Ευρετήρια

Αρχεία

- Τα δεδομένα συνήθως αποθηκεύονται σε αρχεία στο **δίσκο**
- Για να επεξεργαστούμε τα δεδομένα θα πρέπει αυτά να βρίσκονται στη μνήμη.
- Η μεταφορά δεδομένων από το δίσκο στη μνήμη και από τη μνήμη στο δίσκο γίνεται σε μονάδες blocks
- Το διάβασμα ή γράψιμο ενός block ονομάζεται λειτουργία Εισόδου/Εξόδου (Input/Output – I/O)

Βασικός στόχος η ελαχιστοποίηση της επικοινωνίας με το δίσκο:

ελαχιστοποίηση του αριθμού των blocks **που μεταφέρονται μεταξύ της πρωτεύουσας (κύριας μνήμης, cache – ενδιάμεση μνήμη – buffers-καταχωρητές) και της δευτερεύουσας αποθήκευσης (δίσκος)**

Οργάνωση Αρχείων (επανάληψη)

Ένα αρχείο είναι λογικά οργανωμένο σε μια ακολουθία από εγγραφές

Παραδοσιακά,

- Κάθε σχέση/πίνακας (το στιγμιότυπο της) αποθηκεύεται σε ένα αρχείο
- Η αποθήκευση είναι οριζόντια: κάθε πλειάδα της σχέσης αντιστοιχεί σε μια εγγραφή του αρχείου
  - Δηλαδή, ένα αρχείο είναι μια ακολουθία από πλειάδες

Οργάνωση Αρχείων (επανάληψη)

Μη εκτεινόμενη (unspanned) οργάνωση:

οι εγγραφές δεν επιτρέπεται να διασχίζουν τα όρια ενός block

(-) Αχρησιμοποίητος χώρος (+) Πιο εύκολη η προσπέλαση

Έστω B μέγεθος block σε byte και R μέγεθος εγγραφής σε bytes

Παράγοντας ομαδοποίησης (blocking factor), όταν $B \geq R$

$bfr = \lfloor (B / R) \rfloor$ Πόσες εγγραφές χωρούν σε ένα block

b: Αριθμός blocks για την αποθήκευση ενός αρχείου r εγγραφών:

$b = \lceil (r/bfr) \rceil$

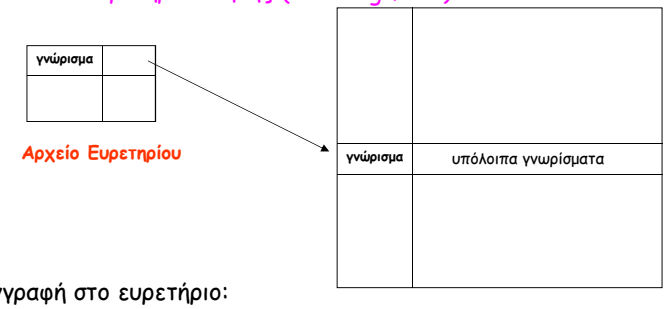
Οργάνωση Αρχείων

Κόστος: μεταφορά blocks (I/O)

	Σωρός	Ταξινομημένο	Κατακερματισμένο
Ανάγνωση του αρχείου	B	B	1.25B
Αναζήτηση με συνθήκη ισότητας	0.5 B	logB	1
Αναζήτηση με συνθήκη περιοχής	B	logB + ταιριάσματα	1.25 B
Εισαγωγή	2	αναζήτηση + B	2
Διαγραφή	αναζήτηση + 1	αναζήτηση + B	αναζήτηση + 1

Ευρετήρια

- Ένα ευρετήριο (index) είναι μια βοηθητική δομή αρχείου που κάνει πιο αποδοτική την αναζήτηση μιας εγγραφής σε ένα αρχείο
- Το ευρετήριο καθορίζεται (συνήθως) σε **ένα γνώρισμα** του αρχείου που καλείται πεδίο ευρετηριοποίησης (indexing field)



Εγγραφή στο ευρετήριο:

