

Μελέτη των Αναπαραστάσεων Τελειόφοιτων Μαθητών Ενιαίου Λυκείου για την Έννοια της Μεταβλητής

Αθανάσιος Τζιμογιάννης¹, Παναγιώτης Πολίτης², Βασίλης Κόμης³

¹ Τμήμα Κοινωνικής και Εκπαιδευτικής Πολιτικής, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

² ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

³ ΤΕΕΑΠΗ, Πανεπιστήμιο Πατρών

ajimoyia@uop.gr, ppol@uth.gr, komis@upatras.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή μελετώνται οι αναπαραστάσεις μαθητών της Γ' τάξης Ενιαίου Λυκείου Τεχνολογικής Κατεύθυνσης σχετικά με την έννοια της μεταβλητής, καθώς και οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν στο χειρισμό μεταβλητών, κατά την προγραμματιστική επίλυση προβλημάτων. Το δείγμα αποτελείται από 288 μαθητές που επιλέχθηκαν τυχαία από οκτώ λύκεια τριών πόλεων της χώρας. Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι οι μαθητές του δείγματος έχουν, στην πλειονότητά τους, τη μαθηματική αναπαράσταση για την έννοια της μεταβλητής και την αναπαράσταση της ισότητας ή της μαθηματικής πράξης για την εντολή εκχώρησης. Επιπρόσθετα, αντιμετωπίζουν σημαντικές δυσκολίες στη διαχείριση των δεδομένων που εμπλέκονται στα προγράμματα-έργα της έρευνας.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Διδακτική προγραμματισμού, Έννοια της μεταβλητής, Νοητικές αναπαραστάσεις

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διδασκαλία του προγραμματισμού σε μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης συνιστά ένα εξαιρετικά ενδιαφέρον έργο που έχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και διαφορές σε σχέση με τα άλλα γνωστικά αντικείμενα του Προγράμματος Σπουδών. Οι μαθητές, αλλά και οι μεταλυκειακοί σπουδαστές, που έρχονται για πρώτη φορά σε επαφή με τη χρήση προγραμματιστικών εργαλείων για την επίλυση προβλημάτων, αντιμετωπίζουν πολλές δυσκολίες (Soloway & Spohrer 1989, Palumbo & Reed 1991). Παρότι οι προϋπάρχουσες γνώσεις και εμπειρίες από συναφείς γνωστικές περιοχές, όπως είναι τα μαθηματικά και η φυσική, παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη αλγοριθμικής σκέψης, σε πολλές περιπτώσεις αυτό δεν είναι αρκετό. Στον προγραμματισμό, είναι απαραίτητο να σκεφτόμαστε σχετικά με αλγορίθμους και δεδομένα με τρόπους πολύ διαφορετικούς από αυτούς που σκεφτόμαστε σε άλλες γνωστικές δραστηριότητες και, πολύ περισσότερο, στην καθημερινή μας ζωή. Έτσι, οι μαθητές συναντούν πολλές δυσκολίες να εκφράσουν λύσεις που δεν προκύπτουν

Πρακτικά Εργασιών 3^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική της Πληροφορικής»

Α. Τζιμογιάννης (επιμ.)

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

Κόρινθος, 7-9 Οκτωβρίου 2005

αυθόρμητα, δηλαδή ως φυσική συνέπεια της μεταφοράς γνώσεων από άλλες γνωστικές περιοχές σε περιβάλλοντα προγραμματισμού.

Η διδασκαλία του προγραμματισμού στα σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης της χώρας μας, στα πλαίσια του προγράμματος γενικής παιδείας, έχει μικρή σχετικά προϊστορία. Σύμφωνα με το Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών Πληροφορικής (ΥΠΕΠΘ 1998), ο προγραμματισμός στο Γυμνάσιο αλλά, κυρίως, στο Ενιαίο Λύκειο - στα πλαίσια του μαθήματος της Α' τάξης 'Εφαρμογές Πληροφορικής' - αντιμετωπίζεται ως γνωστική δραστηριότητα που έχει ως στόχο την ανάπτυξη δεξιοτήτων υψηλού επιπέδου. Παράλληλα, το μάθημα 'Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον' (ΑΕΠΠ) που διδάσκεται στη Γ' Λυκείου Τεχνολογικής Κατεύθυνσης αποτελεί μια εισαγωγή στην αλγοριθμική θεωρία και στον προγραμματισμό, με κύριο στόχο την καλλιέργεια δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων (ανάλυση προβλήματος, σχεδίαση αλγορίθμων, δομημένη σκέψη, σαφήνεια έκφρασης).

