Αλγοριθμική Προσέγγιση της Μετατροπής από μία Εντολή Επανάληψης σε Άλλη

Αθανάσιος Πέρδος[1], Σπύρος Δουκάκης[2], Νάγια Γιαννοπούλου[3]

[1]Δρ. Καθηγητής Πληροφορικής, Ελληνογαλλική Σχολή 'Καλαμαρί'
perdos@kalamari.gr
[2]Υπ. Διδάκτορας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
sdoukakis@rhodes.aegean.gr
[3]Καθηγήτρια Πληροφορικής, Λεόντειο Λύκειο Πατησίων
nagia@math.ntua.gr

Περίληψη

Η διερεύνηση της δυνατότητας μετατροπής και στη συνέχεια η μετατροπή μιας εντολής επανάληψης σε μία άλλη ή στις άλλες δύο εντολές επανάληψης, αποτελεί ένα θέμα που διδάσκεται στο μάθημα Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον και αρκετές φορές έχει εξεταστεί σε πανελλαδικό επίπεδο. Στην εργασία επιχειρείται μία συνολική προσέγγιση των μετατροπών από μία εντολή επανάληψης στις άλλες δύο εντολές επανάληψης εφόσον μπορούν να πραγματοποιηθούν, με στόχο τη βελτίωση της διδασκαλίας και μάθησης των μαθητών/τριών. Αν και παρατίθενται μεθοδολογίες που καλύπτουν όλες τις δυνατές περιπτώσεις μετατροπών, σημειώνεται ότι οι συγκεκριμένοι κανόνες δεν είναι απόλυτοι και για αυτό σε περίπτωση που κάποιος δεν τους ακολουθήσει είναι καθοριστικής σημασίας η εικονική εκτέλεση (στο χαρτί) ή η εκτέλεση στον υπολογιστή του αρχικού τμήματος αλγόριθμου και του τμήματος αλγόριθμου που δημιουργήθηκε από την μετατροπή, ώστε για τις ίδιες εισόδους να δίνουν τα ίδια αποτελέσματα.
Λέξεις κλειδιά: *Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον, δομή επανάληψης, μετατροπές εντολών επανάληψης*

1. Εισαγωγή

Ένας από τους διδακτικούς στόχους του μαθήματος Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον (ΑΕΠΠ) είναι οι μαθητές/τριες να μπορούν να επιλέγουν την κατάλληλη εντολή επανάληψης και να έχουν γνώσεις σωστής σύνταξης της εντολής που θα επιλέξουν. Στο βιβλίο μαθητή αναφέρει ότι «*Πολύ συχνά η ίδια επαναληπτική διαδικασία μπορεί να γραφεί εξίσου σωστά χρησιμοποιώντας είτε την εντολή ΟΣΟ…ΕΠΑΝΑΛΑΒΕ είτε την εντολή ΜΕΧΡΙΣ_ΟΤΟΥ*» (Βακάλη κ.α., 2009, σ. 176) και, επίσης, ότι «*Κάθε επανάληψη που εκτελείται με μία εντολή ΓΙΑ…ΑΠΟ…ΜΕΧΡΙ, μπορεί να υλοποιηθεί και με τη χρήση των βασικών εντολών επανάληψης ΟΣΟ….ΕΠΑΝΑΛΑΒΕ και ΜΕΧΡΙΣ_ΟΤΟΥ*» (Βακάλη κ.α., 2009, σ. 179). Ταυτόχρονα, για την επίτευξη αυτών των δύο στόχων, στο τετράδιο μαθητή, εκτός από την ύπαρξη ενός πλήθους δραστηριοτήτων, υπάρχει και μία δραστηριότητα που έχει ως στόχο την συγγραφή ενός τμήματος αλγόριθμου από μία εντολή επανάληψης στις άλλες δύο (ΔΤ4, Κεφ. 8).

Η συγκεκριμένη δραστηριότητα έδωσε το έναυσμα στους θεματοδότες να αξιολογήσουν τις γνώσεις των μαθητών/τριών στην ικανότητα μετατροπής ενός αλγόριθμου ή ενός τμήματος αλγόριθμου από μία εντολή επανάληψης σε μία άλλη ή και στις δύο άλλες εντολές επανάληψης, εφόσον αυτή είναι εφικτή. Έτσι, κατά την πανελλαδική εξέταση του μαθήματος, η συγκεκριμένη γνώση έχει εξεταστεί αρκετές φορές με θέματα διαφορετικού βαθμού δυσκολίας και διαφορετικής μοριοδότησης λαμβάνοντας από 4 μέχρι και 10 μόρια στα 100.

Η δυσκολία των θεμάτων που έχουν επιλεγεί για την αξιολόγηση της συγκεκριμένης γνώσης, όπου μερικές φορές οδήγησε ακόμα και την επιτροπή εξετάσεων να μη δώσει ολοκληρωμένη προτεινόμενη λύση (Θέμα επαναληπτικών εξετάσεων ημερησίων λυκείων, 2001), προκάλεσε συζητήσεις και κατεύθυνε τους διδάσκοντες/ουσες, πάντα με στόχο τη βελτίωση της γνώσης των μαθητών/τριών, να προσπαθήσουν να αναδείξουν τις μετατροπές από την μία εντολή επανάληψης σε άλλη (Τσιωτάκης & Δουκάκης, 2005) ή να προσπαθήσουν να κατηγοριοποιήσουν τις δυνατές μετατροπές (Δρίμτζιας, 2010).

