

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο  
Σχολή ΗΜ&ΜΥ  
Αλγόριθμοι και Πολυπλοκότητα  
7<sup>ο</sup> εξάμηνο, Ροή Α  
Ακαδημαϊκή περίοδος: 2010-2011



## 1<sup>η</sup> Σειρά Γραπτών Ασκήσεων

Γερακάρης Βασίλης  
<vgerak@gmail.com>  
Α.Μ.: 03108092

8 Δεκεμβρίου 2011

# 1 Ασυμπτωτικός συμβολισμός, Αναδρομικές Σχέσεις

## i) Ταξινόμηση

- (1)  $\log n^3 = 3 \log n = \Theta(\log n)$
- (2)  $\sqrt{n} * \log^{50} n$
- (3)  $\frac{n}{\log \log n}$
- (4)  $\log n! = \Theta(n \log n)$
- (5)  $n * \log^{10} n$
- (6)  $n^{1.01}$
- (7)  $5^{\log_2 n} = n^{\log_2 5} = \Theta(n^{2.322})$
- (8)  $\sum_{k=1}^n k^5 = k^6$
- (9)  $\log^{\log n} n = n^{\log \log n}$
- (10)  $2^{\log_2^4 n}$
- (11)  $\log^{\sqrt{n}} n$
- (12)  $e^{\frac{n}{\ln n}}$
- (13)  $n3^n$
- (14)  $2^{2n}$
- (15)  $\sqrt{n!}$

## ii) Τάξη Μεγέθους

- (1)  $T(n) = 5T(n/7) + n \log n$ ,  $(a = 5, b = 7)$   
 $\Rightarrow n^{\log_7 5} = n^{0.827} \Rightarrow n^{0.827} < n < n \log n$   
 $\Rightarrow T(n) \in \Theta(n \log n)$  M.Th (case #3)
- (2)  $T(n) = 4T(n/5) + n / \log^2 n$ ,  $(a = 4, b = 5)$   
 $\Rightarrow n^{\log_5 4} = n^{0.861} \Rightarrow n^{0.861} < n / \log^2 n$   
 $\Rightarrow T(n) \in \Theta(n / \log^2 n)$  M.Th (case #3)
- (3)  $T(n) = T(n/3) + 3T(n/7) + n$   $(\frac{1}{3} + \frac{1}{7} + \frac{1}{7} + \frac{1}{7} < 1)$   
 $\Rightarrow T(n) \in \Theta(n)$  M.Th (special case)
- (4)  $T(n) = 6T(n/6) + n$   
 $\Rightarrow n^{\log_6 6} = n$   
 $\Rightarrow T(n) \in \Theta(n \log n)$  M.Th (sp. case #2)
- (5)  $T(n) = T(n/3) + T(2n/3) + n$   
 $\Rightarrow T(n) \in \Theta(n \log n)$
- (6)  $T(n) = 16T(n/4) + n^3 \log^2 n$ ,  $(a = 16, b = 4)$   
 $\Rightarrow n^{\log_4 16} = n^2 \Rightarrow n^2 < n^3 \log^2 n$   
 $\Rightarrow T(n) \in \Theta(n^3 \log^2 n)$  M.Th (case #3)
- (7)  $T(n) = T(\sqrt{n}) + \Theta(\log \log n)$   $(\Theta \acute{\epsilon}\tau\omega k = \log n, f(k) = T(n))$   
 $\Rightarrow T(\sqrt{n}) = f(\sqrt{k}) = f(\log \sqrt{n}) = f(\frac{\log n}{2}) = f(\frac{k}{2})$   
 $\Rightarrow f(k) = f(\frac{k}{2}) + \Theta(\log k)$   
 $\Rightarrow \Theta(n)$  (M.Th (case #1))
- (8)  $T(n) = T(n-3) + \log n$   $(\frac{n}{3} * \log n)$   
 $\Rightarrow T(n) \in \Theta(n \log n)$

## 2 Ταξινόμηση σε Πίνακα με Πολλά Ίδια Στοιχεία

Δημιουργούμε ένα 2-διάστατο πίνακα  $B[\log^d n, 2]$  όπου η 1η γραμμή θα περιέχει τα διαφορετικά στοιχεία ταξινομημένα και η 2η το πλήθος εμφάνισης του κάθε στοιχείου.

Αρχίζουμε θέτοντας  $B[1, 1] = A[1]$ ,  $B[1, 2] = 1$ ,  $i=2$ .

Για κάθε  $A[i]$  στον πίνακα, εφαρμόζουμε Binary Search στην πρώτη γραμμή του πίνακα B. (Με κόστος  $\Theta(n \log \log^d n)$ )

- Αν το στοιχείο δεν υπάρχει στον πίνακα B (Η binary search επιστρέψει 0 τότε εφαρμόζουμε Insertion sort του στοιχείου στον πίνακα B (αντιμεταθέτωντας και τη 2η γραμμή όταν χρειάζεται)  
Με κόστος:  $(\log^d n)^2$
- Αν το στοιχείο υπάρχει στον πίνακα (έστω στη θέση k), αυξάνουμε το  $B[k, 2]$  κατά 1.

Όταν τελειώσουμε, αναπτύσσουμε τα δεδομένα του πίνακα B (το στοιχείο  $B[i, 1]$  αναπτύσσεται  $B[i, 2]$  φορές) σε γραμμικό χρόνο.

