



Βάσεις Χωρικών Δεδομένων

Σχετικά με τα Ευρετήρια
(Indexes)



Το θέμα

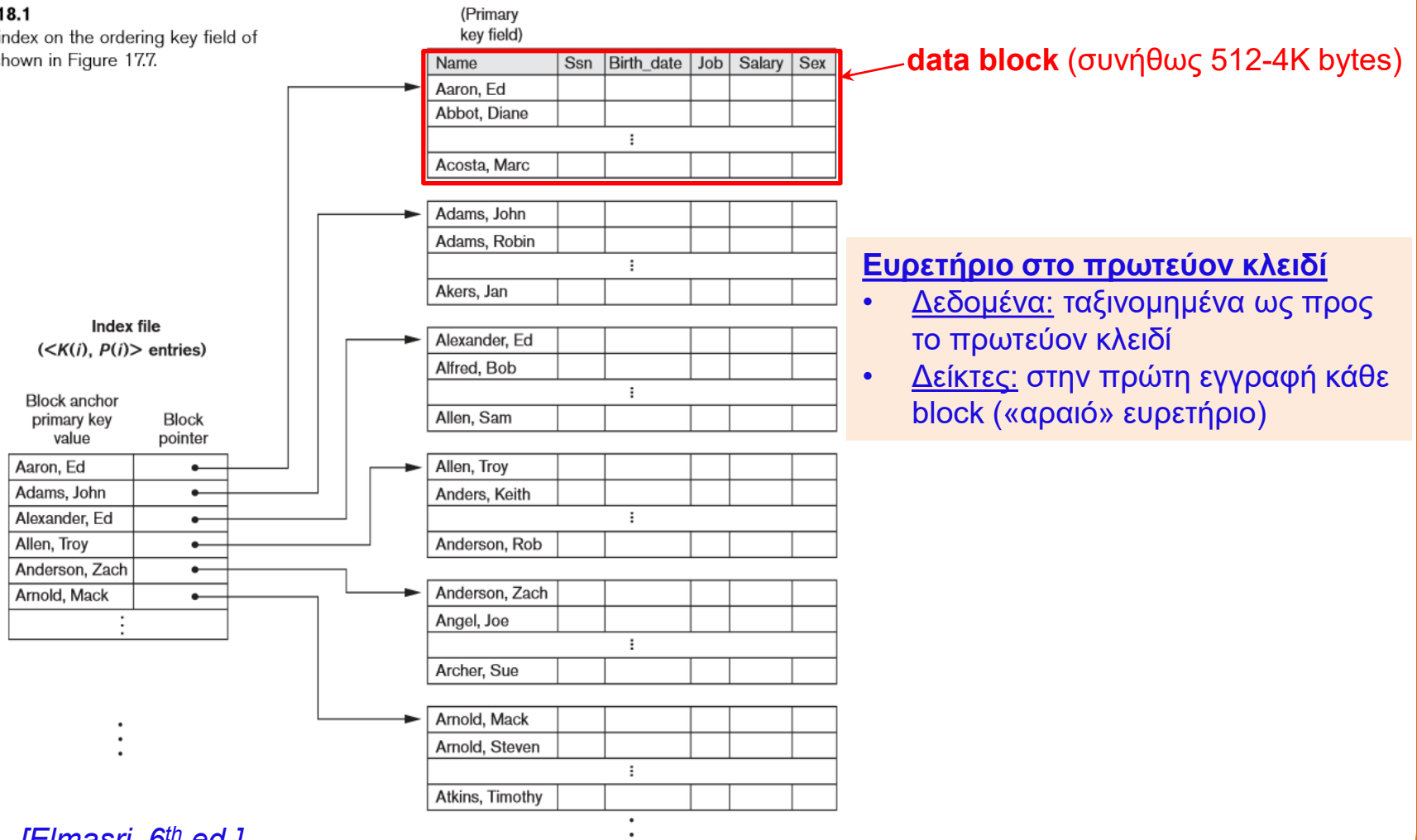
Τι γίνεται με μια εντολή όπως:

```
CREATE INDEX zones_idx ON network.zones  
    USING GIST (sector);
```



Πρωτεύοντα ευρετήρια ΣΒΔ (Primary indexes)

Figure 18.1
Primary index on the ordering key field of the file shown in Figure 17.7.