Ένα ακόμα σημαντικό ζήτημα που έχει προκύψει από την αξιολόγηση της συγκεκριμένης γνώσης, είναι η έννοια της ισοδυναμίας του αλγόριθμου που προκύπτει από την μετατροπή με τον αρχικό αλγόριθμο. Έτσι, στα θέματα εξετάσεων έχουν χρησιμοποιηθεί φράσεις όπως «*Να μετατρέψετε την παραπάνω δομή σε ισοδύναμη δομή επανάληψης*» (Θέμα εξετάσεων ημερησίων λυκείων, 2001), «*Να δώσετε τη δομή επανάληψης 'Για…από…μέχρι…βήμα' η οποία τυπώνει ακριβώς τις ίδιες τιμές με το πιο πάνω τμήμα αλγορίθμου*» (Θέμα επαναληπτικών εξετάσεων ημερησίων λυκείων, 2001), «*Να ξαναγράψετε το παραπάνω τμήμα αλγορίθμου χρησιμοποιώντας την εντολή ΓΙΑ αντί της εντολής ΟΣΟ*» (Θέμα επαναληπτικών εξετάσεων ημερησίων λυκείων, 2007), «*Να γράψετε τμήμα αλγορίθμου, που θα έχει το ίδιο αποτέλεσμα με το παρακάτω τμήμα…*» (Θέμα εξετάσεων ημερησίων λυκείων, 2009). Ωστόσο, στις περισσότερες περιπτώσεις η φρασεολογία που χρησιμοποιείται είναι αυτή της μετατροπής σε ισοδύναμο τμήμα αλγόριθμου. Στην παρούσα εργασία οι συγγραφείς ενστερνίζονται την πρόταση των Ολυμπιάδων πληροφορικής ότι δηλαδή: «*ισοδύναμα προγράμματα είναι αυτά που για τις ίδιες εισόδους, δίνουν τα ίδια αποτελέσματα*» (International Olympiad in Informatics, 2010). Αυτό έρχεται σε συμφωνία και με το στόχο του μαθήματος που είναι οι μαθητές να αναπτύξουν αναλυτική και συνθετική σκέψη καθώς και ικανότητες μεθοδολογικού χαρακτήρα.

Η εργασία αυτή έχει ως στόχο από τη μία πλευρά να καλύψει όλες τις δυνατές μετατροπές από μία εντολή επανάληψης σε άλλη, όταν αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί και από την άλλη να παρέχει στους μαθητές μία αλγοριθμική προσέγγιση των μετατροπών ώστε να τους διευκολύνει στη μελέτη τους και στην αντιμετώπιση των θεμάτων των πανελλαδικών εξετάσεων. Για να επιτευχθούν τα παραπάνω λαμβάνονται υπόψη τα θέματα των εξετάσεων, η υπάρχουσα βιβλιογραφία κυρίως ελληνική αφού τόσο η ψευδογλώσσα όσο και η ΓΛΩΣΣΑ ορίζονται στο συγκεκριμένο διδακτικό πακέτο και αξιοποιούνται ορισμένες γενικές αρχές που αν ακολουθηθούν μπορούν να δώσουν σωστή λύση σε τέτοιου είδους θέματα. Αν και καλύπτονται όλες οι δυνατές μετατροπές από τις μεθοδολογίες που προτείνονται, οι συγγραφείς δέχονται ότι οι κανόνες που προτείνουν δεν είναι απόλυτοι. Μπορεί κάποιος μαθητής ή καθηγητής σε ένα θέμα μετατροπής, να δημιουργήσει ισοδύναμο τμήμα αλγόριθμου που για τις ίδιες εισόδους να δίνει τα ίδια αποτελέσματα. Σε αυτή την περίπτωση, οι συγγραφείς θεωρούν ότι είναι καθοριστικής σημασίας η εικονική εκτέλεση (στο χαρτί) ή η εκτέλεση στον υπολογιστή (με τη χρήση κάποιου εκπαιδευτικού λογισμικού, όπως pseudoglossa.gr (Στέργου, 2010), Διερμηνευτής της Γλώσσας (Γεωργόπουλος, 2005), και Γλωσσομάθεια (Νικολαΐδης, 2010), τόσο του αρχικού τμήματος αλγόριθμου όσο και του τμήματος αλγόριθμου που δημιουργήθηκε από την μετατροπή(Δουκάκης & Ψαλτίδου, 2011).

2. Πλαίσιο

2.1. Συντομογραφίες

Για τις ανάγκες της εργασίας, την καλύτερη παρουσίαση και την ευκολότερη κατανόηση είναι απαραίτητες ορισμένες συντομογραφίες που θα χρησιμοποιηθούν στις επόμενες παραγράφους. Οι συντομογραφίες είναι οι ακόλουθες:

μτ: μεταβλητή τ1: αρχική τιμή τ2: τελική τιμή β: τιμή βήματος

2.2. Γενικές αρχές

Οι εντολές που περιέχονται στην εντολή **Όσο…επανάλαβε** και στην εντολή **Για…από…μέχρι**, υπάρχει περίπτωση να εκτελεστούν καμία φορά, ενώ οι εντολές που περιέχονται στην εντολή **Μέχρις_ότου** θα εκτελεστούν τουλάχιστον μία φορά. Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται οι περιπτώσεις που οι εμπεριεχόμενες εντολές των εντολών επανάληψης θα εκτελεστούν καμία φορά.

