Εισαγωγή στην

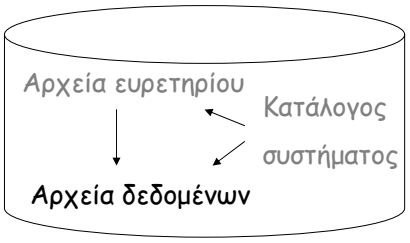
# Επεξεργασία Ερωτήσεων





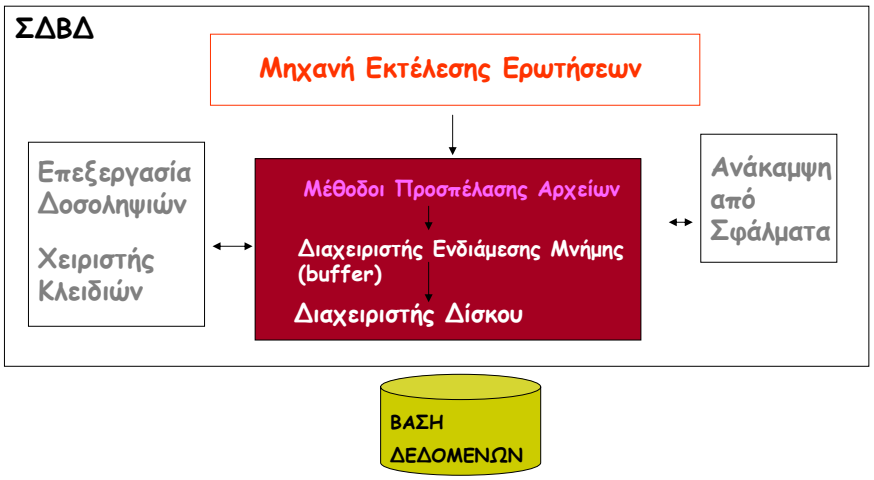
**ΣΔΒΔ**

Σύνολο από προγράμματα για τη διαχείριση της ΒΔ




**ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

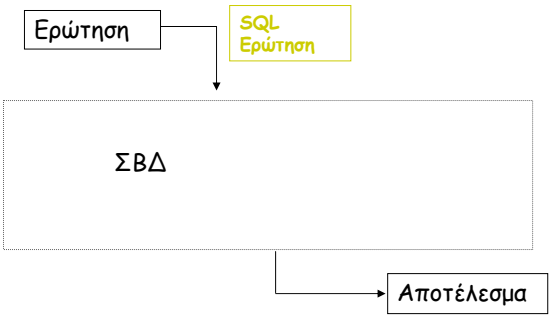
**Σύστημα Βάσεων Δεδομένων (ΣΒΔ)**



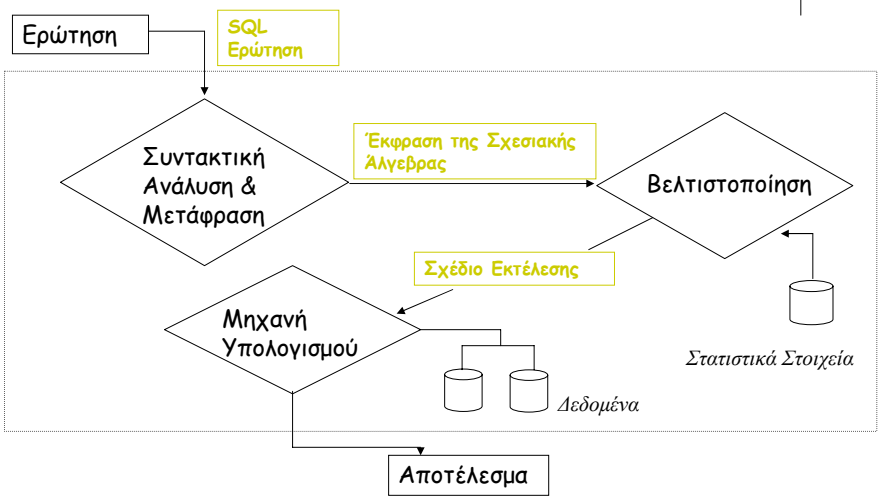





Θα δούμε την «πορεία» μιας SQL ερώτησης (πως εκτελείται)



## Επεξεργασία Ερωτήσεων






## Επεξεργασία Ερωτήσεων

Τα βασικά βήματα στην επεξεργασία μιας ερώτησης είναι

1. Συντακτική Ανάλυση & Μετάφραση
2. Βελτιστοποίηση
3. Υπολογισμός

## 1. Συντακτική Ανάλυση (Parsing) & Μετάφραση

Η SQL ερώτηση μεταφράζεται σε μια εσωτερική μορφή αφού γίνει ο απαραίτητος συντακτικός και σημασιολογικός έλεγχος (π.χ., τα ονόματα που αναφέρονται είναι ονόματα σχέσεων που υπάρχουν)

Αντικατάσταση των όψεων από τον ορισμό τους

Σε ποια εσωτερική μορφή; Έκφραση της σχεσιακής άλγεβρας

**select** $A_1, A_2, \ldots, A_n$
**from** $R_1, R_2, \ldots, R_m$
**where** P

$\pi_{A1, A2, \ldots, An} (\sigma_P (R_1 \times R_2 \times \ldots \times R_m))$





## 2. Βελτιστοποίηση

Μια SQL ερώτηση μπορεί να μεταφραστεί σε διαφορετικές (ισοδύναμες) εκφράσεις της σχεσιακής άλγεβρας

**select** balance
**from** account
**where** balance < 25000

- $\pi_{\text{balance}} (\sigma_{\text{balance} < 2500} (\text{account}))$
- $\sigma_{\text{balance} < 2500} (\pi_{\text{balance}}(\text{account}))$

*Με ποιο κριτήριο γίνεται η επιλογή της έκφρασης;*

## Βελτιστοποίηση

Κάθε πράξη της σχεσιακής άλγεβρας μπορεί να υλοποιηθεί με *διαφορετικούς αλγορίθμους*:

π.χ., για την υλοποίηση της επιλογής μπορεί

είτε να σαρώσουμε (scan) όλο το αρχείο ελέγχοντας κάθε εγγραφή αν ικανοποιεί τη συνθήκη

είτε αν υπάρχει π.χ., ένα $B^+$ ευρετήριο στο γνώρισμα balance να χρησιμοποιήσουμε το ευρετήριο

Άρα δεν αρκεί ο προσδιορισμός της πράξης - πρέπει να προσδιορίζεται και ο αλγόριθμος που θα χρησιμοποιηθεί για την υλοποίησή της



## Βελτιστοποίηση

βασικές (primitive) πράξεις: πράξη + αλγόριθμος

**Σχέδιο εκτέλεσης** (execution plan): μια ακολουθία από βασικές πράξεις

$\pi_{\text{balance}}$

$\sigma_{\text{balance} < 2500,}$ χρησιμοποίησε το ευρετήριο 1

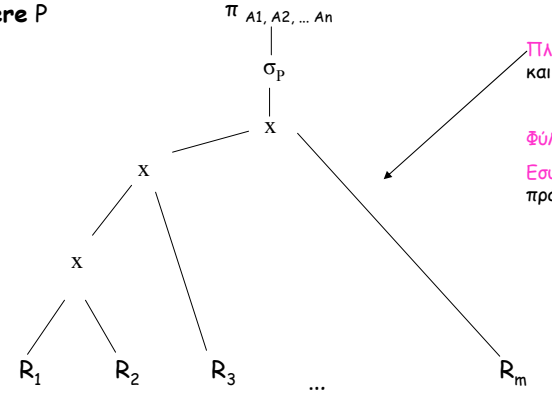
account

## Βελτιστοποίηση

**select** $A_1, A_2, \ldots, A_n$
**from** $R_1, R_2, \ldots, R_m$
**where** P

Μετάφραση

$\pi_{A1, A2, \ldots, An}(\sigma_P(R_1 \times R_2 \times \ldots \times R_m))$




Πλάνο εκτέλεσης (ποιες πράξεις και με ποιον αλγόριθμο)

Φύλλα: σχέσεις

Εσωτερικοί κόμβοι: βασικές πράξεις της σχεσιακής άλγεβρας

**Βελτιστοποίηση του πλάνου**



## Βελτιστοποίηση

- Τα διαφορετικά σχέδια εκτέλεσης έχουν και διαφορικό κόστος
- Βελτιστοποίηση: η διαδικασία επιλογής του σχεδίου εκτέλεσης που έχει το μικρότερο κόστος
- Εκτίμηση του κόστους (συνήθως χρήση στατιστικών στοιχείων)

## Μερικοί ευριστικοί κανόνες

*Γενική ιδέα: εκτέλεση πρώτα των πράξεων με μικρή επιλεκτικότητα ώστε να περιοριστεί το μέγεθος των ενδιάμεσων αποτελεσμάτων*

**1**. Διάσπαση των πράξεων επιλογής με συζευκτικές συνθήκες σε ακολουθίες πράξεων επιλογής

**2**. Μετατοπίζουμε την *πράξη επιλογής όσο πιο κάτω* επιτρέπεται από τα γνωρίσματα που περιλαμβάνονται στη συνθήκη

**3**. Επαναδιευθέτηση των φύλλων ώστε να εκτελούνται πρώτα οι σχέσεις που έχουν τις πιο περιοριστικές πράξεις επιλογής





**4**. Συνδυασμός μιας πράξης καρτεσιανού γινομένου με μια πράξη επιλογής που ακολουθεί

**5**. Διάσπαση και *μετακίνηση των λιστών προβολής όσο πιο κάτω* γίνεται στο δέντρο

**6**. Εντοπισμός υποδέντρων με ομάδες πράξεων που μπορεί να εκτελεστούν με κοινό αλγόριθμο

## 3. Εκτέλεση

Μηχανή εκτέλεσης που εκτελεί τις βασικές πράξεις





Υπάρχουν υλοποιημένοι μια σειρά από αλγόριθμοι για κάθε βασική πράξη (π.χ., που χρησιμοποιούν ή όχι ευρετήρια κλπ)

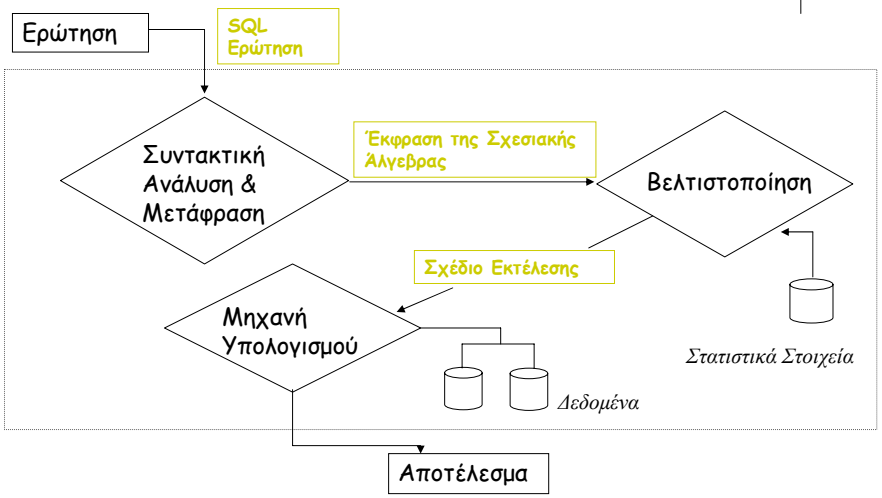
Γενικά, το ΣΔΒΔ με βάση κάποια *στατιστικά στοιχεία* κάνει μια *εκτίμηση του κόστους* και *επιλέγει τον αλγόριθμο* για κάθε πράξη με τον μικρότερο (με βάση την εκτίμηση) κόστος

## Αλγόριθμους εκτέλεσης βασικών πράξεων

Επιλογή





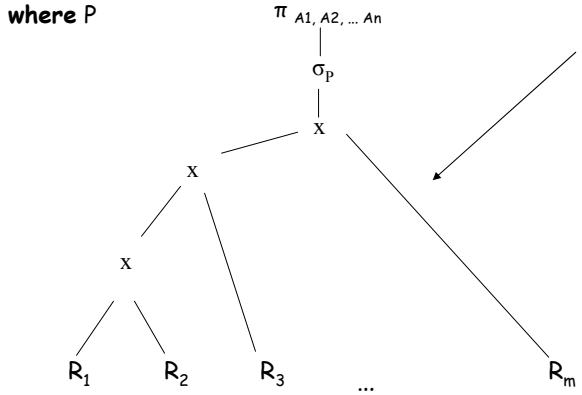


## Επεξεργασία Ερωτήσεων (ανακεφαλαίωση)

**select** $A_1, A_2, \ldots, A_n$
**from** $R_1, R_2, \ldots, R_m$
**where** P

Μετάφραση

$\pi_{A1, A2, \ldots, An} (\sigma_P (R_1 \times R_2 \times \ldots \times R_m))$




Πλάνο εκτέλεσης (ποιες πράξεις και με ποιον αλγόριθμο)

Βελτιστοποίηση

Εκτέλεση

Επιλογή κατάλληλου αλγορίθμου για κάθε βασική πράξη της σχεσιακής άλγεβρας



## Αλγόριθμοι Εκτέλεσης Βασικών Πράξεων

Για να επιλέξουμε ποιόν αλγόριθμο θα χρησιμοποιήσουμε, διατηρούμε στατιστικά στοιχεία

Για ένα *αρχείο δεδομένων* μιας σχέσης R:

- $n_R$: αριθμός πλειάδων της σχέσης R
- $b_R$ : αριθμός blocks της σχέσης R
- $s_R$: μέγεθος σε bytes κάθε πλειάδας της σχέσης R
- $f_R$ : παράγοντας ομαδοποίησης (αριθμός εγγραφών ανά block)

  αν μη εκτεινόμενη, $f_R = \lfloor B / s_R \rfloor$ και $b_R = \lceil n_R / f_R \rceil$

Ενημέρωση στατιστικών στοιχείων;

Άλλα στατιστικά στοιχεία;

Π.χ., για μια πράξη επιλογής στο γνώρισμα *A*

- V(*A*, R): αριθμός διαφορετικών τιμών του *A*

  $|\pi_A(R)|$ -- αν το *A* κλειδί;

- SC(*A*, R): μέσος αριθμός πλειάδων που ικανοποιεί μια συνθήκη (δεδομένου ότι υπάρχει μια τουλάχιστον που την ικανοποιεί)

  1 αν κλειδί, αν ομοιόμορφη;





Στατιστικά στοιχεία επίσης για το *αρχείο ευρετηρίου* (αν υπάρχει)

- $f_i$ : παράγοντας διακλάδωσης,

  πολυεπίπεδο $f_0$, $B^+$ δέντρο ~ τάξη
- $H_i$: αριθμός επιπέδων
- $LB_i$: αριθμός block φύλλων

Με βάση τα στατιστικά επιλέγεται ο αλγόριθμος με το μικρότερο κόστος

I/O Κόστος (Αριθμό blocks που μεταφέρονται)

## Επιλογή

Θα εξετάσουμε:

- Επιλογή με συνθήκη ισότητας ($\sigma_{A = a}$ **(R)**)
- Επιλογή με συνθήκη σύγκρισης – διαστήματος/περιοχής (range query)
  ($\sigma_{A \leq u}$ **(R))** ή ($\sigma_{A \geq u}$ **(R))**
- Επιλογή με σύζευξη ($\sigma_{\Theta 1 \text{ AND } \Theta 2 \ldots \text{ AND } \Theta n}$ (R))
- Επιλογή με διάζευξη ($\sigma_{\Theta 1 \text{ OR } \Theta 2 \ldots \text{ OR } \Theta n}$ (R))

Θα δούμε ποιος είναι ο καλύτερος (με το μικρότερο κόστος σε blocks) αλγόριθμος για την εκτέλεση της πράξης





Πιθανοί *αλγόριθμοι εκτέλεσης* για την επιλογή:

E1: Σειριακή αναζήτηση

E2: Δυαδική αναζήτηση

E3: Χρήση πρωτεύοντος ευρετηρίου/κατακερματισμού

E4: Χρήση δευτερεύοντος ευρετηρίου/κατακερματισμού

Για τον E2 πρέπει το αρχείο να είναι ταξινομημένο

Για τους E3 και E4 λέμε ότι έχουμε μονοπάτι προσπέλασης (access path)

**Επιλεκτικότητα επιλογής:**

το πλήθος των εγγραφών (πλειάδων) που επιλέγονται (δηλ. ικανοποιούν την συνθήκη)

το πλήθος των εγγραφών (πλειάδων) του αρχείου (σχέσης)

- Έστω $s_i = | \sigma_{\Theta i} (R) |$

  επιλεκτικότητα: $s_i / n_R$

Αν Θi συνθήκη ισότητας σε ένα γνώρισμα υποψήφιο κλειδί $s_i = 1 / n_R$

Αν Θi συνθήκη ισότητας σε ένα γνώρισμα, ομοιόμορφη κατανομή, k διακριτές τιμές, $s_i = k / n_R$





## Επιλογή - συνθήκη ισότητας $\sigma_{A = a} (R)$

**E1 Σειριακή αναζήτηση**

Διάβασμα (scan) όλου του αρχείου

*$b_R$: αριθμός blocks της σχέσης R*

$b_R$

$b_R/2$ αν το A υποψήφιο κλειδί (οπότε το αποτέλεσμα έχει μόνο μία πλειάδα, σταματάμε την αναζήτηση μόλις τη βρούμε)

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιοδήποτε αρχείο

Επιλογή: Συνθήκη Ισότητας

## Ε2 Δυαδική αναζήτηση

$b_R$: αριθμός blocks της σχέσης R
SC(A, R): μέσος αριθμός πλειάδων που ικανοποιεί μια συνθήκη
$f_R$ : παράγοντας ομαδοποίησης

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο αν το αρχείο είναι διατεταγμένο με βάση το γνώρισμα της επιλογής

$\lceil \log ( b_R ) \rceil$ ← Εύρεση της πρώτης

\+

$\lceil SC(A, r)/f_R \rceil - 1$ ← Εύρεση των υπόλοιπων

Αν το Α υποψήφιο κλειδί;



Επιλογή: Συνθήκη Ισότητας

## Ε3 Χρήση πρωτεύοντος (πολυεπίπεδου) ευρετηρίου

*Πρωτεύον ευρετήριο σημαίνει ταξινομημένο αρχείο*

$b_R$: αριθμός blocks της σχέσης R
SC(A, R): μέσος αριθμός πλειάδων που ικανοποιεί μια συνθήκη
$f_R$: παράγοντας ομαδοποίησης
$HT_i$: αριθμός επιπέδων

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο αν υπάρχει τέτοιο ευρετήριο στο Α

$HT_i + 1$ ← Εύρεση και μεταφορά της πρώτης

Αν το Α δεν είναι υποψήφιο κλειδί -- ευρετήριο συστάδων

$HT_i + \lceil SC(A, R)/f_R \rceil$ ← Εύρεση και των υπόλοιπων

*ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Πρωτεύον ευρετήριο στο Α, σημαίνει ότι οι εγγραφές του αρχείου δεδομένων είναι ταξινομημένες (διατεταγμένες) ως προς Α άρα οι υπόλοιπες εγγραφές με την ίδια τιμή (αν υπάρχουν) βρίσκονται σε γειτονικά blocks του αρχείου δεδομένων*

$b_R$: αριθμός blocks της σχέσης R
SC(A, R): μέσος αριθμός πλειάδων που ικανοποιεί μια συνθήκη
$f_R$: παράγοντας ομαδοποίησης
$HT_i$: αριθμός επιπέδων

**Ε4 Χρήση δευτερεύοντος (πολυεπίπεδου) ευρετηρίου**

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο αν υπάρχει τέτοιο ευρετήριο στο Α

Αν το Α είναι υποψήφιο κλειδί

$HT_i + 1$ ⟵ Εύρεση και μεταφορά της πρώτης

Αν το Α δεν είναι υποψήφιο κλειδί + κόστος για την εύρεση των υπολοίπων

$HT_i$ + *ενδιάμεσο επίπεδο*

+SC(A, R) ⟵ Εύρεση και των υπόλοιπων

*Στη χειρότερη περίπτωση κάθε εγγραφή που ικανοποιεί τη συνθήκη σε **διαφορετικό block***





## Επιλογή - συνθήκη με σύγκριση

$\sigma_{A \le u}(R)$ ή $\sigma_{A \ge u}(R)$

Έστω ότι c πλειάδες ικανοποιούν τη συνθήκη

Γενικά $c = n_R/2$ (δηλαδή, οι μισές)

Έστω min, max (μικρότερη, μεγαλύτερη τιμή του Α), αν ομοιόμορφη κατανομή και $\sigma_{A \le u}(R)$

$$c = \begin{cases} 0 \text{ αν } u < min \\ n_R \text{ αν } u \ge max \\ n_R * [(u - min) / (max - min)] \end{cases}$$

## Επιλογή: Συνθήκη με Σύγκριση

$\sigma_{A \leq u}(R)$

Θα δούμε δύο αλγορίθμους:

Ε5 Χρήση πρωτεύοντος πολυ-επίπεδου ευρετηρίου

Ε6 Χρήση δευτερεύοντος πολυ-επίπεδου ευρετηρίου



## Επιλογή: Συνθήκη με Σύγκριση

**Ε5 Χρήση πρωτεύοντος (πολυεπίπεδου) ευρετηρίου**

*Πρωτεύον, σημαίνει ταξινομημένο αρχείο, έστω σε αύξουσα διάταξη*

**$A \geq u$**

1. Χρήση ευρετηρίου για την εύρεση της πρώτης εγγραφής $A \geq u$
2. Σάρωση όλου του αρχείου ξεκινώντας από αυτήν την εγγραφή

$$HT_i + \lceil c / f_R \rceil$$

**$A \leq u$**

*c: επιλεξιμότητα (πλειάδες που ικανοποιούν την συνθήκη)*
*$f_R$: παράγοντας ομαδοποίησης*
*$HT_i$: αριθμός επιπέδων*

Δε χρειάζεται ευρετήριο, γιατί;

## Ε6 Χρήση δευτερεύοντος (πολυεπίπεδου) ευρετηρίου

- Εύρεση του πρώτου φύλλου του ευρετηρίου *Μη ταξινομημένο αρχείο*
- Για κάθε block (φύλλο) του ευρετηρίου διάβασε το αντίστοιχο block δεδομένων

*(σημείωση, αν B+ δέντρο χρησιμοποιούμε το δείκτη ανάμεσα στα φύλλα)*

Σάρωση των φύλλων του δέντρου

**A** ≤ **u** από την αρχή έως το u

**A** ≥ **u** από το u έως το τέλος

*c: επιλεξιμότητα (πλειάδες που ικανοποιούν την συνθήκη)*
*$n_R$: αριθμός εγγραφών*
*$LB_i$ : αριθμός block φύλλων*
*$HT_i$: αριθμός επιπέδων*

Π.χ., αν c = $n_R/2$, και A κλειδί τότε (αν κάθε εγγραφή σε διαφορετικό block)

$$HT_i + LB_i/2 + n_R/2$$





## Επιλογή - συνθήκη σύζευξης

$$\sigma_{\Theta 1 \text{ AND } \Theta 2 \ldots \text{ AND } \Theta n}(R)$$

**Επιλεκτικότητα μιας συνθήκης**:

το πλήθος των εγγραφών (πλειάδων) που την ικανοποιούν

το πλήθος των εγγραφών (πλειάδων) του αρχείου (σχέσης)

• Αν οι συνθήκες είναι ανεξάρτητες, το μέγεθος του αποτελέσματος:

$$\frac{n_R * s_1 * s_2 * \ldots * s_n}{n_R^n}$$

$s_i$ επιλεκτικότητα της Θi

## Ε7 Συζευκτική επιλογή με χρήση ενός απλού ευρετηρίου

Υπάρχει διαδρομή προσπέλασης για *ένα* από τα γνωρίσματα που εμφανίζονται σε οποιαδήποτε απλή συνθήκη

Επιλογή του γνωρίσματος στην απλή συνθήκη με τη *μικρότερη* επιλεκτικότητα (γιατί;)

Χρήση μιας από τις προηγούμενες μεθόδους για την ανάκτηση των εγγραφών που ικανοποιούν αυτήν την συνθήκη και

έλεγχος για κάθε επιλεγμένη εγγραφή αν ικανοποιεί και τις υπόλοιπες συνθήκες





## Ε8 Συζευκτική επιλογή με χρήση σύνθετου ευρετηρίου

Αν υπάρχει ευρετήριο στο συνδυασμό δύο ή περισσοτέρων γνωρισμάτων που εμφανίζονται σε οποιαδήποτε απλές συνθήκες

**Ε9 Συζευκτική επιλογή με τομή δεικτών**

Αν υπάρχουν ευρετήρια σε περισσότερα από ένα από τα γνωρίσματα

Τότε διαβάζουμε τα blocks του αρχείου δεδομένων που δίνονται από όλα τα ευρετήρια

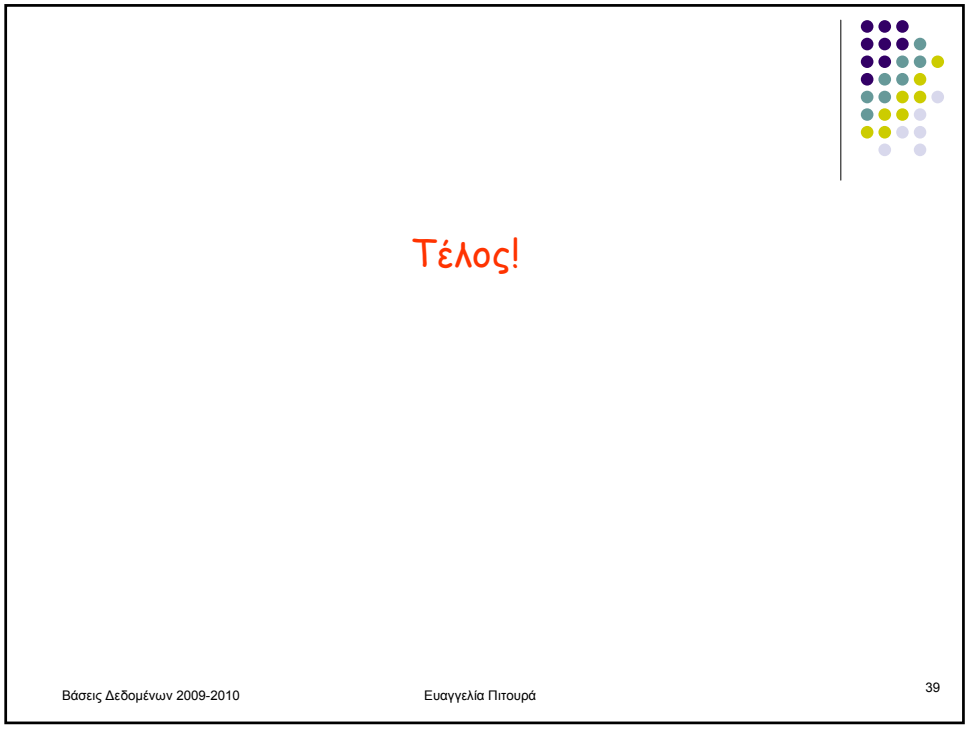




## Επιλογή - συνθήκη διάζευξης

$$\sigma_{\Theta 1 \text{ OR } \Theta 2 \ldots \text{ OR } \Theta n}(R)$$

Αν έστω και μία από τις συνθήκες δεν έχει διαδρομή προσπέλασης -> σάρωση όλου του αρχείου


Τέλος!
Βάσεις Δεδομένων 2009-2010
Ευαγγελία Πιτουρά
39