



Γλώσσες Προγραμματισμού II

Οι ασκήσεις πρέπει να παραδοθούν στους διδάσκοντες σε ηλεκτρονική μορφή μέσω του συνεργατικού συστήματος ηλεκτρονικής μάθησης moodle.softlab.ntua.gr. Η προθεσμία παράδοσης θα τηρείται αυστηρά. Έχετε δικαίωμα να καθυστερήσετε το πολύ μία άσκηση.

Άσκηση 7 Αξιοματική σημασιολογία

Προθεσμία παράδοσης: 3/2/2013

Σε πρόσφατη γραπτή εξέταση του μαθήματος των πρωτοετών δόθηκε το ακόλουθο πρόβλημα:

Έστω A ένας μονοδιάστατος πίνακας που περιέχει N ακέραιους αριθμούς ($1 \leq N \leq 100.000.000$) με τιμές μεταξύ 1 και 1.000.000. Να γράψετε μία κομψή και αποδοτική συνάρτηση η οποία να βρίσκει αν υπάρχει αριθμός που εμφανίζεται δύο (ή περισσότερες) φορές μέσα στον πίνακα. Αν υπάρχει τέτοιος αριθμός, η συνάρτησή σας πρέπει να τον επιστρέφει. Αν υπάρχουν περισσότεροι τέτοιοι αριθμοί, μπορείτε να επιστρέψετε όποιον από αυτούς θέλετε. Διαφορετικά, αν όλοι οι αριθμοί εμφανίζονται το πολύ μία φορά, η συνάρτησή σας πρέπει να επιστρέφει 0.

Παράδειγμα 1: ($N = 6$)

$A = [1, 2, 3, 2, 4, 5]$ $\text{check}(A) = 2$

Παράδειγμα 2: ($N = 8$)

$A = [9, 3, 5, 7, 2, 4, 1, 6]$ $\text{check}(A) = 0$

Δύο σπουδαστές έδωσαν τις εξής λύσεις για το παραπάνω πρόβλημα:

```
int check1 (int n, int a[])
{
    int i, j;

    for (i=0; i<n-1; i++)
        for (j=i+1; j<n; j++)
            if (a[i] == a[j]) return a[i];
    return 0;
}
```

```
typedef enum { false=0, true=1 } bool;

#define MAXN 100000000
#define MAXV 1000001

int check2 (int n, int a[])
{
    bool found[MAXV];
    int i;

    for (i=0; i<MAXV; i++) found[i] = false;
    for (i=0; i<n; i++) if (found[a[i]]) return a[i];
                        else found[a[i]] = true;

    return 0;
}
```

Για κάθε μία από τις δύο παραπάνω συναρτήσεις, αποδείξτε τη μερική ορθότητά της χρησιμοποιώντας αξιωματική σημασιολογία. Συγκεκριμένα, αποδείξτε τα παρακάτω:

- Το αποτέλεσμα είναι μεγαλύτερο ή ίσο του μηδενός.
- Αν το αποτέλεσμα είναι $r > 0$ τότε υπάρχουν δύο διαφορετικά στοιχεία του πίνακα με τιμή r .
- Αν το αποτέλεσμα είναι 0 τότε όλα τα στοιχεία του πίνακα έχουν τιμές ανά δύο διαφορετικές.

Μπορείτε να λύσετε αυτή την άσκηση με δύο (εναλλακτικούς) τρόπους:

1. Να γράψετε το σώμα των συναρτήσεων στην απλή προστακτική γλώσσα των διαφανειών. Υποθέστε ότι η γλώσσα υποστηρίζει όλες τις αριθμητικές πράξεις και πίνακες. Υποθέστε επίσης ότι όλες οι πράξεις υπολογίζουν πάντα το ιδεατό αποτέλεσμα, χωρίς το ενδεχόμενο υπερχείλισης ή αριθμητικού σφάλματος.
2. Να χρησιμοποιήσετε το εργαλείο επαλήθευσης προγραμμάτων Frama-C, που είναι διαθέσιμο από την ιστοσελίδα <http://frama-c.com/>. Αν το επιχειρήσετε, θα χρειαστεί να εγκαταστήσετε και κάποιο εργαλείο αυτόματης απόδειξης θεωρημάτων, όπως το Alt-Ergo, ή κάποιο σύστημα υποστήριξης αποδείξεων, όπως το Coq. Υπάρχουν σύνδεσμοι προς τέτοια εργαλεία από την ιστοσελίδα του Frama-C.