Πίνακας 1: *Οι περιπτώσεις που εκτελούνται καμία φορά οι εμπεριεχόμενες εντολές των εντολών επανάληψης*

Εντολή επανάληψης	Περίπτωση να εκτελεστούν οι εντολές καμία φορά
Όσο…επανάλαβε	Κατά τον πρώτο έλεγχο της συνθήκης που περιλαμβάνει η εντολή επανάληψης, αυτή να είναι Ψευδής.
Για μτ **από** τ1 **μέχρι** τ2 **με_βήμα** β	β > 0 και τ1 > τ2 είτε β < 0 και τ1 < τ2

Στις τρεις εντολές επανάληψης υπάρχει περίπτωση ο βρόχος να εκτελείται άπειρες φορές. Στον πίνακα 2 παρουσιάζονται οι περιπτώσεις που οι εμπεριεχόμενες εντολές των εντολών επανάληψης θα εκτελεστούν άπειρες φορές.

Πίνακας 2: *Οι περιπτώσεις που εκτελούνται άπειρες φορές οι εμπεριεχόμενες εντολές των εντολών επανάληψης*

Εντολή επανάληψης	Περίπτωση να εκτελεστούν οι εντολές άπειρες φορές
Όσο…επανάλαβε	Κατά τον πρώτο έλεγχο η συνθήκη είναι Αληθής και παραμένει σε κάθε επανάληψη Αληθής.
Μέχρις_ότου	Η συνθήκη παραμένει σε κάθε επανάληψη Ψευδής.
Για…από…μέχρι…με_βήμα…	Όταν το βήμα είναι μηδέν.

Στην εντολή **Για** μτ **από** τ1 **μέχρι** τ2 **με_βήμα** β όταν το βήμα είναι μηδέν σύμφωνα με το διδακτικό πακέτο «*ο βρόχος εκτελείται επ' άπειρον*» (Βακάλη κ.α., 2009, σ. 44). Ωστόσο, είναι απαραίτητο στο σημείο αυτό να διευκρινιστεί ότι στο διδακτικό πακέτο και κατά την περιγραφή της λειτουργίας της εντολής **ΓΙΑ…ΑΠΟ…ΜΕΧΡΙ** στο επίπεδο της ΓΛΩΣΣΑΣ δεν είναι εμφανές ότι όταν το βήμα είναι μηδέν ο βρόχος εκτελείται άπειρες φορές. Αντίθετα, φαίνεται από τα συμφραζόμενα (Βακάλη κ.α., 2009, σ. 178) ότι ο βρόχος εκτελείται άπειρες φορές στην περίπτωση που β = 0 και τ1 <= τ2, ενώ ο βρόχος εκτελείται καμία φορά αν β = 0 και τι > τ2 (Τσιωτάκης κ.α., 2010).

Η μετατροπή από την εντολή **Όσο…επανάλαβε** στην εντολή **Μέχρις_ότου** και αντιστρόφως έχει νόημα μόνο αν δεν παραβιάζεται το κριτήριο της περατότητας στην αρχική εντολή. Ωστόσο, ακόμα και σε τέτοια περίπτωση η μετατροπή είναι πάλι εφικτή, όμως οδηγούμαστε ξανά σε ατέρμονα βρόγχο.

Η μετατροπή από τις εντολές **Όσο…επανάλαβε** και **Μέχρις_ότου** στην **Για…από…μέχρι** είναι δυνατή μόνο αν στην αρχική εντολή υπάρχει μία μεταβλητή (μτ) που λαμβάνει κάποια αρχική τιμή (τ1) πριν από την εντολή επανάληψης, ενώ η συνθήκη είναι της μορφής:

μτ *συγκριτικός_τελεστής* τ2

όπου ο συγκριτικός τελεστής είναι ένας εκ των ≥, >, ≤, <. Στην περίπτωση είτε του = είτε του ≠ θα γίνει ειδική αναφορά και τ2 είναι η τελική τιμή που μπορεί να φτάσει η μεταβλητή και για την οποία εκτελούνται οι εντολές της επανάληψης. Ακόμη η μεταβλητή πρέπει μέσα στο σώμα της εντολής επανάληψης να αλλάζει μόνο κατά την τιμή κάποιου βήματος (β). Επίσης θα πρέπει να είναι γνωστές εκ των προτέρων η αρχική (τ1) και η τελική τιμή (τ2) της μεταβλητής, καθώς και η τιμή του βήματος (β) με την οποία αλλάζει η μεταβλητή κάθε φορά στην επανάληψη, ενώ θα πρέπει να διατηρούν σταθερή την τιμή τους σε όλη τη διάρκεια εκτέλεσης της επανάληψης. Τέλος, η μετατροπή έχει νόημα μόνο αν στην αρχική εντολή δεν παραβιάζεται το κριτήριο της περατότητας. Έτσι, αν οι τιμές των τ1, τ2 και β είναι τυχαίες, δηλαδή δεν είναι γνωστές ποιες συγκεκριμένες σταθερές τιμές έχουν στο ορατό τμήμα του αρχικού αλγόριθμου, θα πρέπει να διερευνηθεί με τη χρήση εντολών επιλογής αν ικανοποιούνται όλα τα παραπάνω.

