

Αλγόριθμοι και Πολυπλοκότητα

2η Σειρά Γραπτών Ασκήσεων

Γιαννέλος Γιάννης
ΑΜ:03108088

9 Ιανουαρίου 2012

Άσκηση 1: Επιτροπή αντιπροσώπων

Για την επίλυση του προβλήματος θα κατασκευάσουμε έναν άπληστο αλγόριθμο. Η λογική είναι η εξής: Ταξινομώ τον πίνακα των $[s_i, f_i)$ και κάθε φορά εξετάζω την βάρδια που τελειώνει νωρίτερα και από αυτές που την επικαλύπτουν διαλέγουμε αυτή που τελειώνει αργότερα.

Απόδειξη βελτιστότητας: Επιχείρημα ανταλλαγής

Έστω ότι ο αλγόριθμός μας επιλέγει την επιτροπή i_1, i_2, \dots, i_n αλλά η βέλτιστη επιλογή είναι j_1, j_2, \dots, j_m . Τα διαστήματα είναι ταξινομημένα ως προς τον χρόνο έναρξης και ως προς τον χρόνο ολοκλήρωσης. Έστω x_t το διάστημα που τελειώνει νωρίτερα στην i επανάληψη και μας έκανε να επιλέξουμε το i_t . Θεωρούμε ότι μέχρι το x_t οι i, j λύσεις δίνουν το ίδιο αποτέλεσμα. Το πιο κοντινό διάστημα της βέλτιστης j επιλογής είναι το $j_u, u \geq t$. Όμως το i_t δεν καλύπτει το διάστημα x_{t+1} και είναι το τελευταίο διάστημα που παρεμβάλλει το διάστημα x_t , άρα ούτε το j_u παρεμβάλλει το x_{t+1} . Επομένως κανένα από τα $j_1 \dots j_u$ δεν καλύπτει το διάστημα x_{t+1} άρα τελικά αφού $u \geq t$ η $i_1 \dots i_n$ (άπληστη) επιλογή είναι βέλτιστη.

Άσκηση 2: Βιαστικός μοτοσικλετιστής

Παραβίαση ορίου ταχύτητας κατά $v_i + V$

Έστω t_{sum} ο συνολικός χρόνος που θα κάνει ο μοτοσικλετιστής για να φτάσει στην πόλη B. Ταξινομούμε τον πίνακα των αποστάσεων-μεγίστων ταχυτήτων σε αύξουσα σειρά σύμφωνα με τις ταχύτητες και έστω τα νέα ταξινομημένα ζεύγη: (l'_i, v'_i) για $i = 1, 2, \dots, n$.

Ο βέλτιστος χρόνος αύξησης προκύπτει αν μεγιστοποιήσουμε σε κάθε διάστημα την διαφορά του κανονικού χρόνου (με νόμιμο όριο ταχύτητας) και του χρόνου ξεπερνώντας το εκάστοτε όριο ταχύτητας. Άρα:

$$\Delta T = \frac{l_i}{v_i} - \frac{l_i}{v_i + V} = V \cdot \frac{l_i}{v_i} \cdot \frac{1}{v_i + V}$$

Όμως το $\frac{l_i}{v_i}$ ανεξάρτητο του V και το V παραμένει σταθερό. Άρα μεγιστοποιούμε το ΔT αν διαλέξουμε πρώτα και εξαντλήσουμε χρονικά τα διαστήματα με μικρότερο όριο ταχύτητας. Επομένως ένας αλγόριθμος που θα έλυνε αυτό το πρόβλημα θα είχε τα εξής βήματα:

1. $i = 0$
2. Όσο είναι εφικτό εξάντλησε χρονικά το διάστημα με ταχύτητα v'_i

$$3. T \leftarrow T - \frac{l'_i}{v'_i + V}$$

$$4. i \leftarrow i + 1$$

5. Αν $T > 0$ πήγαινε στο βήμα 2

Παραβίαση ορίου ταχύτητας κατά $\alpha \cdot v_i$

Στην περίπτωση που η παραβίαση του ορίου ταχύτητας γίνεται κατά $\alpha \cdot v_i$, σύμφωνα με τα παραπάνω το ΔT θα είναι: $\Delta T = \frac{l_i}{v_i} - \frac{l_i}{\alpha \cdot v_i} = \frac{l_i}{v_i} \cdot \frac{\alpha - 1}{\alpha}$. Επομένως ο αλγόριθμός μας θα πρέπει να διαλέγει πρώτα, μέχρι να τελειώσει ο χρόνος που παραβιάζεται το όριο ταχύτητας, τα διαστήματα με μεγαλύτερο $T_i = \frac{l_i}{v_i}$.

Άσκηση 3: Βότσαλα στη σκακιέρα

(α)

Ο άπληστος αλγόριθμος που περιγράφει η εκφώνηση αν και δεν λειτουργεί πάντα σωστά, μπορεί να μας εξασφαλίσει ένα συγκεκριμένο ποσοστό του ποσού της βέλτιστης λύσης. Ένα παράδειγμα όπου ο αλγόριθμος μας δίνει λάθος αποτέλεσμα είναι το εξής: Έστω ότι υπάρχουν 2 τετράγωνα που συνορεύουν με ένα άλλο (για παράδειγμα από δεξιά και από πάνω) και έχουν άθροισμα κέρδους μεγαλύτερο από το ποσό του τρίτου τετραγώνου, αλλά το καθένα ξεχωριστά περιέχει λιγότερα χρήματα. Ακόμα στο παράδειγμα έστω ότι η επιλογή των 2 τετραγώνων είναι εφικτή στην δεδομένη κίνηση και αποτελούν τα τετράγωνα με τα ακριβώς λιγότερα χρήματα από το 3ο. Ο αλγόριθμος θα διαλέξει πρώτο το επιτρεπτό τετράγωνο με τα περισσότερα λεφτά και μετά δεν θα είναι εφικτό να διαλέξει τα άλλα 2, που σε άλλη περίπτωση θα έδιναν μεγαλύτερο κέρδος.

(β)

Μια βέλτιστη λύση του προβλήματος θα μπορούσε να βρεθεί με την χρήση δυναμικού προγραμματισμού. Έστω i_1, i_2, i_3, i_4 οι γραμμές της σκακιέρας και $A[i, j]$ πίνακας με τα χρηματικά ποσά της σκακιέρας. Σε κάθε στήλη έχουμε 8 διαφορετικές δυνατές επιλογές τετραγώνων τις:

$$I = \{(i_1, i_3), (i_2, i_4), (i_1, i_4), (i_1), (i_2), (i_3), (i_4), (\emptyset)\}$$

Για την εφαρμογή του δυναμικού προγραμματισμού θα χρησιμοποιήσουμε έναν πίνακα $Dyn[8][n]$ με διαστάσεις $8 \times N$ (κάθε γραμμή εκφράζει μια από τις δυνατές επιλογές και κάθε στήλη τις στήλες της σκακιέρας). Κάθε θέση του πίνακα $Dyn[i, j]$ θα δείχνει το χρηματικό ποσό αν διαλέξουμε τον i -οστό συνδυασμό γραμμών συν το μέγιστο συνδυασμό για τις προηγούμενες δυνατές στήλες. Άρα:

$$Dyn[i, j] = \sum_{k \in I} A[k, j] + \max(Dyn[l, j - 1])$$

- όπου k οι γραμμές των τετραγώνων του i -οστού συνδυασμού
- l οι εφικτοί συνδυασμοί για την προηγούμενη στήλη δεδομένης της επιλογής στην j στήλη

Για να συμπληρώσουμε τον πίνακα χρειαζόμαστε $\Theta(64n)$ αφού θέλουμε $\Theta(8n)$ για την προσπέλαση κάθε στοιχείου, και για κάθε στοιχείο του πίνακα θέλουμε $\Theta(8)$ για να βρούμε το μέγιστο για την προηγούμενη στήλη (πιθανά όχι όλα τα στοιχεία της, αλλά μόνο αυτά που επιτρέπεται). Ακόμα μπορούμε να κρατάμε κατά την συμπλήρωση του πίνακα Dyn το $sol = \max(Dyn[i, j])$ που υπολογίζει τη λύση του προβλήματος.

