



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 1 Αξιωματική σημασιολογία

Προθεσμία παράδοσης: 8/11/2015

Στην Α' φάση του 27ου Πανελλήνιου Διαγωνισμού Πληροφορικής, ζητήθηκε από τους μαθητές να λύσουν το ακόλουθο αλγοριθμικό πρόβλημα:

Μια ομάδα N παιδιών στέκονται σε μια ευθεία γραμμή, το ένα πίσω από το άλλο, περιμένοντας τη σειρά τους στο κυλικείο του σχολείου. Το παιδί που βρίσκεται πρώτο στη γραμμή προφανώς βλέπει την είσοδο του κυλικείου, όσα παιδιά όμως στέκονται πίσω του δεν είναι σίγουρο ότι και αυτά τη βλέπουν. Για να βλέπει ένα παιδί την είσοδο του κυλικείου πρέπει όλα τα παιδιά που στέκονται μπροστά του να είναι κοντύτερα από αυτό.

Να γράψετε ένα πρόγραμμα το οποίο, αφού διαβάσει τα ύψη όλων των παιδιών, θα βρίσκει πόσα παιδιά βλέπουν την είσοδο. Τα ύψη των παιδιών δίνονται με τη σειρά που αυτά στέκονται στη γραμμή με κατεύθυνση από πίσω προς τα μπρος. Δηλαδή, το πρώτο ύψος αντιστοιχεί στο τελευταίο παιδί (αυτό που βρίσκεται μακριά από την είσοδο του κυλικείου) ενώ το τελευταίο ύψος αντιστοιχεί στο πρώτο παιδί (αυτό που βρίσκεται κοντά στην είσοδο).

Περιορισμοί:

- $1 \leq N \leq 1.000.000$
- τα ύψη των παιδιών είναι θετικοί ακέραιοι αριθμοί

Παραδείγματα:

- $N = 8$, ύψη: $\{5, 6, 4, 6, 3, 4, 1\}$, απάντηση: 3.
- $N = 4$, ύψη: $\{23, 17, 7, 42\}$, απάντηση: 1.

Ένας μαθητής έδωσε την εξής λύση, χρησιμοποιώντας έναν άπληστο (greedy) αλγόριθμο:

```
1 int countWhoCanSee (int N, int x[])
2 {
3     int tallest = x[N-1];
4     int count = 1;
5
6     for (int i = N-2; i >= 0; i--)
7         if (tallest < x[i]) {
8             tallest = x[i];
9             count++;
10        }
11    return count;
12 }
```

Αποδείξτε την ορθότητα της παραπάνω λύσης χρησιμοποιώντας αξιωματική σημασιολογία.

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. Αν χρησιμοποιήσετε αυτόν τον τρόπο, παραδώστε ένα αρχείο κειμένου που να περιέχει αναλυτικά την απόδειξή σας.
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. Με μία από τις τελευταίες εκδόσεις του Frama-C (Neon ή Sodium) προτείνεται η χρήση του plugin WP αντί του Jessie. Αν χρησιμοποιήσετε αυτόν τον τρόπο, παραδώστε ένα πρόγραμμα C με σχόλια-annotations για το Frama-C. Στην αρχή του προγράμματος, γράψτε σε ένα σχόλιο την έκδοση του Frama-C και των solvers που χρησιμοποιήσατε, καθώς και την ακριβή γραμμή εντολών που επαληθεύει αυτόματα την ορθότητα του προγράμματος.

```
$ frama-c -wp -wp-prover alt-ergo -wp-rte -wp-timeout 300 -wp-verbose 0 kylikeio.c
  -then -report
[kernel] Parsing kylikeio.c (with preprocessing)
[rte] annotating function countWhoCanSee
[report] Computing properties status...

-----
--- Properties of Function 'countWhoCanSee'
-----

[ Valid ] Post-condition (file kylikeio.c, line 13)
         by wp.typed.
[ Valid ] Loop assigns (file kylikeio.c, line 24)
         by wp.typed.
[ Valid ] Loop variant at loop (file kylikeio.c, line 27)
         by wp.typed.
[ Valid ] Invariant (file kylikeio.c, line 19)
         by wp.typed.
[ Valid ] Invariant (file kylikeio.c, line 20)
         by wp.typed.

... snip ...

[ Valid ] Default behavior
         by Frama-C kernel.

-----
--- Status Report Summary
-----

    16 Completely validated
    16 Total
-----
```

Εναλλακτικά, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε την παρακάτω εντολή που σας φέρνει στο GUI, και να ελέγξετε ότι όλα τα proof obligations είναι πράσινα.

```
$ frama-c-gui -wp -wp-prover alt-ergo -wp-rte -wp-timeout 300 kylikeio.c
```