3. Μετατροπές

3.1 Από την εντολή Όσο…επανάλαβε στην εντολή Μέχρις_ότου

Η γενική μορφή της εντολής **Όσο…επανάλαβε** είναι η ακόλουθη:

Όσο συνθήκη **επανάλαβε**
  Εντολές
Τέλος_επανάληψης

Αν από την εικονική εκτέλεση του αλγόριθμου είναι βέβαιο ότι κατά τον πρώτο έλεγχο της συνθήκης αυτή είναι Αληθής, τότε η μετατροπή έχει ως εξής:

Αρχή_επανάληψης
  Εντολές
Μέχρις_ότου όχι(συνθήκη)

Αν από την εικονική εκτέλεση του αλγόριθμου δεν είναι βέβαιο ότι κατά τον πρώτο έλεγχο της συνθήκης αυτή είναι Αληθής, τότε πρέπει να χρησιμοποιηθεί μία εντολή απλής επιλογής για να ελέγχει αυτήν τη συνθήκη. Οπότε η μετατροπή έχει ως εξής:

Αν συνθήκη **τότε**
  Αρχή_επανάληψης
    Εντολές
  Μέχρις_ότου όχι(συνθήκη)
Τέλος_αν

3.2 Από την εντολή Μέχρις_ότου στην εντολή Όσο…επανάλαβε

Η γενική μορφή της εντολής **Μέχρις_ότου** είναι η ακόλουθη:

Αρχή_επανάληψης
  Εντολές
Μέχρις_ότου συνθήκη

Μία προτεινόμενη μέθοδος μετατροπής που δίνει πάντοτε λύση είναι η ακόλουθη:

Εντολές
Όσο όχι(συνθήκη) **επανάλαβε**
  Εντολές
Τέλος_επανάληψης

Θα πρέπει να επισημανθεί ότι η προτεινόμενη μέθοδος μπορεί πάντα να εφαρμοστεί, ωστόσο υπάρχουν και άλλοι τρόποι (πιο κατανοητοί και με λιγότερες γραμμές κώδικα) για να μετατραπεί η **Μέχρις_ότου** σε **Όσο…επανάλαβε**, αρκεί η αρχική εντολή επανάληψης και η τελική να προκύψουν ισοδύναμες. Υπάρχουν λοιπόν περιπτώσεις όπου αν η λογική έκφραση (**όχι**(συνθήκη)) είναι αληθής την πρώτη φορά που θα ελεγχθεί όπως προκύπτει από εικονική εκτέλεση τότε οι εντολές πριν από το σώμα της επανάληψης είναι δυνατόν να παραλειφθούν.

3.3 Από την εντολή Για…από…μέχρι στις άλλες δύο εντολές επανάληψης

Η γενική μορφή της εντολής **Για…από…μέχρι** είναι η ακόλουθη:

Για μτ **από** τ1 **μέχρι** τ2 **με_βήμα** β
  Εντολές
Τέλος_επανάληψης

Η προτεινόμενη μέθοδος μετατροπής βασίζεται στο πρόσημο της τιμής του βήματος, όπου αν $β > 0$ τότε η συνθήκη στην εντολή **Όσο…επανάλαβε** θα είναι της μορφής $μτ \leq τ2$, ενώ αν $β < 0$ τότε η συνθήκη στην εντολή **Όσο…επανάλαβε** θα είναι της μορφής $μτ \geq τ2$. Αν χρησιμοποιηθούν οι παραπάνω προτεινόμενες συνθήκες τότε σίγουρα οι μετατροπές είναι σωστές, αφού για παράδειγμα αν $τ1 > τ2$ και $β > 0$ η **Για…από…μέχρι** δεν εκτελείται, ενώ η **Όσο…επανάλαβε** εκτελείται άπειρες φορές.

Έτσι, θεωρώντας ότι $β \neq 0$, η μετατροπή μπορεί να γίνει ως εξής:

```
Αν β > 0 τότε
   μτ ← τ1
   Όσο μτ ≤ τ2 επανάλαβε
      Εντολές
      μτ ← μτ + β
   Τέλος_επανάληψης
αλλιώς_αν β < 0 τότε
   μτ ← τ1
   Όσο μτ ≥ τ2 επανάλαβε
      Εντολές
      μτ ← μτ + β
   Τέλος_επανάληψης
Τέλος_αν
```

```
Αν β > 0 και τ1 ≤ τ2 τότε
   μτ ← τ1
   Αρχή_επανάληψης
      Εντολές
      μτ ← μτ + β
   Μέχρις_ότου μτ > τ2
αλλιώς_αν β < 0 και τ1 ≥ τ2 τότε
   μτ ← τ1
   Αρχή_επανάληψης
      Εντολές
      μτ ← μτ + β
   Μέχρις_ότου μτ < τ2
Τέλος_αν
```