Στη χώρα μας, τα τελευταία χρόνια εμφανίζεται σημαντικό διδακτικό και ερευνητικό ενδιαφέρον για τον προγραμματισμό και τη διδασκαλία του σε μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (Γρηγοριάδου κ.α. 2004, Κόμης 2001, Σατρατζέμη, Δαγδύλης & Ευαγγελίδης 2002, Τζιμογιάννης & Κόμης 2000). Η εργασία αυτή αφορά στη μελέτη των αναπαραστάσεων μαθητών της Γ' Λυκείου για την έννοια της μεταβλητής και των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν στο χειρισμό μεταβλητών σε απλά προγράμματα. Αποτελεί τμήμα μιας ευρύτερης ερευνητικής προσπάθειας με στόχο το σχεδιασμό κατάλληλων διδακτικών παρεμβάσεων για τη διδασκαλία του προγραμματισμού στο Λύκειο.

Η επιλογή του αντικείμενου μελέτης έγινε επειδή η μεταβλητή αποτελεί πρωταρχική και θεμελιώδη έννοια σε όλα τα περιβάλλοντα εκμάθησης του προγραμματισμού. Οι αναπαραστάσεις των μαθητών σχετικά με την έννοια της μεταβλητής επηρεάζουν καθοριστικά τη λειτουργική εφαρμογή πιο σύνθετων υπολογιστικών δομών και εννοιολογικών εργαλείων (δομή ελέγχου, δομές επανάληψης, πίνακες, διαδικασίες, συναρτήσεις κ.λ.π.) για την επίλυση προβλημάτων.

Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ ΚΑΙ Η ΕΝΤΟΛΗ ΕΚΧΩΡΗΣΗΣ

Παρότι οι μαθητές αντιμετωπίζουν την έννοια της μεταβλητής από τα πρώτα εισαγωγικά μαθήματα του προγραμματισμού, η οικοδόμησή της φαίνεται να παρουσιάζει ιδιαίτερες δυσκολίες: το ζήτημα της αποθήκευσης και της διαχείρισης δεδομένων με τη μορφή μεταβλητών, οι οποίες γίνονται αντιληπτές με τη χρήση συμβόλων, συνιστά ένα δύσκολο πρόβλημα κατά τη διδασκαλία του προγραμματισμού (Dufoyer 1988). Η έννοια της μεταβλητής στην πληροφορική συνήθως οικοδομείται πάνω στην προϋπάρχουσα γνώση της από τα μαθηματικά. Όμως, η μεταβλητή στα μαθηματικά είναι *στατική*, αφού αναπαριστά μια λειτουργική σχέση. Αυτό αποτελεί συνήθως διδακτικό εμπόδιο στην οικοδόμηση της *δυναμικής τροποποίησης* της τιμής της μεταβλητής κατά την εκτέλεση ενός προγράμματος (Rogalski & Vergnaud 1987). Οι μαθητές διατηρούν συνήθως τη μαθηματική αναπαράσταση για την έννοια της μεταβλητής, ακόμη και μετά από πολλά μαθήματα στον προγραμματισμό. Παράλληλα,

οι οικείες από τα μαθηματικά διαδικασίες επίλυσης (αυτές που συνήθως γίνονται με το χέρι) άλλοτε παίζουν θετικό ρόλο, ενισχύοντας την οικοδόμηση της έννοιας της μεταβλητής, και άλλοτε συνιστούν ένα ισχυρό γνωστικό εμπόδιο που πρέπει να υπερπηδηθεί (Τζιμογιάννης & Κόμης 2000, Κόμης 2005).

Στα εισαγωγικά μαθήματα του προγραμματισμού η μεταβλητή ορίζεται ως μια περιοχή μνήμης, με σταθερή και προκαθορισμένη χωρητικότητα, η οποία περιέχει μία τιμή ενός προκαθορισμένου τύπου δεδομένων (Τζιμογιάννης & Γιούνης 2003). Η αναφορά σε μια μεταβλητή γίνεται μέσω του ονόματός της, ενώ η εισαγωγή ή η τροποποίηση τιμής γίνεται με εντολή τύπου READ (ΔΙΑΒΑΣΕ) και την εντολή εκχώρησης (\leftarrow). Η εικόνα αυτή δεν επαρκεί για να κατανοήσουν οι μαθητές το λειτουργικό νόημα της μεταβλητής στον προγραμματισμό. Η κοινή αντίληψη των μαθητών για τη μεταβλητή περιορίζεται στη μαθηματική αναπαράσταση. Έτσι, πολλοί μαθητές δεν έχουν κατανοήσει ότι η εντολή εκχώρησης καταχωρεί δεδομένα πάνω στην προϋπάρχουσα τιμή της μεταβλητής, η οποία (προϋπάρχουσα τιμή) χάνεται. Έτσι θεωρούν ότι μια μεταβλητή διατηρεί περισσότερες από μία τιμές ή ότι η έχει τη δυνατότητα να 'θυμάται' την ιστορία των εκχωρήσεων που έχουν προηγηθεί. Έχουν δηλαδή μια εικόνα τύπου λίστας ή σωρού, απ' όπου πιστεύουν ότι μπορούν να ανακτήσουν τις τιμές αυτές (Τζιμογιάννης 2000).