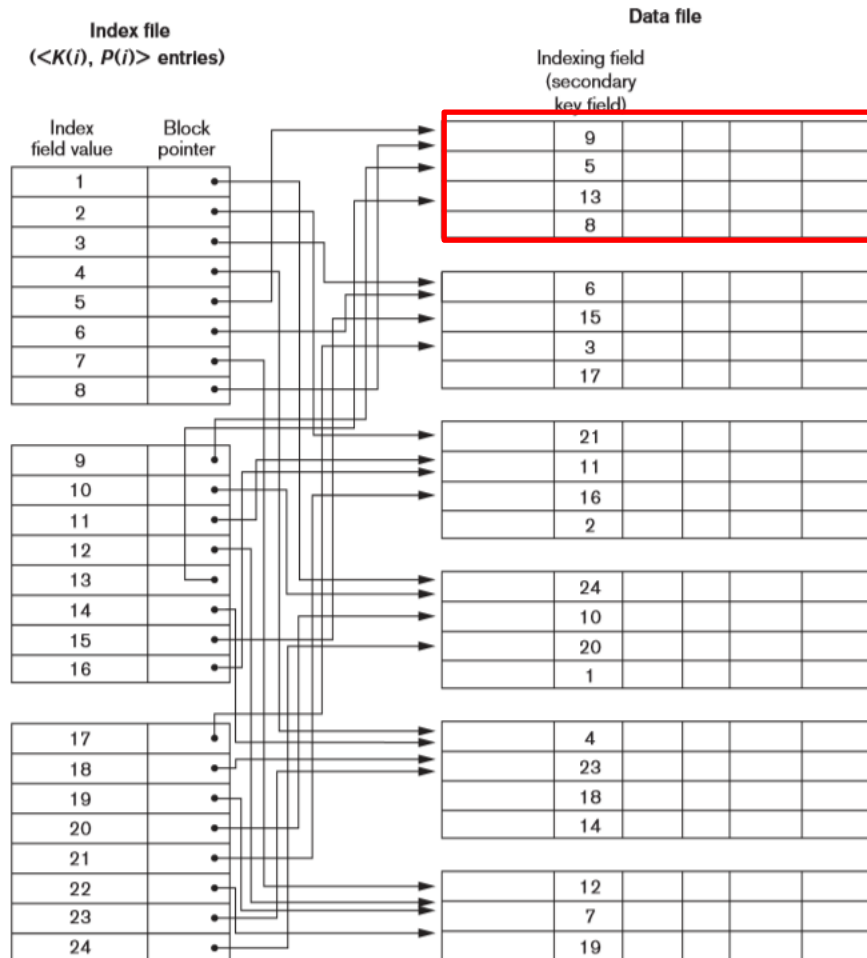




Δευτερεύοντα ευρετήρια ΣΒΔ (Secondary indexes)

Figure 18.4

A dense secondary index (with block pointers) on a nonordering key field of a file.



data block (συνήθως 512-4K bytes)

Ευρετήριο σε δευτερεύον κλειδί

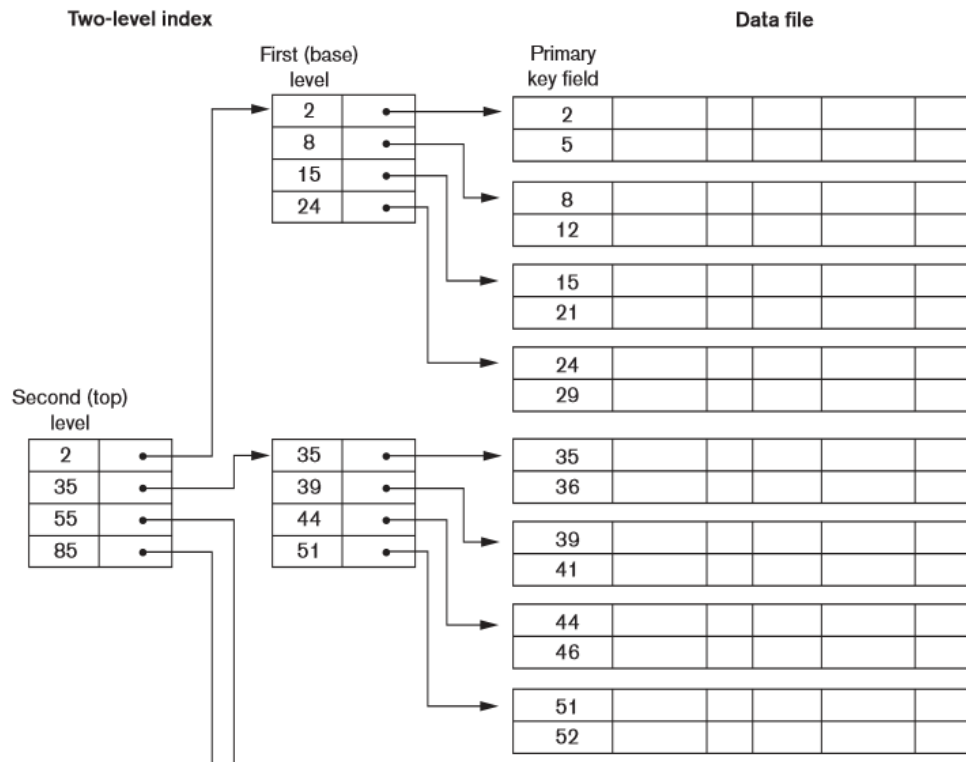
- Δεδομένα: αταξινομήτα ως προς το δευτερεύον κλειδί
- Δείκτες: σε κάθε εγγραφή («πυκνό» ευρετήριο)
- Οι εγγραφές του ευρετηρίου είναι ταξινομημένες