Η παραπάνω προτεινόμενη μετατροπή έχει πραγματοποιηθεί λαμβάνοντας υπόψη όλες τις δυνατές τιμές που μπορούν να έχουν οι τ1, τ2 και β. Είναι χρήσιμο να επισημανθεί ότι η προτεινόμενη μετατροπή χρειάζεται να εφαρμοστεί στις περιπτώσεις που δεν είναι γνωστό αν το βήμα είναι θετικό ή αρνητικό. Αν όμως είναι γνωστό το πρόσημο του βήματος, τότε χρειάζεται να αξιοποιηθεί μόνο το αντίστοιχο τμήμα αλγόριθμου και χωρίς την εντολή επιλογής. Επίσης, είναι άξιο αναφοράς, ότι αν η εντολή **Για...από...μέχρι** εκτελείται καμία φορά, τότε καμία φορά θα εκτελεστεί και η εντολή **Όσο...επανάλαβε**.

Για την μετατροπή της εντολής **Για…από…μέχρι** στην εντολή **Μέχρις_ότου** προτείνεται η μετατροπή της **Για** σε **Όσο…επανάλαβε** και στη συνέχεια μετατροπή της **Όσο…επανάλαβε** στην εντολή **Μέχρις_ότου**, σύμφωνα με τη μέθοδο που παρουσιάστηκε στην παράγραφο 3.1**.** Ωστόσο για λόγους πληρότητας η μετατροπή παρουσιάζεται στην δεύτερη στήλη.

3.4 Από την εντολή Όσο…επανάλαβε στην εντολή Για…από…μέχρι

Όπως ήδη αναφέρθηκε, η μετατροπή από την εντολή **Όσο…επανάλαβε** στην εντολή **Για…από…μέχρι** μπορεί να γίνει μόνο αν ισχύουν οι προϋποθέσεις που παρουσιάστηκαν στις γενικές αρχές. Έτσι σε περίπτωση που το βήμα (β) δεν έχει συγκεκριμένη αριθμητική τιμή θα πρέπει να γίνει διερεύνηση για το πότε είναι εφικτή η μετατροπή. Για αυτό το λόγο απαιτείται και η χρήση κατάλληλων εντολών επιλογής ώστε η **Όσο…επανάλαβε** και η **Για** στην οποία μετατρέπεται να είναι ισοδύναμες, δηλαδή να δίνουν ίδια αποτελέσματα.

Για την μετατροπή είναι απαραίτητη η διάκριση στις ακόλουθες περιπτώσεις:

3.4.1 Ο συγκριτικός τελεστής της εντολής Όσο…επανάλαβε είναι είτε μικρότερος ή ίσος (≤), είτε μεγαλύτερος ή ίσος (≥)

Στην περίπτωση που ο συγκριτικός τελεστής της συνθήκης στην εντολή **Όσο…επανάλαβε** είναι είτε ο ≤ (μικρότερος ή ίσος), είτε ο ≥ (μεγαλύτερος ή ίσος) τότε η εντολή μπορεί να είναι μία από τις ακόλουθες δύο:

```
α) μτ ← τ1
   Όσο μτ ≤ τ2 επανάλαβε
      Εντολές
      μτ ← μτ + β
   Τέλος_επανάληψης
```

```
β) μτ ← τ1
   Όσο μτ ≥ τ2 επανάλαβε
      Εντολές
      μτ ← μτ + β
   Τέλος_επανάληψης
```

Για να μπορεί να γίνει η μετατροπή, στην (α) περίπτωση πρέπει να ισχύει β > 0, αφού αν δεν ισχύει είναι πιθανό ο βρόχος να είναι ατέρμων στην περίπτωση που τ1 ≤ τ2.

Για να μπορεί να γίνει η μετατροπή, στην (β) περίπτωση πρέπει να ισχύει β < 0, αφού αν δεν ισχύει είναι πιθανό ο βρόχος να είναι ατέρμων στην περίπτωση που τ1 ≥ τ2.

Αν ισχύουν τα παραπάνω, τότε η μετατροπή είτε του (α), είτε του (β) τμήματος αλγόριθμου είναι η ακόλουθη:

Για μτ **από** τ1 **μέχρι** τ2 **με_βήμα** β
Εντολές
Τέλος_επανάληψης

Αν στην περίπτωση (α) δεν ισχύει τ1 ≤ τ2 τότε η επανάληψη εκτελείται καμία φορά με την εντολή **Όσο…επανάλαβε** και καμία φορά με την εντολή **Για...από...μέχρι**.

Αν στην περίπτωση (β) δεν ισχύει τ1 ≥ τ2 τότε η επανάληψη εκτελείται καμία φορά με την εντολή **Όσο…επανάλαβε** και καμία φορά με την εντολή **Για...από...μέχρι**. Έτσι και στις δύο περιπτώσεις προκύπτουν ισοδύναμα τμήματα αλγόριθμου.