Τιμή Πεδίου Ευρετηριοποίησης	Δείκτης στο **block** της εγγραφής

Ευρετήρια

Στόχος: αποδοτικές λειτουργίες αναζήτησης

Οι λειτουργίες ενημέρωσης γίνονται γενικά πιο αργές, γιατί απαιτούν ενημέρωση και του ευρετηρίου

Διαφορετικού τύπου εγγραφές ανάλογα με το πεδίο ευρετηριοποίησης:

(α) πεδίο διάταξης του αρχείου ή όχι

(β) κλειδί ή όχι

- (πρωτεύον/δευτερεύον) – διαφορετικοί ορισμοί στα βιβλία

Ευρετήρια

- **Πυκνό ευρετήριο**: μια καταχώρηση για <u>κάθε εγγραφή</u> του αρχείου
- **Μη πυκνό ευρετήριο**

Πρωτεύον Ευρετήριο

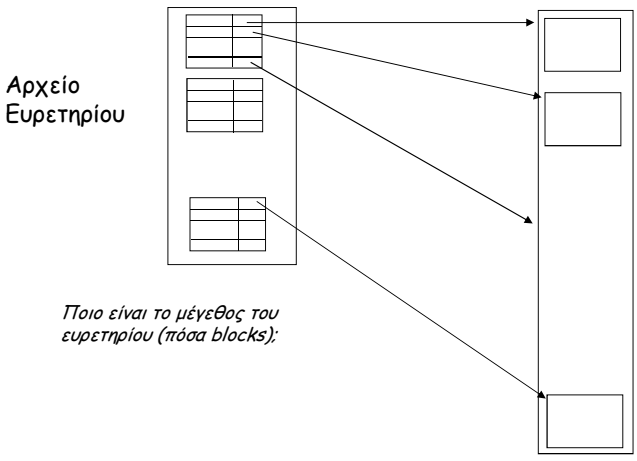
Πρωτεύον ευρετήριο (primary index): ορισμένο στο *κλειδί διάταξης* του αρχείου

Για κάθε block του αρχείου (μη πυκνό ευρετήριο) η εγγραφή i του ευρετηρίου είναι της μορφής **(<K(i), P(i)>)** όπου:

- **K(i):** η τιμή του πρωτεύοντος κλειδιού της πρώτης εγγραφής του block (*άγκυρα* του block)
- **P(i):** δείκτης προς το block

- Το ευρετήριο στο πεδίο διάταξης (+ κλειδί) είναι ένα *μη πυκνό* ευρετήριο

Πρωτεύον Ευρετήριο



Πρωτεύον Ευρετήριο

Παράδειγμα (υπολογισμός μεγέθους αρχείου ευρετηρίου)

Έστω διατεταγμένο αρχείο με r_A = 30.000 εγγραφές, μέγεθος block B = 1024 bytes, σταθερού μεγέθους εγγραφές μεγέθους R_A = 100 bytes, όπου το πεδίο κλειδιού διάταξης έχει μέγεθος V_A = 9 bytes, μη εκτεινόμενη καταχώρηση.

Κατασκευάζουμε πρωτεύον ευρετήριο, μέγεθος δείκτη block P = 6 bytes

Μέγεθος αρχείου δεδομένων: 3.000 blocks

Μέγεθος αρχείου ευρετηρίου: 45 blocks

Πρωτεύον Ευρετήριο

- **Αναζήτηση**

Δυαδική αναζήτηση στο πρωτεύον ευρετήριο

Ανάγνωση του block από το αρχείο δεδομένων

Πρωτεύον Ευρετήριο

Παράδειγμα (υπολογισμός κόστους αναζήτησης)

Δεδομένα όπως πριν

(Έστω διατεταγμένο αρχείο με r_A = 30.000 εγγραφές, μέγεθος block B = 1024 bytes, σταθερού μεγέθους εγγραφές μεγέθους R_A = 100 bytes, όπου το πεδίο κλειδιού διάταξης έχει μέγεθος V_A = 9 bytes, μη εκτεινόμενη καταχώρηση. Κατασκευάζουμε πρωτεύον ευρετήριο, μέγεθος δείκτη block P = 6 bytes)