Η εντολή εκχώρησης ενέχει μια μαθηματική υπόσταση, η οποία προέρχεται από τα ονόματα των εμπλεκόμενων μεταβλητών και το σύμβολο εκχώρησης ($=$, $:=$, ή \leftarrow), το οποίο συχνά συγχέεται με το σύμβολο της ισότητας στα μαθηματικά. Όμως, υπάρχει μια ασυμμετρία στην εφαρμογή του συμβόλου στον προγραμματισμό, η οποία δημιουργεί στους μαθητές απορίες, συγχύσεις και παρανοήσεις (Τζιμογιάννης 2000). Για παράδειγμα, στην εντολή $x \leftarrow x + 5$, το x στις δύο πλευρές της εντολής εκχώρησης δεν αφορά στην ίδια οντότητα. Στο αριστερό μέρος σχετίζεται με την περιοχή μνήμης (δηλαδή τη μεταβλητή αυτή καθαυτή) ενώ στο δεξιό μέρος αντιπροσωπεύει την τρέχουσα τιμή της μεταβλητής (Τζιμογιάννης & Γιούνης 2003).

Στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρονται οι διάφορες δυσκολίες που συναντούν σπουδαστές και φοιτητές στο χειρισμό μεταβλητών για την επίλυση προβλημάτων (Samurçay 1989, Soloway & Spohrer 1989, Green 1990). Σε παλαιότερη έρευνα σε μαθητές λυκείου βρέθηκε ότι, στην πλειονότητά τους, ακολουθούν τη μαθηματική αναπαράσταση για την έννοια της μεταβλητής και την αναπαράσταση της ισότητας για την εντολή εκχώρησης (Τζιμογιάννης & Κόμης 2000). Επίσης, οι διαδοχικές εκχωρήσεις αντιμετωπίζονται ως μαθηματικές σχέσεις, ενώ δεν έχει εμπεδωθεί η διαδοχική φύση της εκτέλεσης των εντολών εκχώρησης σε ένα πρόγραμμα.

Τέλος, η φύση των 'πληροφορικών αντικειμένων' που εμπλέκονται στο πρόβλημα εισάγουν πρόσθετες δυσκολίες: για παράδειγμα, οι μεταβλητές που αφορούν σε σχέσεις μεταξύ αριθμητικών δεδομένων χειρίζονται από τους μαθητές σχετικά εύκολα, καθώς οδηγούνται σε οικεία γνωστικά σχήματα. Από την άλλη μεριά, η χρήση αλφαριθμητικών και λογικών μεταβλητών ή ακόμη πιο σύνθετων δομών (π.χ. πίνακες) απαιτεί την οικοδόμηση νέων αναπαραστάσεων, για τις οποίες οι μαθητές συναντούν σοβαρές δυσκολίες (Τζιμογιάννης & Γεωργίου 1998).

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**Το δείγμα**

Η έρευνα διεξήχθη, κατά το σχολικό έτος 2004-2005, σε οκτώ Ενιαία Λύκεια αστικών περιοχών από τρεις πόλεις της χώρας: 3 της Ρόδου, 2 των Ιωαννίνων και 3 του Βόλου. Το δείγμα περιελάμβανε 288 μαθητές (58% αγόρια και 42% κορίτσια) της Γ' Τάξης Τεχνολογικής Κατεύθυνσης που παρακολουθούσαν το μάθημα ΑΕΠΠ. Η επιλογή των σχολείων και των μαθητών έγινε τυχαία. Η πλειονότητα των μαθητών του δείγματος δήλωσε ότι διαθέτουν δικό τους υπολογιστή (76,74%) ή έχουν πρόσβαση σε υπολογιστή φίλων (15,63%) και μόνο το 7,64% δεν έχει πρόσβαση σε υπολογιστή εκτός του σχολείου. Στη συντριπτική τους πλειονότητα (93,74%) ασχολούνται με παιχνίδια ή/και το Διαδίκτυο και μόλις το 3,47% ασχολείται με τον προγραμματισμό.

Δεν υπήρξε καμία διδακτική παρέμβαση πριν τη διεξαγωγή της έρευνας. Η διδασκαλία του μαθήματος στα σχολεία έγινε σύμφωνα με το Πρόγραμμα Σπουδών και με τη χρήση του εγκεκριμένου διδακτικού πακέτου (Βακάλη κ.α. 1998), στο οποίο παρουσιάζεται το εικονικό προγραμματιστικό περιβάλλον ΓΛΩΣΣΑ.

Σύμφωνα με το Πρόγραμμα Σπουδών προβλέπεται η διδασκαλία εισαγωγικών εννοιών και δομών του προγραμματισμού στην Γ' τάξη του Γυμνασίου και στην Α' του Λυκείου. Στον Πίνακα 1 δίνεται η προηγούμενη εμπειρία στον προγραμματισμό που απέκτησαν οι μαθητές του δείγματος κατά τη διάρκεια των σπουδών τους στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο. Είναι χαρακτηριστικό ότι, το 42,71% των μαθητών γυμνασίου και περισσότεροι από 2 στους 3 μαθητές Λυκείου δεν είχαν διδαχθεί προγραμματισμό προηγουμένως.