3.4.2 Ο συγκριτικός τελεστής της εντολής Όσο…επανάλαβε είναι είτε αυστηρά μικρότερος (<) είτε αυστηρά μεγαλύτερος (>)

Αν στη συνθήκη της εντολής **Όσο…επανάλαβε** ο τελεστής σύγκρισης είναι αυστηρά μικρότερος ή αυστηρά μεγαλύτερος, τότε οι εντολές του βρόχου δεν εκτελούνται όταν η μεταβλητή της συνθήκης λάβει την τιμή τ2 και άρα είναι πιθανό να είναι λάθος η μετατροπή σε **Για** μτ **από** τ1 **μέχρι** τ2 **με_βήμα** β. Για το λόγο αυτό, χρειάζεται διερεύνηση για την εύρεση της τελικής τιμής που λαμβάνει πραγματικά η μεταβλητή στην εντολή **Όσο…επανάλαβε** ώστε να βρεθεί η αντίστοιχη τελική τιμή που θα γραφεί στο τμήμα αλγόριθμου με την εντολή **Για…από…μέχρι**. Για λόγους παρουσίασης, η τελική τιμή που λαμβάνει πραγματικά η μεταβλητή στην εντολή **Όσο…επανάλαβε** και θα αξιοποιηθεί στην εντολή **Για…από…μέχρι** θα αναφέρεται ως τπ2. Ο υπολογισμός της τιμής τπ2, ανεξάρτητα αν το β είναι θετικό ή αρνητικό μπορεί να πραγματοποιηθεί ως εξής:

Έστω η γενική μορφή της εντολής **Όσο…επανάλαβε** στην οποία δεν υπάρχει αυστηρή ανισότητα και κ ένας ακέραιος που εκφράζει πόσες φορές αλλάζει μέσα στο βρόχο η μεταβλητή (μτ)κατά το βήμα για να πλησιάσει ή να φτάσει την τελική τιμή (τ2), όχι όμως να την ξεπεράσει. Η τιμή της, θα είναι: κ = (τ2 - τ1) / β. Ωστόσο, η τιμή του κ θα πρέπει να είναι ακέραια, ενώ η συγκεκριμένη διαίρεση μπορεί να δώσει και πραγματικό αποτέλεσμα. Για το λόγο αυτό, τελικά η τιμή του κ θα δίνεται από τη σχέση:

$$\text{κ} = \mathbf{Α\_Μ}((\text{τ}2 - \text{τ}1) / \text{β}) \tag{1}$$

όπου **Α_Μ**(x) συνάρτηση που επιστρέφει το ακέραιο μέρος του x.

Έτσι η πραγματικά τελική τιμή για την οποία εκτελείται η εντολή **Όσο…επανάλαβε** είναι η

$$\text{τπ}2 = \text{τ}1 + \text{κ} * \text{β} \tag{2}$$

Στην περίπτωση όμως της εντολής **Όσο…επανάλαβε** με αυστηρή ανισότητα, (τπ2 < τ2 για θετικό β ή τπ2 > τ2 για αρνητικό β), δεν υπάρχει πρόβλημα στη μετατροπή σε **Για** μτ **από** τ1 **μέχρι** τ2 **με_βήμα** β αφού η μεταβλητή δεν φτάνει στην τ2. Αν όμως τπ2 = τ2 τότε η πραγματικά τελική τιμή της μεταβλητής στην εντολή **Όσο…επανάλαβε** δεν είναι η προαναφερόμενη, αλλά η αμέσως προηγούμενή της.

Έτσι αν η τιμή τπ2 που υπολογίζεται από την παραπάνω σχέση είναι ίση με την τ2 τότε για τον τελικό υπολογισμό της τιμής τπ2, αφαιρείται από τη σχέση (2) το βήμα (β) και άρα η νέα σχέση είναι η:

$$\text{τπ}2 = \text{τ}1 + \text{κ} * \text{β} - \text{β} \tag{3}$$

Συνοψίζοντας τα βήματα που ακολουθούνται είναι:

- Βήμα 1: Υπολογισμός των φορών που αλλάζει η μεταβλητή κατά το βήμα για να πλησιάσει ή να φτάσει την τελική τιμή, όχι όμως να την ξεπεράσει, στη γενική μορφή της εντολής **Όσο…επανάλαβε**: κ = **Α_Μ**((τ2 - τ1) / β)
- Βήμα 2: Εύρεση της τελευταίας τιμής που λαμβάνει πραγματικά η μεταβλητή της εντολής **Όσο…επανάλαβε** στη γενική της μορφή: τπ2 = τ1 + κ * β
- Βήμα 3: Εύρεση της πραγματικά τελικής τιμής αν στην περίπτωση της αυστηρής ανισότητας ισχύει τπ2 = τ2, από τον τύπο τπ2 = τ1 + κ * β - β

Το τμήμα αλγόριθμου που υλοποιεί τα παραπάνω σε περίπτωση τυχαίων τιμών των τ1, τ2 και β, είναι το ακόλουθο:

κ ← **Α_Μ**((τ2 - τ1) / β)
τπ2 ← τ1 + κ * β
Αν τπ2 = τ2 **τότε** τπ2 ← τπ2 - β

Σύμφωνα με τον εκπαιδευτικό Δρίμτζια (2010), μία άλλη προτεινόμενη μεθοδολογία στην περίπτωση που ο συγκριτικός τελεστής είναι αυστηρά μικρότερος ή αυστηρά μεγαλύτερος βασίζεται στην παρατήρηση ότι η μτ δεν μπορεί να φτάσει στην τ2. Έτσι, αναφέρει ότι αν η τιμή του βήματος είναι ακέραια τότε τίθεται τ2 = τ2 ± 1, ενώ αν η τιμή του βήματος είναι πραγματική και έχει ένα δεκαδικό ψηφίο τότε τίθεται τ2 = τ2 ± 0,1, ή αν έχει δύο δεκαδικά ψηφία τίθεται τ2 = τ2 ± 0,01 κ.ο.κ. Ωστόσο, είναι χρήσιμο να επισημανθεί ότι δεν αρκεί να ελεγχθεί μόνο το βήμα αν λαμβάνει ακέραια ή πραγματική τιμή για να εντοπιστεί η διαφορά από την τελική τιμή, αλλά πρέπει να ελεγχθούν και οι τρεις τιμές τ1, τ2 και β. Έτσι, αν και τα τρία είναι ακέραια τότε τ2 = τ2 ± 1, ενώ αν η τ1 ή η τ2, ή το β ή κάποια από αυτά είναι πραγματικές η νέα τελική τιμή στην εντολή **Για** θα πρέπει να διαφέρει από την τελική τιμή στην εντολή **Όσο** κατά 0,1 αν κάποιο πραγματικό μέρος έχει ένα σημαντικό ψηφίο μετά την υποδιαστολή, 0,01 αν κάποιο πραγματικό μέρος έχει δύο σημαντικά ψηφία μετά την υποδιαστολή κ.ο.κ. Επιπλέον, αν κάποια από τις μεταβλητές τ1, τ2 και β δεν έχει συγκεκριμένη αριθμητική τιμή, η παραπάνω προσέγγιση αποτυγχάνει να δώσει λύση, αφού δεν είναι γνωστός ο αριθμός των ψηφίων του πραγματικού μέρους.

3.4.3 Στην εντολή Όσο…επανάλαβε υπάρχουν εντολές μετά την αλλαγή της μεταβλητής κατά το βήμα.

Στην περίπτωση που υπάρχουν εντολές μετά την αλλαγή της τιμής της μεταβλητής κατά το βήμα στην **Όσο…επανάλαβε**, τότε είναι απαραίτητο να εντοπιστούν οι εντολές που χρησιμοποιείται η τιμή της μεταβλητής μετά την αλλαγή της και στις αντίστοιχες εντολές της **Για…από…μέχρι** να χρησιμοποιηθεί η τιμή της μεταβλητής αλλαγμένη κατά το βήμα.

3.5 Από την εντολή Μέχρις_ότου στην εντολή Για...από...μέχρι

Για την μετατροπή της εντολής **Μέχρις_ότου** στην εντολή **Για...από...μέχρι** προτείνεται η μετατροπή της **Μέχρις_ότου** σε **Όσο...επανάλαβε** και στη συνέχεια μετατροπή της **Όσο...επανάλαβε** στην εντολή **Για...από...μέχρι**, σύμφωνα με τα προηγούμενα.

4. Περιορισμοί και προβληματισμοί

Όλες οι προτεινόμενες μέθοδοι βασίζονται στην παραδοχή ότι η μετατροπή από μία εντολή επανάληψης σε μία άλλη είναι εφικτή. Για αυτό παρουσιάστηκε αναλυτικά πότε είναι δυνατόν να μετατραπεί μία εντολή επανάληψης σε μία άλλη ενώ συνιστάται να ελέγχεται πάντα με εικονική εκτέλεση πότε είναι εφικτή η μετατροπή. Υπάρχουν όμως και κάποιοι περιορισμοί που αφορούν κυρίως τη μετατροπή από και σε **Για...από...μέχρι.**

Αν πρόκειται να μετατραπεί η εντολή **Για...από...μέχρι** στην εντολή **Όσο…επανάλαβε**, όπως παρουσιάστηκε πρέπει να συνταχθεί με βάση το πρόσημο του βήματος η συνθήκη στην εντολή **Όσο…επανάλαβε**, αλλιώς θα είναι λανθασμένη.

Αν ζητείται να μετατραπεί η εντολή **Μέχρις_ότου** στην εντολή **Για...από...μέχρι** και στην **Μέχρις_ότου** υπάρχει η συνθήκη μτ > τ2 ενώ τ1 ≥ τ2 και β < 0 υπάρχουν δύο περιπτώσεις: α) Δεν τερματίζει ποτέ εφόσον τ1 + β ≤ τ2, β) εκτελείται μόνο μία φορά εφόσον τ1 + β > τ2. Και στις δύο περιπτώσεις δεν μπορεί η εντολή **Μέχρις_ότου** να μετατραπεί σε **Για...από...μέχρι.** Το συμπέρασμα είναι το ίδιο αν μτ < τ2 ενώ τ1 ≤ τ2 και β > 0.