$bfr_A = 10$

$bfr_E = 68$

Μέγεθος αρχείου δεδομένων: 3.000 blocks

Μέγεθος αρχείου ευρετηρίου: 45 blocks

Δυαδική γιατί το αρχείο ταξινομημένο

Αναζήτηση χωρίς ευρετήριο: $\lceil \log 3.000 \rceil = 12$ blocks

Αναζήτηση με ευρετήριο: $\lceil \log 45 \rceil + 1 = 7$ blocks

block ευρετηρίου — block αρχείου

Πρωτεύον Ευρετήριο

- **Εισαγωγή εγγραφής**

  αλλαγές και στο πρωτεύον ευρετήριο

  μη διατεταγμένο αρχείο υπερχείλισης

  συνδεδεμένη λίστα εγγραφών υπερχείλισης

- **Διαγραφή εγγραφής**

  αλλαγές και στο πρωτεύον ευρετήριο

  χρήση σημαδιών διαγραφής

Ευρετήρια

Access paths (μονοπάτια προσπέλασης)

- Το ευρετήριο αρχείου είναι (πάντα) ένα *διατεταγμένο αρχείο* με σταθερού μήκους εγγραφές
- Το αρχείο ευρετηρίου καταλαμβάνει *μικρότερο χώρο* από το ίδιο το αρχείο δεδομένων (οι καταχωρήσεις είναι μικρότερες και λιγότερες)
- Κάνοντας *δυαδική αναζήτηση* στο ευρετήριο (γιατί το ευρετήριο είναι διατεταγμένο αρχείο) βρίσκουμε τον δείκτη στο block όπου αποθηκεύεται η εγγραφή που θέλουμε

Ευρετήριο Συστάδων

Ευρετήριο συστάδων (clustering index): ορισμένο στο *πεδίο διάταξης* *[το οποίο όμως **δεν** είναι κλειδί]*

Υπάρχει μια εγγραφή για κάθε διακεκριμένη τιμή του πεδίου διάταξης (συστάδας) του αρχείου που περιέχει:

- την τιμή αυτή
- ένα δείκτη προς το πρώτο block του αρχείου δεδομένων που περιέχει μια εγγραφή με την τιμή αυτή στο πεδίο συστάδας

- Το ευρετήριο στο πεδίο διάταξης (+ όχι κλειδί) είναι ένα *μη πυκνό* ευρετήριο

Ευρετήριο Συστάδων

- **Ευρετήριο συστάδων ή συγκροτημένο ευρετήριο**

  Όταν η διάταξη του ευρετηρίου ακολουθεί αυτή του αρχείου δεδομένων

Ευρετήριο Συστάδων

Παράδειγμα (υπολογισμός μεγέθους ευρετηρίου)

Έστω διατεταγμένο αρχείο με r_A = 30.000 εγγραφές, μέγεθος block B = 1024 bytes, σταθερού μεγέθους εγγραφές μεγέθους R_A = 100 bytes, μη εκτεινόμενη καταχώρηση, όπου το πεδίο διάταξης έχει μέγεθος V_A = 9 bytes και υπάρχουν 1000 διαφορετικές τιμές και οι εγγραφές είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες ως προς τις τιμές αυτές. Υποθέτουμε ότι χρησιμοποιούνται άγκυρες block, κάθε νέα τιμή του πεδίου διάταξης αρχίζει στην αρχή ενός νέου block. Κατασκευάζουμε ευρετήριο συστάδων, μέγεθος δείκτη block P = 6 bytes

bfr_A = 10

bfr_E = 68

Μέγεθος αρχείου δεδομένων: 3.000 blocks

Μέγεθος ευρετηρίου συστάδων: 15 blocks

- **Αναζήτηση (όπως πριν)**

  Δυαδική αναζήτηση στο ευρετήριο

  Ανάγνωση blocks *(τώρα μπορεί να είναι παραπάνω από ένα)* από το αρχείο δεδομένων

Παράδειγμα (υπολογισμός κόστους αναζήτησης)