Πίνακας 1: Προηγούμενη εμπειρία στον προγραμματισμό

a/a	Περιβάλλον διδασκαλίας	Γυμνάσιο Ποσοστό % (N=288)	Α' Λυκείου Ποσοστό % (N=288)
1	ΓΛΩΣΣΑ	6,94	4,51
2	Pascal	29,51	13,54
3	Basic	10,07	5,21
4	Άλλη	9,03	3,47
5	Δεν διδάχθηκαν	42,71	69,79
6	Δεν απάντησαν	1,74	3,47
	Σύνολο	100,00	100,00

Οι απαντήσεις των μαθητών σε ότι αφορά στη χρήση του εργαστηρίου υπολογιστών για εξάσκηση, στα πλαίσια του μαθήματος ΑΕΠΠ, δίνονται στον Πίνακα 2. Παρότι σύμφωνα με το Πρόγραμμα Σπουδών το μάθημα περιλαμβάνει και εργαστηριακό μέρος (ΥΠΕΠΘ 1998, Πολίτης & Κόμης 1999), φαίνεται ότι στα περισσότερα σχολεία διδάχθηκε θεωρητικά, ενώ το εργαστήριο υπολογιστών σε πολύ λίγες περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκε για εξάσκηση των μαθητών.

Πίνακας 2: Χρήση εργαστηρίου Η/Υ για εξάσκηση στο μάθημα ΑΕΠΠ

α/α	Απαντήσεις μαθητών	Ποσοστό % (N=288)
1	1 ώρα την εβδομάδα	8,24
2	1 ώρα ανά 15νθήμερο	2,20
3	1 ώρα το μήνα	2,20
4	Σπανιότερα	26,92
5	Καθόλου	60,44
Σύνολο		100,00

Το ερωτηματολόγιο

Για την καταγραφή των αντιλήψεων και των αναπαραστάσεων των μαθητών χρησιμοποιήθηκε ανώνυμο γραπτό ερωτηματολόγιο. Στους μαθητές δόθηκαν τέσσερα έργα σε μορφή αλγορίθμων κωδικοποιημένων σε ΓΛΩΣΣΑ. Με τα έργα αυτά επιχειρήθηκε να διερευνηθεί κατά πόσο αυτοί μπορούν να χειριστούν αποτελεσματικά τις μεταβλητές ενός προγράμματος, κατά πόσο κατανοούν την έννοια της εντολής εκχώρησης και ποιες είναι οι αντιλήψεις ή παρανοήσεις τους.

Από τους μαθητές ζητήθηκε να δώσουν τις απαντήσεις τους μαζί με τη σχετική αιτιολόγηση. Η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου έγινε, παρουσία των ερευνητών, σε χρονική απόσταση περίπου 4-5 μηνών από τη διδασκαλία των εισαγωγικών μαθημάτων, σύμφωνα με το Πρόγραμμα Σπουδών. Ο ρόλος των ερευνητών περιορίστηκε στην παροχή διευκρινίσεων σχετικά με τα ερωτήματα.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Έργο 1. Τι αναμένεις να εμφανιστεί στην οθόνη και γιατί, κατά την εκτέλεσή του παρακάτω τμήματος προγράμματος;

```
x ← 5
z ← 2
a ← 'Ζήτα='
y ← 2*x-z/2
z ← x+y
ΓΡΑΨΕ a, z
```

Το έργο αυτό ανήκει στην κατηγορία προβλημάτων που αντιμετωπίζονται στα εισαγωγικά μαθήματα του προγραμματισμού. Οι απαντήσεις των μαθητών ταξινομούνται όπως στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3: Κατηγορίες απαντήσεων στο 1ο Έργο

α/α	Διαδικασία	Ποσοστό % (N=288)
1	Σωστή απάντηση	33,33
2	Μαθηματικό λάθος υπολογισμού	13,89
3	Σφάλμα στο χειρισμό αλφαριθμητικού	10,42
4	Εκχώρηση αριθμητικής τιμής σε αλφαριθμητική μεταβλητή	26,74
5	Ανεπαρκείς-μαθηματικές απαντήσεις	10,42
6	Χωρίς απάντηση	5,21
	Σύνολο	100,00

Περίπου 1 στους 3 μαθητές του δείγματος (33,33%) έδωσαν σωστή και επαρκώς αιτιολογημένη απάντηση της μορφής: *στην οθόνη θα εμφανιστεί Ζήτα=14*

Στη δεύτερη κατηγορία εντάσσονται οι απαντήσεις των μαθητών (ποσοστό 13,89%) οι οποίοι, παρότι έχουν επαρκή προσέγγιση του προβλήματος, κάνουν λάθη στον υπολογισμό και δίνουν απαντήσεις της μορφής: (α) *Στην οθόνη θα εμφανιστεί Ζήτα=9* (το σφάλμα αφορά στην εντολή υπολογισμού της τιμής του y , όπου οι μαθητές φαίνεται ότι αγνοούν την προτεραιότητα των πράξεων) ή (β) *Στην οθόνη θα εμφανιστεί Ζήτα=15*.

