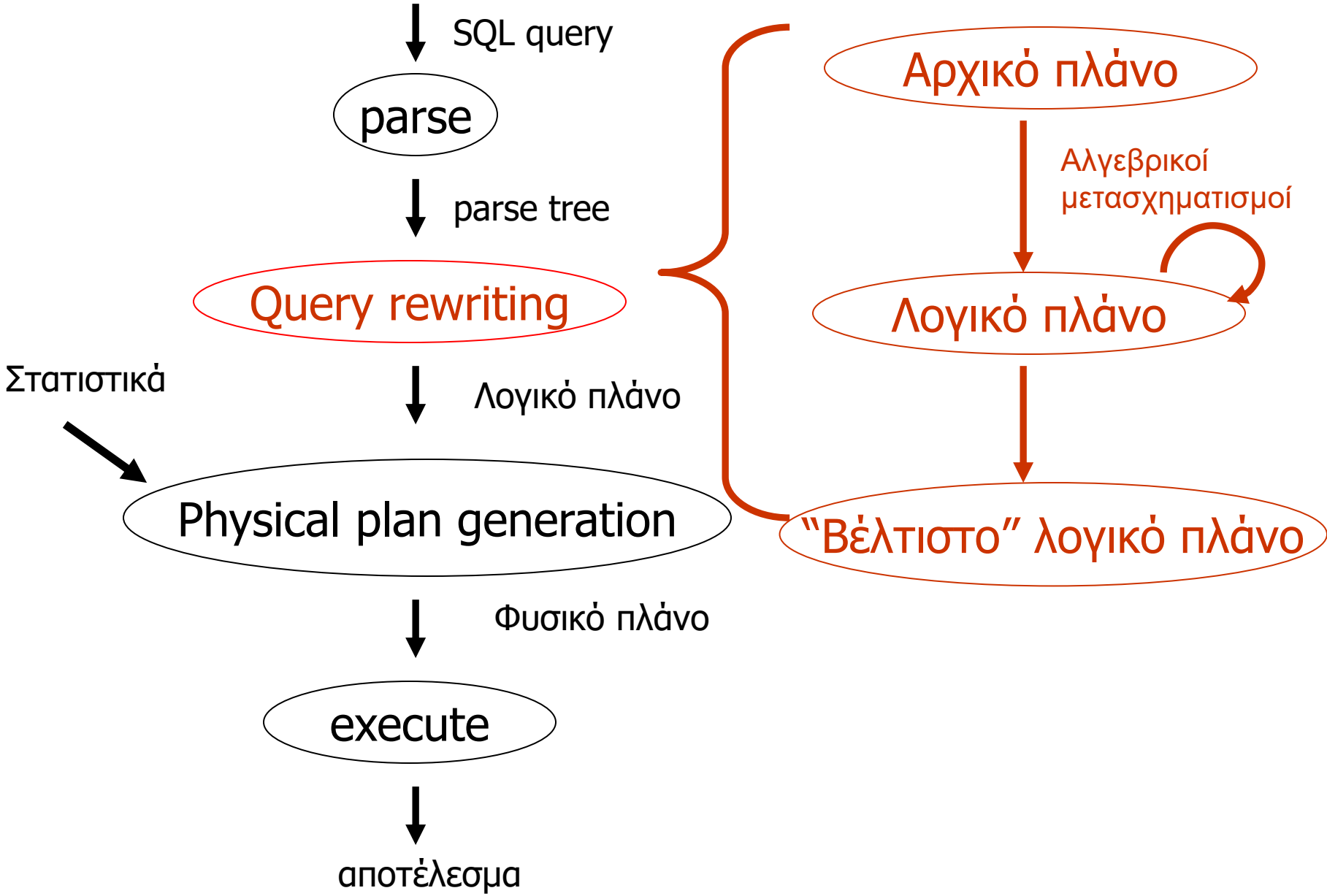
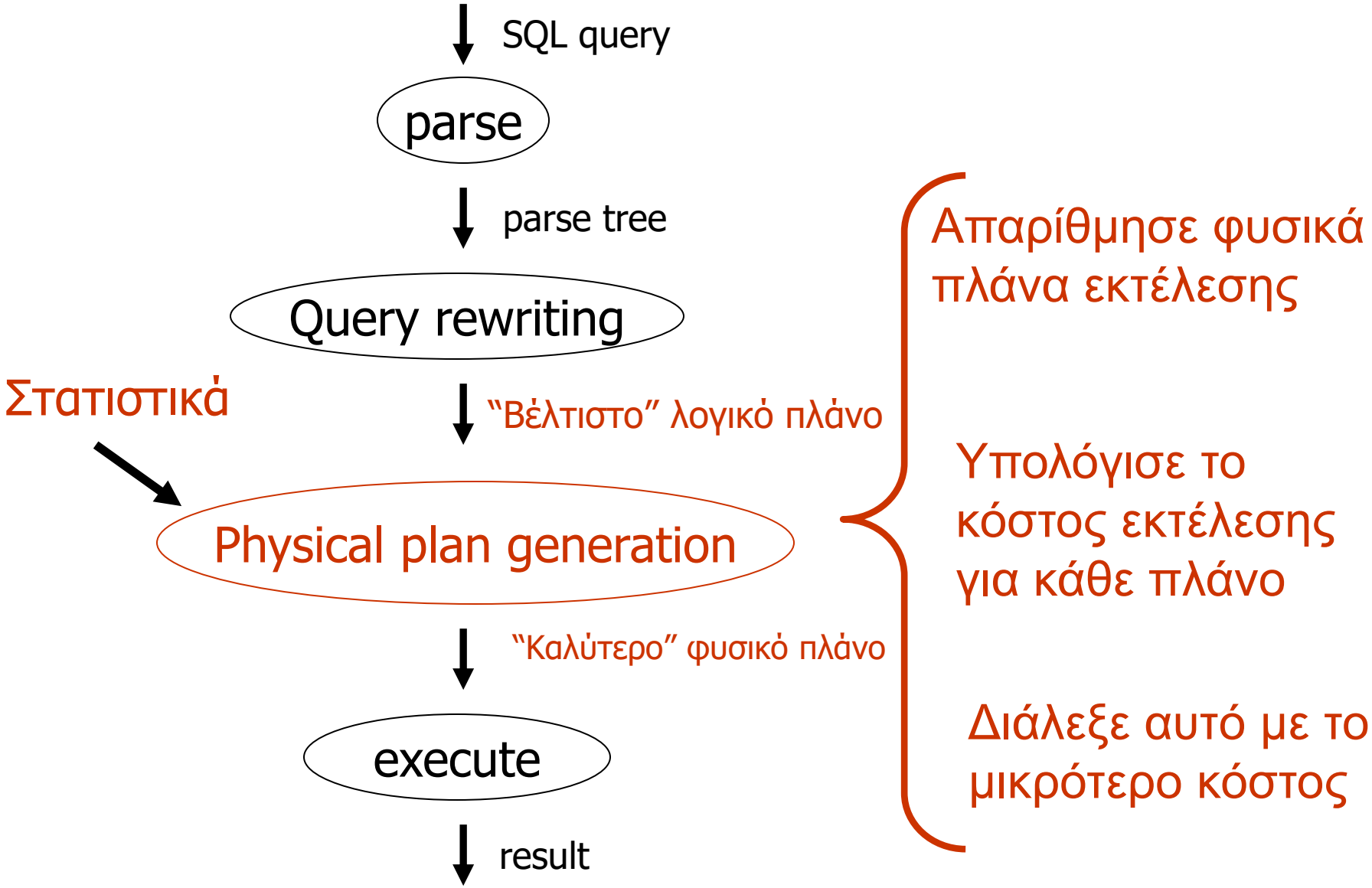
Στατιστικά