(στοιχεία όπως πριν) Έστω διατεταγμένο αρχείο με r_A = 30.000 εγγραφές, μέγεθος block B = 1024 bytes, σταθερού μεγέθους εγγραφές μεγέθους R_A = 100 bytes, μη εκτεινόμενη καταχώρηση, όπου το πεδίο διάταξης έχει μέγεθος V_A = 9 bytes και υπάρχουν 1000 διαφορετικές τιμές και οι εγγραφές είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες ως προς τις τιμές αυτές. Υποθέτουμε ότι χρησιμοποιούνται άγκυρες block, κάθε νέα τιμή του πεδίου διάταξης αρχίζει στην αρχή ενός νέου block. Κατασκευάζουμε ευρετήριο συστάδων, μέγεθος δείκτη block P = 6 bytes

Μέγεθος αρχείου δεδομένων: 3.000 blocks

Μέγεθος αρχείου ευρετηρίου: 15 blocks

Αναζήτηση χωρίς ευρετήριο: $\lceil \log 3.000 \rceil$ + ταιριάσματα (= 3) ≈ 15 blocks

Αναζήτηση με ευρετήριο: $\lceil \log 15 \rceil + 3 = 7$ blocks

Δευτερεύον Ευρετήριο

Δευτερεύον ευρετήριο (secondary index): ορισμένο σε πεδίο *διαφορετικό του πεδίου διάταξης*

Δευτερεύον Ευρετήριο

Περίπτωση 1: Το πεδίο ευρετηριοποίησης είναι **κλειδί** (καλείται και *δευτερεύον κλειδί*)

Υπάρχει μια εγγραφή για κάθε εγγραφή του αρχείου που περιέχει:

- την τιμή του κλειδιού για αυτήν την εγγραφή
- ένα δείκτη προς το block (ή την εγγραφή) του αρχείου δεδομένων που περιέχει την εγγραφή με την τιμή αυτή

- Το ευρετήριο σε πεδίο ΟΧΙ διάταξης (+ κλειδί) είναι ένα *πυκνό* ευρετήριο

Παράδειγμα (υπολογισμός μεγέθους ευρετηρίου)

Έστω αρχείο με r_A = 30.000 εγγραφές, μέγεθος block B = 1024 bytes, σταθερού μεγέθους εγγραφές μεγέθους R_A = 100 bytes, μη εκτεινόμενη καταχώρηση, όπου το πεδίο κλειδιού έχει μέγεθος V_A = 9 bytes αλλά δεν είναι πεδίο διάταξης. Κατασκευάζουμε δευτερεύον ευρετήριο, μέγεθος δείκτη block P = 6 bytes

Μέγεθος αρχείου δεδομένων: 3.000 blocks

Μέγεθος αρχείου ευρετηρίου: 442 blocks

45 για πρωτεύον

Παράδειγμα (υπολογισμός κόστους αναζήτησης)

Στοιχεία όπως πριν

(Έστω αρχείο με r_A = 30.000 εγγραφές, μέγεθος block B = 1024 bytes, σταθερού μεγέθους εγγραφές μεγέθους R_A = 100 bytes, μη εκτεινόμενη καταχώρηση, όπου το πεδίο κλειδιού έχει μέγεθος V_A = 9 bytes αλλά δεν είναι πεδίο διάταξης. Κατασκευάζουμε δευτερεύον ευρετήριο, μέγεθος δείκτη block P = 6 bytes)

Μέγεθος αρχείου δεδομένων: 3.000 blocks

Μέγεθος αρχείου ευρετηρίου: 442 blocks

bfr_A = 10

bfr_E = 68

Αναζήτηση χωρίς ευρετήριο (σειριακή αναζήτηση, γιατί το αρχείο δεδομένων δεν είναι ταξινομημένο): 3.000/2 = **1500** blocks (κατά μέσο όρο)

Αναζήτηση με ευρετήριο: $\lceil \log 442 \rceil + 1$ = **10** blocks

Για πρωτεύον ήταν 45 και 7 blocks αντίστοιχα

Περίπτωση 2: Το πεδίο ευρετηριοποίησης **δεν είναι κλειδί**

1. Πυκνό ευρετήριο: μία καταχώρηση για κάθε εγγραφή

2. Μεταβλητού μήκους εγγραφές με ένα επαναλαμβανόμενο πεδίο για το δείκτη

3. Μία εγγραφή ευρετηρίου για κάθε τιμή του πεδίου ευρετηριοποίησης + ένα ενδιάμεσο επίπεδο για την διαχείριση των πολλαπλών δεικτών

Παράδειγμα (υπολογισμός μεγέθους ευρετηρίου)

Έστω μη διατεταγμένο αρχείο (αρχείο σωρού) με r_A = 30.000 εγγραφές, μέγεθος block B = 1024 bytes, σταθερού μεγέθους εγγραφές μεγέθους R_A = 100 bytes, μη εκτεινόμενη καταχώρηση, όπου το πεδίο ευρετηριοποίησης (δηλαδή, το πεδίο στο οποίο θα κατασκευάσουμε το ευρετήριο) έχει μέγεθος V_A = 9 bytes. Υπάρχουν 1000 διαφορετικές τιμές και οι εγγραφές είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες ως προς τις τιμές αυτές. Κατασκευάζουμε ευρετήριο συστάδων χρησιμοποιώντας την επιλογή (3), μέγεθος δείκτη block P = 6 bytes

Ευρετήριο bfr_E = 68 b_E = 15 κόστος αναζήτησης;

Ενδιάμεσο επίπεδο -- *Ποια είναι η οργάνωση του;*

bfr_{EE} = 170 b_{EE} = 177 blocks

Δευτερεύον Ευρετήριο

- **Αναζήτηση**

  Δυαδική αναζήτηση στο δευτερεύον ευρετήριο

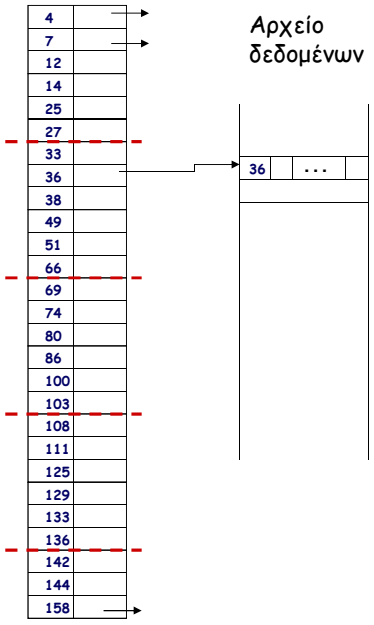
  Ανάγνωση του block (ή των blocks) από το ενδιάμεσο επίπεδο

  Ανάγνωση των blocks (συνήθως τόσα όσες οι εγγραφές που ταιριάζουν) από το αρχείο δεδομένων