Αν ζητείται να μετατραπεί η εντολή **Όσο…επανάλαβε** στην εντολή **Για...από...μέχρι** και υπάρχει ο τελεστής του διάφορου (≠) στην συνθήκη τότε θα πρέπει να εξακριβωθεί αν στην εντολή **Όσο…επανάλαβε** η μεταβλητή παίρνει κάποια στιγμή την τ2 γιατί διαφορετικά παραβιάζεται η περατότητα, οπότε η μετατροπή δεν θα έχει νόημα. Αυτό μπορεί να γίνει με τη μέθοδο που παρουσιάστηκε πριν στην περίπτωση της αυστηρής ανισότητας στην συνθήκη κατά τη μετατροπή από την εντολή **Όσο…επανάλαβε** στην εντολή **Για...από...μέχρι**. Στο ίδιο μήκος, εντάσσεται και ένα πιθανό ζήτημα μετατροπής μίας εντολής **Όσο…επανάλαβε** στην εντολή **Για** με τον τελεστή της ισότητας (=) στην συνθήκη. Στην περίπτωση αυτή η μετατροπή έχει νόημα αν τ1 = τ2 όποτε και οι δυο εντολές εκτελούνται ακριβώς μία φορά. Αποτελεί όμως και προβληματισμό, αν είναι παιδαγωγικά χρήσιμο και διδακτικά σημαντικό να ζητείται από τους μαθητές/τριες να διερευνούν περιπτώσεις ατέρμονα βρόχου κατά την αξιολόγησή τους σε θέματα μετατροπών από μία εντολή επανάληψης σε μία άλλη.

5. Επίλογος

Η παρούσα εργασία έχει σκοπό α) να αναδείξει την ποικιλία των μετατροπών από μία εντολή επανάληψης σε μία άλλη, β) να παρουσιάσει γενικευμένους τρόπους μετατροπής από μία εντολή επανάληψης σε μία άλλη και γ) να συνεισφέρει στον εκπαιδευτικό διάλογο για τη διδακτική προσέγγιση του τρόπου μετατροπής από μία εντολή επανάληψης σε μία άλλη.

Αναδεικνύεται ότι δεν μπορεί να μετατραπεί κάθε εντολή επανάληψης σε οποιαδήποτε άλλη εντολή επανάληψης και επιπλέον παρατηρείται η ανάγκη διερεύνησης για να είναι εφικτή η γενικευμένη μετατροπή από μία εντολή επανάληψης σε μία άλλη, κάτι που συνεισφέρει στην ανάπτυξη αναλυτικής και συνθετικής σκέψης, καθώς και στην απόκτηση ικανοτήτων μεθοδολογικού χαρακτήρα, λαμβάνοντας όμως υπόψη κάθε φορά την παιδαγωγική αξία της αξιολόγησης σχετικών θεμάτων.

Βιβλιογραφία

International Olympiad in Informatics (2010). ioinformatics.org, Ανακτήθηκε στις 30 Δεκεμβρίου 2010, από http://ioinformatics.org

Βακάλη, Α., Γιαννόπουλος, Η., Ιωαννίδης, Χ., Κοίλιας, Χ., Μάλαμας, Κ., Μανωλόπουλος, Ι., & Πολίτης, Π. (2009). *Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον.* Αθήνα: ΠΙ.

Γεωργόπουλος, Ά., Τσέλιος, Ν., Κόμης, Β., & Πολίτης, Π. (2005). Ολοκληρωμένο προγραμματιστικό περιβάλλον διδακτικής υποστήριξης μαθημάτων Πληροφορικής Γυμνασίου-Λυκείου. *Πρακτικά 3ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «Διδακτική της Πληροφορικής»*, Κόρινθος, 121-128, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

Δουκάκης, Σ., & Ψαλτίδου, Α. (2011). Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον, Τόμος Α΄, Εκδόσεις Πατάκη.

Δρίμτζιας, Β. (2010). Μεθοδολογία Μετατροπής ενός Τμήματος Αλγορίθμου που χρησιμοποιεί την Εντολή Όσο…επανάλαβε σε Ισοδύναμη Μορφή χρησιμοποιώντας την Εντολή Για…από…μέχρι…με_βήμα… Στο Γρηγοριάδου, Μ. (Επιμ.), *Πρακτικά 5ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής της Πληροφορικής*, Αθήνα, 101-104.

Νικολαΐδης, Σ. (2010). www.spinet.gr, Τελευταία προσπέλαση στις 30 Δεκεμβρίου 2010, από http://www.spinet.gr

Στέργου, Σ. (2010). pseudoglossa.gr - Online διερμηνευτής για την Ψευδογλώσσα του μαθήματος Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον. Στο Δουκάκης Σ. (Επιμ.) *Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον, Παρελθόν, Παρόν και Μέλλον*, ΕΠΥ, Αθήνα, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, 101-108.

Τσιωτάκης, Π. & Δουκάκης, Σ. (2005). Πρόταση διδασκαλίας των δομών επανάληψης για το μάθημα ανάπτυξης εφαρμογών σε προγραμματιστικό περιβάλλον στο εργαστήριο. Στο Γιαλαμά, Α., Τζιμόπουλος, Ν. & Χλωρίδου, Α. (Επιμ.), Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου των εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ «*Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στη Διδακτική Πράξη*», Σύρος, 98-104, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

Τσιωτάκης, Π., Στέργου, Σ., Αδαμόπουλος, Ν., & Ψαλτίδου, Α. (2010). Το διδακτικό πακέτο του μαθήματος «Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον». Ασάφειες και επακόλουθα προβλήματα. Στο Δουκάκης Σ. (Επιμ.) *Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον, Παρελθόν, Παρόν και Μέλλον*, ΕΠΥ, Αθήνα, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, 145-175.