

Μεταβίβαση Παραμέτρων σε Υποπρογράμματα

Ευριπίδης Βραχνός
Εκπαιδευτικός ΔΕ / Υποψήφιος Διδάκτορας
evrachnos@gmail.com
<http://users.sch.gr/evripides/>

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή ασχολείται με το πρόβλημα της μεταβίβασης παραμέτρων σε υποπρογράμματα στα πλαίσια του μαθήματος της Ανάπτυξης Εφαρμογών της Γ τάξης του Γενικού Λυκείου. Αφού αναφέρουμε τις διάφορες τεχνικές μεταβίβασης παραμέτρων, παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα μιας έρευνας. Η έρευνα αυτή έγινε σε μαθητές της τεχνολογικής κατεύθυνσης της Γ Λυκείου. Οι μαθητές απάντησαν σε 2 προβλήματα μεταβίβασης παραμέτρων. Τα συμπεράσματα έχουν αρκετό ενδιαφέρον και δείχνουν ότι σε κάποιες περιπτώσεις οι μαθητές χρησιμοποιούν την κλήση με αναφορά χωρίς να την έχουν διδαχθεί. Δηλαδή είναι ένας κανόνας μεταβίβασης παραμέτρων που κατασκευάζουν στο μυαλό τους, όταν έρχονται αντιμέτωποι με προβλήματα στα οποία υπάρχει ασάφεια, σχετικά με την αντιστοιχία τυπικών και πραγματικών παραμέτρων ή με τη σειρά επιστροφής τους πίσω στο κύριο πρόγραμμα. Στο τέλος δίνουμε και τη δική μας πρόταση για τη μεταβίβαση παραμέτρων, αιτιολογώντας την με βάση τα συμπεράσματα που έχουν προκύψει από την έρευνα.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *Μεταβίβαση παραμέτρων, Κλήση υποπρογραμμάτων*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα από τα ισχυρά πλεονεκτήματα του δομημένου προγραμματισμού είναι η δημιουργία σύνθετων εφαρμογών δομημένων σε υποπρογράμματα. Ωστόσο το πλεονέκτημα αυτό μπορεί να αξιοποιηθεί πλήρως από τους μαθητές, μόνο αν αυτοί μάθουν να χρησιμοποιούν σωστά τις συναρτήσεις και τις διαδικασίες. Η διδασκαλία των υποπρογραμμάτων στο μάθημα της Ανάπτυξης Εφαρμογών της Γ τάξης του Γενικού Λυκείου, αποκτά ιδιαίτερο ενδιαφέρον, αφού οι μαθητές μπορούν να μάθουν πώς να υλοποιήσουν ένα σύνθετο πρόγραμμα με τη μορφή υποπρογραμμάτων, ή πώς να χρησιμοποιήσουν έτοιμα υποπρογράμματα. Όσον αφορά τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές με τα υποπρογράμματα και γενικότερα τη “δομημένη σκέψη”, αυτές έχουν διερευνηθεί πολύ λίγο, όπως αναφέρεται στο (Fleury 1991).

Το αντικείμενο της συγκεκριμένης εργασίας αφορά τη μεταβίβαση παραμέτρων σε υποπρογράμματα που μόλις πέρυσι προστέθηκε στην ύλη του μαθήματος. Οι περισσότερες γλώσσες προγραμματισμού χρησιμοποιούν δυο τεχνικές μεταβίβασης παραμέτρων που είναι γνωστές ως μεταβίβαση κατά τιμή ή κατά αξία (*call by value*) και μεταβίβαση κατά αναφορά (*call by reference*). Ωστόσο στο βιβλίο δε χρησιμοποιείται καμία από τις παραπάνω τεχνικές. Αντιθέτως υιοθετείται η τεχνική μεταβίβασης κατά τιμή-αποτέλεσμα (*call by value-result*). Η τεχνική αυτή δεν παρατηρείται σε πολλές γλώσσες προγραμματισμού, συγκεκριμένα τη συναντάμε μόνο σε κάποιες εκδόσεις της ALGOL και της FORTRAN. Ο τρόπος με τον οποίο είναι ορισμένη στο βιβλίο αφήνει περιθώρια για κάποιες ασάφειες, δηλαδή για περιπτώσεις μεταβίβασης παραμέτρων όπου οι τιμές που θα λάβουν οι πραγματικές παράμετροι μετά την κλήση του υποπρογράμματος, δεν είναι αυστηρώς καθορισμένες.

www.e-diktyo.eu

www.epyna.gr

Δώσαμε 2 τέτοια προβλήματα σε μαθητές της Γ' Λυκείου υπό μορφή ασκήσεων για να εξετάσουμε τις απαντήσεις που θα δώσουν, δεδομένου ότι τα ερωτήματα επιδέχονταν περισσότερες από μια σωστές απαντήσεις. Παρατηρήσαμε ότι οι περισσότεροι χρησιμοποίησαν την μεταβίβαση κατά αναφορά, χωρίς να την έχουν διδαχθεί ή ακούσει ποτέ για αυτήν. Στην εργασία αυτή μας ενδιαφέρουν οι κανόνες που επινόησαν οι μαθητές ώστε να απαντήσουν σε ένα ερώτημα, για το οποίο δεν είχαν επαρκή στοιχεία και το οποίο ήταν έτσι σχεδιασμένο ώστε να μην επιδέχεται μονοσήμαντη απάντηση. Δηλαδή αφήσαμε τους μαθητές να διερευνήσουν το πρόβλημα και να προτείνουν την πιο λογική λύση κατά την κρίση τους.

ΜΕΤΑΒΙΒΑΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΕ ΥΠΟΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ

Θα εξετάσουμε τρεις τεχνικές μεταβίβασης παραμέτρων. Και οι τρεις χαρακτηρίζονται από το γεγονός, ότι οι παράμετροι υπολογίζονται μόλις γίνει η κλήση του υποπρογράμματος και όχι κάθε φορά που αναφέρονται στο σώμα της διαδικασίας ή της συνάρτησης.

Κλήση κατά τιμή (call by value)

Η κλήση κατά τιμή είναι η πιο δημοφιλής τεχνική μεταβίβασης παραμέτρων και συναντάται σε γλώσσες όπως η C, η Pascal η Java και άλλες. Κατά την κλήση του υποπρογράμματος οι τιμές των πραγματικών παραμέτρων αντιγράφονται στις θέσεις μνήμης των τυπικών παραμέτρων. Έτσι οποιαδήποτε αλλαγή στις μεταβλητές μέσα στο σώμα του υποπρογράμματος δεν επηρεάζει καθόλου τις πραγματικές παραμέτρους, αφού οι τυχόν αλλαγές γίνονται στα αντίγραφα τους. Μετά την επιστροφή του υποπρογράμματος οι μεταβλητές που έπαιζαν το ρόλο των πραγματικών παραμέτρων έχουν τις ίδιες τιμές που είχαν και πριν την κλήση του υποπρογράμματος. Ουσιαστικά αυτή η τεχνική χρησιμοποιείται στις συναρτήσεις της Γλώσσας.

Κλήση κατά αναφορά (call by reference)

Στην κλήση κατά αναφορά δεν δημιουργείται αντίγραφο της πραγματικής παραμέτρου. Αυτό που μεταβιβάζεται είναι ουσιαστικά μια αναφορά στη μεταβλητή που παίζει το ρόλο της πραγματικής παραμέτρου. Δηλαδή η τυπική παράμετρος είναι ένα άλλο όνομα (alias) για την πραγματική παράμετρο, και όποια αλλαγή γίνεται στην τυπική παράμετρο γίνεται αυτόματα και στην πραγματική. Η κλήση κατά αναφορά χρησιμοποιείται σε γλώσσες όπως η Pascal και η C++. Στη C υπάρχει ένα είδος προσομοίωσης αυτού του τρόπου με τη χρήση δεικτών (pointers). Αυτός είναι και ο λόγος που δεν θεωρείται καλή επιλογή για κάποιον που ξεκινάει να μαθαίνει προγραμματισμό, διότι θα πρέπει να διδαχθεί επίσης δείκτες, αναφορές στη μνήμη κλπ.

Κλήση κατά τιμή-αποτέλεσμα (call by value-result)

Ο τρόπος μεταβίβασης παραμέτρων που έχουν επιλέξει οι συγγραφείς του σχολικού βιβλίου είναι γνωστός στην βιβλιογραφία ως call-by-value-result, call by copy-restore ή call by value-return (στη Fortran) και έχει γίνει γνωστός από κάποιες εκδόσεις της ALGOL (Algol, Forsythe) και της Fortran. Στην τεχνική αυτή το πέραςμα των παραμέτρων γίνεται όπως στην κλήση κατά τιμή, με μόνη διαφορά στο τέλος της διαδικασίας, οι τιμές των τυπικών παραμέτρων αντιγράφονται πίσω στις πραγματικές. Αυτή η αντιγραφή είναι που όπως θα δούμε στη συνέχεια μπορεί να δημιουργήσει μερικά προβλήματα, και ο λόγος είναι ότι η τεχνική αυτή ταιριάζει περισσότερο σε συναρτησιακές γλώσσες προγραμματισμού όπως η Scheme και η ML.

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η έρευνα διεξήχθη, κατά το σχολικό έτος 2006-2007, στους μαθητές της τεχνολογικής κατεύθυνσης της Γ τάξης του 1^{ου} Γενικού Λυκείου Πετρούπολης, που παρακολουθούσαν το μάθημα της ΑΕΠΠ. Το ερωτηματολόγιο δόθηκε στους μαθητές των τριών τμημάτων της τεχνολογικής κατεύθυνσης που είναι συνολικά 65 μαθητές. Η έρευνα έλαβε χώρα αφού οι μαθητές τέλειωσαν την ύλη του μαθήματος της ανάπτυξης εφαρμογών, δηλαδή μόλις είχαν διδαχθεί και το κεφάλαιο 10 που αναφέρεται στα υποπρογράμματα. Πιο συγκεκριμένα η παράγραφος 10.5.3 του σχολικού βιβλίου που μας ενδιαφέρει, και αναφέρεται στην μεταβίβαση παραμέτρων στις διαδικασίες, προστέθηκε μόλις πέρυσι στην ύλη του μαθήματος.

Το ερωτηματολόγιο αποτελείται από δυο δραστηριότητες – ασκήσεις από τις οποίες κάθε μια έχει δυο υποερωτήματα. Στους μαθητές δόθηκε χρόνος μιας διδακτικής ώρας, δηλαδή 45 λεπτά. Η δραστηριότητα έλαβε χώρα στην αίθουσα, οπότε οι μαθητές δεν μπορούσαν να δοκιμάσουν τα προγράμματα σε υπολογιστή. Έγινε στατιστική επεξεργασία των απαντήσεων των μαθητών και ακολούθησε συζήτηση σχετικά με το σκεπτικό που ακολούθησαν για κάποιες απαντήσεις.

