ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2000)

2ο Συνέδριο ΕΤΠΕ «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»

Η έννοια της μεταβλητής στον Προγραμματισμό: δυσκολίες και παρανοήσεις μαθητών του Ενιαίου Λυκείου

Αθανάσιος Τζιμογιάννης, Βασίλης Κόμης

Βιβλιογραφική αναφορά:

Τζιμογιάννης Α., & Κόμης Β. (2025). Η έννοια της μεταβλητής στον Προγραμματισμό: δυσκολίες και παρανοήσεις μαθητών του Ενιαίου Λυκείου. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 103–114. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/8243

Μέρος Δεύτερο

Διδακτική της Πληροφορικής

Διδακτικές προσεγγίσεις και μελέτες περίπτωσης

Η έννοια της μεταβλητής στον Προγραμματισμό: δυσκολίες και παρανοήσεις μαθητών του Ενιαίου Λυκείου

Δρ. Τζιμογιάννης Αθανάσιος
Καθηγητής Πληροφορικής
ajimoyia@cc.uoi.gr
Δρ. Κόμης Βασίλης
Λέκτορας Παιδαγωγικού Τμήματος Νηπιαγωγών, Πανεπιστήμιο Πατρών
komis@upatras.gr

Περίληψη
Στην εργασία αυτή μελετώνται οι αντιλήψεις μαθητών του Ενιαίου Λυκείου σχετικά με την έννοια της πληροφορικής μεταβλητής και οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν στο χειρισμό μεταβλητών κατά την επίλυση προβλημάτων προγραμματισμού. Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι οι μαθητές του δείγματος ακολουθούν, στην πλειονότητά τους, τη μαθηματική αναπαράσταση για την έννοια της μεταβλητής και την αναπαράσταση της ισότητας για την εντολή εκχώρησης. Επιπρόσθετα, αντιμετωπίζουν σημαντικές δυσκολίες στη διάκριση των μεταβλητών που χρησιμοποιεί ένα πρόγραμμα, καθώς και του τύπου τους.
Λέξεις – κλειδιά: Διδακτική Πληροφορικής, Επίλυση Προβλημάτων Προγραμματισμού, Πληροφορική Μεταβλητή

Abstract
This article deals with the investigation of highschool (Lyceum) students' perceptions about the variable concept and conceptual difficulties they have when handling variables in problem solving with computer programming processes. Our results indicate that the majority of students in the sample have the mathematical representation about the variable concept and the representation of equality about the assignment command. They also face serious difficulties to identify in a given program the relevant variables and their data type.

1. Εισαγωγή

Είναι ευρύτερα αποδεκτό ότι η διδασκαλία του Προγραμματισμού αποτελεί μια δύσκολη και ταυτόχρονα ενδιαφέρουσα εργασία. Η χρήση προγραμματιστικών εργαλείων από τους μαθητές, ως γνωστική δραστηριότητα, έχει γίνει αντικείμενο οργανωμένης έρευνας την τελευταία εικοσαετία. Το ερευνητικό ενδιαφέρον επικεντρώνεται
στον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές οικοδομούν τις έννοιες του προγραμματισμού και στις εννοιολογικές δυσκολίες που αντιμετωπίζουν κατά την εφαρμογή των βασικών δομών του προγραμματισμού [Soloway & Spohrer, 1989, Green, 1990]
στην καταγραφή των αντιλήψεων των μαθητών για τα βασικά εργαλεία και τις δομές του προγραμματισμού [Soloway & Spohrer, 1989, Green, 1990]
στο σχεδιασμό νέων διδακτικών στρατηγικών και εκπαιδευτικών περιβαλλόντων μάθησης του προγραμματισμού [Soloway & Spohrer, 1989]
στη μελέτη των συνεπειών που έχει ο προγραμματισμός στην ανάπτυξη γνωστικών δεξιοτήτων υψηλού επιπέδου [Papert, 1980, Clements, 1987] και των διαδικασιών μεταφοράς δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων σε άλλα γνωστικά αντικείμενα [Palumbo & Reed, 1991].
Ο προγραμματισμός θεωρείται ένα ισχυρό μέσο για τη διδασκαλία βασικών εννοιών που βρίσκουν εφαρμογή στα Μαθηματικά, στη Φυσική και στη Λογική [Papert, 1980]. Κατά την επίλυση προβλημάτων προγραμματισμού χρησιμοποιούνται θεμελιώδεις έννοιες όπως η μεταβλητή, η δομή ελέγχου και οι δομές επανάληψης που είναι δύσκολο να διδαχθούν και να οικοδομηθούν με παραδοσιακά διδακτικά μέσα. Ο προγραμματισμός μπορεί να βοηθήσει

αποτελεσματικά στην κατανόησή τους από τους μαθητές και στη λειτουργική εφαρμογή τους για την επίλυση προβλημάτων.

2. Το θεωρητικό πλαίσιο

Ο προγραμματισμός απαιτεί τη γνώση χρήσης συμβόλων και αναπαραστάσεων για τη διαχείριση δεδομένων. Παρά τις επιμέρους διαφοροποιήσεις τους, η πλειονότητα των γλωσσών προγραμματισμού βασίζεται στην ίδια θεμελιώδη τεχνική, αυτή της «διαχείρισης τιμών που περιέχονται σε μεταβλητές» [Delannoy, 1996]. Η έννοια, συνεπώς, της **μεταβλητής** είναι θεμελιώδης κατά την εκμάθηση του προγραμματισμού. Παρότι η μεταβλητή απαντάται ήδη από τα πρώτα μαθήματα στον προγραμματισμό, η οικοδόμησή της φαίνεται να παρουσιάζει ιδιαίτερες δυσκολίες: το ζήτημα της αποθήκευσης των δεδομένων με τη μορφή μεταβλητών οι οποίες γίνονται αντιληπτές με τη χρήση συμβολικών κωδικών συνιστά ένα δύσκολο πρόβλημα στη μάθηση του προγραμματισμού [Dufoyer, 1988]. Και γίνεται ακόμα πιο δύσκολο αφού η έννοια της αποθήκευσης εμπερικλείει τόσο την εκχώρηση τιμής όσο και την εμφάνισή της.

Η φύση των «πληροφορικών αντικειμένων» που εμπλέκονται στο προς επίλυση πρόβλημα και οι αναπαραστάσεις των μαθητών για τα αντικείμενα αυτά εισάγουν πρόσθετες δυσκολίες: σχέσεις που αφορούν μεταβλητές, όπως οι αριθμοί ή οι χαρακτήρες επιτρέπουν, στον ένα ή στον άλλο βαθμό, να οδηγηθούμε σε οικεία γνωστικά σχήματα, ενώ η χρήση μεταβλητών boolean ή πιο σύνθετων δομών (π.χ. πίνακες) απαιτεί οικοδόμηση νέων αναπαραστάσεων από τους μαθητές.