Στην τρίτη κατηγορία κατατάσσονται οι μαθητές που εμφανίζουν, κυρίως, αδυναμίες χειρισμού της εξόδου των δεδομένων του προγράμματος (οι οποίες σε μερικές περιπτώσεις συνδυάζονται και με υπολογιστικά σφάλματα). Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται απαντήσεις της μορφής: (α) *Στην οθόνη θα εμφανιστεί 'Ζήτα=14'* ή (β) *Στην οθόνη θα εμφανιστεί 'Ζήτα=9'*.

Μια μεγάλη ομάδα μαθητών του δείγματος (26,74%) φαίνεται ότι δεν έχει οικοδομήσει επαρκείς αναπαραστάσεις για την έννοια της μεταβλητής και το ρόλο του τύπου δεδομένων. Οι μαθητές αυτοί ακολουθούν τον εξής συλλογισμό: *Αφού η z παίρνει την τιμή 2 με την εντολή $a \leftarrow 'Ζήτα='$, η μεταβλητή a παίρνει τιμή 2. Συνεπώς, θα εμφανιστούν στην οθόνη του υπολογιστή οι τιμές 2 και 14. Μερικοί κάνουν επίσης σφάλμα υπολογισμού και δίνουν ως αποτέλεσμα στην οθόνη τις τιμές 2 και 9.*

Το 10,42% των μαθητών εμφανίζει διάφορες ανεπάρκειες, όπως εμφάνιση στην έξοδο μιας ακέραιας τιμής (14 ή 9) ή παράθεση διάφορων μαθηματικών υπολογισμών.

Τέλος, το 5,21% των μαθητών του δείγματος δεν έδωσε απάντηση στο έργο.

Έργο 2. Τι αναμένεις να εμφανιστεί στην οθόνη και γιατί, κατά την εκτέλεση του παρακάτω προγράμματος;

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΡΓΟ2

ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ

ΑΚΕΡΑΙΕΣ: x, y

ΑΡΧΗ

$x \leftarrow 5$

$y \leftarrow x$
 $x \leftarrow x+5$
 $y \leftarrow x+5$
 ΓΡΑΨΕ x, y

ΤΕΛΟΣ_ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ_ΕΡΓΟ2

Στον Πίνακα 4 ταξινομούνται οι απαντήσεις για το 2^ο έργο της έρευνας. Το 37,5% των μαθητών του δείγματος έδωσε σωστή και επαρκώς αιτιολογημένη απάντηση της μορφής (παραθέτοντας σε πολλές περιπτώσεις και πίνακα διαδοχικών τιμών των μεταβλητών): *στην οθόνη θα εμφανιστούν οι τιμές 10 και 15.*

Πίνακας 4: Κατηγορίες απαντήσεων στο 2ο Έργο

a/a	Διαδικασία	Ποσοστό % (N=288)
1	Σωστή απάντηση	37,50
2	Μαθηματική επίλυση	22,57
3	Μαθηματική αναπαράσταση	27,43
4	Λοιπές ανεπαρκείς απαντήσεις	7,64
5	Χωρίς απάντηση	4,86
Σύνολο		100,00

Το 22,57% είχε μαθηματική προσέγγιση επίλυσης του προβλήματος, δίνοντας απαντήσεις, όπως: *(Κάνω τις πράξεις και) το αποτέλεσμα είναι $x=10$ και $y=15$* (Οι διαδοχικές εκχωρήσεις αντιμετωπίζονται ως μαθηματικές σχέσεις).

Στην τρίτη κατηγορία (27,43%) ανήκουν οι απαντήσεις που βασίζονται στη μαθηματική αναπαράσταση για τη μεταβλητή και την εντολή εκχώρησης. Οι μαθητές της ομάδας αυτής δεν έχουν κατανοήσει τη διαδοχικότητα της εντολής εκχώρησης και τη δυναμική τροποποίηση των τιμών των μεταβλητών. Έτσι, δίνουν απαντήσεις της μορφής

α) *Αφού αρχικά $x=5$, από τη $x \leftarrow x+5$ συνεπάγεται ότι θα είναι $x=5+5=10$ ή*

β) *Επειδή $y \leftarrow x+5$, θα είναι $y=x=10$ ή $y=5+5=10$* (ο υπολογισμός γίνεται χρησιμοποιώντας την αρχική τιμή της μεταβλητής x).

Στην τέταρτη κατηγορία (7,64%) εντάσσονται οι λοιπές ανεπαρκείς απαντήσεις, όπως: α) *Κάνω τις πράξεις και βρίσκω το αποτέλεσμα...* ή β) *Θα εμφανιστεί ΓΡΑΨΕ 10, 15 ή (ΓΡΑΨΕ 10, 10).*

Τέλος, το 4,86% των μαθητών δεν έδωσε απάντηση στο έργο.