Πολυεπίπεδα ευρετήρια ΣΒΔ (Multilevel indexes)

Figure 18.6

A two-level primary index resembling ISAM (Indexed Sequential Access Method) organization.



Κύρια γνωρίσματα

- Μπορούν να εφαρμοστούν τόσο σε πυκνά, όσο και σε αραιά ευρετήρια
- Αν l είναι το πρώτο επίπεδο με ταξινομημένα κλειδιά ($l=0$, για πρωτεύον ευρετήριο, $l=1$, για δευτερεύοντα ευρετήρια), στα επίπεδα $l+1$, $l+2$, ... έχουμε διαδοχική αραιώση στους δείκτες (όση επιτρέπει το μέγεθος του block).
- Επιτυγχάνεται λογαριθμικής πολυπλοκότητας αναζήτηση

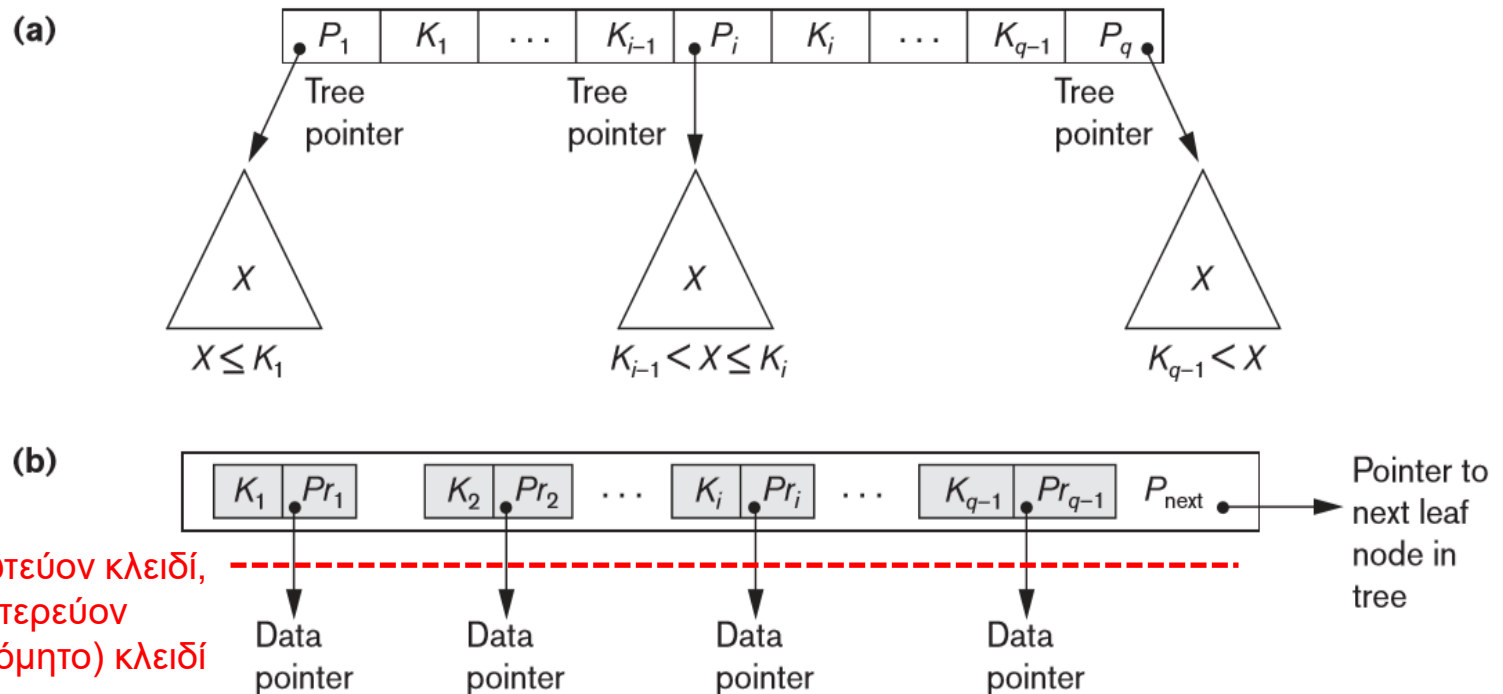


Πολυεπίπεδα ευρετήρια με B⁺-trees (Multilevel indexes using B⁺-trees)

Figure 18.11

The nodes of a B⁺-tree. (a) Internal node of a B⁺-tree with $q - 1$ search values.