Γιάννης Κωτίδης


SQL query
parse
parse tree
Query rewriting
Στατιστικά
Λογικό πλάνο
Physical plan generation
Φυσικό πλάνο
execute
αποτέλεσμα
Αρχικό πλάνο
Αλγεβρικοί μετασχηματισμοί
Λογικό πλάνο
"Βέλτιστο" λογικό πλάνο


SQL query
parse
parse tree
Query rewriting
Στατιστικά
"Βέλτιστο" λογικό πλάνο
Physical plan generation
"Καλύτερο" φυσικό πλάνο
execute
result
Απαρίθμησε φυσικά πλάνα εκτέλεσης
Υπολόγισε το κόστος εκτέλεσης για κάθε πλάνο
Διάλεξε αυτό με το μικρότερο κόστος

Μοντέλο Κόστους Φυσικού Τελεστή

Κόστος = CPU Time + I/O Time

- Συνήθως CPU Time << I/O Time
  - Σκεφτείτε πότε αυτό ενδέχεται να μην ισχύει…

Απλοποίηση

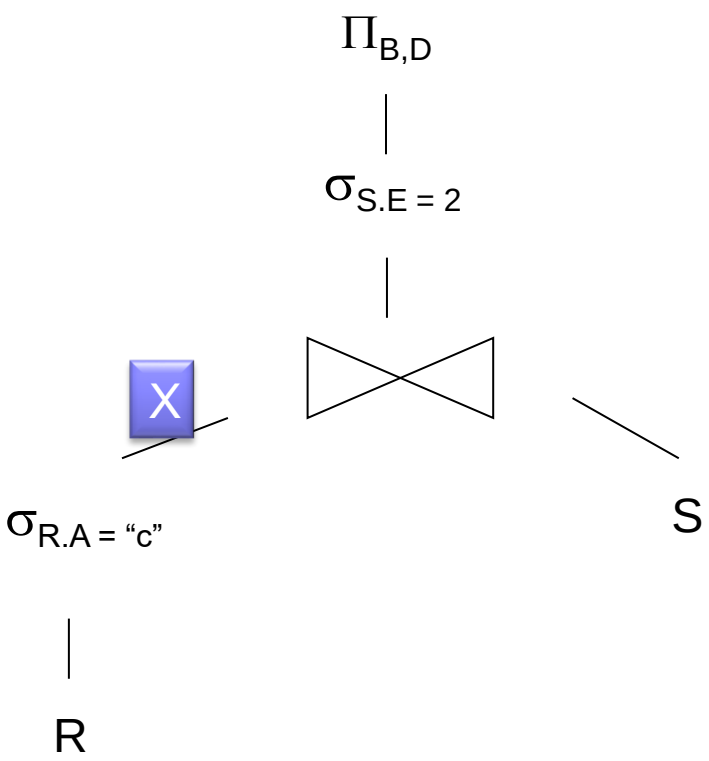
Προσμετρώ μόνο το κόστους του I/O

- **Κόστος = Αριθμός σελίδων που διαβάζω από ή γράφω στο δίσκο**

Πρόσθετες απλοποιήσεις για τη συζήτηση που ακολουθεί

- Αγνοώ τον τύπο του I/O (σειριακή, τυχαία προσπέλαση)
- 1 CPU (1 core), 1 Δίσκος
- Δεν προσμετρώ το κόστος για να κάνω output το τελικό αποτέλεσμα
  - Αυτό το κόστος είναι το ίδιο (γιατί?) για όλα τα πλάνα οπότε μπορώ να το αγνοήσω κατά τη φάση της βελτιστοποίησης