Έργο 3. Τι αναμένεις να εμφανιστεί στην οθόνη και γιατί αν, κατά την εκτέλεση του παρακάτω προγράμματος, δοθούν διαδοχικά από το πληκτρολόγιο οι τιμές 3, 6 και 9;

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΡΓΟ3
 ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ
 ΑΚΕΡΑΙΕΣ: x, y
 ΑΡΧΗ
 ΔΙΑΒΑΣΕ y
 ΔΙΑΒΑΣΕ x, y
 ΓΡΑΨΕ y, x, y
 ΤΕΛΟΣ_ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΕΡΓΟ3

Τα αποτελέσματα της μελέτης σχετικά με το 3^ο έργο ταξινομούνται στον Πίνακα 5.

Το 36,46% των μαθητών του δείγματος έδωσε σωστή και αιτιολογημένη απάντηση: *Θα εμφανιστούν οι τιμές 9, 6 και 9. Η τιμή 3 που εισάγεται αρχικά στη μεταβλητή y χάνεται και στη θέση της εκχωρείται η τιμή 9.*

Από την άλλη μεριά το 31,94% απάντησε ότι θα εμφανιστούν οι τιμές 3, 6 και 9. Οι μαθητές αυτοί ακολουθούν τη μαθηματική αναπαράσταση για τη μεταβλητή και την είσοδο-έξοδο των δεδομένων, που γίνονται άκριτα με την ίδια σειρά τιμών. Συνεπώς, η τιμή 3 που εκχωρήθηκε αρχικά στη μεταβλητή y διατηρείται και εμφανίζεται στην έξοδο.

Στην τρίτη ομάδα απαντήσεων κατατάσσονται οι απαντήσεις που δίνουν τρεις τιμές στην έξοδο, οι οποίες όμως δεν είναι οι σωστές (π.χ. 6, 3, 9 ή 6, 3, 6 ή 9, 6, 6).

Στην τέταρτη ομάδα απαντήσεων εντάσσονται οι απαντήσεις που θεωρούν ότι στην έξοδο θα εμφανιστούν δύο τιμές (6, 9 ή 3, 9).

Στην πέμπτη κατηγορία απαντήσεων κατατάσσονται οι απαντήσεις της μορφής: *δεν θα εμφανιστεί τίποτε στην οθόνη ή το πρόβλημα είναι λανθασμένο, επειδή το y δεν μπορεί να παίρνει δύο τιμές (κατά την είσοδο ΔΙΑΒΑΣΕ).*

Τέλος, το 18,4% των μαθητών δεν έδωσε απάντηση στο έργο αυτό.

Πίνακας 5: Κατηγορίες απαντήσεων στο 3ο Έργο

α/α	Διαδικασία	Ποσοστό % (N=288)
1	Σωστή απάντηση	36,46
2	Μαθηματική αναπαράσταση για τη μεταβλητή και την είσοδο-έξοδο δεδομένων	31,94
3	Εμφάνιση τριών (λανθασμένων) τιμών	5,21
4	Εμφάνιση δύο τιμών	4,51
5	Λάθος πρόβλημα	3,47
6	Χωρίς απάντηση	18,40
Σύνολο		100,00

Έργο 4. Τα παρακάτω τμήματα προγράμματος είναι ισοδύναμα ή όχι και γιατί;

A ← 10	A ← 10
B ← 5	B ← 5
A ← B	B ← A
B ← A	A ← B
ΓΡΑΨΕ Α, Β	ΓΡΑΨΕ Α, Β

Στον Πίνακα 6 δίνονται τα αποτελέσματα της μελέτης μας σχετικά με το Έργο 4. Το 45,14% των μαθητών του δείγματος δίνει σωστή και επαρκώς αιτιολογημένη απάντηση στο πρόβλημα: *Το δύο τμήματα δεν είναι ισοδύναμα. Στο πρώτο και οι δύο μεταβλητές παίρνουν την τιμή της Β (στην οθόνη θα εμφανιστούν οι τιμές 5 και 5) ενώ στο δεύτερο την τιμή της Α (θα εμφανιστούν οι τιμές 10 και 10).*

Το 12,15% των μαθητών θεωρεί ότι τα δύο τμήματα δεν είναι ισοδύναμα, όμως δίνει ανεπαρκείς αιτιολογήσεις της μορφής: (α) *γιατί αλλάζει η σειρά των εντολών εκχώρησης* ή (β) *το πρώτο τμήμα δίνει αποτέλεσμα 5 και 10 ενώ το δεύτερο 10 και 5.*

Στην τρίτη κατηγορία (ποσοστό 15,28%) κατατάσσονται οι απαντήσεις που θεωρούν ότι τα δύο τμήματα υλοποιούν την αντιμετάθεση τιμών των μεταβλητών Α και Β: *τα δύο τμήματα είναι ισοδύναμα, καθώς δίνουν το ίδιο αποτέλεσμα στην οθόνη, τις τιμές 5 και 10.*

Η τέταρτη κατηγορία (ποσοστό 19,44%) περιλαμβάνει τις απαντήσεις που θεωρούν τα δύο τμήματα ισοδύναμα με αιτιολογήσεις της μορφής: (α) *γιατί η σειρά των εντολών εκχώρησης δεν επηρεάζει τις μεταβλητές ή τις τιμές τους* ή (β) *γιατί και στις δύο περιπτώσεις εμφανίζονται ίδιες τιμές: 15 και 15 (ή 5 και 5).* Η τελευταία ερμηνεία βασίζεται στην αντίληψη ότι, σε κάθε εκχώρηση η μεταβλητή (π.χ. Α) προσαυξάνει την αρχική τιμή της (π.χ. 10) κατά την τιμή της μεταβλητής δεξιά (π.χ. Β που είναι 5).