- **Εισαγωγή**

  Απλή αν δεν αφορά εισαγωγή νέας τιμής στο ευρετήριο

Αρχείο Ευρετηρίου



Ευρετήρια

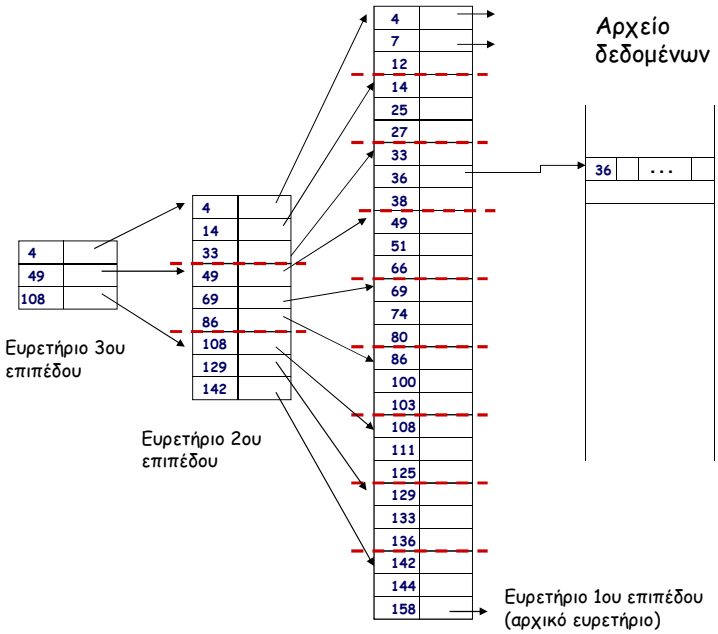
- Επιπρόσθετες δομές για την πιο αποδοτική εκτέλεση ερωτήσεων/αναζητήσεων – προκαλούν όμως επιβάρυνση στις τροποποιήσεις
- Εύκολη η λογική διάταξη των εγγραφών με βάση το πεδίο ευρετηριοποίησης
- Ανακτήσεις με *σύνθετες συνθήκες,* μπορεί να γίνουν χρησιμοποιώντας τα blocks του ευρετηρίου

Ευρετήριο Πολλών Επιπέδων

Ιδέα:

Τα ευρετήρια είναι αρχεία - χτίζουμε ευρετήρια πάνω στα αρχεία ευρετηρίου

Το αρχείο είναι **διατεταγμένο** και το πεδίο διάταξης είναι και κλειδί (άρα πρωτεύον ευρετήριο!)



Ευρετήριο Πολλών Επιπέδων

- Έστω ότι το αρχείο ευρετηρίου είναι το ***πρώτο ή βασικό* επίπεδο**

Έστω ότι ο παράγοντας ομαδοποίησης είναι f_0 και ότι έχει r_1 blocks

Το αρχείο ευρετηρίου είναι διατεταγμένο και το πεδίο διάταξης είναι και κλειδί

- Δημιουργούμε ένα πρωτεύον ευρετήριο για το ευρετήριο πρώτου επιπέδου - ***δεύτερο*** επίπεδο

Παράγοντας ομαδοποίησης: f_0 Αριθμός block $\lceil (r_1/f_0) \rceil$

- Δημιουργούμε ένα πρωτεύον ευρετήριο για το ευρετήριο δεύτερου επιπέδου - ***τρίτο*** επίπεδο