Συνολικό κόστος:  $\Theta(n \log \log^d n) + (\log^d n)^2 + n = \Theta(n \log \log^d n)$

## 3 Δυαδική Αναζήτηση

- i) Ξεκινάμε (για  $i = 1$ ) συγκρίνοντας το  $A[i]$  με το  $x$ . Όσο το  $x$  είναι μεγαλύτερος από αυτό, κρατάμε την τιμή του  $(i + 1)$  σε μια άλλη μεταβλητή  $k$  και διπλασιάζουμε το  $i$ . Μόλις φτάσουμε σε μεγαλύτερο αριθμό από τον  $x$ , εφαρμόζω ένα έλεγχο. Αν το στοιχείο  $A[i]$  είναι διάφορο του  $\infty$ , τότε εφαρμόζω δυαδική αναζήτηση για το στοιχείο  $x$  στο τμήμα  $[k..i]$  του πίνακα και έχω το αποτέλεσμα για πιθανή ύπαρξη & θέση του στοιχείου.  
Αν το στοιχείο  $A[i]$  είναι ίσο με  $\infty$ , τότε ελέγχω αν  $k = i$  (τερματική συνθήκη) και αν όχι ελέγχω το  $A[(k + i) \text{div} 2]$ .

- Αν είναι  $\infty$  τότε θέτω  $i = (k + i) \text{div} 2$  και επαναλαμβάνω.
- Αν είναι αριθμός  $m$  τον συγκρίνω με το  $x$ .
  - Αν  $x > m$  τότε θέτω  $k = (k + i) \text{div} 2$  και επαναλαμβάνω.
  - Αν  $x < m$  τότε εφαρμόζω δυαδική αναζήτηση στο τμήμα  $A[k..i]$  του πίνακα.
  - Αν  $x = m$  τότε είναι το ζητούμενο στοιχείο.

Η τελική πολυπλοκότητα είναι  $O(\log n)$ .

- ii) Εργαζόμαστε με τα  $k$  πρώτα στοιχεία από κάθε πίνακα (συμπληρώνοντας τις κενές θέσεις με  $+\infty$ , αν ο πίνακας δεν έχει τόσα στοιχεία). Συγκρίνουμε τα  $A[k/2]$  με  $B[k/2 + 1]$  και  $A[k/2 + 1]$  με  $B[k/2]$ .

- Αν  $A[k/2] < B[k/2 + 1]$  και  $B[k/2] < A[k/2 + 1]$  τότε το  $k$ -οστό στοιχείο είναι το  $\max\{A[k/2], B[k/2]\}$ .
- Αν  $A[k/2] < B[k/2 + 1]$  και  $B[k/2] > A[k/2 + 1]$  τότε επαναλαμβάνουμε αναδρομικά τη διαδικασία στους υποπίνακες  $A[k/2 + 1]..A[k]$  και  $B[1]..B[k/2]$  για  $k = \frac{k}{2}$ .

Τελική πολυπλοκότητα:  $O(\log k)$

## 4 Συλλογή Comics

Ελέγχουμε αρχικά το 1<sup>ο</sup> bit για όλα τα τεύχη, χωρίζοντάς τα σε 2 σύνολα με πλήθος στοιχείων  $\frac{n}{2}$  και  $\frac{n}{2} - 1$ . Το τεύχος που λείπει είναι στο σύνολο με τα λιγότερα στοιχεία, οπότε αποθηκεύουμε την τιμή αυτού του bit.

Εφαρμόζουμε αναδρομικά τη μέθοδο για το επόμενο bit, κάθε φορά στο σύνολο με τα λιγότερα στοιχεία, κάνοντας τις μισές ερωτήσεις από το προηγούμενο βήμα σε κάθε αναδρομή.

Τελικά, θα καταλήξουμε στον κωδικό του τεύχους που λείπει από τη συλλογή, έχοντας ρωτήσει  $n + \frac{n}{2} + \frac{n}{4} + \dots + 1 \approx 2n$  φορές.

Πρακτικά, είναι:  $(n - 1) + (\frac{n}{2} - 1) + (\frac{n}{4} - 1) + \dots = \sum_{i=0}^{\log n} (\frac{n}{2^i} - 1) = 2n - \log n - 2$

## 5 Πολυκατοικίες χωρίς Θέα

Αρχίζουμε αρχικοποιώντας  $B[1] = 0$ , μιάς και ο 1<sup>ος</sup> δεν έχει κτήριο δυτικά του.

Για κάθε κτήριο  $i$  ανατολικά του, θέτουμε  $k = i - 1$  και συγκρίνουμε το ύψος του  $A[i]$  με του  $A[k]$ .

- Αν  $A[i] < A[k]$ , τότε  $B[i] = k$  και συνεχίζουμε στο επόμενο δεξιά κτήριο ( $i = i + 1$ ) .
- Αν  $A[i] \geq A[k]$ ,
  - Αν  $B[k] = 0$  τότε  $B[i] = 0$  και συνεχίζουμε στο επόμενο δεξιά κτήριο.
  - Αλλιώς θέτουμε  $k = B[k]$  και επαναλαμβάνουμε τον έλεγχο.