Στη βιβλιογραφία αναφέρονται οι δυσκολίες που έχουν οι μαθητές στο χειρισμό μεταβλητών για την επίλυση προβλημάτων [Samurçay, 1989]. Τα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών δείχνουν ότι οι μαθητές συναντούν αυξημένες δυσκολίες, όταν χειρίζονται δεδομένα τύπου string ή boolean για τη σύνταξη λογικών συνθηκών [Τζιμογιάννης & Γεωργίου, 1999, Τζιμογιάννης & Κόμης, 1999]. Ακόμη και μαθητές με πολλές ώρες διδασκαλίας προγραμματισμού εμφανίζουν σημαντικές δυσκολίες στην κατανόηση και λειτουργική εφαρμογή των πινάκων [Τζιμογιάννης & Γεωργίου, 1998].

2.1 Η έννοια της μεταβλητής

Στον προγραμματισμό, η μεταβλητή ορίζεται ως μια διεύθυνση μνήμης. Η επιλογή **κατάλληλου ονόματος** μεταβλητής στο πρόγραμμα διευκολύνει την κατανόηση της έννοιας της μεταβλητής ως ονομασία μιας θέσης μνήμης. Όμως, η εικόνα αυτή δεν επαρκεί για να γίνει κατανοητό από τους μαθητές το λειτουργικό της νόημα. Η κοινή αντίληψη των μαθητών για τη μεταβλητή βασίζεται στην **αναλογία του κουτιού** (το «περιέχον»), γεγονός που εισάγει διάφορες παρανοήσεις σχετικά με τη λειτουργία της.

Η έννοια της μεταβλητής στην πληροφορική μπορεί να οικοδομηθεί πάνω στην πρότερη γνώση της από τα μαθηματικά. Όμως, ο χαρακτήρας που έχει η μεταβλητή στα μαθηματικά είναι **στατικός**, αφού αναπαριστά μια λειτουργική σχέση. Αυτό αποτελεί συνήθως διδακτικό εμπόδιο στην αναπαράσταση της **δυναμικής τροποποίησης** της τιμής της μεταβλητής κατά την εκτέλεση του προγράμματος [Rogalski & Vergnaud, 1987]. Οι μαθητές διατηρούν συνήθως τη **μαθηματική αναπαράσταση** για την έννοια της μεταβλητής ακόμη και μετά από πολλές ώρες διδασκαλίας προγραμματισμού. Συνακόλουθα, οι οικείες διαδικασίες επίλυσης (αυτές που γίνονται «με το χέρι») άλλοτε παίζουν παραγωγικό ρόλο ενισχύοντας την οικοδόμηση της έννοιας και άλλοτε συνιστούν γνωστικό εμπόδιο που πρέπει να υπερπηδηθεί.

2.2 Κατηγορίες μεταβλητών

Μπορούμε να διακρίνουμε **δύο κατηγορίες μεταβλητών** σε σχέση με τα νοητικά μοντέλα που χρησιμοποιούν οι μαθητές για να σχεδιάσουν τη λύση ενός προβλήματος στον προγραμματισμό. Οι μαθητές χειρίζονται με διαφορετικό τρόπο τις μεταβλητές ανάλογα με τη λειτουργική τους θέση μέσα στο πρόγραμμα: **α) Εξωτερικές** μεταβλητές που αντιστοιχούν σε δεδομένα που αποτελούν σαφείς εισόδους (δεδομένα) ή εξόδους (αποτελέσματα) του

προβλήματος. **β) Εσωτερικές** μεταβλητές που αντιστοιχούν σε τιμές που ελέγχονται από τον προγραμματιστή, με την έννοια ότι είναι απαραίτητες μόνο για την προγραμματιστική επίλυση του προβλήματος.
Οι εξωτερικές μεταβλητές παρουσιάζουν λιγότερα διδακτικά προβλήματα, ενώ αντίθετα, οι μαθητές εμφανίζουν σημαντικές δυσκολίες στο χειρισμό των εσωτερικών μεταβλητών. Ο ρόλος των μεταβλητών αυτών κατανοείται δύσκολα από τους μαθητές, αφού η αναπαράστασή τους προϋποθέτει την αναπαράσταση της εσωτερικής λειτουργίας (καταστάσεις του συστήματος) του υπολογιστή. Κλειδί για την άρση των γνωστικών δυσκολιών αποτελεί η δημιουργία αναπαραστάσεων της λειτουργίας του υπολογιστή και αναλογιών για τις διδακτικά προβληματικές καταστάσεις.

2.3 Η εντολή ανάθεσης τιμής

Η **ανάθεση (ή εκχώρηση) τιμής** μιας μεταβλητής συνιστά βασικό διδακτικό εμπόδιο στον προγραμματισμό. Η σχετική εντολή ενέχει μια μαθηματική υπόσταση, η οποία προέρχεται από τα ονόματα των εμπλεκόμενων μεταβλητών και το σύμβολο ανάθεσης. Πολλές γλώσσες προγραμματισμού (όπως η BASIC και η FORTRAN) χρησιμοποιούν, για λόγους απλότητας, το σύμβολο '=', γεγονός που δημιουργεί σύγχυση με το **σύμβολο της ισότητας** στα μαθηματικά. Σε άλλες γλώσσες (όπως στην PASCAL) χρησιμοποιείται το ':=', ώστε να γίνεται εμφανής η διάκριση. Υπάρχει συνεπώς μια ασυμμετρία στην εφαρμογή του συμβόλου ανάθεσης στον προγραμματισμό, η οποία δημιουργεί στους μαθητές συγχύσεις ή λανθασμένες αναπαραστάσεις. Οι έγκυρες αναπαραστάσεις της μεταβλητής που έχουν οικοδομήσει στην άλγεβρα μεταφέρονται ως έχουν στον προγραμματισμό, όπου η εγκυρότητά τους δεν είναι πλέον σίγουρη.
Πολλοί μαθητές δεν κατανοούν ότι η εντολή ανάθεσης τιμής καταχωρεί δεδομένα στη θέση της προϋπάρχουσας τιμής, η οποία χάνεται. Έτσι θεωρούν ότι το «κουτί» διατηρεί περισσότερες από μία τιμές. Συχνά θεωρούν ότι η μεταβλητή έχει τη δυνατότητα να «θυμάται» την ιστορία των αναθέσεων που έχουν προηγηθεί, σχηματίζοντας μια εικόνα τύπου λίστας ή σωρού, απ' όπου μπορούν να ανακτήσουν τις τιμές αυτές.

2.4 Ο τύπος της μεταβλητής

Δυσκολίες παρουσιάζει και η διδακτική προσέγγιση της έννοιας του **τύπου** της μεταβλητής. Ο τύπος προσδιορίζει το είδος των δεδομένων που αναπαριστάνονται από τη μεταβλητή, την κωδικοποίηση, τους περιορισμούς που αφορούν στις τιμές που μπορούν να πάρουν και τις δυνατές πράξεις που μπορούν να πραγματοποιηθούν από τις αντίστοιχες μεταβλητές. Οι μαθητές, ενώ είναι περισσότερο εξοικειωμένοι με τη χρήση αριθμητικών μεταβλητών, συναντούν δυσκολίες όταν χειρίζονται δεδομένα τύπου string ή boolean για τη σύνταξη λογικών συνθηκών [Τζιμογιάννης & Γεωργίου, 1999, Τζιμογιάννης & Κόμης, 1999].

2.5 Ειδικές μεταβλητές και αρχικοποίηση τιμών μεταβλητής

Με τον όρο ειδικές μεταβλητές χαρακτηρίζονται οι εσωτερικές μεταβλητές του προγράμματος, που επιτελούν ένα συγκεκριμένο υπολογιστικό ρόλο ανεξάρτητα από τον αλγόριθμο ή το πρόβλημα που αυτός επιλύει. Αντιπροσωπευτικά παραδείγματα ειδικών μεταβλητών ιδιαίτερης γνωστικής αξίας είναι ο **αθροιστής (s := s + x)** και ο **μετρητής (m := m+1)**.
Η διάκρισή τους από τις συνήθεις αναθέσεις τιμών και η λειτουργική σημασία τους στην ανάπτυξη αλγορίθμων θα πρέπει να προσκτηθεί από τους μαθητές. Οι κοινές αναθέσεις, με τις οποίες είναι εξοικειωμένοι οι μαθητές, δεν απέχουν πολύ από το συμβατικό μαθηματικό μοντέλο της μεταβλητής και της ισότητας. Το μοντέλο αυτό όμως είναι ανεπαρκές για το χειρισμό ειδικών μεταβλητών που εμπλέκονται κυρίως σε επαναληπτικές δομές, όπως είναι οι μεταβλητές τύπου αθροιστή ή μετρητή.
Ένα σημαντικό διδακτικό πρόβλημα, που απαντάται κυρίως στους αρχάριους προγραμματιστές, είναι η μη **αρχικοποίηση** τιμών των μεταβλητών του προγράμματος. Η

αρχικοποίηση απαιτεί τη διατύπωση της υπόθεσης μιας αρχικής κατάστασης του συστήματος, την οικοδόμηση δηλαδή κατάλληλης αναπαράστασης. Παράλληλα, συνιστά ένα πιο δύσκολο πρόβλημα από την ενημέρωση τιμής ή τον έλεγχο της τιμής μιας μεταβλητής, αφού δεν απαντάται στις διαδικασίες επίλυσης προβλημάτων με μη προγραμματιστικό τρόπο. Η μη αρχικοποίηση τιμών προκαλεί αυξημένες δυσκολίες στο χειρισμό απλών αναδρομικών διαδικασιών. Για παράδειγμα, στο κλασσικό πρόβλημα υπολογισμού του μέσου όρου μιας σειράς θετικών αριθμών που εισάγονται από το πληκτρολόγιο, οι μαθητές συνήθως παραλείπουν την αρχικοποίηση τιμών του αθροιστή s και του μετρητή m.

3. Μεθοδολογία της έρευνας

3.1 Το αντικείμενο

Η επιλογή του αντικειμένου μελέτης έγινε επειδή η **μεταβλητή** αποτελεί πρωταρχική έννοια σε όλα τα προγραμματιστικά περιβάλλοντα. Οι αναπαραστάσεις των μαθητών σχετικά με την έννοια της μεταβλητής επηρεάζουν καθοριστικά τη λειτουργική εφαρμογή πιο σύνθετων δομών (δομή ελέγχου, δομές επανάληψης, διαδικασίες, συναρτήσεις κ.λ.π.) για την επίλυση προβλημάτων. Από τη ανάλυση που έγινε στο προηγούμενο μέρος προκύπτει ότι οι μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης αντιμετωπίζουν σημαντικές δυσκολίες στο χειρισμό μεταβλητών.

3.2 Το δείγμα

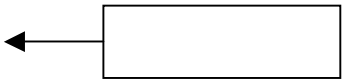
Η έρευνα έγινε σε Λύκεια των Ιωαννίνων με δείγμα δύο ομάδων μαθητών. Η Α' ομάδα περιλαμβάνει 27 μαθητές (14 αγόρια, 13 κορίτσια) της Α' Τάξης με μέσο όρο ηλικίας 15.7 έτη. Η επιλογή έγινε με κριτήριο την κάλυψη της προβλεπόμενης από το Πρόγραμμα Σπουδών διδακτικής ύλης του Προγραμματισμού Η/Υ [ΥΠΕΠΘ, 1997]. Ο διδάσκων είχε αφιερώσει, στα πλαίσια του μαθήματος «Εφαρμογές Πληροφορικής», 15 ώρες για διδασκαλία βασικών αρχών αλγοριθμικής και στοιχείων γλώσσας προγραμματισμού Pascal. Οι μαθητές της Α' ομάδας είχαν παρακολουθήσει στην πλειονότητά τους Πληροφορική στο Γυμνάσιο και 19 μαθητές (70.4%) δήλωσαν ότι διέθεταν δικό τους υπολογιστή ή είχαν πρόσβαση σε υπολογιστή εκτός του σχολείου. Η Β' ομάδα αποτελείται από 22 μαθητές (13 αγόρια, 9 κορίτσια) της Γ' Τάξης Τεχνολογικής Κατεύθυνσης με μέσο όρο ηλικίας 17.6 έτη. Η επιλογή των μαθητών της Β' ομάδας έγινε τυχαία. Οι μαθητές του δείγματος παρακολούθησαν κατά το σχολικό έτος 1999-2000 το μάθημα «Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον» για 2 ώρες εβδομαδιαίως. Μόνο 11 μαθητές (50%) είχαν παρακολουθήσει Πληροφορική στο Γυμνάσιο. Όλοι παρακολούθησαν το μάθημα «Εφαρμογές Πληροφορικής» στην προηγούμενη τάξη, ενώ 10 μαθητές (45.5%) δήλωσαν ότι διέθεταν υπολογιστή ή είχαν πρόσβαση σε υπολογιστή εκτός σχολείου.

3.3 Το ερωτηματολόγιο

Η έρευνα διεξήχθη με τη μορφή ανώνυμου γραπτού ερωτηματολογίου. Στους μαθητές δόθηκαν **πέντε έργα** σε μορφή προγραμμάτων κωδικοποιημένων σε Pascal. Κάθε έργο περιελάμβανε τόσο την κατανόηση του προβλήματος όσο και του προγράμματος που χρησιμοποιήθηκε για την επίλυσή του. Τα προγράμματα του **1^{ου}** και **2^{ου} έργου** δεν δόθηκαν ολοκληρωμένα. Οι μαθητές κλήθηκαν να συμπληρώσουν τις κενές γραμμές που αφορούσαν στις δηλώσεις των μεταβλητών κάθε προγράμματος. Επιχειρήθηκε έτσι να διερευνηθεί κατά πόσο οι μαθητές μπορούν να διακρίνουν τις μεταβλητές ενός προγράμματος, τον τύπο τους και το ρόλο τους στο πρόγραμμα. Με το **3^{ο}, 4^{ο}** και **5^{ο} έργο** ζητήθηκε από τους μαθητές να δώσουν το τελικό αποτέλεσμα που θα εμφανιστεί στην οθόνη του υπολογιστή μετά την εκτέλεση του προγράμματος. Επιχειρήθηκε έτσι να διερευνηθεί κατά πόσο οι μαθητές μπορούν να χειριστούν τις μεταβλητές ενός προγράμματος, κατά πόσο κατανοούν την έννοια της εντολής εκχώρησης και ποιες είναι οι αντιλήψεις ή παρανοήσεις τους.

Έργο 1. Να συμπληρώσετε τις δηλώσεις μεταβλητών στο παρακάτω πρόγραμμα:

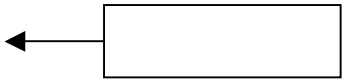
```
Program task1;
    var
```



```
BEGIN
 writeln('Δώσε ένα ακέραιο:');
 read(x);
  writeln('Δώσε ένα ακέραιο:');
  read(y);
  sum:=x+y;
  average:=sum/2;
        writeln(average)
      END.
```

Έργο 2. Να συμπληρώσετε τις δηλώσεις μεταβλητών στο παρακάτω πρόγραμμα:

```
Program task2;
    var
```



```
    BEGIN
      x:=5; z:=2;
       a:='αποτέλεσμα:';
 y:=2*x+z/2;
 z:=x+y;
 writeln(a,z)
    END.
```

Έργο 3. Τι αναμένετε να τυπωθεί στην οθόνη κατά την εκτέλεση του παρακάτω προγράμματος και γιατί;

```
Program task3;
   var x, y: integer;
   BEGIN
x:=5;
y:=x;
x:=x+5;
      y:=x+5;
writeln(x,y);
   END.
```

Έργο 4. Τι αναμένετε να συμβεί κατά την εκτέλεση του παρακάτω προγράμματος και γιατί;

```
Program task4;
    var x, y: integer;
    BEGIN
      readln(x,y);
x:=x+y;
y:=x-y;
x:=x-y;
writeln(x,y);
    END.
```

Έργο 5. Να συγκρίνετε τι αναμένετε να συμβεί κατά την εκτέλεση των παρακάτω προγραμμάτων και γιατί;

`program task5a;`
` var A, B: integer;`
`  BEGIN`
`  A:=10; B:=20;`
`  A:=B; B:=A;`
`  writeln('A= ', A, ' B= ', B)`
`  END.`
	`program task5b;`
	`  var A, B, S: integer;`
	`BEGIN`
	`  A:=10; B:=20;`
	`  S:=A; A:=B; B:=S;`
	`  writeln('A= ', A, ' B= ', B)`
	`END.`

4. Αποτελέσματα

4.1. Περιγραφική ανάλυση

Έργο 1

Οι απαντήσεις στο 1ο έργο (κατηγορία προβλημάτων που αντιμετωπίζονται από τα πρώτα μαθήματα του προγραμματισμού) δίνονται στον Πίνακα 1. Πλήρη απάντηση έδωσαν μόνο 4 μαθητές της Α' και 1 μαθητής της Β' Ομάδας. Οι μαθητές της Α' Ομάδας δηλώνουν τις σωστές μεταβλητές του προγράμματος αλλά αντιμετωπίζουν δυσκολίες με τον τύπο τους. Στην πλειονότητά τους οι μαθητές και των δύο ομάδων δεν μπορούν να διακρίνουν ότι η μεταβλητή average είναι τύπου real. Σε ποσοστό 29.7 % θεωρούν ότι όλες οι μεταβλητές του προγράμματος είναι τύπου integer ή δεν κάνουν καμία αναφορά στον τύπο τους (7.4 %). Τα αντίστοιχα ποσοστά της Β' Ομάδας είναι 9.1 % για κάθε περίπτωση. Οι μαθητές δεν δηλώνουν στο πρόγραμμα τις μεταβλητές sum ή/και average σε ποσοστό 48.1 % για την Α' και 36.3 % για την Β' Ομάδα. Τέλος, το 40.9 % των μαθητών της Β' Ομάδας δεν δίνει καμία απάντηση.

Πίνακας 1. Κατηγορίες απαντήσεων στο 1ο Έργο

α/α	Διαδικασία	Α' Ομάδα		Β' Ομάδα	
		Συχνότητα (N=27)	Ποσοστό %	Συχνότητα (N=22)	Ποσοστό %
1	Σωστή απάντηση	4	14.8	1	4.6
2	Δήλωση όλων των μεταβλητών ως integer	8	29.7	2	9.1
3	Δήλωση μεταβλητών χωρίς αναφορά τύπου	2	7.4	2	9.1
4	Δεν δηλώνεται η μεταβλητή sum	4	14.8	0	0
5	Δεν δηλώνονται οι μεταβλητές sum και average	9	33.3	8	36.3
6	Χωρίς απάντηση	0	0	9	40.9

Έργο 2

Στον Πίνακα 2 ταξινομούνται οι απαντήσεις για το 2ο έργο. Κανένας από τους μαθητές του δείγματος δεν έδωσε πλήρη απάντηση στο πρόβλημα. Οι δυσκολίες εντοπίζονται στη διάκριση-δήλωση των μεταβλητών που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα καθώς και του τύπου τους. Είναι φανερό ότι οι μαθητές έχουν αδυναμίες χειρισμού μεταβλητών τύπου string και real. Το 11.1 % των μαθητών της Α' Ομάδας και το 40.9 % της Β' Ομάδας επιλέγει να μη δώσει καμία απάντηση.

Πίνακας 2. Κατηγορίες απαντήσεων στο 2ο Έργο

α/α	Διαδικασία	Α' Ομάδα		Β' Ομάδα	
		Συχνότητα (N=27)	Ποσοστό %	Συχνότητα (N=22)	Ποσοστό %
1	Σωστή απάντηση	0	0	0	0
2	Δεν δηλώνεται η μεταβλητή a	2	7.4	0	0
3	Δήλωση όλων των μεταβλητών ως integer	8	29.6	5	22.7
4	Δήλωση μεταβλητών ως integer- Δεν δηλώνονται μία ή περισσότερες μεταβλητές	14	51.9	8	36.4
5	Χωρίς απάντηση	3	11.1	9	40.9

Έργο 3

Τα αποτελέσματα της έρευνας σχετικά με το 3ο έργο ταξινομούνται στον Πίνακα 3. Σωστή απάντηση έδωσε το 14.8% των μαθητών της Α' και το 18.2 % της Β' Ομάδας. Από τις απαντήσεις τους προκύπτει ότι οι μαθητές του δείγματος έχουν στην πλειονότητά τους μαθηματική αναπαράσταση για τη μεταβλητή και την εντολή εκχώρησης. Δεν έχουν κατανοήσει τη διαδοχικότητα της εντολής εκχώρησης και τη δυναμική τροποποίηση των τιμών των μεταβλητών. Οι διαδοχικές εκχωρήσεις αντιμετωπίζονται ως μαθηματικές σχέσεις. Το 48.2 % των μαθητών της Α' και το 68.2 % της Β' Ομάδας δίνουν απαντήσεις της μορφής: *''Αφού αρχικά x=5 και είναι x:=x+5, άρα θα έχουμε x=10. Επειδή y:=x+5 άρα ισχύει y=x=10''.*

4 μαθητές της Α' Ομάδας χρησιμοποιώντας μια διαφορετική μαθηματική αναπαράσταση για την έννοια της μεταβλητής καταλήγουν ότι το πρόβλημα που δόθηκε είναι λάθος, κάνοντας τον εξής συλλογισμό: *''Αφού είναι αρχικά x=5, θα έχουμε 5=x+5 που είναι αδύνατο''.* Το 22.2 % των μαθητών της Α' και το 13.6 % της Β' Ομάδας έχει ανεπαρκή προσέγγιση του έργου ή επιλέγει να μη δώσει καμία απάντηση.

Πίνακας 3. Κατηγορίες απαντήσεων στο 3ο Έργο

α/α	Διαδικασία	Α' Ομάδα		Β' Ομάδα	
		Συχνότητα (N=27)	Ποσοστό %	Συχνότητα (N=22)	Ποσοστό %
1	Σωστή απάντηση	4	14.8	4	18.2
2	Μαθηματική προσέγγιση της εκχώρησης	13	48.2	15	68.2
3	Λάθος πρόβλημα	4	14.8	0	0
4	Ανεπαρκής προσέγγιση	6	22.2	3	13.6

Έργο 4

Το 4ο έργο αποτελεί μια άλλη εκδοχή του αλγόριθμου αντιμετάθεσης τιμών δύο μεταβλητών. Τα αποτελέσματα της έρευνας σχετικά με τις απαντήσεις των μαθητών δίνονται στον Πίνακα 4. Σωστή απάντηση έδωσαν μόνο 2 μαθητές της Α' και 1 μαθητής της Β' Ομάδας. Είναι φανερό ότι η πλειονότητα των μαθητών του δείγματος διατηρεί και στο έργο αυτό την αναπαράσταση της ισότητας για την εντολή εκχώρησης. Το 33.3 % των μαθητών της Α' και το 36.4 % της Β' Ομάδας έχει την εξής προσέγγιση: *''Θα είναι x=y, επειδή y=x-y και x=x-y''.* Την εικόνα της επίλυσης διαδοχικών μαθηματικών σχέσεων επιδεικνύει σημαντικό ποσοστό των μαθητών του δείγματος (33.3 % της Α' και 36.4 % της Β' Ομάδας). Οι μαθητές αυτοί δίνουν απαντήσεις της μορφής: *''Είναι y=x-y=x+y-y=x. Άρα x=x-y=x- x=0. Συνεπώς θα είναι*

τελικά x=y=0''. Τέλος, το 29.6 % των μαθητών της Α' Ομάδας και το 11.7 % της Β' Ομάδας έχει εντελώς ανεπαρκή προσέγγιση του έργου ή δεν δίνει καμία απάντηση.

Πίνακας 4. Κατηγορίες απαντήσεων στο 4ο Έργο

α/α	Διαδικασία	Α' Ομάδα		Β' Ομάδα	
		Συχνότητα (N=27)	Ποσοστό %	Συχνότητα (N=22)	Ποσοστό %
1	Σωστή απάντηση	2	7.4	1	4.5
2	Μαθηματική προσέγγιση της εκχώρησης	9	33.3	8	36.4
3	Μαθηματική εικόνα μεταβλητής	8	29.6	8	36.4
4	Ανεπαρκής προσέγγιση	8	29.6	5	11.7

Έργο 5

Με το 5^{ο} έργο ζητείται από τους μαθητές να συγκρίνουν δύο φαινομενικά όμοια προγράμματα. Επιχειρούμε δηλαδή να διερευνήσουμε κατά πόσο οι μαθητές κατανοούν τον αλγόριθμο της αντιμετάθεσης τιμών δύο μεταβλητών και το ρόλο της βοηθητικής μεταβλητής. Στον Πίνακα 5 ταξινομούνται αποτελέσματα της έρευνας. Μόνο 2 μαθητές της Α' και 1 μαθητής της Β' Ομάδας έδωσαν σωστή απάντηση διακρίνοντας τις διαφορές των δύο προγραμμάτων.

Πίνακας 5. Κατηγορίες απαντήσεων στο 5ο Έργο

α/α	Διαδικασία	Α' Ομάδα		Β' Ομάδα	
		Συχνότητα (N=27)	Ποσοστό %	Συχνότητα (N=22)	Ποσοστό %
1	Σωστή απάντηση	2	7.4	1	4.55
2	Αντιμετάθεση τιμών	4	14.8	2	9.1
3	Ίδιο αποτέλεσμα	5	18.5	0	0
4	Λάθος πρόβλημα	1	3.7	2	9.1
5	Χωρίς απάντηση	15	55.6	17	77.3

Το 14.8 % των μαθητών της Α' Ομάδας και το 9.1 % της Β' Ομάδας θεωρούν ότι τα δύο προγράμματα είναι ίδια και έχουν ως αποτέλεσμα την αντιμετάθεση τιμών στις μεταβλητές Α και Β. Η μαθηματική αναπαράσταση για την έννοια της μεταβλητής και της εντολής εκχώρησης καταγράφεται και στο έργο αυτό για το 18.5 % των μαθητών Α' Ομάδας. Οι μαθητές αυτοί δίνουν απαντήσεις της μορφής: *''Το αποτέλεσμα είναι το ίδιο, γιατί στο 2^{ο} πρόγραμμα S=A και B=S=A. Άρα είναι A=B και B=A που ισχύει στο 1^{ο} πρόγραμμα''*. 1 μαθητής της Α' και 2 μαθητές της Β' Ομάδας διατηρούν την αναπαράσταση της ισότητας για την εντολή εκχώρησης και καταλήγουν στην άποψη ότι το πρόβλημα είναι λάθος, κάνοντας τον εξής συλλογισμό: *''Είναι αδύνατο A=10 και B=20 και να ισχύει A=B''*.

Στο έργο αυτό η πλειονότητα των μαθητών του δείγματος δεν δίνει καμία απάντηση (55.6 % της Α' και 77.3 % της Β' Ομάδας). Επιβεβαιώνεται έτσι ότι σε περιπτώσεις προβλημάτων, που θεωρούνται ότι έχουν αυξημένο βαθμό δυσκολίας, οι μαθητές δυσκολεύονται να εκτελέσουν σωστά ακόμη και ενέργειες ρουτίνας ή επιλέγουν να μη δώσουν καμία απάντηση [Τζιμογιάννης & Γεωργίου, 1998].

4.2. Παραγοντική ανάλυση

Για την ανάλυση των δεδομένων της έρευνας χρησιμοποιήθηκε επίσης η μέθοδος της **παραγοντικής ανάλυσης πολλαπλών αντιστοιχιών** (analyse factorielle des correspondances

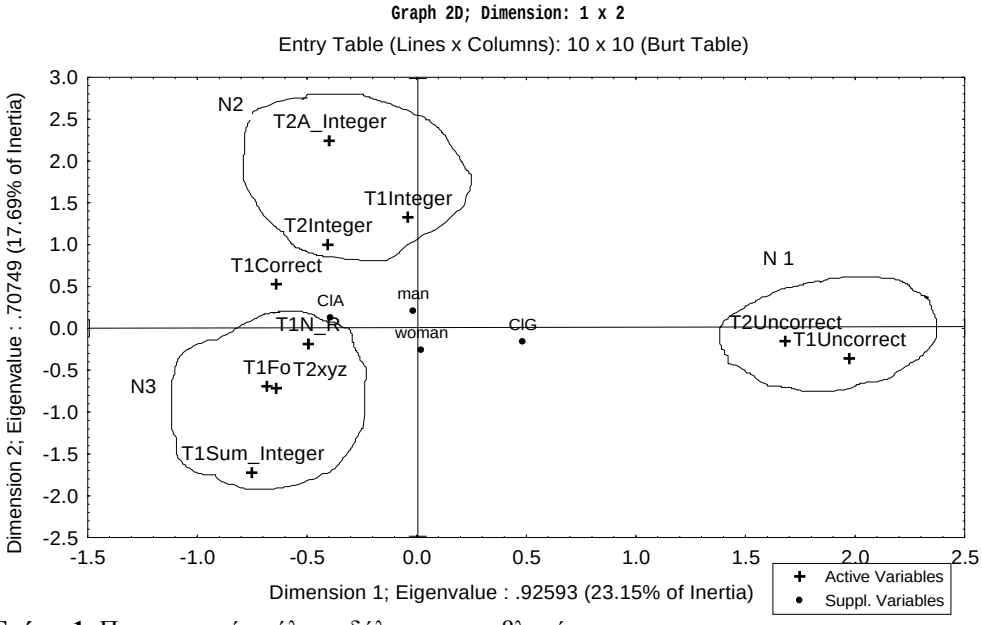
multiples). Πραγματοποιήθηκαν δύο παραγοντικές αναλύσεις: η πρώτη είχε ως **ενεργές μεταβλητές** τα έργα 1, 2, και η δεύτερη τα έργα 3, 4 και 5 (κάθε έργο κωδικοποιείται στις δυνατές απαντήσεις που καταγράφηκαν από την έρευνα). Ως **βοηθητικές μεταβλητές** χρησιμοποιούνται οι ερωτήσεις σχετικά με το φύλο και την τάξη. Με τη μέθοδο αυτή γίνεται προσπάθεια να κατηγοριοποιηθούν σε ομάδες οι αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με την έννοια της μεταβλητής και παράλληλα να βρεθούν οι σχέσεις που υπάρχουν ανάμεσα στις επιμέρους ομάδες.

Παραγοντική ανάλυση που αφορά στη δήλωση μεταβλητών

Στην πρώτη ανάλυση μελετώνται τα έργα που σχετίζονται με τη δήλωση μεταβλητών. Οι δύο πρώτες ιδιοτιμές έχουν ποσοστό αδράνειας 23.14% και 17.68% αντίστοιχα, αναπαριστώντας συνεπώς το 41% της συνολικής πληροφορίας από την ανάλυση.

Ο πρώτος άξονας φέρνει σε αντίθεση από το ένα μέρος τις τιμές, που αντιστοιχούν στις προσεγγίσεις οι οποίες δεν δηλώνουν τις μεταβλητές sum και average στο έργο 1 και μία ή περισσότερες μεταβλητές στο έργο 2 (θεωρώντας τις υπόλοιπες τύπου integer) και τους μαθητές της Α΄ τάξης, και από το άλλο μέρος τις τιμές που αναπαριστούν τη μη απάντηση στα δύο έργα και τους μαθητές της Γ' τάξης.

Ο δεύτερος άξονας φέρνει σε αντίθεση τις τιμές που θεωρούν και στα δύο έργα ότι όλες οι μεταβλητές είναι τύπου integer και στο έργο 2 δεν δηλώνουν τη μεταβλητή a (τύπου string), από το ένα μέρος, με την τιμή που θεωρεί όλες τις μεταβλητές τύπου integer ενώ δεν δηλώνει το άθροισμα (sum) στο έργο 1 και μία ή περισσότερες μεταβλητές στο έργο 2. Το παραγοντικό επίπεδο των δύο πρώτων αξόνων παρουσιάζεται στο Σχήμα 1. Παρατηρούμε ότι σχηματίζονται τρία νέφη: το νέφος N1 που αντιστοιχεί στους μαθητές που δεν δίνουν απάντηση, δίπλα στο οποίο τοποθετούνται τα κορίτσια και οι μαθητές της Γ' Τάξης, το νέφος N2 που περιέχει τις τιμές που δηλώνουν όλες τις μεταβλητές ως τύπου integer και δεν δηλώνουν τη μεταβλητή a (τύπου string) στο έργο 2, δίπλα στο οποίο τοποθετούνται οι μαθητές της Α' τάξης και τα αγόρια, και το νέφος N3 που περιέχει τιμές που αντιστοιχούν αφενός σε δηλώσεις των μεταβλητών ως integer και αφετέρου δεν δηλώνουν τις μεταβλητές sum και a.



Σχήμα 1: Παραγοντική ανάλυση δήλωσης μεταβλητών

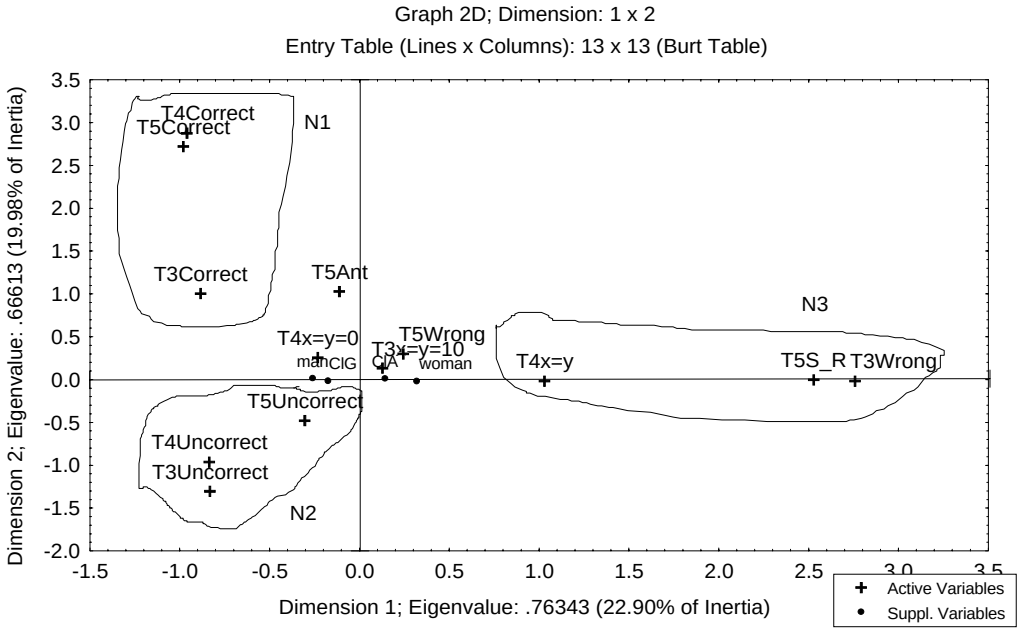
Παραγοντική ανάλυση που αφορά στην κατανόηση της εντολής ανάθεσης τιμής

Στη δεύτερη ανάλυση μελετώνται τα έργα που σχετίζονται με το χειρισμό των μεταβλητών μέσα σε ένα πρόγραμμα και την κατανόηση της εντολής ανάθεσης τιμής (έργα 3, 4 και 5). Οι δύο πρώτες ιδιοτιμές έχουν ποσοστό αδράνειας 22.90% και 19.98% αντίστοιχα, αναπαριστώντας συνεπώς το 43% της συνολικής πληροφορίας από την ανάλυση.

Ο πρώτος άξονας φέρνει σε αντίθεση τις τιμές που αντιστοιχούν στις ανεπαρκείς προσεγγίσεις στα τρία έργα, από το ένα μέρος, με την απάντηση λάθος πρόβλημα στο έργο 3, την x=y στο έργο 4, και την τιμή που αντιστοιχεί στο ίδιο αποτέλεσμα (και για τα δύο προτεινόμενα προγράμματα) στο έργο 5, από το άλλο μέρος.

Ο δεύτερος άξονας φέρνει σε αντίθεση τις σωστές απαντήσεις και στα τρία έργα από το ένα μέρος με τις ανεπαρκείς προσεγγίσεις και στα τρία έργα, από το άλλο μέρος.

Στο παραγοντικό επίπεδο των δύο πρώτων αξόνων (Σχήμα 2) εμφανίζονται τρία νέφη: το νέφος N1 που περιέχει τις σωστές απαντήσεις, το νέφος N2 που περιέχει τις ανεπαρκείς απαντήσεις και το νέφος N3 που περιέχει τις απαντήσεις που αντιστοιχούν στη μαθηματική αναπαράσταση για την έννοια της μεταβλητής στα έργα 3, 4 και 5. Τα αγόρια τοποθετούνται κοντά στο νέφος N1, οι μαθητές της Γ' τάξης στο νέφος N2 και τα κορίτσια κοντά στο νέφος N3.



Σχήμα 2: Παραγοντική ανάλυση κατανόησης της εντολής ανάθεσης τιμής

5. Συμπεράσματα-Διδακτικές προτάσεις

Από τα αποτελέσματα της έρευνας προκύπτει ότι, η πλειονότητα των μαθητών του δείγματος έχει σημαντικές δυσκολίες στη λειτουργική εφαρμογή της έννοιας της μεταβλητής για την κατανόηση απλών αλγορίθμων. Καταγράφεται σε μεγάλο βαθμό αδυναμία χειρισμού μεταβλητών αλφαριθμητικού και πραγματικού τύπου, γεγονός που μπορεί να οφείλεται στην περιορισμένη εφαρμογή τους σε παραδείγματα σχολικού τύπου. Είναι χαρακτηριστικό ότι οι μαθητές της Γ' Λυκείου Τεχνολογικής Κατεύθυνσης (Β' Ομάδα) έχουν σχετικά μεγαλύτερες δυσκολίες, καθώς 4 στους 10 επιλέγουν να μη δώσουν καμία απάντηση στο 1^{ο} και 2^{ο} έργο.

Οι μαθητές του δείγματος στην πλειονότητά τους ακολουθούν τη μαθηματική αναπαράσταση για την έννοια της μεταβλητής και την αναπαράσταση της ισότητας για την εντολή εκχώρησης. Αντιμετωπίζουν τις διαδοχικές εκχωρήσεις ως μαθηματικές σχέσεις. Δεν έχουν

κατανοήσει τη διαδοχικότητα των εντολών εκχώρησης σε ένα πρόγραμμα και τη δυναμική τροποποίηση των τιμών των εμπλεκόμενων μεταβλητών. Οι δυσκολίες των μαθητών στην κατανόηση της συνολικής μορφής των εντολών εκχώρησης ή η πρόσκτησή τους με λανθασμένη σειρά, οφείλεται στην έλλειψη της αναπαράστασης της διαδοχικής φύσης της εκτέλεσής τους. Οι μαθητές πιστεύουν ότι πρόκειται για ταυτόχρονες εντολές σχετικά με τις ιδιότητες των μεταβλητών παρά για μια διαδικασία που αφορά σε μια εσωτερική υπολογιστική κατάσταση.

Για την αντιμετώπιση όλων των προαναφερθέντων προβλημάτων απαιτούνται κατάλληλες διδακτικές καταστάσεις οι οποίες θα επιτρέπουν στους μαθητές να επιλύουν προβλήματα τα οποία τους υποχρεώνουν να συγκρούονται με γνωστές ή υποτιθέμενες δυσκολίες. Η διάκριση ανάμεσα στην **έννοια της μεταβλητής στα μαθηματικά και στην πληροφορική** συνιστά ένα ιδιαίτερο πρόβλημα, το οποίο αναδεικνύεται στους αρχάριους προγραμματιστές. Σε συνάρτηση με τα υπάρχοντα αποτελέσματα, που αφορούν στην οικοδόμηση της εντολής εκχώρησης και των λειτουργικών εφαρμογών της, οι διδακτικές αυτές καταστάσεις δεν πρέπει να περιορίζονται απλά στην παράθεση παραδειγμάτων αλλά να οργανώνονται σε ένα μακροπρόθεσμο διδακτικό σχεδιασμό. Θα πρέπει επίσης να συμπεριλαμβάνουν κατάλληλα σχεδιασμένα έργα, τα οποία θα στοχεύουν άμεσα στη δημιουργία λειτουργικών αναπαραστάσεων για την έννοια της μεταβλητής και της πολλαπλές μορφές της εντολής εκχώρησης.

Από διδακτική σκοπιά είναι σκόπιμο, όταν προσεγγίζεται η έννοια της εκχώρησης τιμής μεταβλητής σε επίπεδο ψευδογλώσσας, να χρησιμοποιούνται ουδέτεροι συμβολισμοί όπως είναι για παράδειγμα το '←'. Με τη χρήση ενός τέτοιου συμβολισμού γίνεται πιο καθαρή η έννοια της εντολής εκχώρησης τιμής: προσδιορίζεται αρχικά η τιμή της έκφρασης που βρίσκεται δεξιά του συμβόλου εκχώρησης και στη συνέχεια τοποθετείται το αποτέλεσμα στη μεταβλητή που βρίσκεται αριστερά του. Χαρακτηριστικό παράδειγμα διδακτικής παρέμβασης αποτελεί το πρόβλημα της αλλαγής θέσης (αντιμετάθεσης) των τιμών δύο μεταβλητών x και y με τη χρήση μιας τρίτης βοηθητικής μεταβλητής h.

Τα πιο σημαντικά διδακτικά προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν κατά τη διδασκαλία της έννοιας της μεταβλητής και της εντολής εκχώρησης είναι τα εξής:

α) Εκχώρηση σταθερής τιμής

x := 5;

Παρότι η εντολή αυτή δεν παρουσιάζει ιδιαίτερες διδακτικές δυσκολίες, θα πρέπει να εξηγηθεί γιατί δεν μπορεί να γραφεί

5 := x;

πράγμα που φαίνεται μαθηματικά εύλογο.

β) Εκχώρηση τιμής μετά από υπολογισμό

*x := 5 + 8; y:=4*x+5 ;*

Συχνά οι μαθητές θεωρούν ότι με την εντολή *x := 5 + 8* η μεταβλητή *x* διατηρεί την έκφραση 5 + 8 και όχι το τελικό αποτέλεσμα της πράξης (13). Σε πολλές περιπτώσεις η εντολή *y:=4*x+5* αντιμετωπίζεται ως μαθηματική εξίσωση.

γ) Αντικατάσταση (duplication)

Μετά την εκτέλεση των εντολών

x := 5;

y := x;

πολλοί μαθητές θεωρούν ότι η μεταβλητή x είναι άδεια, καθώς έχει εκχωρήσει την τιμή της στη μεταβλητή y. Η διασύνδεση μεταξύ των μεταβλητών x και y έχει συχνά για τους μαθητές μόνιμο χαρακτήρα, σε βαθμό ώστε οτιδήποτε συμβαίνει στη συνέχεια στη μεταβλητή x συμβαίνει επίσης και στη μεταβλητή y.

δ) Συσσώρευση (accumulation)

Οι μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν την ασυμμετρία και τη διαδοχική φύση της εκτέλεσης της εντολής *x := x + 5;*

Η περίπτωση της συσσώρευσης, όπου η μεταβλητή παρουσιάζεται στην πλήρη διάστασή της, είναι εκείνη που προκαλεί τις περισσότερες διδακτικές δυσκολίες. Κατά τη διδασκαλία θα πρέπει να γίνει σαφές ότι το x στις δύο πλευρές του συμβόλου ανάθεσης ':=' δεν αφορά το ίδιο πράγμα. Στο αριστερό μέρος σχετίζεται με τη θέση μνήμης ενώ στο δεξιό μέρος με την τιμή της μεταβλητής.

Συμπερασματικά, απαιτείται μια αλλαγή προοπτικής σχετικά με τις μελέτες που αφορούν στην οικοδόμηση των προγραμματιστικών δομών: αντί να είναι επικεντρωμένες στα φαινόμενα που άπτονται των συντακτικών επιλογών μέσα στις διάφορες γλώσσες, πρέπει να ασχολούνται με το ζήτημα των κατάλληλων διδακτικών καταστάσεων οι οποίες θα μπορούσαν να ευνοήσουν την οικοδόμηση των εννοιών που εμπλέκονται στις δομές αυτές.

Βιβλιογραφικές αναφορές

Bonar J., & Soloway E. (1985), Preprogramming Knowledge: a major source of misconceptions in novice programmers, *Human-Computer Interaction*, 1, 133-161.

Clements D. H. (1987), Longitudinal study of the effects of Logo programming on cognitive abilities and achievement, *Journal of Educational Computing Research*, 3, 73-93.

Delannoy C., (1996), Initiation à la programmation, Eyrolles.

Dufoyer J. P., (1988), Informatique, éducation et psychologie de l'enfant, PUF.

Green T. R. G., (1990), (Ed.), *Psychology of Program*ming, London: Academic Press.

Lagrange J. (1992), Représentations mentales des données informatiques et difficultés d'acquisition chez des débutants en programmation, *EPI*, 67 & 68, 91-104 & 119-138

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.

Pair C. (1990), Programming, Programming Languages and Programming Methods, in T. R. G. Green (Ed.), *Psychology of Programming*, 9-19, London: Academic Press.

Papert S. (1980), *Νοητικές Θύελλες: Παιδιά, ηλεκτρονικοί υπολογιστές και δυναμικές ιδέες*, Εκδόσεις Οδυσσέας (Ελληνική μετάφραση 1991)

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. (1989), (Eds), *Studying the Novice Programmer*, Hillsdale, NJ, Erlbaum.

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 Διημερίδας Πληροφορικής «Η Πληροφορική στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση», ΕΠΥ,* 28-34

Τζιμογιάννης Α. & Γεωργίου Β. (1999), Οι δυσκολίες μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην εφαρμογή της δομής ελέγχου για την ανάπτυξη αλγορίθμων. Μία μελέτη περίπτωσης, Στο Α. Τζιμογιάννης (επιμ.). Πρακτικά Πανελλήνιου Συνεδρίου «Πληροφορική και Εκπαίδευση», Σύλλογος Καθηγητών Πληροφορικής Ηπείρου,183-192

Τζιμογιάννης Α. & Κόμης Β. (1999), Επίλυση προβλημάτων σε προγραμματιστικό περιβάλλον: η οικοδόμηση της δομής ελέγχου από τους μαθητές του Ενιαίου Λυκείου, Πρακτικά 4ου Πανελλήνιου Συνεδρίου "Διδακτική των Μαθηματικών & Πληροφορική στην Εκπαίδευση", Ρέθυμνο (1999) (υπό έκδοση)

ΥΠΕΠΘ, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (1997), *Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών Πληροφορικής.*