Τέλος, η πέμπτη κατηγορία (ποσοστό 7,99%) αφορά στους μαθητές που δεν έδωσαν απάντηση στο έργο 4.

Πίνακας 6: Κατηγορίες απαντήσεων στο 4ο Έργο

a/a	Διαδικασία	Ποσοστό % (N=288)
1	Σωστή απάντηση	45,14
2	Σωστή απάντηση-ανεπαρκής αιτιολόγηση	12,15
3	Ισοδύναμα προγράμματα (αποτέλεσμα 5, 10)	15,28
4	Ισοδύναμα προγράμματα (διάφορες αιτιολογίες)	19,44
5	Χωρίς απάντηση	7,99
	Σύνολο	100,00

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής προκύπτει ότι οι μαθητές του δείγματος έχουν σημαντικές δυσκολίες στη λειτουργική εφαρμογή και στο χειρισμό μεταβλητών σε απλούς αλγορίθμους. Στην πλειονότητά τους ακολουθούν τη μαθηματική αναπαράσταση για την έννοια της μεταβλητής και την αναπαράσταση της ισότητας για την εντολή εκχώρησης, ενώ αντιμετωπίζουν τις διαδοχικές εκχωρήσεις ως μαθηματικές σχέσεις. Δεν έχουν οικοδομήσει επαρκείς αναπαραστάσεις για τη διαδοχικότητα των εντολών εκχώρησης ενός προγράμματος και τη δυναμική τροποποίηση των τιμών των μεταβλητών. Φαίνεται ότι, οι μαθητές αυτοί θεωρούν τις διαδοχικές εκχωρήσεις ως ταυτόχρονες εντολές σχετικά με τις ιδιότητες των μεταβλητών και όχι ως μια ενιαία υπολογιστική διαδικασία (για παράδειγμα στο 4^ο έργο). Από την άλλη μεριά καταγράφονται σοβαρές δυσκολίες στο χειρισμό δεδομένων και μεταβλητών αλφαριθμητικού τύπου (στο 1^ο έργο), γεγονός που μπορεί να οφείλεται στην περιορισμένη εφαρμογή τους σε παραδείγματα σχολικού τύπου.

Φαίνεται ότι η θεωρητική διδακτική προσέγγιση, η οποία ακολουθείται σχεδόν σε όλα τα λύκεια που συμμετείχαν στην έρευνα, ενισχύει τις πρωταρχικές ιδέες και παρανοήσεις που μεταφέρουν οι μαθητές από τα μαθηματικά. Η διάκριση ανάμεσα στην έννοια της μεταβλητής στα μαθηματικά και στην πληροφορική συνιστά ένα σημαντικό και ιδιαίτερα δύσκολο διδακτικό πρόβλημα για τα εισαγωγικά μαθήματα του προγραμματισμού. Στο πλαίσιο αυτό, απαιτούνται κατάλληλες διδακτικές καταστάσεις και περιβάλλοντα που θα βοηθούν τους μαθητές να επιλύουν προβλήματα, αφού συγκρουστούν με τις παρανοήσεις τους, και να δημιουργήσουν στέρεες και λειτουργικές αναπαραστάσεις για την έννοια της μεταβλητής και τη διαδοχικότητα της εντολής εκχώρησης.

Προκειμένου να αντιμετωπισθούν αποτελεσματικά οι προαναφερόμενες παρανοήσεις και δυσκολίες, προτείνεται η χρήση κατάλληλων δραστηριοτήτων και η επίλυση επιλεγμένων προβλημάτων στο εργαστήριο υπολογιστών σε πραγματικά προγραμματιστικά περιβάλλοντα (πχ. ΓΛΩΣΣΟΜΑΘΕΙΑ, Διερμηνευτής της ΓΛΩΣΣΑΣ, Flow Programming κ.α.). Επίσης, η διόρθωση σφαλμάτων (εκσφαλμάτωση) θα πρέπει να αξιοποιηθεί ως διαδικασία αναντικατάστατης γνωστικής αξίας, η οποία βασίζεται στην κριτική μελέτη του κώδικα εντολών, στην αναγνώριση των σχετικών μεταβλητών και των τύπων δεδομένων, στην κατανόηση των βασικών δομών και των διαδοχικών λογικών βημάτων του αλγορίθμου.