(b) Leaf node of a B⁺-tree with $q - 1$ search values and $q - 1$ data pointers.



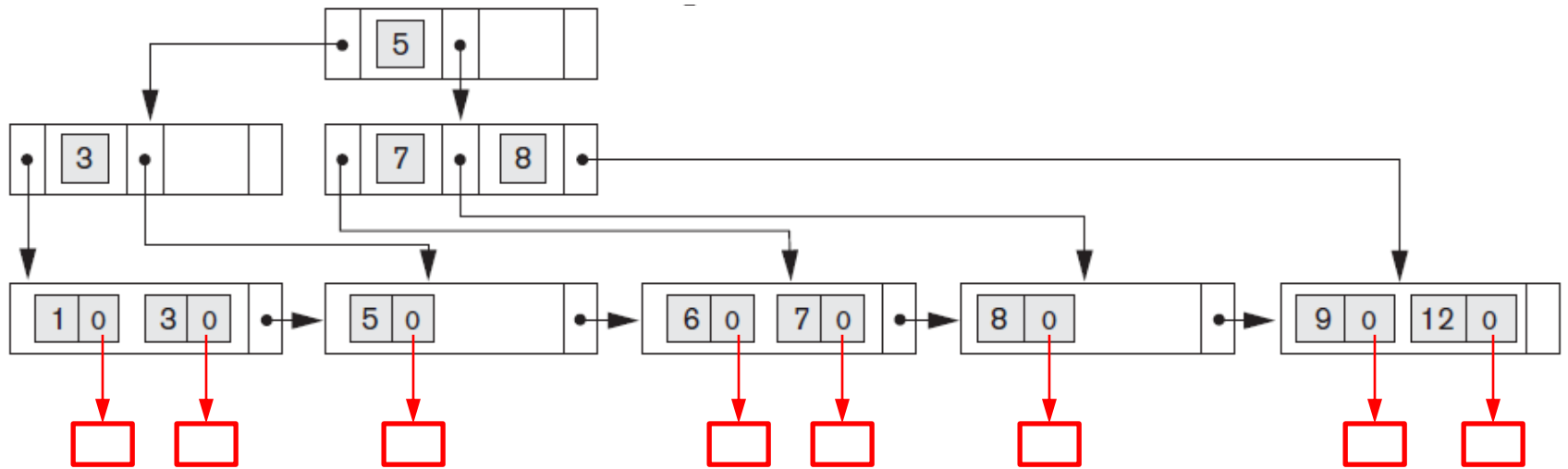
αραιό, για πρωτεύον κλειδί,
πυκνό, για δευτερεύον
(αταξινόμητο) κλειδί



Πολυεπίπεδα ευρετήρια με B⁺-trees (συνέχεια)

(Multilevel indexes using B⁺-trees)

Παράδειγμα



[βλ. Elmasri, Figure 18.12, για τη σταδιακή ανάπτυξη με διαδοχικά insertions)



Χωρικά ευρετήρια με R-trees (Spatial indexes using R-trees)

- Βασίζονται στα *minimum bounding boxes (mbb)* των γεωχωρικών αντικειμένων
- Αναζήτηση – απάντηση ερωτημάτων σε δύο βήματα:
 - Filter-step: Προσδιορισμός των εμπλεκόμενων *mbb*
 - Refine-step: Έλεγχος επί των ίδιων των αντικειμένων, στο περιορισμένο σύνολο των *mbb* του πρώτου βήματος
- Τα ευρετήρια (εδώ με R-trees) αφορούν τα *mbb* (στο πρώτο βήμα)