Υπολογισμός Κόστους



- Έστω X το αποτέλεσμα της επιλογής
- Το κόστους του φυσικού τελεστή που θα υλοποιήσει τη σύζευξη εξαρτάται και από το μέγεθος των 2 σχέσεων X,S που του δίνονται σαν είσοδο
  - **Πόσες εγγραφές περιέχει η σχέση X;**

Άρα

- Για να εκτιμήσω το κόστος εκτέλεσης ενός φυσικού τελεστή χρειάζεται να μπορώ να εκτιμώ **κατά προσέγγιση** το μέγεθος του αποτελέσματος των σχεσιακών τελεστών που του παρέχουν είσοδο
  - Το μέγεθος του αποτελέσματος ενός σχεσιακού τελεστή δεν επηρεάζεται από το συγκεκριμένο φυσικό τελεστή που τον υλοποιεί
    - Στο προηγούμενο παράδειγμα ο αριθμός εγγραφών στην X είναι ο ίδιος είτε η επιλογή εκτελεσθεί μέσω ευρετηρίου είτε χωρίς αυτό
      - …το κόστος αποτίμησης όμως είναι προφανώς διαφορετικό
      - …η σειρά των αποτελεσμάτων μπορεί να είναι διαφορετική
        - …και αυτό μπορεί να επηρεάσει το κόστος του τελεστή που υλοποιεί το JOIN, όπως θα δούμε

Τι χρειάζομαι;

(1) Τρόπους υπολογισμού του μεγέθους του αποτελέσματος ενός σχεσιακού τελεστή (πριν τον εκτελέσω!)

(2) Υπολογισμό του κόστους σε I/O

…ας δούμε πρώτα το (1)

Χρήση απλών στατιστικών

- T(R): # εγγραφών (**T**uples) στη σχέση R
- S(R): # μέγεθος (**S**ize) εγγραφής της R σε bytes
- B(R): # αριθμός σελίδων (**B**locks) που καταλαμβάνει η R στο δίσκο
- V(R, A): # αριθμός διακριτών τιμών (**V**alues) του γνωρίσματος R.A

Παράδειγμα

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,B) = 1

V(R,C) = 5

V(R,D) = 4

Εκτίμηση για καρτεσιανό γινόμενο W = R1 x R2

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

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

Εκτίμηση για επιλογή

$W = \sigma_{A=a}(R)$

$S(W) = S(R)$

$T(W) = ?$

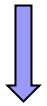
Πρέπει να κάνω κάποιες παραδοχές ελλείψη άλλων στατιστικών

1. Οι τιμή A=α που ψάχνω με την επιλογή εμφανίζεται μέσα στις εγγραφές της R [ψάχνω κάτι που υπάρχει]
2. Η κατανομή των τιμών του γνωρίσματος A είναι ομοιόμορφη ανάμεσα στις υπάρχουσες τιμές (συνολικά V(R,A) διακριτές τιμές)

Άρα ψάχνω μία από τις V(R,A) τιμές που παίρνει το γνώρισμα A στη σχέση R

Ομοιόμορφη κατανομή → η τιμή α εμφανίζεται με πιθανότητα $\frac{1}{V(R,A)}$ σε μία εγγραφή

Έχω T(R) εγγραφές



Η επιλογή $\sigma_{A=\alpha}(R)$ επιστρέφει $T(R)*\frac{1}{V(R,A)} = \frac{T(R)}{V(R,A)}$ εγγραφές

Παράδειγμα

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

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

Example: $T(\sigma_{A=cat}(R)) = \dfrac{T(R)}{V(R,A)} = \dfrac{5}{3}$

Αιτιολόγηση

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

Υπολογίσαμε: $T(\sigma_{A=\alpha}(R)) = \frac{5}{3}$ [το ίδιο για α=cat, dog, bat]

Πόσες εγγραφές βρίσκω με A=cat ….. 2
Πόσες εγγραφές βρίσκω με A=dog …..2
Πόσες εγγραφές βρίσκω με A=bat ….. 1

Κατά μέσο όρο βρίσκω $\frac{2+2+1}{3} = \frac{5}{3} = \frac{T(R)}{V(R,A)}$ εγγραφές

Παράδειγμα (γνωρίσματα B,C,D)

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

$$T(\sigma_{B=1}(R)) = \frac{T(R)}{V(R,B)} = \frac{5}{1} = 5$$

$$T(\sigma_{C=20}(R)) = \frac{T(R)}{V(R,C)} = \frac{5}{5} = 1$$

$$T(\sigma_{D=b}(R)) = \frac{T(R)}{V(R,D)} = \frac{5}{4}$$

Άσκηση

- Εκτίμηση $T(\sigma_{A \neq \alpha}(R)) = ?$

Εκτίμηση $T(\sigma_{A\neq\alpha}(R))$

- Με τις προηγούμενες παραδοχές η πιθανότητα να βρω τη τιμή α είναι
  - $P(A = \alpha) = \frac{1}{V(R,A)}$
  - Άρα $P(A \neq \alpha) = 1 - \frac{1}{V(R,A)} = \frac{V(R,A)-1}{V(R,A)}$

- Επομένως $T(\sigma_{A\neq\alpha}(R)) = T(R) * \frac{V(R,A)-1}{V(R,A)}$

Παράδειγμα

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

Example: $\mathrm{T}(\sigma_{\mathrm{A}\neq\mathrm{cat}}(\mathrm{R})) = \mathrm{T}(\mathrm{R}) * \frac{V(R,A)-1}{V(R,A)} = 5 * \frac{3-1}{3} = \frac{10}{3}$

Recall: $\mathrm{T}(\sigma_{\mathrm{A}=\mathrm{cat}}(\mathrm{R})) = \frac{5}{3}$

Thus: $\mathrm{T}(\sigma_{\mathrm{A}\neq\mathrm{cat}}(\mathrm{R})) + \mathrm{T}(\sigma_{\mathrm{A}=\mathrm{cat}}(\mathrm{R})) = \frac{15}{3} = 5$ ✓

Πως υπολογίζω το μέγεθος της σύζευξης: W = R1 ⋈ R2

- Ποια είναι η ελάχιστη και ποια η μέγιστη τιμή του T(W);
- Τι γίνεται στην πράξη;
- Παρατήρηση: συνήθως κάνω join σχέσεις που έχουν διασπασθεί κατά τη διαδικασία της κανονικοποίησης

Ειδική περίπτωση σχέση (1:N) με περιορισμό κλειδιού

- Έστω οι σχέσεις: **Customer(<u>CustId</u>,Name,Address)** και **Buys(CustId,ProdId,Date)**
- **Customer** ⋈ **Buys** γυρίζει τους πελάτες με τις αγορές τους

Customer

<u>CustId</u>	Name	Address
C1	John	Athens
C2	Nick	Athens
C3	Eleni	Piraeus

Buys

CustId	ProdId	Date
C1	P2	Jan 3 2012
C1	P4	Dec 12 2011
C3	P1	Feb 7 2012

W = Customer ⋈ Buys

- Ειδική αλλά αρκετά συνηθισμένη περίπτωση
  - **Το CustId είναι κλειδί στη σχέση Customer και ξένο κλειδί στη σχέση Buys**
  - V(Customer,CustId) = συνολικός αριθμός πελατών
  - V(Buys,CustId) = αριθμός πελατών με μία τουλάχιστον αγορά

CustId	Name	Address
C1	John	Athens
C2	Nick	Athens
C3	Eleni	Piraeus

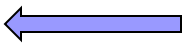
⋈

CustId	ProdId	Date
C1	P2	Jan 3 2012
C1	P4	Dec 12 2011
C3	P1	Feb 7 2012

W = Customer ⋈ Buys

- Κάθε εγγραφή από τη σχέση Buys κάνει join με μία ακριβώς εγγραφή από τη σχέση Customer με βάση την τιμή του κλειδιού CustId (γιατί?)
  - T(W) = T(Buys)

CustId	Name	Address
C1	John	Athens
C2	Nick	Athens
C3	Eleni	Piraeus

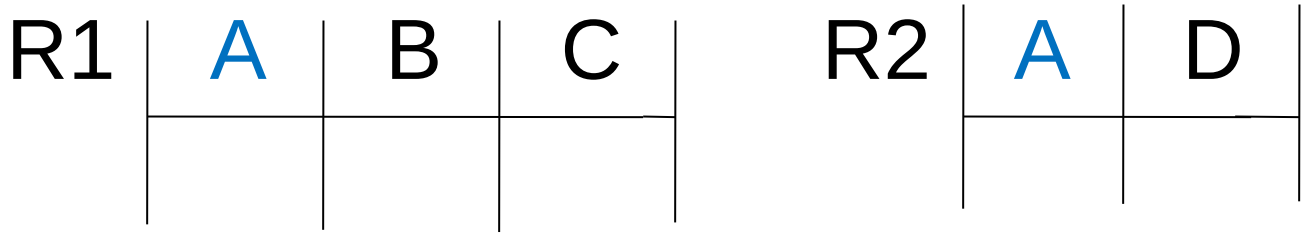


CustId	ProdId	Date
C1	P2	Jan 3 2012
C1	P4	Dec 12 2011
C3	P1	Feb 7 2012

Ας δούμε τώρα μία ποιο γενική περίπτωση

- Βασική υπόθεση (informally): κάνουμε join σχέσεις που κάνουν join!!!
- Επίσης όπως και στην επιλογή υποθέτουμε ομοιόμορφη κατανομή

$W = R1 \bowtie R2 \quad X \cap Y = A$

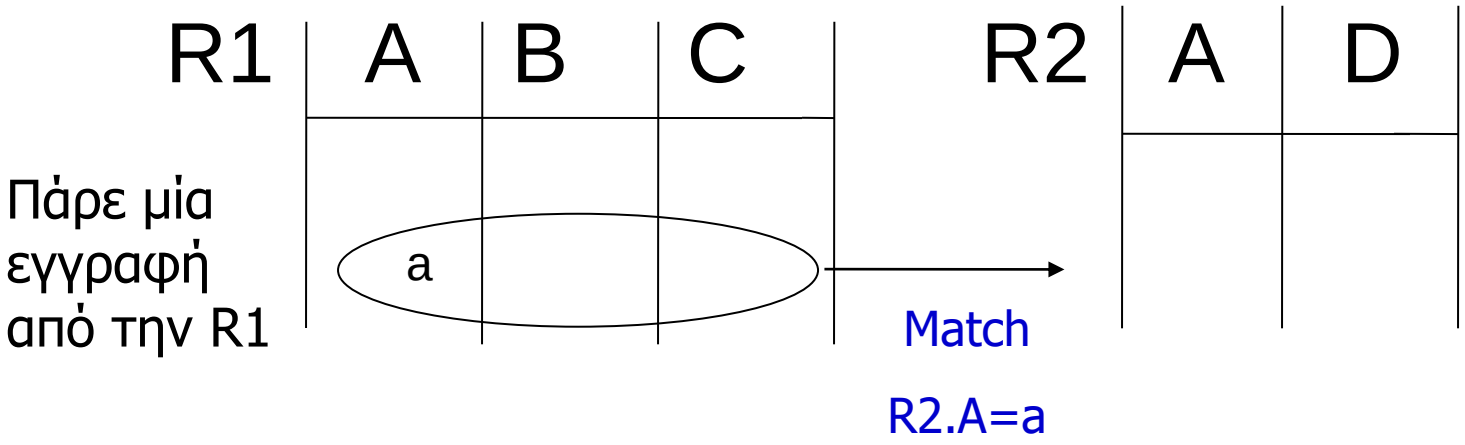


Έστω ότι $V(R1,A) \leq V(R2,A)$:

Θα κάνω την υπόθεση ότι κάθε τιμή του γνωρίσματος R1.A εμφανίζεται στη σχέση R2

(Containment of value sets)

Υπολογισμός T(W) εφόσον V(R1,A)≤V(R2,A)



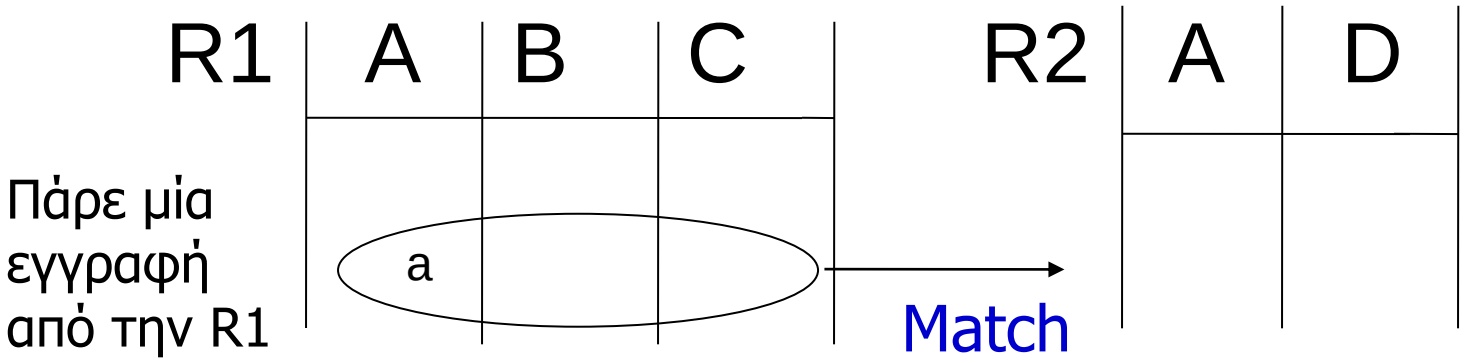
Κάθε εγγραφή της R1 κάνει join με $\frac{T(R2)}{V(R2,A)}$ εγγραφές της σχέσης R2

Γιατί?

Ας σκεφτούμε

- Η εγγραφή που πήρα από την R1 ταιριάζει (κάνει join) με εγγραφές της R2 που έχουν την ίδια τιμή «α» στο γνώρισμα R2.A
- Για να βρω με ποιες ταιριάζει ας κάνω την επιλογή $\sigma_{R2.A=a}(R2)$
- Έχουμε ήδη βρει ότι: $T(\sigma_{R2.A=a}(R2)) = \frac{T(R2)}{V(R2,A)}$

Υπολογισμός T(W) όταν V(R1,A) ≤ V(R2,A)



Κάθε εγγραφή κάνει join με $\frac{T(R2)}{V(R2,A)}$ εγγραφές

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

$W = R1 \bowtie R2 \quad X \cap Y = A$ *

- Αν $V(R1,A) \leq V(R2,A)$:

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

- Αν $V(R2,A) \leq V(R1,A)$:

(προκύπτει με τον ίδιο συλλογισμό αν αντιστρέψετε τη σειρά των σχέσεων)

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

*Α είναι το κοινό γνώρισμα στη φυσική σύζευξη

Οπότε (για $W = R1 \bowtie R2$)

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

Επίσης

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

μέγεθος (bytes) γνωρίσματος A

Σύνθετο Παράδειγμα

- Έστω ΒΔ με τους εργαζόμενους σε μια εταιρία με πέντε τμήματα
- Για τους υπαλλήλους στο τμήμα έρευνας (Research) θέλω να δώσω bonus ανάλογα με την αρχαιότητα τους (seniority level: 0..9)
- Τα δεδομένα αποθηκεύονται σε δύο πίνακες Emp και Bonus
  - Κάθε υπάλληλος έχει μια τιμή seniority **level $\in$ [0..9]**
  - Το τμήμα έρευνας έχει υπαλλήλους από όλα τα επίπεδα αρχαιότητας
  - Υπάρχουν συνολικά 80 διαφορετικά είδη bonus στο πίνακα Bonus που αναφέρονται σε 7 από τα 10 seniority levels
    - Υπάρχουν διαφορετικά πιθανά bonuses για κάποια επίπεδα αρχαιότητας, αλλά όχι για όλα!

Στατιστικά Σχέσεων Emp, Bonus

- Σχέση Emp
  - T(Emp) = 1000
  - V(Emp,dept) = 5
  - V(Emp,level) = 10
- Σχέση Bonus
  - T(Bonus) = 80
  - V(Bonus,level) = 7

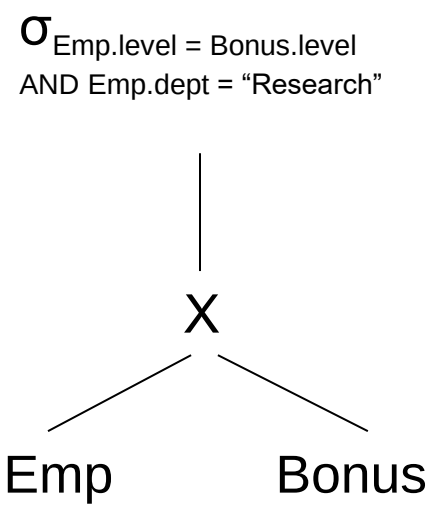
Δίνεται η παρακάτω SQL επερώτηση

```
SELECT * FROM Emp,Bonus
WHERE Emp.level = Bonus.level
AND       Emp.dept = “Research”
```

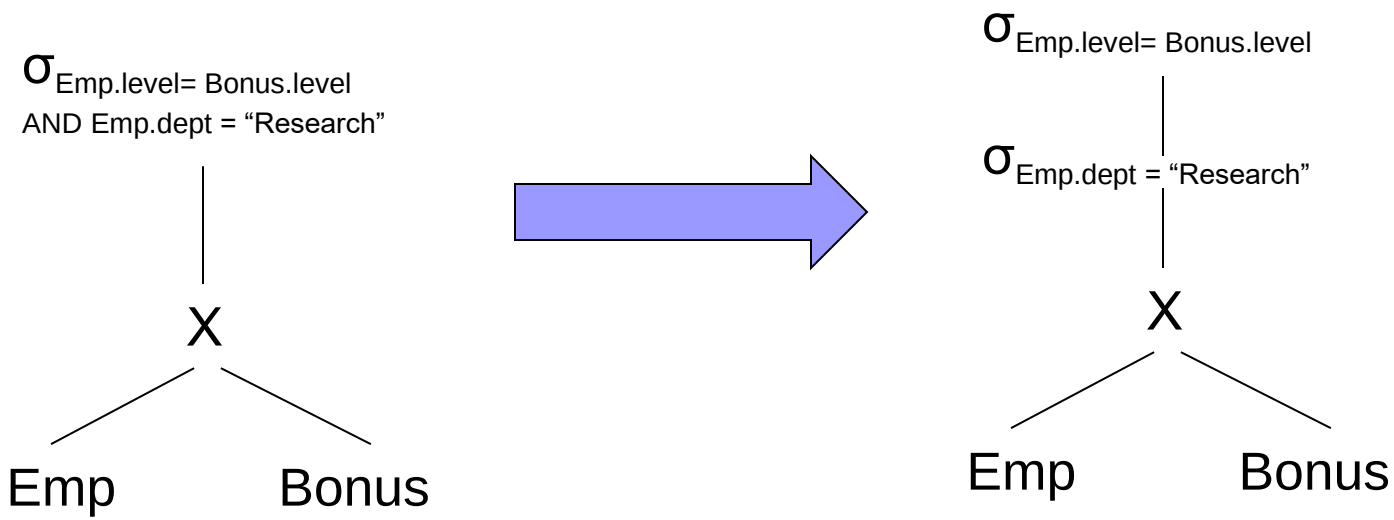
- Σχεδιάστε το αρχικό και τελικό λογικό πλάνο
- Πόσα αποτελέσματα αναμένεται να επιστρέψει η επερώτηση?

Αρχικό Λογικό Πλάνο

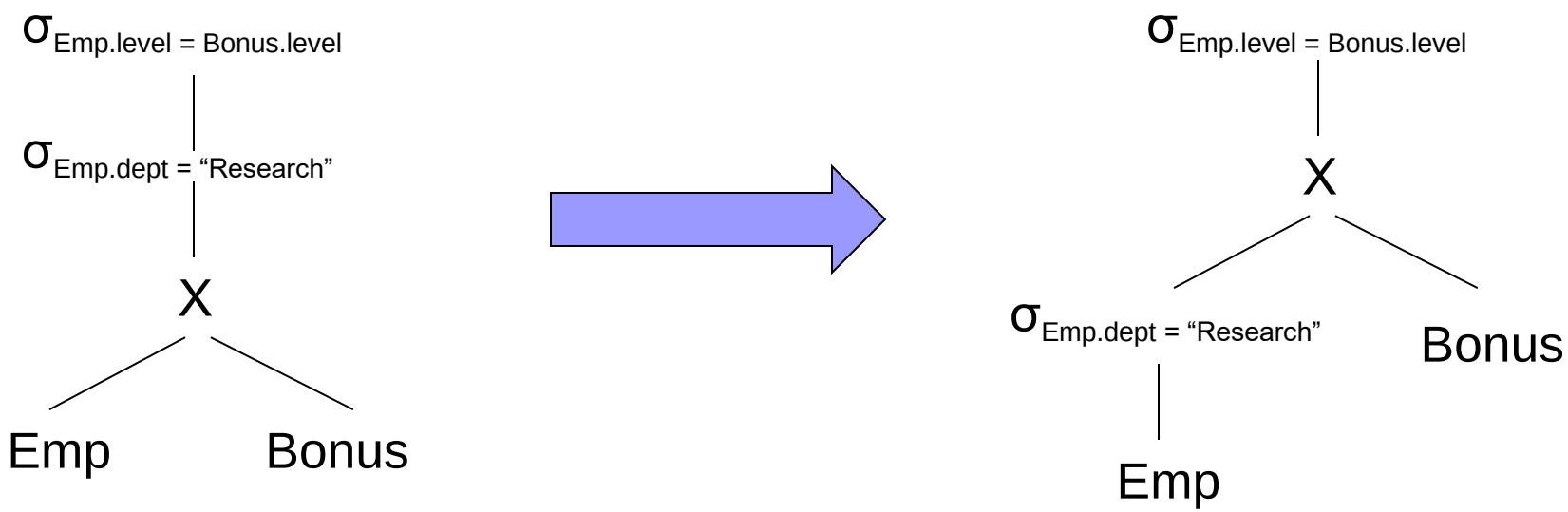
```
SELECT * FROM Emp,Bonus
WHERE Emp.level = Bonus.level
AND       Emp.dept = “Research”
```



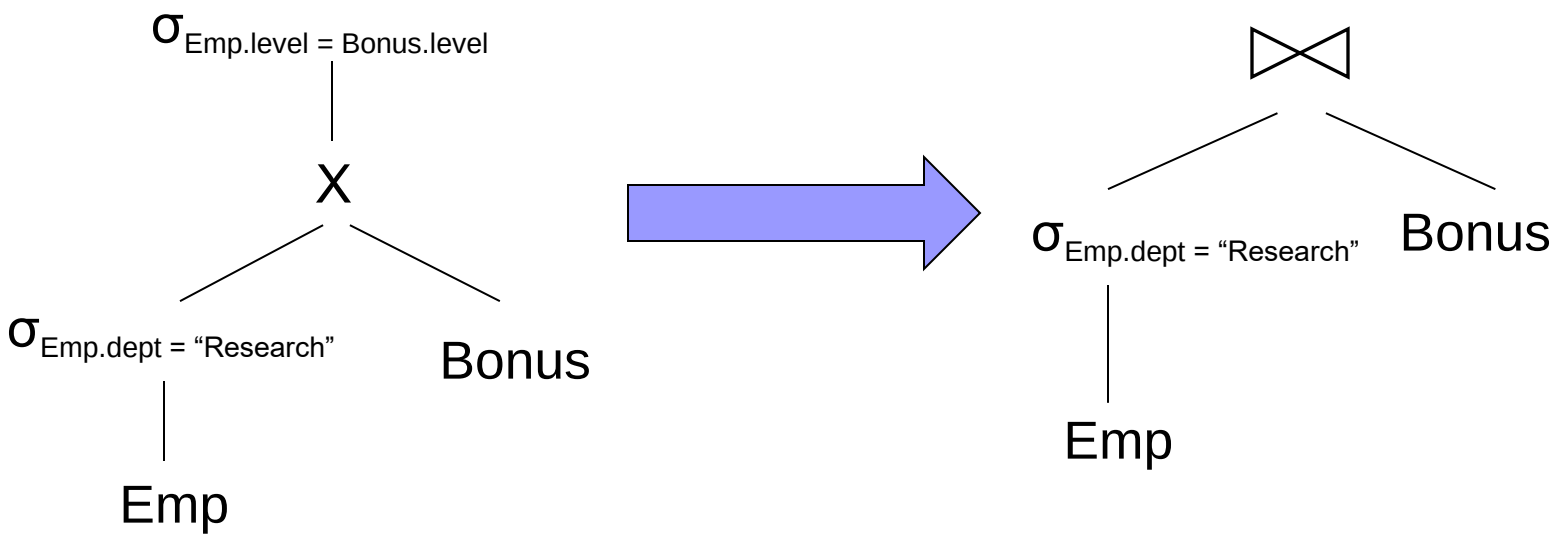
Rewrites (1)


σ Emp.level= Bonus.level
AND Emp.dept = “Research”
X
Emp
Bonus
σ Emp.level= Bonus.level
σ Emp.dept = “Research”
X
Emp
Bonus

Rewrites (2)

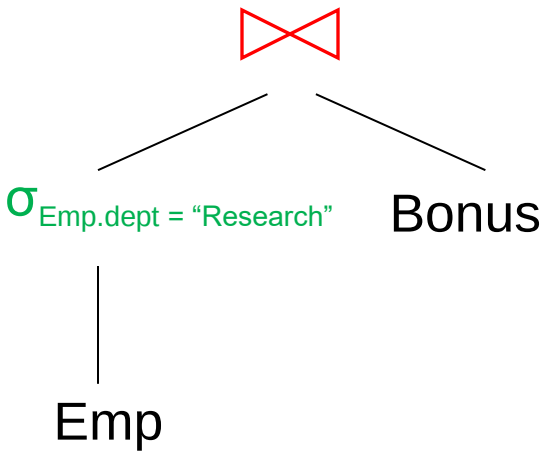

σEmp.level = Bonus.level
σEmp.dept = “Research”
X
Emp
Bonus
σEmp.level = Bonus.level
X
σEmp.dept = “Research”
Bonus
Emp

Rewrites (3)


σ Emp.level = Bonus.level
X
σ Emp.dept = “Research”
Bonus
Emp
⋈
σ Emp.dept = “Research”
Bonus
Emp

Τελικό Λογικό Πλάνο

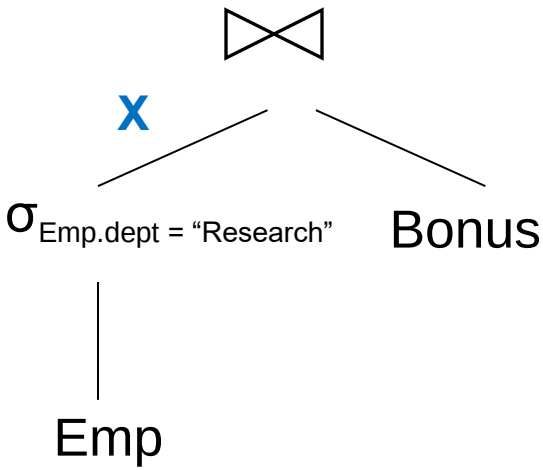
```
SELECT * FROM Emp,Bonus
WHERE Emp.level= Bonus.level
AND       Emp.dept = “Research”
```



Υπολογισμός Στατιστικών (σ)

Έστω $X=\sigma_{Emp.dept = \text{“Research”}}(Emp)$
το αποτέλεσμα της επιλογής

Πόσα αποτελέσματα αναμένουμε να επιστρέψει το X?



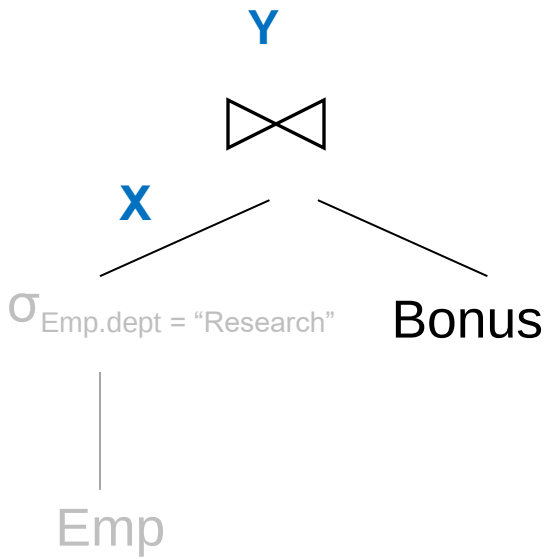
Δίνονται:

- T(Emp) = 1000
- V(Emp,dept) = 5

Εκτίμηση: $T(X) = \frac{1000}{5} = 200$ εγγραφές

Υπολογισμός Στατιστικών (⋈)

- T(X) = 200
- V(X,level) = 10 (υπόθεση ανεξαρτησίας ανάμεσα σε dept και level)
- T(Bonus) = 80
- V(Bonus,level) = 7



Έστω Y=X ⋈ Bonus

Εκτίμηση: $T(Y) = \frac{T(X)*T(Bonus)}{\max(V(X,level),V(Bonus,level))} = \frac{200*80}{\max(10,7)} = 1600$

Επομένως περιμένω (κατ’ εκτίμηση) 1600 αποτελέσματα

Preservation of Set Values

- When joining two relations, any attribute that is not a join attribute does not lose values from its set of possible values
  - Unless join result is smaller that the number of distinct values
- Assumption useful in-cases we have a chain of joins

Παράδειγμα

- Έστω R(A,B) JOIN S(B,C) JOIN W(C,D)
- Δίνονται
  - T(R) = 100, V(R,B) = 10
  - T(S) = 50, V(S,B) = 5, V(S,C) = 8
  - T(W) = 20, V(W,C) = 5

R(A,B) JOIN S(B,C) JOIN W(C,D)

- Δίνονται
  - T(R) = 100, V(R,B) = 10
  - T(S) = 50, V(S,B) = 5, V(S,C) = 8
  - T(W) = 20, V(W,C) = 5
- Έστω U=R(A,B) JOIN S(B,C)
- T(U) = ?

R(A,B) JOIN S(B,C) JOIN W(C,D)

- Δίνονται
  - T(R) = 100, V(R,B) = 10
  - T(S) = 50, V(S,B) = 5, V(S,C) = 8
  - T(W) = 20, V(W,C) = 5
- Έστω U=R(A,B) JOIN S(B,C)
- $T(U) = \frac{T(R)*T(S)}{\max(V(R,B),V(S,B))} = \frac{100*50}{\max(10,5)} = 500$
- V(U,C) = ?

R(A,B) JOIN S(B,C) JOIN W(C,D)

- Δίνονται
  - T(R) = 100, V(R,B) = 10
  - T(S) = 50, V(S,B) = 5, V(S,C) = 8
  - T(W) = 20, V(W,C) = 5
- Έστω U=R(A,B) JOIN S(B,C)
- T(U) = 500
- V(U,C) = V(S,C) = 8 (preservation of set values)

U

R(A,B) JOIN S(B,C) JOIN W(C,D)

- Δίνονται
  - T(W) = 20,V(W,C) = 5
- Βρήκαμε (U=R(A,B) JOIN S(B,C))
  - T(U) = 500
  - V(U,C) = 8
- T(U JOIN W) = ?

R(A,B) JOIN S(B,C) JOIN W(C,D)

- Δίνονται
  - T(W) = 20,V(W,C) = 5
- Βρήκαμε (U=R(A,B) JOIN S(B,C))
  - T(U) = 500
  - V(U,C) = 8
- T(U JOIN W) = $\frac{500*20}{\max(5,8)}$ = 1250
- Επομένως T(R JOIN S JOIN W)=1250