Η διερεύνηση των πρωταρχικών αντιλήψεων και των μαθησιακών εμποδίων των μαθητών για την έννοια της μεταβλητής, την εντολή εκχώρησης και τα πληροφορικά αντικείμενα, καθώς και ο σχεδιασμός και η αξιολόγηση κατάλληλων διδακτικών-μαθησιακών δραστηριοτήτων, μπορούν να συμβάλουν στην ολοκληρωμένη διδακτική συγκρότηση του αντικειμένου. Η έρευνά μας συνεχίζεται με απώτερο στόχο να συμβάλει στην αποτελεσματική διδασκαλία των εισαγωγικών εννοιών του προγραμματισμού και της αλγοριθμικής επίλυσης προβλημάτων για τους μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bonar J., & Soloway E. (1985), Preprogramming knowledge: a major source of misconceptions in novice programmers, *Human-Computer Interaction*, 1, 133-161
- Dufoyer J. P., (1988), Informatique, éducation et psychologie de l'enfant, PUF
- Green T. R. G., (1990), (Ed.), *Psychology of Programming*, London: Academic Press
- Palumbo D. B. & Reed W. M. (1991), The effect of BASIC programming language instruction on high school students' problem-solving ability and computer anxiety, *Journal of Research on Computing in Education*, 3, 343-372
- Rogalski J. & Vergnaud G. (1987), Didactique de l'informatique et acquisitions cognitives en programmation, *Psychologie Française*, 32(2), 267-273
- Samurçay R. (1987), Modèles cognitifs dans l'acquisition des concepts informatiques, *Actes du premier colloque franco-allemand de didactique*, 215-223
- Samurçay R. (1989), The concept of variable in programming: Its meaning and use in problem-solving by novice programmers, In E. Soloway & J. C. Spohrer (Eds.), *Studying the Novice Programmer*, 161-178, Hillsdale, NJ, Erlbaum
- Soloway E. & Spohrer J. C. (Eds.) (1989), *Studying the Novice Programmer*, NJ: Erlbaum, Hillsdale
- Βακάλη Α., Γιαννόπουλος Η., Ιωαννίδης Χ., Κοΐλιας Χ., Μάλαμας Κ., Μανωλόπουλος Ι. & Πολίτης Π. (1999), *Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον*, Αθήνα: ΥΠΕΠΘ-Παιδαγωγικό Ινστιτούτο
- Γρηγοριάδου Μ., Γόγουλου Α., Γουλή Ε. & Σαμαράκου Μ. (2004), Σχεδιάζοντας «Διερευνητικές+Συνεργατικές» δραστηριότητες σε εισαγωγικά μαθήματα προγραμματισμού, στο Π. Πολίτης (επιμ.), *Πρακτικά 2^{ης} Διημερίδας με Διεθνή Συμμετοχή "Διδακτική της Πληροφορικής"*, 86-96, Βόλος
- Κόμης Β. (2001), Μελέτη βασικών εννοιών του προγραμματισμού στο πλαίσιο μιας οικοδομηστικής διδακτικής προσέγγισης, *ΘΕΜΑΤΑ στην Εκπαίδευση*, 2(2-3), 243-270
- Κόμης Β. (2005), *Εισαγωγή στη Διδακτική της Πληροφορικής*, Αθήνα: Κλειδάριθμος
- Πολίτης Π. & Κόμης Β. (1999), Η Πληροφορική ως βασικό μάθημα της Γ' τάξης Τεχνολογικής Κατεύθυνσης του Ενιαίου Λυκείου: αλγοριθμική έναντι προγραμματιστικής προσέγγισης, *Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Διδακτική των Μαθηματικών και Πληροφορική στην Εκπαίδευση»*, 344-348, Ρέθυμνο
- Σατρατζέμη Μ., Δαγδιλέλης Β. & Ευαγγελίδης Γ. (2002), Μια εναλλακτική διδακτική προσέγγιση του προγραμματισμού στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, στο Α. Δημητρακοπούλου (επιμ.), *Πρακτικά 3^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή "Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση"*, Τόμος Α', 289-298, Ρόδος
- Τζιμογιάννης Α. (2000), Η διδασκαλία του Προγραμματισμού Η/Υ στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Δυσκολίες και αντιλήψεις των μαθητών για την έννοια της μεταβλητής, *Η Βάση*, 2, 35-42, Ιωάννινα

- Τζιμογιάννης Α. & Γεωργίου Β. (1998), Η αναγκαιότητα της διδασκαλίας του προγραμματισμού Η/Υ στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση ως μεθοδολογία επίλυσης προβλημάτων. Το παράδειγμα των πινάκων, *Πρακτικά Δημερίδας Πληροφορικής «Η Πληροφορική στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση»*, 28-34, Αθήνα: ΕΠΥ
- Τζιμογιάννης Α. & Γιούνης Α. (2003), *Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον*, Τόμος Α', Αθήνα: Εκδόσεις Σαββάλα
- Τζιμογιάννης Α. & Κόμης Β. (2000), Η έννοια της μεταβλητής στον προγραμματισμό: δυσκολίες και παρανοήσεις μαθητών του Ενιαίου Λυκείου, στο Β. Κόμης (επιμ.), *Πρακτικά 2^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου «Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση»*, 103-114
- ΥΠΕΠΘ (1998), *Η Πληροφορική στο σχολείο*, Αθήνα: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο