ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2010)

5ο Συνέδριο Διδακτική της Πληροφορικής

Συνθετικά μοντέλα στην κατανόηση της μεταβλητής και της εντολής απόδοσης τιμής στον Προγραμματισμό

Δ. Δουκάκης, Μ. Γρηγοριάδου

Βιβλιογραφική αναφορά:

Δουκάκης Δ., & Γρηγοριάδου Μ. (2023). Συνθετικά μοντέλα στην κατανόηση της μεταβλητής και της εντολής απόδοσης τιμής στον Προγραμματισμό. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 439–444. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/5174

Συνθετικά μοντέλα στην κατανόηση της μεταβλητής και της εντολής απόδοσης τιμής στον Προγραμματισμό

Δ. Δουκάκης[1] , Μ. Γρηγοριάδου[2]

[1]Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών στη Βασική και Εφαρμοσμένη Γνωσιακή Επιστήμη
[2]Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών Πανεπιστημίου Αθηνών
{doukakis, gregor}@di.uoa.gr

Περίληψη

Σε αυτό το άρθρο εξετάζεται αν η κατανόηση της μεταβλητής και της σχετικής εντολής απόδοσης τιμής στον Προγραμματισμό από μαθητές/μαθήτριες δευτεροβάθμιας εκπαίδευση θα μπορούσε να θεωρηθεί περίπτωση εννοιολογικής αλλαγής, σε σχέση με την προϋπάρχουσα γνώση τους από τα Μαθηματικά. Η προσέγγιση εννοιολογικής αλλαγής που εφαρμόζεται είναι αυτή της θεωρίας πλαισίου (Vosniadou, Vamvakousi & Skopeliti, 2008) που προβλέπει τη δημιουργία συνθετικών μοντέλων κατά την εννοιολογική αλλαγή. Παρουσιάζεται η έρευνα που έγινε με στόχο να αναδειχθούν πιθανά συνθετικά μοντέλα μαθητών/μαθητριών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην έννοια της μεταβλητής και της σχετικής εντολής απόδοσης τιμής στον Προγραμματισμό. Στα πλαίσια αυτής της έρευνας παρουσιάζονται τρεις περιπτώσεις μαθητών/μαθητριών οι αναπαραστάσεις των οποίων έχουν την μορφή συνθετικών μοντέλων καθώς συνδυάζουν στοιχεία της μεταβλητής στον Προγραμματισμό με στοιχεία της μεταβλητής στα Μαθηματικά. Επίσης συνδυάζουν στοιχεία από την εντολή απόδοσης τιμής στον Προγραμματισμό και την μαθηματική ισότητα. Εφόσον λοιπόν οι αναπαραστάσεις των μαθητών/μαθητριών έχουν την μορφή των συνθετικών μοντέλων που προβλέπει η προσέγγιση της θεωρίας πλαισίου ενισχύεται η θέση ότι η κατανόηση της μεταβλητής και την σχετικής εντολής απόδοσης τιμή στον Προγραμματισμό μπορεί να θεωρηθεί μια περίπτωση εννοιολογικής αλλαγής.
Λέξεις κλειδιά: *εννοιολογική αλλαγή, συνθετικά μοντέλα, μεταβλητή στον προγραμματισμό, εντολή απόδοσης τιμής*

Abstract

In this article the understanding of the programming variable and the relevant value assignment command is been studied as a conceptual change case with respect to their prior knowledge from Mathematics. The framework theory approach (Vosniadou, Vamvakousi & Skopeliti, 2008) is the conceptual change approach followed in this article. A survey was made in a group of High School students aiming at the detection of possible synthetic models that students may have for the variable and the value assignment command in programming. The representations that three of these students have, for programming variable and the relevant value assignment command, are been studied. Some of these representations are influenced by students' prior knowledge of the variable and the equality in Mathematics. The representations of these three students, combine elements of the variable and the relevant value assignment command in Programming with elements of variable and equality in Mathematics. These representations appear to have the form of the synthetic models mentioned in the framework theory approach. This strengthens the position that understanding the programming variable and the relevant value assignment command can be considered a conceptual change case.
Keywords: *conceptual change, synthetic models, programming variable*, *value assignment command*

1. Εισαγωγή

Πολλές έρευνες στην Ελλάδα και το εξωτερικό έχουν επικεντρωθεί στις δυσκολίες και τις παρανοήσεις αρχαρίων προγραμματιστών στην έννοια της μεταβλητής και στην σχετική εντολή απόδοσης τιμής (Samurcay, 1989; Du Boulay, 1989; Putnum et al., 1989; Ebrahimi, 1994; Τζιμογιάννης & Κόμης, 2000; Τζιμογιάννης κ.α., 2005; Φεσάκης & Δημητρακοπούλου, 2005). Όπως φαίνεται από τα ευρήματα αυτών των ερευνών οι μαθητές/μαθήτριες αντιμετωπίζουν πολλές δυσκολίες στην κατανόηση της μεταβλητής και της σχετικής εντολής απόδοσης τιμής. Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η υπόθεση αν η κατανόηση της μεταβλητής και της σχετικής εντολής απόδοσης τιμής είναι μια περίπτωση εννοιολογικής αλλαγής σε σχέση με τις προϋπάρχουσες γνώσεις από τα Μαθηματικά. Για τον έλεγχο αυτής της υπόθεσης έγινε έρευνα σε μαθητές/μαθήτριες δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης που έκαναν εισαγωγικά μαθήματα προγραμματισμού.

2. Εννοιολογική αλλαγή

Οι Posner, Strike, Hewson και Gertzog (1982) βασισμένοι στις εργασίες των Piaget (1929) και Kuhn (1962) πρότειναν ένα μοντέλο για εννοιολογική αλλαγή που έγινε γνωστό ως η κλασσική προσέγγιση στην εννοιολογική αλλαγή. Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο η μάθηση είναι μια διαδικασία εννοιολογικής αλλαγής ενώ διαχωρίζονται δύο τρόποι αλλαγής ανάλογοι με τους τρόπους αλλαγής θεωριών στην επιστήμη (Kuhn, 1962), η αφομοίωση και η συμμόρφωση (Piaget, 1929). Η αφομοίωση αναφέρεται στην χρήση των υπαρχόντων εννοιών για την κατανόηση νέων φαινομένων ενώ η συμμόρφωση αναφέρεται στην αντικατάσταση ή στην αναδιοργάνωση των βασικών εννοιολογικών δομών. Καθώς η κλασσική προσέγγιση στην εννοιολογική αλλαγή δέχθηκε ισχυρή κριτική σε πολλά σημεία της αρκετοί ερευνητές παρουσίασαν διαφορετικές προσεγγίσεις. Μια από αυτές τις εναλλακτικές προσεγγίσεις είναι η προσέγγιση της θεωρίας πλαισίου (Vosniadou et al., 2008). Η Vosniadou και οι συνεργάτες της (2008) υποστήριξαν την θέση ότι κάποιες επιστημονικές έννοιες είναι δύσκολες στην εκμάθηση γιατί έρχονται σε αντίθεση με βασικές αρχές αφελών θεωριών που έχουν οι μαθητές/μαθήτριες. Το βασικό σημείο αυτής της προσέγγισης αποτελεί η ιδέα της θεωρίας πλαισίου που έχουν οι μαθητές/μαθήτριες και που συνήθως είναι αποτέλεσμα των καθημερινών τους εμπειριών. Η θεωρία αυτή έχει την μορφή ενός συνεκτικού επεξηγηματικού συστήματος και δυσκολεύει τους/τις μαθητές/μαθήτριες στην κατανόηση επιστημονικών εννοιών.

Η εννοιολογική αλλαγή μπορεί να επιτευχθεί με δύο τρόπους. Σύμφωνα με τον πρώτο τρόπο η αλλαγή των αφελών θεωριών των μαθητών/μαθητριών προκύπτει ως αποτέλεσμα μηχανισμών εμπλουτισμού, προσθήκης δηλαδή νέων στοιχείων σε μια υπάρχουσα γνωστική δομή. Καθώς νέες πληροφορίες έρχονται προκαλούν μικρές αλλαγές στα στοιχεία μιας γνωστική δομής οι οποίες οδηγούν σε αλλαγές σε περισσότερα στοιχεία της δομής μέχρι τελικά να αλλάξει όλη η δομή. Αν και αυτός ο τρόπος επίτευξης εννοιολογικής αλλαγής είναι αποδοτικός σε κάποιες περιπτώσεις, η διαδικασία αλλαγής της εννοιολογικής δομής με αυτό τον τρόπο είναι εξαιρετικά χρονοβόρα. Επίσης κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας δημιουργούνται παρανοήσεις που έχουν την μορφή συνθετικών μοντέλων, προκύπτουν δηλαδή καθώς οι μαθητές/μαθήτριες συνδυάζουν τις επιστημονικές πληροφορίες που λαμβάνουν με στοιχεία των αφελών τους θεωριών.

Σε κάποιες περιπτώσεις όμως το επιστημονικό θεωρητικό πλαίσιο έρχεται σε πλήρη αντίθεση με τις αφελείς θεωρίες των μαθητών/μαθητριών. Σε αυτές τις περιπτώσεις απαιτείται μια ριζική αναδιοργάνωση των γνωστικών δομών των μαθητών/μαθητριών. Αυτός είναι ο δεύτερος τρόπος επίτευξης εννοιολογικής αλλαγής ο οποίος είναι πιο σύντομος και δεν σχετίζεται με δημιουργία παρανοήσεων με την μορφή συνθετικών μοντέλων. Ο τρόπος αυτός όμως επίτευξης εννοιολογικής αλλαγής απαιτεί ενσυνείδητους, από πάνω πρός τα κάτω, προθετικούς μηχανισμούς μάθησης.

3. Η έννοια της μεταβλητής στα Μαθηματικά και στον προγραμματισμό

Οι προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών/μαθητριών για τη μεταβλητή προέρχονται από τα Μαθηματικά. Οι μαθητές στην 1η Γυμνασίου διδάσκονται στα Μαθηματικά (Άλγεβρα) ότι «η μεταβλητή είναι το γράμμα (όνομα) με το οποίο μπορούμε να αναφερθούμε σε ένα οποιοδήποτε στοιχείο ενός συνόλου» (Αλιμπινίσης κ.α., 1987). Παραδείγματα μεταβλητών είναι η μεταβλητή Z με πεδίο ορισμού το σύνολο των φυσικών αριθμών (N) και η μεταβλητή X1 με πεδίο ορισμού το σύνολο [20,30]. Στα μαθηματικά υπάρχει επίσης η σχέση της ισότητας για την οποία ισχύει η αντιμεταθετική ιδιότητα.

Σε εισαγωγικά μαθήματα προγραμματισμού στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση συνήθως χρησιμοποιούνται προστακτικές γλώσσες προγραμματισμού που υποστηρίζουν συγκεκριμένους τύπους δεδομένων της οι διάφορες εκδόσεις της BASIC και της PASCAL (σε όλα τα παραδείγματα εντολών που παρουσιάζονται σε αυτό το άρθρο έχει χρησιμοποιηθεί η γλώσσα προγραμματισμού PASCAL), και η «ΓΛΩΣΣΑ» (Βακάλη κ.α., 1999). Σε τέτοιες γλώσσες μια μεταβλητή είναι μια συμβολική αναφορά σε μια θέση μνήμης του υπολογιστή που μπορεί να δεχθεί ως περιεχόμενο δεδομένα συγκεκριμένου τύπου (ακέραιους, πραγματικούς, αλφαριθμητικές τιμές, λογικές τιμές) και που έχει τη δυνατότητα να μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης της προγράμματος. Ο τύπος της και το όνομά της παραμένουν σταθερά κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης της προγράμματος. Το όνομα της μεταβλητής μπορεί να περιέχει τόσο αλφαβητικά όσο και αριθμητικά σύμβολα

περιορίζεται της από της κανόνες δημιουργίας ονομάτων που ισχύουν σε κάθε γλώσσα προγραμματισμού. Για να αποδοθεί μια τιμή ως περιεχόμενο μιας μεταβλητής χρησιμοποιείται είτε μια εντολή ανάγνωσης τιμής από το πληκτρολόγιο πχ. READ (X) είτε μια εντολή απόδοσης τιμής. Η εντολή απόδοσης τιμής (όνομα_μεταβλητής := αριθμητική παράσταση) υπολογίζει αρχικά την τιμή της αριθμητικής παράστασης στα δεξιά της εντολής και την αποδίδει ως περιεχόμενο της μεταβλητής που βρίσκεται στα αριστερά της εντολής. Οποιοδήποτε προηγούμενο περιεχόμενο της μεταβλητής χάνεται. Π.χ. Α := 3+2, Β := Α-Γ/2, Α:= Α+1. Στον Προγραμματισμό εκτός από την εντολή απόδοσης τιμής υπάρχει και η μαθηματική ισότητα που χρησιμοποιείται σε λογικές συνθήκες π.χ. IF A=5 THEN B:=10 .

4. Έρευνα για τις αναπαραστάσεις μαθητών για τη μεταβλητή και την εντολή απόδοσης τιμής στον Προγραμματισμό

Για να υποστηριχθεί η θέση ότι η κατανόηση της μεταβλητής και της εντολής απόδοσης τιμής στον προγραμματισμό είναι μια περίπτωση εννοιολογικής αλλαγής έγινε έρευνα για να ανιχνευθούν πιθανές αναπαραστάσεις των μαθητών/μαθητριών που έχουν τη μορφή των συνθετικών μοντέλων.

4.1 Στόχος έρευνας

Στόχος της έρευνας ήταν η μελέτη των αναπαραστάσεων των μαθητών/μαθητριών για τη μεταβλητή και την σχετική εντολή απόδοσης τιμής στον Προγραμματισμό.

4.2 Συμμετέχοντες

Στην έρευνα συμμετείχαν 30 μαθητές και μαθήτριες, 15 έως 17 ετών, από 5 ΤΕΕ στην ευρύτερη περιοχή της Αττικής (Περιστέρι, Χαϊδάρι, Μαρούσι, Ηλιούπολη, Ασπρόπυργος). Όλοι οι μαθητές/μαθήτριες παρακολουθούσαν το μάθημα «Εισαγωγή στον Προγραμματισμό» της Β' τάξης του Α' κύκλου του τομέα Πληροφορικής και Υπηρεσιών των ΤΕΕ.

4.3 Υλικά

Χρησιμοποιήθηκε ένα ερωτηματολόγιο που αποτελείται από 16 προγραμματιστικά έργα και 3 ερωτήσεις. Από τους μαθητές/μαθήτριες ζητήθηκε να προβλέψουν το τι θα συμβεί κατά τη μεταγλώττιση και εκτέλεση μικρών προγραμμάτων και επίσης να αιτιολογήσουν την απάντησή τους. Τα προγράμματα αυτά έχουν ως στόχο την ανίχνευση παρανοήσεων και δυσκολιών στην έννοια της μεταβλητής στην γλώσσα Pascal και στην σχετική εντολή απόδοσης τιμής. Η πλειοψηφία των προγραμματιστικών έργων και των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου προέρχονται από ερωτηματολόγια προηγούμενων ερευνών (Samurcay, 1989; Du Boulay, 1989; Putnum et al., 1989; Ebrahimi, 1994; Τζιμογιάννης & Κόμης, 2000; Τζιμογιάννης κ.α., 2005; Φεσάκης κ.α., 2005) και ενσωματώθηκαν με τις απαραίτητες αλλαγές και προσθήκες στο ερωτηματολόγιο της έρευνας.

4.4 Διαδικασία

Η έρευνα έγινε λίγο πριν το τέλος του σχολικού έτους 2006-2007. Στους μαθητές δεν δόθηκε περιορισμός χρόνου για την συμπλήρωση των ερωτηματολογίων, η οποία ολοκληρώθηκε σε μια διδακτική ώρα. Οι απαντήσεις-εξηγήσεις των μαθητών/μαθητριών κατηγοριοποιήθηκαν ως επιστημονικά σωστές, ή ως απαντήσεις-εξηγήσεις που παραπέμπουν σε εναλλακτικές αναπαραστάσεις για τη μεταβλητή και την εντολή απόδοσης τιμής. Η κατηγοριοποίηση των απαντήσεων και των εξηγήσεων έγινε από δύο καθηγητές πληροφορικής με περισσότερα από 10 χρόνια διδακτικής εμπειρίας. Η μεταξύ τους συμφωνία ήταν 100%.

4.5 Αποτελέσματα

Από τις απαντήσεις των μαθητών/μαθητριών φάνηκε ότι οι μαθητές έχουν αρκετές εναλλακτικές αναπαραστάσεις για τη μεταβλητή και την εντολή απόδοσης τιμής. Τέτοιες εναλλακτικές αναπαραστάσεις είναι αυτές που αναφέρονται στη δεύτερη στήλη του Πίνακα 1. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον όμως παρουσίασε η μελέτη των αναπαραστάσεων τριών μαθητών/μαθητριών που δείχνουν να οικοδομούν επιστημονικά σωστές αναπαραστάσεις κάποιων χαρακτηριστικών της

μεταβλητής και της εντολής απόδοσης τιμής αλλά ταυτόχρονα να διατηρούν εναλλακτικές αναπαραστάσεις για άλλα χαρακτηριστικά της ίδιας έννοιας. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι αναπαραστάσεις που είχαν για τη μεταβλητή και την εντολή απόδοσης στην Pascal οι μαθητές/μαθήτριες Α, Β και Γ όπως αυτές αναδείχθηκαν από τις απαντήσεις τους και τις εξηγήσεις τους στις ερωτήσεις και τα έργα του ερωτηματολογίου.

Πίνακας 1: *Αναπαραστάσεις Μαθητών*

Έργο/ ερώτηση	**Εναλλακτική αναπαράσταση την οποία ανιχνεύει**	**Μαθητής**		
		Α	**Β**	**Γ**
Έργο 1	Χρήση του ονόματος ως τιμή σε μεταβλητή τύπου συμβολοσειράς	Σ	Σ	-
Έργο 2	Χρήση του ονόματος ως τιμή μιας μεταβλητής συμβολοσειράς όταν όνομα και τιμή είναι ονόματα προσώπων	Ε	-	Ε
Έργο 3	Λειτουργία εντολής απόδοσης τιμής	Σ	Σ	Σ
Έργο 4	Πολλαπλές εντολές απόδοσης τιμής εκτελούνται παράλληλα	Σ	Σ	Ε
Έργο 5	Μια μεταβλητή μπορεί να διατηρήσει παραπάνω από μια τιμές	Σ	Σ	Ε
Έργο 6	Μια ακέραια τιμή που αποδίδεται σε μεταβλητή πραγματικού τύπου αποθηκεύεται και εκτυπώνεται ως πραγματικός αριθμός	Ε	Σ	Σ
Έργο 7	Μπορεί να αποδοθεί πραγματική τιμή σε ακέραια μεταβλητή με αντίστοιχη αποκοπή ψηφίων ή στρογγυλοποίηση	Σ	-	Ε
Έργο 8	Δημιουργία μόνιμης διασύνδεσης μεταξύ δύο μεταβλητών ως αποτέλεσμα απόδοσης της τιμής της μίας στην άλλη	Σ	Σ	Σ
Έργο 9	Έλλειψη ορίου μεγέθους σε μεταβλητές ακεραίου τύπου	Σ	Σ	Ε
Έργο 10	Έλλειψη ορίου ακρίβειας σε μεταβλητές πραγματικού τύπου	Ε	Σ	Ε
Έργο 11	Δυνατότητα απόδοσης χαρακτήρων ως τιμή μεταβλητής ακεραίου τύπου	Σ	-	-
Έργο 12	Δυνατότητα απόδοσης χαρακτήρων ως τιμή μεταβλητής ακεραίου τύπου στην περίπτωση που οι χαρακτήρες είναι αριθμοί	Σ	-	Σ
Έργο 13	Εφαρμογή των αριθμητικών τελεστών (-,/,*) σε μεταβλητές τύπου συμβολοσειράς	Σ	Σ	Ε
Έργο 14	Εντολές απόδοσης τιμής του τύπου 10:=A θεωρούνται συντακτικά σωστές (λόγω ισχύος της αντιμεταθετικής ιδιότητας)	Σ	-	Ε
Έργο 15	Εντολές απόδοσης τιμής του τύπου A+B:=10 θεωρούνται συντακτικά σωστές (λόγω ισχύος της αντιμεταθετικής ιδιότητας)	Σ	Σ	Ε
Έργο 16	Εντολές απόδοσης τιμής του τύπου A:=A+1 θεωρούνται αδύνατες	Ε	Ε	-
Ερώτ.1	Οι μεταβλητές της Pascal αποθηκεύονται εκτός του Η/Υ	Σ	Ε	Ε
Ερώτ.2	Μεταβλητές ακεραίου τύπου με μεγαλύτερες τιμές χρειάζονται περισσότερο χώρο στη μνήμη για να αποθηκευτούν σε σχέση με μεταβλητές ακεραίου τύπου με μικρότερες τιμές	Σ	Σ	Ε
Ερώτ.3	Μεταβλητές ακεραίου τύπου και πραγματικού τύπου καταλαμβάνουν τον ίδιο χώρο στη μνήμη αν έχουν την ίδια τιμή	Ε	-	Ε

«Ε»=Εναλλακτική αναπαράσταση «Σ»=Επιστημονικά σωστή αναπαράσταση «-»=Χωρίς απάντηση

5. Συζήτηση

Οι απαντήσεις των μαθητών/μαθητριών στις ερωτήσεις και στα έργα του ερωτηματολογίου επιβεβαίωσαν τα ευρήματα προηγούμενων ερευνών σε Ελλάδα και (Τζιμογιάννης & Κόμης, 2000; Τζιμογιάννης κ.α., 2005; Φεσάκης κ.α., 2005) και εξωτερικό (Samurcay, 1989; Du Boulay, 1989; Putnum et al, 1989; Ebrahimi, 1994), σχετικά με τις εναλλακτικές αναπαραστάσεις των μαθητών/μαθητριών για την έννοια της μεταβλητής στον Προγραμματισμό. Κάποιες από τις εναλλακτικές αναπαραστάσεις των μαθητών/μαθητριών φαίνεται να προέρχονται από τις προϋπάρχουσες γνώσεις τους για τη μεταβλητή και την ισότητα στα Μαθηματικά.

Οι απαντήσεις στην ερώτηση 1 ότι οι μεταβλητές της Pascal δεν αποθηκεύονται στην κεντρική μνήμη του υπολογιστή αλλά «στο χαρτί», «στο μυαλό μας» ή «στην εξίσωση» φαίνονται επηρεασμένες από τα Μαθηματικά όπου γράφουμε τα ονόματα και τις τιμές των μεταβλητών στο χαρτί, πολλές φορές απομνημονεύουμε στο μυαλό μας ονόματα και τιμές μεταβλητών και λύνουμε εξισώσεις. Οι εναλλακτικές αναπαραστάσεις της εντολής απόδοσης τιμής ως ισότητα (έργα 14, 15, 16), σχετίζονται

άμεσα με τα Μαθηματικά όπου δεν υπάρχει η εντολή απόδοσης τιμής αλλά μόνο η μαθηματική ισότητα για την οποία μάλιστα ισχύει η αντιμεταθετική ιδιότητα. Η εφαρμογή αριθμητικών τελεστών σε μεταβλητές τύπου συμβολοσειράς επίσης σχετίζεται με τα Μαθηματικά όπου οι αριθμητικοί τελεστές μπορούν να εφαρμοσθούν σε όλες τις μεταβλητές. Με τα Μαθηματικά μπορεί να συσχετισθεί και η θεώρηση ότι αν μια ακέραια τιμή αποδοθεί σε μια πραγματική μεταβλητή, τότε η τιμή αυτή θα αποθηκευτεί και θα εμφανιστεί ως ακέραιος. Στα Μαθηματικά οι ακέραιες τιμές μεταβλητών γράφονται με τον ίδιο τρόπο είτε πρόκειται για μεταβλητές με πεδίο ορισμού το σύνολο των ακεραίων αριθμών είτε πρόκειται για μεταβλητή με πεδίο ορισμού το σύνολο των πραγματικών αριθμών. Επίσης η έλλειψη ορίου ακρίβειας στις μεταβλητές πραγματικού τύπου μπορεί να συνδεθεί με τα Μαθηματικά. Στα Μαθηματικά οι μεταβλητές με πεδίου ορισμού το σύνολο των πραγματικών αριθμών δεν έχουν περιορισμό στην ακρίβεια και μπορούν να πάρουν τιμές χωρίς περιορισμό στο πλήθος των ψηφίων μετά την υποδιαστολή. Η έλλειψη ορίου μεγέθους σε μεταβλητές ακεραίου παραπέμπει στα Μαθηματικά όπου οι μεταβλητές με πεδίο ορισμού το σύνολο των ακεραίων αριθμών μπορούν να πάρουν οποιαδήποτε τιμή αυτού του συνόλου όσο μεγάλη και αν είναι αυτή. Τέλος η θεώρηση ότι μια ακέραια και μια πραγματική μεταβλητή καταλαμβάνουν τον ίδιο χώρο στη μνήμη αν τους αποδοθεί η ίδια ακέραια τιμή συνοδευόμενη από την εξήγηση ότι αυτό ισχύει επειδή «η τιμή είναι η ίδια» μπορεί να αποδοθεί στην προϋπάρχουσα γνώση από τα Μαθηματικά. Στα Μαθηματικά ο τρόπος γραφής μιας ακέραιας τιμής είναι ο ίδιος είτε πρόκειται για τιμή μεταβλητής με πεδίο ορισμού το σύνολο των ακεραίων αριθμών είτε για τιμή μεταβλητής με πεδίο ορισμού το σύνολο των πραγματικών αριθμών.

Σε ότι αφορά τις τρεις περιπτώσεις μαθητών/μαθητριών που μελετήθηκαν, φαίνεται ότι και οι τρεις μαθητές/μαθήτριες έχουν αναπαραστάσεις για τη μεταβλητή και την εντολή απόδοσης τιμής στην Pascal που δεν είναι επιστημονικές σωστές στο σύνολό τους. Οι αναπαραστάσεις αυτές περιέχουν στοιχεία από τη μεταβλητή και την εντολή απόδοσης τιμής στην Pascal που είναι επιστημονικά σωστά, αλλά και στοιχεία που δεν είναι επιστημονικά σωστά. Πολλά από τα στοιχεία των αναπαραστάσεων των μαθητών/μαθητριών τα οποία δεν είναι επιστημονικά σωστά προέρχονται από τις προϋπάρχουσες γνώσεις τους για την έννοια της μεταβλητής και την έννοια της ισότητας στα Μαθηματικά. Φαίνεται λοιπόν ότι οι αντιλήψεις αυτών των μαθητών/μαθητριών που μελετήθηκαν έχουν τη μορφή συνθετικών μοντέλων, μοντέλων δηλαδή που συνδυάζουν στοιχεία της μεταβλητής στον Προγραμματισμό και στοιχεία της μεταβλητής στα Μαθηματικά. Επίσης συνδυάζουν στοιχεία της εντολής απόδοσης τιμής στον Προγραμματισμό με στοιχεία της μαθηματικής ισότητας. Τέτοια συνθετικά μοντέλα δημιουργούνται στην προσπάθεια των μαθητών/μαθητριών να ενσωματώσουν τις νέες γνώσεις για τη μεταβλητή και την εντολή απόδοσης στον Προγραμματισμό με τις προϋπάρχουσες γνώσεις τους για τη μαθηματική μεταβλητή και τη μαθηματική ισότητα. Οι γνώσεις αυτές χρησιμοποιούνται από τους/τις μαθητές/μαθήτριες επειδή θεωρούνται οι πιο σχετικές με τις νέες έννοιες. Υποθέτουμε ότι αυτό συμβαίνει επειδή χρησιμοποιείται ο ίδιος όρος για τη μεταβλητή στα Μαθηματικά και τη μεταβλητή στον Προγραμματισμό, ενώ για την εντολή απόδοσης τιμής επειδή συμβολίζεται στην Pascal με παρόμοιο τρόπο (:=) με τη μαθηματική ισότητα (=).

Η ύπαρξη συνθετικών μοντέλων στις περιπτώσεις των τριών μαθητών/μαθητριών που μελετήθηκαν ενισχύει την άποψη ότι η κατανόηση της μεταβλητής και της σχετικής εντολής απόδοσης τιμής στον Προγραμματισμό αποτελεί μια περίπτωση εννοιολογικής αλλαγής. Σε αυτή την περίπτωση οι προϋπάρχουσες γνώσεις από τα Μαθηματικά είναι ασύμβατες με τις νέες γνώσεις από τον Προγραμματισμό. Έτσι δεν διευκολύνουν τους/τις μαθητές/μαθήτριες στην οικοδόμηση επιστημονικά σωστών αναπαραστάσεων για τη μεταβλητή και την εντολή απόδοσης τιμής στον Προγραμματισμό αλλά αντίθετα αποτελούν εμπόδιο και πηγή δυσκολιών για τους μαθητές/μαθήτριες.

Ένα σημείο που διαφοροποιεί αυτή την περίπτωση εννοιολογικής αλλαγής σε σχέση με άλλες περιπτώσεις εννοιολογικής αλλαγής είναι ότι οι έννοιες της μεταβλητής στα Μαθηματικά και της μεταβλητής στον Προγραμματισμό δεν είναι πλήρως ασύμβατες μεταξύ τους αλλά μερικώς ασύμβατες. Επίσης ένα άλλο σημείο που διαφοροποιεί την περίπτωση της μεταβλητής από άλλες περιπτώσεις εννοιολογικής αλλαγής είναι ότι οι προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών/μαθητριών για τη μεταβλητή και την ισότητα στα Μαθηματικά δεν προέρχονται από τις αφελείς θεωρίες των μαθητών/μαθητριών που στηρίζονται στην καθημερινή τους εμπειρία αλλά προέρχονται από την

θεωρία πλαισίου που έχουν οι μαθητές/μαθήτριες ως αποτέλεσμα της διδασκαλίας των εννοιών αυτών στα Μαθηματικά σε προηγούμενες τάξεις (στο Γυμνάσιο).

Η αναγνώριση της κατανόησης της μεταβλητής και της σχετικής εντολής απόδοσης τιμής στον Προγραμματισμό ως περίπτωσης εννοιολογικής αλλαγή επιτρέπει την χρήση του θεωρητικού πλαισίου της εννοιολογικής αλλαγής για την εξήγηση αλλά και την πρόβλεψη πιθανών εναλλακτικών αναπαραστάσεων των μαθητών/μαθητριών. Επίσης το θεωρητικό πλαίσιο της εννοιολογικής αλλαγής προσφέρει οδηγίες για διδακτικές στρατηγικές που προωθούν την εννοιολογική αλλαγή ώστε να επιτυγχάνεται η ριζική αναδιοργάνωση των γνωστικών δομών των μαθητών/μαθητριών σε σύντομο διάστημα, χωρίς την δημιουργία παρανοήσεων. Τέτοιες διδακτικές στρατηγικές είναι η χρήση γνωστικών συγκρούσεων και η διδακτική αξιοποίηση αναλογιών.

Βιβλιογραφία

Du Boulay, B. (1989). Some difficulties of learning to program. In E. Soloway & J. C. Spohrer (Eds), *Studying the Novice Programmer* (pp. 283-299). Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Associates.

Ebrahimi, A. (1994). Novice programmer errors: language constructs and plan composition. *Int. J. Human-Computer Studies,* 41, 457-480.

Kuhn, T. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.

Piaget, J. (1929). *The Child's Conception of the World*. NY: Harcourt, Brace Jovanovich.

Putnum, R. T., Sleeman, D., Baxter, J. & Kupsa, L. (1989). A summary of the misconceptions of high school BASIC programmers. In E. Soloway & J. C. Spohrer (Eds), *Studying the Novice Programmer* (pp. 301-314). Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Associates.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: towards a theory of conceptual change. *Science Education,* 66, 211–227.

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* (pp. 161-178). Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Associates.

Vosniadou, S., Vamvakoussi, X. & Skopeliti, I. (2008). The Framework Theory Approach to Conceptual Change. In S. Vosniadou (Ed.) *International Handbook of Research on Conceptual Change*, Routledge.

Αλιμπινίσης, Α., Αντύπας, Ζ., Ευσταθόπουλος, Ε., Κλαουδάτος, Ν. & Παπασταυρίδης, Σ. (1987). *Μαθηματικά Α΄ Γυμνασίου*. Ο.Ε.Δ.Β.

Βακάλη, Α., Γιαννόπουλος, Η., Ιωαννίδης, Χ., Κοίλιας, Χ., Μάλαμας, Κ., Μανωλόπουλος, Ι. & Πολίτης, Π. (1999). *Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον,* Αθήνα: ΥΠΕΠΘ-Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.

Κόμης, Β. (2001), Μελέτη Βασικών Εννοιών του Προγραμματισμού στο Πλαίσιο μιας Οικοδομιστικής Διδακτικής Προσέγγισης. *Themes in Education*, 2 (2-3), 243-270.

Τζιμογιάννης, Α. & Κόμης, Β. (2000). Η έννοια της μεταβλητής στον Προγραμματισμό: δυσκολίες και παρανοήσεις μαθητών του Ενιαίου Λυκείου. Στο Β. Κόμης (Επιμ.), *Πρακτικά Εισηγήσεων 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση»*, Πάτρα, σελ. 103-114.

Τζιμογιάννης, Α. Πολίτης, Π. & Κόμης, Β. (2005). Μελέτη των αναπαραστάσεων Τελοιόφοιτων Μαθητών Ενιαίου Λυκείου για την Έννοια της Μεταβλητής. *3ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Διδακτική της Πληροφορικής»,* Κόρινθος.

Φεσάκης, Γ. & Δημητρακοπούλου, Α. (2005). Γνωστικές Δυσκολίες Μαθητών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης σχετικά με την Έννοια της Προγραμματιστικής Μεταβλητής και Προτεινόμενες Παρεμβάσεις. *3ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Διδακτική της Πληροφορικής»*, Κόρινθος.