Άσκηση 4: Χωρισμός κειμένου σε γραμμές

Όπως ορίζεται και στην εκφώνηση, το κείμενο που θέλουμε να χωρίσουμε αποτελείται από n λέξεις μήκους l_1, l_2, \dots, l_n χαρακτήρες η κάθε μια. Οι γραμμές θα πρέπει να έχουν μέγεθος το πολύ C χαρακτήρες και κάθε γραμμή στοιχίζεται στα αριστερά. Ακόμα κάθε λέξη χωρίζεται από την επόμενη με τον κενό χαρακτήρα χωρίς να επιτρέπεται να χωριστεί σε 2 γραμμές και δεν επιτρέπεται η αναδιάταξη τους. Άρα συνολικά, αν στη γραμμή k εμφανίζονται οι λέξεις i, \dots, j τότε η γραμμή έχει αριθμό κενών χαρακτήρων στα δεξιά που δίνεται από τον τύπο $s_k = C + 1 - \sum_{p=i}^j (l_p + 1)$. Το ζητούμενο της άσκησης είναι να βρούμε αλγόριθμο που να χωρίζει κατάλληλα το κείμενο έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται το άθροισμα των τετραγώνων του πλήθους των κενών χαρακτήρων που έχουν οι γραμμές στα δεξιά, δηλαδή το $\sum_{k=1}^m s_k^2$. Για την επίλυση θα εργαστούμε με την μέθοδο σχεδίασης bottom-up χρησιμοποιώντας δυναμικό προγραμματισμό:

- Η κύρια ιδέα στηρίζεται στο ότι αν μπορούμε να υπολογίσουμε το ελάχιστο $\sum_{k=1}^{\lambda} s_k^2$ για τις πρώτες λ σειρές, τότε αν προσθέσουμε τις λέξεις για την $\lambda + 1$ σειρά, δεν αλλάζει κάτι στην στοίχιση των προηγούμενων σειρών παρά μόνο της τελευταίας.
- Υπολογίζουμε τον πίνακα S όπου για κάθε i, j το στοιχείο $S[i, j]$ δείχνει το $s_k = C + 1 - \sum_{p=i}^j (l_p + 1)$.
- Με την παραπάνω ιδέα είναι εφικτό να φτιάξουμε μια αναδρομική σχέση για το "κόστος" της διάταξης των πρώτων i λέξεων του κειμένου. Η σχέση αυτή θα είναι:

$$C[i] = \begin{cases} 0, & i = 0 \\ \min_{1 \leq k \leq i} C[k - 1] + S[k, i], & i > 0 \end{cases}$$

Η πολυπλοκότητα του αλγορίθμου για τον υπολογισμό του πίνακα S είναι $O(n \cdot C)$ όπου n το πλήθος των λέξεων και C το μέγιστο πλήθος χαρακτήρων ανά γραμμή. Το ίδιο ισχύει και για τον υπολογισμό του $C[n]$.

Άσκηση 5: Αντίγραφα αρχείου

Για την επιλογή των διακομιστών που θα φυλάσσεται το αντίγραφο του αρχείου F θα χρησιμοποιήσουμε τον παρακάτω αλγόριθμο. Έστω $M(j)$ συνάρτηση που μας δίνει το ελάχιστο κόστος αν τοποθετήσουμε το αρχείου στον server j . Χρειάζεται να υπολογίσουμε την καλύτερη θέση για να τοποθετήσουμε το αντίγραφο του αρχείου F πριν τον j , έστω αυτή i ($i < j$). Τότε για όλους του servers μέχρι τον i το κόστος θα είναι $M(i)$ και το κόστος για τους servers i μέχρι $j - 1$ θα είναι $b_i \cdot (0 + 1 + 2 + \dots + (j - 1 - 1)) = b_i \cdot \binom{j-1}{2}$. Ακόμα θα πρέπει να υπολογίσουμε μαζί με αυτά και το εβδομαδιαίο κόστος c για την αποθήκευση του αρχείου στον server. Άρα συνολικά:

$$M(j) = c_j + \min_{0 \leq i < j} (M(i) + b_i \cdot \binom{j-1}{2})$$

Αρά αν $M(0) = 0$ μας αρκεί να υπολογίσουμε το $M(n)$ και για να βρούμε ποιοι συγκεκριμένα θα είναι οι διακομιστές αρκεί να βρούμε τα διαδοχικά $M(i)$.