Παράγοντας ομαδοποίησης: f_0 Αριθμός block $\lceil (r_1/(f_0)^2) \rceil$

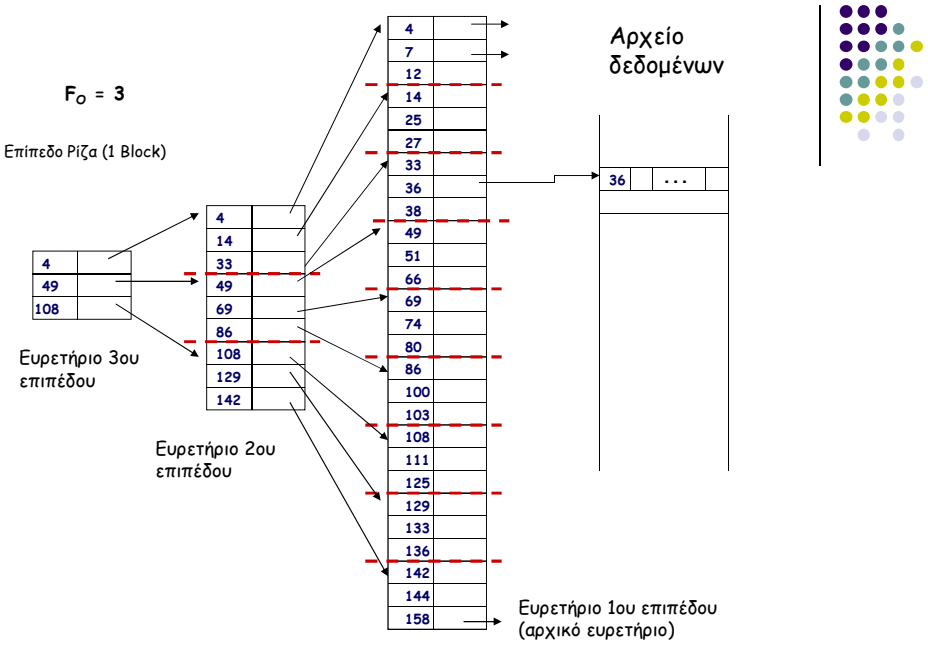
Ευρετήριο Πολλών Επιπέδων

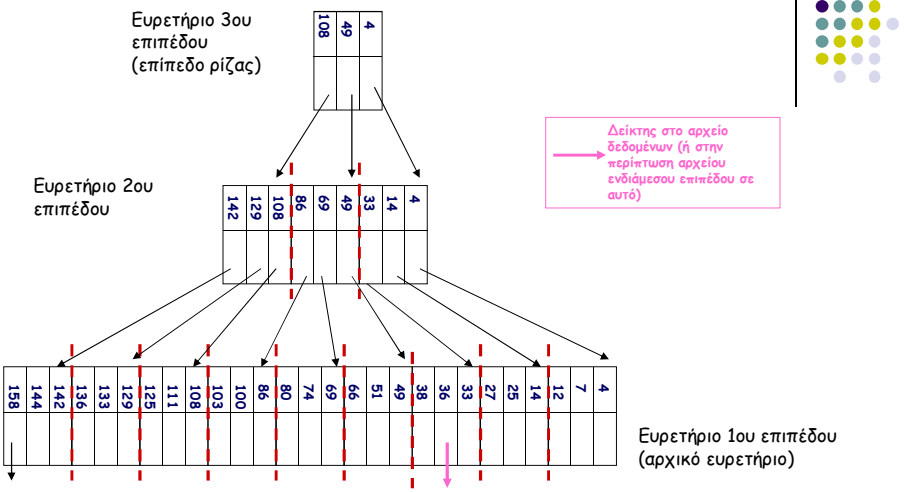
- Μέχρι πόσα επίπεδα:

  Μέχρι όλες οι εγγραφές του ευρετηρίου να χωρούν σε ένα block

  Έστω t κορυφαίο επίπεδο (top level) $\lceil (r_1/(f_0)^t) \rceil = 1$

- Το f_0 ονομάζεται και *παράγοντας διακλάδωσης* του ευρετηρίου



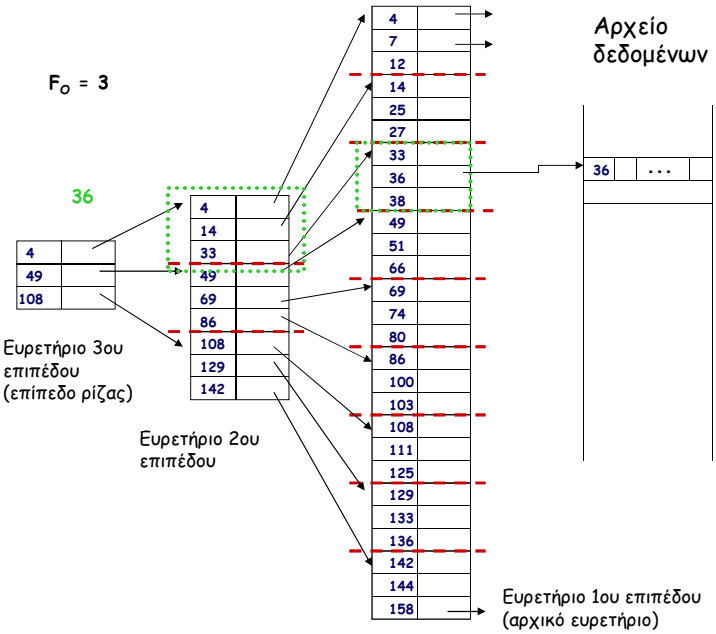


Σημείωση: στο αρχικό ευρετήριο μπορεί να βάζουμε μία τιμή για κάθε εγγραφή του αρχείου δεδομένων (πυκνό ευρετήριο) ή μια εγγραφή για κάθε διακριτή τιμή κλπ ανάλογα με το τύπο του πεδίου ευρετηριοποίησης (κλειδί/πεδίο ταξινόμησης)