Τα προβλήματα που δόθηκαν είχαν να κάνουν με το πέρασμα παραμέτρων στη Γλώσσα. Ο στόχος ήταν να εξετάσουμε τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές αντιλαμβάνονται το πέρασμα παραμέτρων στα υποπρογράμματα και να προσπαθήσουμε να δούμε αν η μέθοδος που προτείνει το βιβλίο, θα μπορούσε να αλλάξει, ή είναι η καλύτερη δυνατή επιλογή.

Χρησιμοποιήσαμε μια περίπτωση της μεταβίβασης παραμέτρων του σχολικού βιβλίου η οποία παράγει μια ασάφεια, αφού οι μαθητές δεν έχουν επαρκή στοιχεία για να αποφασίσουν πως θα γίνει η μεταβίβαση των παραμέτρων μετά το τέλος της διαδικασίας. Αυτό έκανε τους μαθητές να σκεφτούν και να επινοήσουν δικούς τους τρόπους μεταβίβασης παραμέτρων οι οποίοι είναι σωστοί υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις. Το τι επινόησαν οι μαθητές και πως το δικαιολόγησαν έχει αρκετό ενδιαφέρον όπως θα δούμε παρακάτω.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Η πρώτη δραστηριότητα είχε δυο ερωτήματα. Το πρώτο ήταν ερώτημα του 1^{ου} θέματος των πανελλήνιων εξετάσεων του 2006 και είναι μια απλή άσκηση κατανόησης της μεταβίβασης παραμέτρων σε διαδικασία.

Η μόνη δυσκολία έγκειται στο γεγονός ότι χρησιμοποιεί τα ίδια ονόματα παραμέτρων μέσα στην διαδικασία και μάλιστα σε άλλες θέσεις, ώστε να εξετάσει κατά πόσο οι μαθητές έχουν κατανοήσει τον συγκεκριμένο τρόπο μεταβίβασης παραμέτρων. Δώσαμε αυτό το ερώτημα για δυο λόγους. Πρώτον θεωρήσαμε ότι θα ήταν καλό να ξεκινήσουμε με ένα σχετικά εύκολο ερώτημα ώστε να μην απογοητευτούν οι μαθητές από την αρχή με κάτι δύσκολο. Από την άλλη με βάση αυτό το ερώτημα, θελήσαμε να δούμε ποιοι μαθητές έχουν κατανοήσει τον συγκεκριμένο μηχανισμό ώστε να δώσουμε μεγαλύτερη βαρύτητα στις απαντήσεις αυτών των μαθητών στα επόμενα ερωτήματα που είναι πιο κρίσιμης σημασίας. Δηλαδή οι στόχοι μας από αυτό το ερώτημα είναι :

1. Να εξετάσουμε αν οι μαθητές έχουν κατανοήσει τον μηχανισμό μεταβίβασης παραμέτρων.
2. Να εξετάσουμε τι αναπαραστάσεις έχουν οικοδομήσει οι μαθητές για την κλήση των διαδικασιών

Παρακάτω δίνεται το πρώτο πρόβλημα που θέσαμε στους μαθητές.
Δίνεται το παρακάτω πρόγραμμα και ένα υποπρόγραμμα:

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ Δραστηριότητα_1
ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ
ΑΚΕΡΑΙΕΣ: A, B, Γ, X
ΑΡΧΗ
ΔΙΑΒΑΣΕ A, B, Γ, X
ΚΑΛΕΣΕ Τεστ(A, B, Γ)
ΓΡΑΨΕ A, B, Γ, X
ΤΕΛΟΣ_ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ Τεστ(B, A, Γ)
ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ
ΑΚΕΡΑΙΕΣ: A, B, Γ
ΑΡΧΗ
A ← A + 2
B ← B - 3
Γ ← A + B
ΓΡΑΨΕ A, B, Γ
ΤΕΛΟΣ_ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ

- Τι θα εμφανιστεί κατά την εκτέλεση του προγράμματος, αν ως τιμές εισόδου δοθούν οι αριθμοί 6, 7, 10, 5;
- Τι πιστεύετε ότι θα συμβεί αν αντί για **ΚΑΛΕΣΕ** Διαδ1(A, B, Γ) δώσουμε την εντολή **ΚΑΛΕΣΕ** Τεστ(X, X, Γ);

Σχήμα 1. Το πρώτο πρόβλημα που δόθηκε στους μαθητές

Από τους 65 μαθητές απάντησαν σωστά οι 42 μαθητές, 15 έκαναν λάθος στη μεταβίβαση των παραμέτρων, δηλαδή δεν αντιστοίχησαν σωστά τις τυπικές με τις πραγματικές παραμέτρους και 8 έκαναν λάθη και στους υπολογισμούς των εντολών εκχώρησης. Έτσι βγάζουμε το συμπέρασμα ότι οι 42 από τους 65 μαθητές γνωρίζουν τα βασικά της κλήσης διαδικασιών και της μεταβίβασης παραμέτρων, όπως αυτά περιγράφονται στο βιβλίο. Ωστόσο υπάρχουν 8 μαθητές που εμφανίζουν αδυναμίες ακόμα και σε απλές έννοιες, όπως είναι η εντολή εκχώρησης και οι αριθμητικές πράξεις στη Γλώσσα.

Πραγματικές
Παράμετροι

A	6
B	7
Γ	10

(α)

Πραγματικές
Παράμετροι

A	6
B	7
Γ	10

(β)

Τυπικές
Παράμετροι

B	6
A	7
Γ	10

Πραγματικές
Παράμετροι

A	3
B	9
Γ	12

Τυπικές
Παράμετροι

B	3
A	9
Γ	12

(γ)

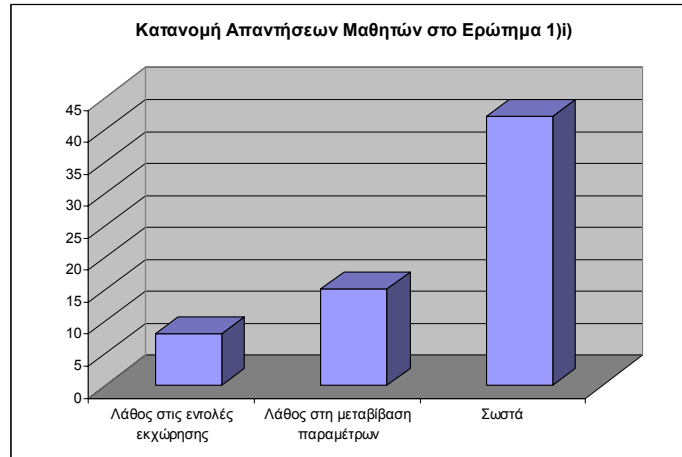
Πραγματικές
Παράμετροι

A	3
B	9
Γ	12

(δ)

Σχήμα 2. Πέρασμα παραμέτρων κατά την κλήση διαδικασιών. (α) Κατάσταση πριν την κλήση (β) Μεταβίβαση τιμών των μεταβλητών A, B, Γ στις B, A, Γ αντίστοιχα. (γ) Στη διαδικασία εκχωρούνται τιμές στις μεταβλητές B, A, Γ. (δ) Οι τιμές των τελευταίων επιστρέφονται στις A, B, Γ μετά το τέλος της διαδικασίας.

Τα αποτελέσματα φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα:



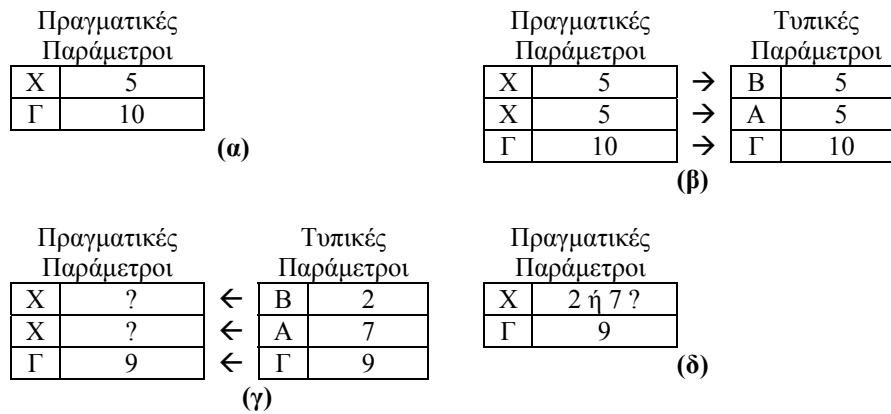
Σχήμα 3. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στο πρώτο ερώτημα

Αυτό που μας ενδιαφέρει στο 2ο ερώτημα είναι να εξετάσουμε πως φαντάζονται οι μαθητές το μηχανισμό αντιγραφής των τυπικών παραμέτρων πίσω στις πραγματικές, κατά την επιστροφή της διαδικασίας στο κύριο πρόγραμμα.

Ουσιαστικά εκμεταλλευτήκαμε μια περίπτωση της μεταβίβασης παραμέτρων που χρησιμοποιεί το βιβλίο όπου εμφανίζεται μια ασάφεια. Δηλαδή δεν είναι αυστηρά καθορισμένο το αποτέλεσμα. Αυτό συμβαίνει κατά την κλήση $Test(X, X, I)$ όπου η τιμή του X αντιγράφεται στις τυπικές παραμέτρους A και B . Το A έχει αρχικά την τιμή 5 οπότε μετά το τέλος της διαδικασίας $Test$ η τυπική παράμετρος A θα είναι $A = A + 2 = 5 + 2 = 7$ και η B θα είναι $B = B - 3 = 5 - 3 = 2$. Άρα οι A, B έχουν διαφορετικές τιμές. Κατά την επιστροφή του υποπρογράμματος στο κύριο πρόγραμμα οι τιμές των τυπικών παραμέτρων αντιγράφονται πίσω στις πραγματικές. Όμως οι τυπικές παράμετροι A, B θα αντιγραφούν και οι δυο στην πραγματική παράμετρο X . Ποια από τις δυο τιμές θα πάρει τελικά η X ; 2 ή 7; Με βάση αυτά που λέει το βιβλίο δεν μπορούμε να αποφανθούμε διότι δε γνωρίζουμε τη σειρά με την οποία αντιγράφονται οι τιμές των τυπικών παραμέτρων πίσω στις πραγματικές.

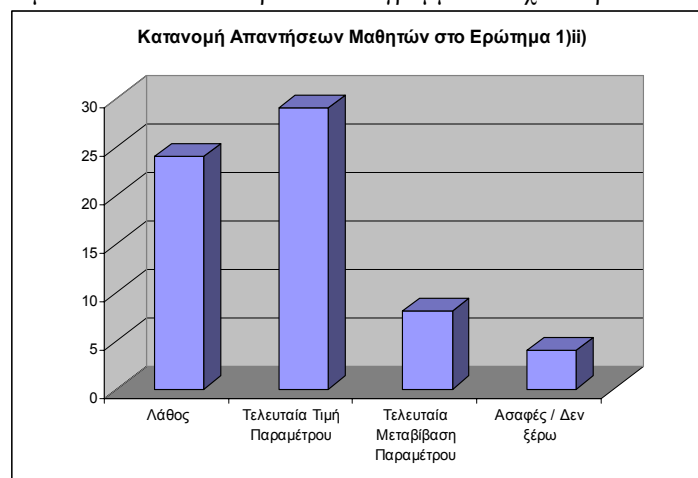
Ακριβώς επειδή υπάρχει αυτή η ασάφεια θεωρήσαμε ότι θα είχε ιδιαίτερο ενδιαφέρον να εξετάσουμε τις απόψεις των μαθητών πάνω στο θέμα, ώστε να δούμε πως θα αντιμετώπιζαν αυτό το πρόβλημα. Όπως θα δούμε παρακάτω υπήρχαν ουσιαστικά δυο διαφορετικές προσεγγίσεις. Κάθε μαθητής επινόησε έναν εμπειρικό κανόνα για τη μεταβίβαση των παραμέτρων, με βάση τα στοιχεία που είχε εκείνη τη στιγμή. Το σημαντικό εδώ είναι ότι, αν και οι μαθητές δεν είχαν αρκετά στοιχεία ώστε να απαντήσουν στο ερώτημα, οι περισσότεροι έδωσαν μια απάντηση η οποία ανεξάρτητα από το αν χαρακτηρίζεται σωστή ή λάθος, κρύβει από πίσω της κάποια λογική. Επίσης να σημειώσουμε ότι 4 μαθητές απάντησαν ότι η κλήση της διαδικασίας είναι ασαφής και το τεκμηρίωσαν πλήρως.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται οι τιμές των μεταβλητών κατά την κλήση της διαδικασίας, και το δίλημμα μπροστά στο οποίο ήρθαν οι μαθητές.



Σχήμα 4. Πέρασμα παραμέτρων κατά την κλήση διαδικασιών. (α) Κατάσταση πριν την κλήση (β) Μεταβίβαση τιμών των μεταβλητών X, X, Γ στις B, A, Γ αντίστοιχα. (γ) Στη διαδικασία εκχωρούνται τιμές στις μεταβλητές B, A, Γ. (δ) Οι τιμές των τελευταίων επιστρέφονται στις X, Γ μετά το τέλος της διαδικασίας.

Τα αποτελέσματα δίνονται στο παρακάτω διάγραμμα και έχουν αρκετό ενδιαφέρον.



Σχήμα 5. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στο 2^ο ερώτημα του 1^{ου} ζητήματος

Λάθος απάντηση έδωσαν 24 μαθητές. Από τους 24 οι 23 είναι οι ίδιοι που έκαναν λάθος και στο προηγούμενο ερώτημα που ήταν πιο απλό. Αυτό σημαίνει ότι το 2^ο ερώτημα αν και έκρυβε μια ασάφεια, απαντήθηκε από όλους σχεδόν τους μαθητές που απάντησαν και στο 1^ο. Ποιες ήταν όμως οι απαντήσεις που έδωσαν; Το πρόβλημα όπως εξηγήσαμε προηγουμένως είναι ποια τιμή θα πάρει το X, την τιμή του A ή του B; Όταν σχεδιάζαμε τη συγκεκριμένη διαδικασία επίτηδες γράψαμε τη λίστα παραμέτρων με διαφορετική σειρά από αυτήν με την οποία παίρνουν τιμές οι παράμετροι μέσα στη διαδικασία. Δηλαδή ενώ στη λίστα είναι πρώτα η B και μετά η A, μέσα στο σώμα της διαδικασίας η B είναι αυτή που παίρνει τελευταία τιμή.

Έτσι λοιπόν 29 από τους μαθητές απάντησαν ότι η X παίρνει την τιμή της τυπικής παραμέτρου B , δηλαδή θεώρησαν ότι δεν έχει σημασία η σειρά με την οποία δίνονται οι παράμετροι στη λίστα παραμέτρων (πράγμα απόλυτα λογικό αφού δεν αναφέρεται πουθενά κάτι τέτοιο), αλλά η σειρά υπολογισμού. Την αντίθετη άποψη στήριξαν 8 μαθητές. Ωστόσο το αξιοπερίεργο είναι ότι 4 μαθητές απάντησαν ότι υπάρχει ασάφεια και ότι δεν μπορούν να απαντήσουν στο ερώτημα εξηγώντας αναλυτικά τους λόγους. Αυτό λοιπόν που θα πρέπει να σημειώσουμε εδώ είναι ότι η συντριπτική πλειοψηφία αυτών που έδωσαν σωστές απαντήσεις χρησιμοποίησαν έναν τρόπο μεταβίβασης παραμέτρων που μοιάζει πολύ με την κλήση κατά αναφορά. Είναι αυτό που θεώρησαν πιο λογικό να συμβεί με βάση τα στοιχεία που είχαν. Δηλαδή φαίνεται σαν οι μαθητές να κατασκεύασαν τον εξής κανόνα: “*Η σειρά με την οποία αντιγράφονται οι τυπικές στις πραγματικές παραμέτρους εξαρτάται όχι από τη σειρά τους στη λίστα παραμέτρων αλλά από τη σειρά της τελευταίας εκχώρησης τιμής για κάθε μεταβλητή*”