Χωρικά ευρετήρια με R-trees

(Spatial indexes using R-trees) (συνέχεια)

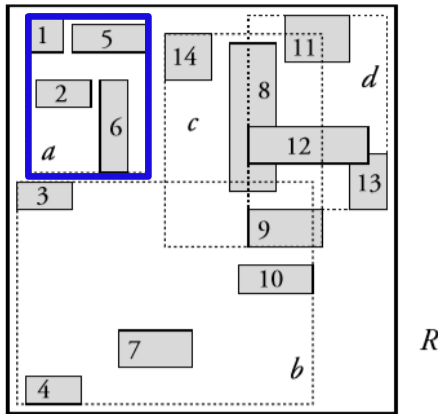
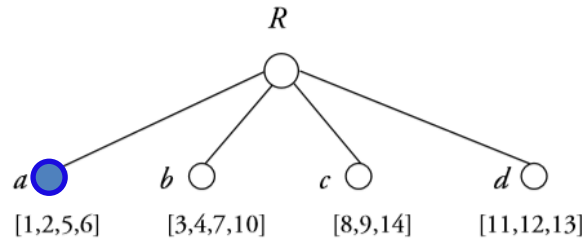


Figure 6.22 An R-tree.

(R από το Rectangle)



Δομή

- **Balanced search tree**
- Σε κάθε επίπεδο του δένδρου ομαδοποιούνται στοιχεία του επόμενου επιπέδου
- Παράμετροι (για κάθε κόμβο):
 - ✓ ελάχιστος αριθμός στοιχείων, m
 - ✓ Μέγιστος αριθμός στοιχείων, M
 - ✓ $m \leq (M+1)/2$
 - ✓ Για τη ρίζα είναι: $m \geq 2$

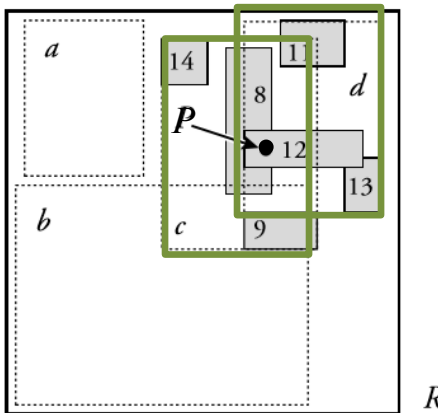
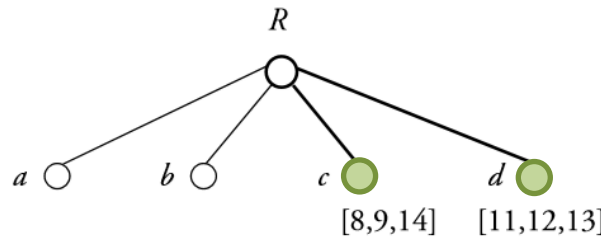


Figure 6.24 Point queries with R-trees.



Αναζήτηση

Ποια m bb περιέχουν το P ;

- Εκκίνηση από τη ρίζα
- Σε κάθε εσωτερικό κόμβο, προσδιορίζονται όλα τα παιδιά που περιέχουν το P
- Στα φύλλα, προσδιορίζονται όλα τα m bb που περιέχουν το P



Μελέτη βιβλιογραφίας

- [1], Chapter 18 (Indexing Structures for Files)
- [2], Chapter 6 (Spatial Access Methods)
- [3], R-Trees: A Dynamic Index Structure for Spatial Searching
- [4], R-trees
- [5], Quadtrees



Βιβλιογραφία

Βιβλία

- [1] Elmasri, Navathe, *Fundamentals of Database Systems*, 6th edition, Addison-Wesley, 2011
- [2] Philippe Rigaux, Michel Scholl, Agnes Voisard, *Spatial Databases – With Applications to GIS*, Morgan Kaufmann, 2002, pp. 237-257

Πρωτότυπες εργασίες

- [3] A. Guttman, R-Trees: A Dynamic Index Structure for Spatial Searching, In: *Proc. ACM SIGMOD Intl. Symp. on the Management of Data*, 1984, pp. 45-57

Διαλέξεις

- [4] geodatabase_TUB_Lect11-Index_Rtree.pdf ([site μαθήματος](#))
- [5] geodatabase_TUB_Lect12-Index-Quadtrees ([site μαθήματος](#))