Ευρετήριο Πολλών Επιπέδων

- **Αναζήτηση**

p := διεύθυνση του block του κορυφαίου επιπέδου του ευρετηρίου
t := αριθμός επιπέδων του ευρετηρίου
for j = t to 1 step -1 do
    read block με διεύθυνση p του ευρετηρίου στο επίπεδο j
    αναζήτηση στο block p της εγγραφής i με τιμή $K_j(i) \leq K < K_j(i+1)$
read το block του αρχείου δεδομένων με διεύθυνση p
Αναζήτηση στο block p της εγγραφής i με τιμή $K_j(i) \leq K < K_j(i+1)$



Ευρετήριο Πολλών Επιπέδων

- **Εισαγωγή/διαγραφή**

  τροποποιήσεις πολλαπλών ευρετηρίων

  Δυναμικό πολυεπίπεδο ευρετήριο: B-δέντρα και B+-δέντρα

Ευρετήριο Πολλών Επιπέδων

Παράδειγμα (υπολογισμός μεγέθους ευρετηρίου)

Έστω αρχείο με r_A = 30.000 εγγραφές, μέγεθος block B = 1024 bytes, σταθερού μεγέθους εγγραφές μεγέθους R_A = 100 bytes, μη εκτεινόμενη καταχώρηση, όπου το πεδίο κλειδιού έχει μέγεθος V_A = 9 bytes αλλά δεν είναι πεδίο διάταξης. Κατασκευάζουμε δευτερεύον ευρετήριο στο πεδίο κλειδιού, μέγεθος δείκτη block P = 6 bytes

$$f_0 = \lfloor (1024 / (9 + 6)) \rfloor = 68$$

Μέγεθος αρχείου δεδομένων: 3.000 blocks

Μέγεθος αρχείου ευρετηρίου *πρώτου* επιπέδου: 442 blocks

Μέγεθος αρχείου ευρετηρίου *δεύτερου* επιπέδου: $\lceil (442 / 68) \rceil = 7$ blocks

Μέγεθος αρχείου ευρετηρίου *τρίτου* επιπέδου: $\lceil (7 / 68) \rceil = 1$ block

Άρα t = 3

Ευρετήριο Πολλών Επιπέδων

Παράδειγμα (υπολογισμός κόστους αναζήτησης)

Έστω αρχείο με r_A = 30.000 εγγραφές, μέγεθος block B = 1024 bytes, σταθερού μεγέθους εγγραφές μεγέθους R_A = 100 bytes, μη εκτεινόμενη καταχώρηση, όπου το πεδίο κλειδιού έχει μέγεθος V_A = 9 bytes αλλά δεν είναι πεδίο διάταξης,. Κατασκευάζουμε δευτερεύον ευρετήριο, μέγεθος δείκτη block P = 6 bytes

Άρα t = 3

Παράδειγμα

t + 1 = 4 προσπελάσεις

Για το δευτερεύον ήταν 10 και χωρίς ευρετήριο 1500

Πολύ-επίπεδα Ευρετήρια

- Τα αρχεία ευρετηρίων είναι απλά αρχεία, άρα και σε αυτά μπορούν να οριστούν ευρετήρια
- Καταλήγουμε λοιπόν σε μια ιεραρχία δομών ευρετηρίων (πρώτο επίπεδο, δεύτερο επίπεδο, κλπ.)
- Κάθε επίπεδο του ευρετηρίου είναι ένα *διατεταγμένο* αρχείο, συνεπώς, εισαγωγές/διαγραφές εγγραφών απαιτούν επιπλέον δουλειά
- Ένα πολύ-επίπεδο ευρετήριο αποτελεί ένα *Δέντρο Αναζήτησης*

  Όπου κάθε κόμβος (block) έχει f_0 δείκτες και f_0 τιμές κλειδιού

Βάσεις Δεδομένων 2010-2011 Ευαγγελία Πιτουρά 41