Το 2^ο πρόβλημα που θέσαμε στους μαθητές φαίνεται παρακάτω:

Τι θα εμφανίσει το παρακάτω πρόγραμμα αν δοθούν οι πίνακες;

i	1	2	3	4	5	6
A[i]	1	0	1	1	2	3
B[i]	0	1	1	2	3	5

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ Θέμα_2

ΣΤΑΘΕΡΕΣ N = 6

ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ

ΑΚΕΡΑΙΕΣ: A[N], B[N], Σ[N]

ΑΡΧΗ

ΚΑΛΕΣΕ Εισαγωγή_Πίνακα(A)

ΚΑΛΕΣΕ Εισαγωγή_Πίνακα(B)

ΚΑΛΕΣΕ Πρόσθεση(Σ, A, B)

ΚΑΛΕΣΕ Εκτύπωση(Σ)

ΤΕΛΟΣ_ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ Πρόσθεση(Z, X, Y)

ΣΤΑΘΕΡΕΣ N = 6

ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ

ΑΚΕΡΑΙΕΣ: X[N], Y[N], Z[N]

ΑΡΧΗ

ΓΙΑ i **ΑΠΟ** 1 **ΜΕΧΡΙ** N

$Z[i] \leftarrow X[i] + Y[i]$

ΤΕΛΟΣ_ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ

ΤΕΛΟΣ_ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ

Δίνεται ότι η διαδικασία Εισαγωγή_Πίνακα(A) διαβάζει τον πίνακα A, N θέσεων και η διαδικασία Εκτύπωση(A) εκτυπώνει τον πίνακα A, N θέσεων.

Ποιο θα ήταν το αποτέλεσμα αν αντικαθιστούσαμε την εντολή *ΚΑΛΕΣΕ Πρόσθεση(A,B,G)* με την *ΚΑΛΕΣΕ Πρόσθεση(A,A,A)*; Ποιες θα ήταν οι τιμές του πίνακα A στο τέλος του προγράμματος;

Σχήμα 6. Το δεύτερο πρόβλημα που δόθηκε στους μαθητές όπου έχουμε πίνακες σαν παραμέτρους

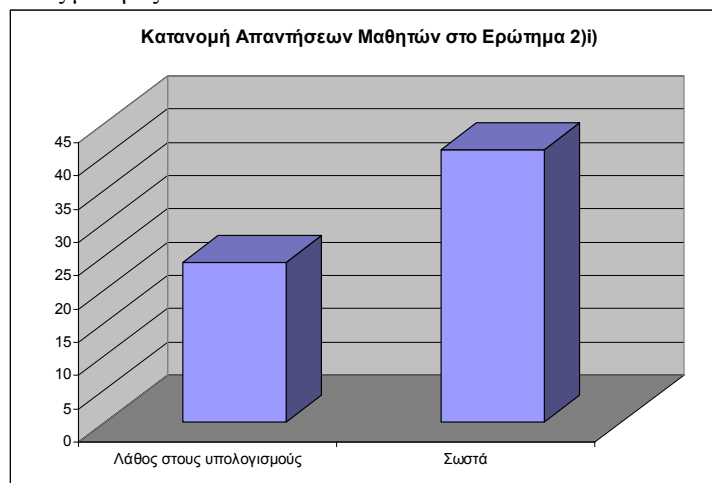
Στο 1^ο ερώτημα του παραπάνω προβλήματος το πρόγραμμα διαβάζει δυο πίνακες A, B, τους προσθέτει σε έναν τρίτο Σ και στη συνέχεια εμφανίζει τον Σ. Η διαδικασία της πρόσθεσης έχει την εξής ιδιομορφία. Το όρισμα Σ που παίζει το ρόλο του αθροίσματος, είναι η πρώτη παράμετρος και όχι τελευταία. Αυτό είναι το μόνο πρόβλημα που έχουν να αντιμετωπίσουν οι μαθητές. Έτσι στο επόμενο ερώτημα όπου το 1^ο όρισμα παίζει το ρόλο

του τελικού αθροίσματος, δεν θα τους ξενίσει γιατί θα το έχουν ήδη αντιμετωπίσει από το 1^ο ερώτημα. Δηλαδή οι στόχοι μας από αυτό το ερώτημα είναι :

1. Να εξετάσουμε τις απόψεις των μαθητών για τη μεταβίβαση πίνακα ως παραμέτρου σε διαδικασία.
2. Θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν σαν “μαύρα κουτιά” τις διαδικασίες που δίνονται;

Επειδή στο παραπάνω πρόβλημα οι τυπικές και οι πραγματικές παράμετροι έχουν διαφορετικά ονόματα, δεν υπήρξε σύγχυση μεταξύ των μαθητών για την αντιστοίχιση μεταξύ τους. Όλοι αντιστοίχισαν την A με τη X , τη B με τη Y και τη Σ με την Z , σωστά. Όλα τα λάθη που έγιναν, είχαν σχέση με πράξεις μεταξύ των στοιχείων των πινάκων και με τον υπολογισμό του σωστού στοιχείου κάθε φορά, με βάση την τιμή του δείκτη του.

Έτσι λοιπόν 24 από τους μαθητές είχαν λάθη στους υπολογισμούς, πράγμα που δείχνει ότι δεν έχουν κατανοήσει σωστά τους πίνακες, ενώ οι υπόλοιποι 41 είχαν σωστά αποτελέσματα. Να σημειωθεί εδώ ότι από τους 24 που είχαν λάθος στους υπολογισμούς οι 14 είχαν σωστή άποψη για τη μεταβίβαση παραμέτρων. Για την αντιστοίχιση δηλαδή τυπικών και πραγματικών παραμέτρων και για το γεγονός ότι μέσα στη διαδικασία δημιουργείται αντίγραφο για κάθε πίνακα. Το συμπέρασμα αυτό βγήκε μετά από συζήτηση που κάναμε με τους μαθητές.



Σχήμα 7. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στο 1^ο ερώτημα του 2^{ου} ζητήματος

Στο 2^ο ερώτημα όπου έχουμε την ασαφή κλήση *ΚΑΛΕΣΕ Πρόσθεση(A,A,A)* για τους λόγους που εξηγήσαμε στο προηγούμενο ερώτημα οι απαντήσεις των μαθητών είχαν πάλι ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Εδώ ο στόχος μας ήταν να εξετάσουμε αν οι μαθητές θα αντιμετώπιζαν τα X , Y , Z σαν ξεχωριστές μεταβλητές ή σαν την ίδια, την A δηλαδή. Αυτό ωστόσο δε συνέβη, μια και οι μαθητές που απάντησαν σωστά στο ερώτημα αντιμετώπισαν τις X , Y , Z σαν ξεχωριστές μεταβλητές. Αυτό που θέλαμε να δούμε όμως, και για αυτό θέσαμε τη Z ως πρώτη παράμετρο, ήταν ποιες τιμές θα επιστραφούν στα στοιχεία του πίνακα A . Θα είναι οι τιμές των στοιχείων του Z που είναι ο μόνος πίνακας που υπολογίζεται μέσα στη διαδικασία ή θα είναι οι τιμές των στοιχείων του Y που είναι ο τελευταίος πίνακας στη λίστα παραμέτρων; Πως θα σκεφτούν οι μαθητές εδώ; Πως θα αντιμετωπίσουν την ασάφεια; Θα κατασκευάσουν τον ίδιο κανόνα με προηγούμενως;

www.e-diktyo.eu

www.epyna.gr

Οι μεταβολές των τιμών φαίνονται σχηματικά παρακάτω

A	Z	Y	Z	X	Y	A	A
1	1	1	2	1	1	2	1
0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	2	1	1	2	1
1	1	1	2	1	1	2	1
2	2	2	4	2	2	4	2
3	3	3	6	3	3	6	3

(α)

(β)

(γ)

(δ)

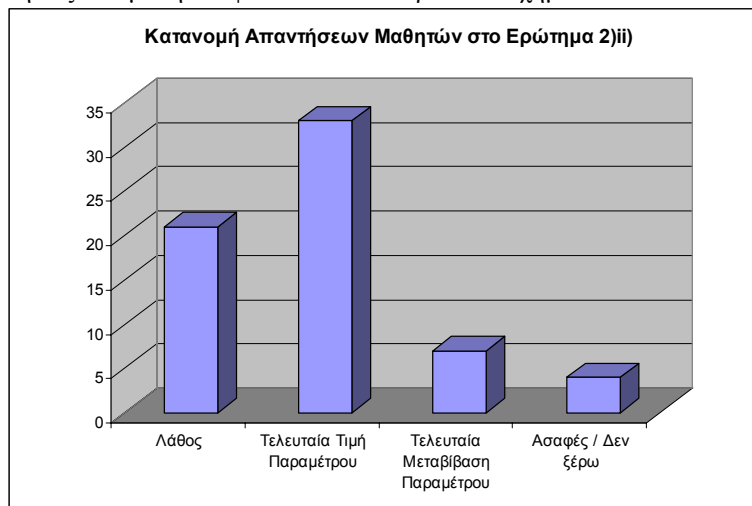
Σχήμα 8. Πέρασμα παραμέτρων-πινάκων κατά την κλήση διαδικασιών.

(α) Κατάσταση πριν την κλήση (β) Μεταβίβαση τιμών του πίνακα A στις X, Y, Z.

(γ) Οι τιμές των στοιχείων των πινάκων κατά την επιστροφή της διαδικασίας.

(δ) Η τιμές των στοιχείων του πίνακα A μετά το τέλος της διαδικασίας.

Οι απαντήσεις των μαθητών φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 9. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στο δεύτερο ερώτημα με τους πίνακες

Και εδώ παρατηρούμε ότι μεγάλο κομμάτι των μαθητών επέλεξε την κλήση κατά αναφορά. Απλά, αυτή τη φορά οι μαθητές ήταν λίγο περισσότεροι. Πιο συγκεκριμένα 21 μαθητές απάντησαν λάθος. Τα λάθη που έκαναν, οφείλονταν κυρίως σε παρανοήσεις που είχαν για τη λειτουργία των πινάκων, παρά για τα υποπρογράμματα. Εδώ πρέπει να σημειώσουμε ότι και οι 21 είχαν κάνει λάθος και στο 1^ο ερώτημα του 2^{ου} ζητήματος. Από εκεί και πέρα, 33 μαθητές έδωσαν στην A την τιμή της τυπικής παραμέτρου Z, δηλαδή όπως και στο προηγούμενο ζήτημα επέλεξαν την μεταβλητή που τροποποιείται τελευταία μέσα στο σώμα της διαδικασίας. Σε αυτό φυσικά συνετέλεσε και ο σχεδιασμός της άσκησης, αφού η μόνη μεταβλητή που τροποποιήσαμε μέσα στη διαδικασία ήταν η Z, οπότε οι μαθητές θεώρησαν φυσιολογικό να είναι αυτή η τιμή που επιστρέφεται στη μεταβλητή A. Για άλλη μια φορά η τεχνική μεταβίβασης παραμέτρων που “επινόησαν” οι μαθητές για να αντιμετωπίσουν την ασάφεια, ήταν η κλήση κατά αναφορά, αν και δεν την έχουν διδαχθεί. Ωστόσο όταν ρωτήθηκαν αν βρήκαν κάποια ασάφεια ή κάτι τους

δυσκόλευε, οι απαντήσεις ήταν αρνητικές. Μάλιστα το θεώρησαν απόλυτα φυσιολογικό να είναι η Z η μεταβλητή που θα επιστρέφει τιμή στην A . Εδώ είναι φανερό ότι οι μαθητές θεώρησαν αυτονόητο ότι οι X , Y είναι παράμετροι εισόδου και ότι μόνο η Z είναι παράμετρος εξόδου, επειδή μόνο η Z τροποποιείται μέσα στη διαδικασία.

Από αυτή την παρατήρηση φαίνεται ότι ίσως είναι καλό να υπάρχει κάποια δεσμευμένη λέξη που θα διακρίνει ποιες παράμετροι είναι εισόδου και ποιες εξόδου όπως συμβαίνει για παράδειγμα στην *Pascal* με το *var* ή στην *Ada* με τα *in* και *out*.

Από τους υπόλοιπους μαθητές 7 στήριξαν την άποψη ότι η μεταβλητή A θα πάρει την τιμή της τυπικής παραμέτρου Y , αφού η Y είναι η τελευταία παράμετρος που αντιγράφεται πίσω στην A . Δηλαδή οι μαθητές αυτοί επινόησαν έναν άλλο κανόνα που λέει ότι “*Η αντιγραφή των τυπικών στις πραγματικές παραμέτρους γίνεται με τη σειρά που αυτές δίνονται στην λίστα των τυπικών παραμέτρων της διαδικασίας*”, δηλαδή από αριστερά προς τα δεξιά.

Την απάντηση ότι η άσκηση που δόθηκε ήταν ασαφής έδωσαν πάλι 4 από τους 65 μαθητές, που ήταν οι ίδιοι που είχαν δώσει την ίδια απάντηση και στο προηγούμενο πρόβλημα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής προκύπτει ότι ο τρόπος μεταβίβασης παραμέτρων που υιοθετεί το σχολικό βιβλίο, μπορεί σε κάποιες περιπτώσεις να προκαλέσει σημαντικές δυσκολίες στους μαθητές, στο πλαίσιο της διδασκαλίας των υποπρογραμμάτων. Ένας λόγος που συμβαίνει αυτό, είναι ότι σε κάποιες περιπτώσεις είναι δύσκολο για τους μαθητές να ξεχωρίσουν τις παραμέτρους εισόδου από τις παραμέτρους εξόδου. Μια λύση αυτού του προβλήματος θα μπορούσε να είναι η υιοθέτηση ειδικής σημασιολογίας για αυτού του είδους τις παραμέτρους, με δεσμευμένες λέξεις όπως είναι οι *in* και *out* στην *Ada*.

Στην εργασία αυτή εκμεταλλευτήκαμε μια περίπτωση ασάφειας του τρόπου μεταβίβασης παραμέτρων του βιβλίου, ώστε να δούμε πως θα αντιδρούσαν οι μαθητές στο πρόβλημα αυτό. Οι περισσότεροι “επινόησαν” μια μεταβίβαση παραμέτρων που μοιάζει πολύ με την κλήση με αναφορά, την οποία δεν έχουν διδαχθεί. Δηλαδή υπέθεσαν, ότι η σειρά με την οποία αντιγράφονται οι τυπικές στις πραγματικές παραμέτρους, εξαρτάται όχι από τη σειρά τους στη λίστα παραμέτρων, αλλά από τη σειρά της τελευταίας εκχώρησης τιμής για κάθε μεταβλητή. Αυτό είναι πολύ σημαντικό γιατί στο πρόβλημα που τους θέσαμε είχε σημασία η σειρά με την οποία αντιγράφονται οι τυπικές στις πραγματικές παραμέτρους. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι οι μαθητές “επέλεξαν” κατά κάποιο τρόπο την κλήση με αναφορά ως τον πιο φυσιολογικό τρόπο μεταβίβασης παραμέτρων εξόδου.

Τα παραπάνω οδηγούν στο συμπέρασμα ότι χρειάζεται να γίνει μια αναθεώρηση του τρόπου μεταβίβασης παραμέτρων του σχολικού βιβλίου, και να προστεθεί ένα νέο είδος παραμέτρων, οι παράμετροι εξόδου οι οποίοι θα μεταβιβάζονται κατά αναφορά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Βακάλη Α., Γιαννόπουλος Η., Ιωαννίδης Χ., Κοΐλιας Χ., Μάλαμας Κ., Μανωλόπουλος Ι. & Πολίτης Π. (1999), *Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον*, Αθήνα: ΥΠΕΠΘ-Παιδαγωγικό Ινστιτούτο
2. Ann E. Fleury (1991), Parameter passing: the rules the students construct. SIGCSE: 283-286
3. Ellis Horowitz (1984) *Fundamentals of programming languages* (2nd ed.), Computer Science Press, Inc., New York, NY.