

# Εισάγοντας την έννοια της μεταβλητής στον προγραμματισμό με το λογισμικό «Χελωνόσφαιρα»

Μαριάνθη Γριζιώτη, Χρόνης Κυνηγός, Μάριος Ξένος  
mgriziot@ppp.uoa.gr, kyngios@ppp.uoa.gr, mariosxenos@ppp.uoa.gr  
Τμήμα Φιλοσοφίας - Παιδαγωγικής και Ψυχολογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό  
Πανεπιστήμιο Αθηνών

## Περίληψη

Στο άρθρο αυτό μελετάται η διαδικασία κατασκευής νοημάτων μαθητών Γυμνασίου για την έννοια της μεταβλητής στον προγραμματισμό, μέσα από την εμπλοκή τους σε διερευνητικές δραστηριότητες στο διαδικτυακό, εκπαιδευτικό λογισμικό προγραμματισμού «Χελωνόσφαιρα». Στο περιβάλλον της Χελωνόσφαιρας οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να προγραμματίζουν τρισδιάστατες κατασκευές και να ελέγχουν δυναμικά τις τιμές των μεταβλητών που χρησιμοποιούν με ειδικά εργαλεία. Η έρευνα που παρουσιάζεται, είχε ως σκοπό να μελετήσει την συμβολή του δυναμικού χειρισμού των μεταβλητών σε συνδυασμό με τη γραφική αναπαράσταση του αποτελέσματος του κώδικα, στην ανάπτυξη νοημάτων από τους μαθητές σχετικά με το ρόλο και με τις ιδιότητες της μεταβλητής στον προγραμματισμό.

**Λέξεις κλειδιά:** προγραμματισμός, μεταβλητή, τρισδιάστατος χώρος, δημιουργία νοημάτων, εκπαιδευτικό λογισμικό

## Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια, ο προγραμματισμός, εκτός από βασικό στοιχείο της Διδακτικής της Πληροφορικής, έχει αναγνωριστεί και ως μέσο ανάπτυξης ευρύτερων δεξιοτήτων του ατόμου, στα πλαίσια της καλλιέργειας της υπολογιστικής του σκέψης (computational thinking) (Grover & Pea, 2013; Kafai & Burke, 2014; Prensky, 2008; Wing, 2006). Ως αποτέλεσμα της αναγνώρισης αυτής, έχουν δημιουργηθεί σημαντικές δράσεις και κοινότητες σε παγκόσμιο επίπεδο, που στοχεύουν να εισάγουν μαθητές διαφόρων ηλικιών σε βασικές αρχές προγραμματισμού, μέσα από δραστηριότητες αναπτυγμένες σε σύγχρονα ψηφιακά λογισμικά (The Hour of Code, Scratch community, κ.ά.).

Στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα, η εισαγωγή των μαθητών στις αρχές του προγραμματισμού, πραγματοποιείται συνήθως στο Γυμνάσιο, όπου διδάσκονται βασικές έννοιες, όπως η μεταβλητή, οι δομές ελέγχου και οι δομές επανάληψης. Η διδασκαλία των εννοιών αυτών γίνεται κατά κύριο λόγο, είτε με παραδοσιακά μέσα διδασκαλίας, είτε με ψηφιακά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα προγραμματισμού (Scratch, MicroWorlds Pro κλπ). Τις περισσότερες φορές, οι δραστηριότητες με τις οποίες εμπλέκονται οι μαθητές στα περιβάλλοντα αυτά, έχουν τη μορφή επίλυσης ενός απλού προβλήματος με χρήση προγραμματισμού, όπως για παράδειγμα ο σχεδιασμός ενός σχήματος ή η επαναλαμβανόμενη εκτύπωση της τιμής μιας μεταβλητής. Αντίθετα, οι διερευνητικές δραστηριότητες που αναδεικνύουν τις δυνατότητες που προσφέρει ο προγραμματισμός για κατασκευή νέων δομημάτων, για σύνθεση διαδικασιών και για βαθύτερη αλγοριθμική σκέψη είναι περιορισμένες. Είναι σημαντικό τα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα να χρησιμοποιούνται με τρόπο που αξιοποιεί την πρόσθετη παιδαγωγική αξία που προσφέρουν για έκφραση και δημιουργία, όπου η διερεύνηση και το μαστόρεμα με μοντέλα (Κυνηγός, 2006) μπορούν να αναδείξουν σημαντικές πτυχές της μαθησιακής διαδικασίας

## Η έννοια της μεταβλητής

Η έννοια της μεταβλητής αποτελεί δομικό λίθο στην εισαγωγή στον προγραμματισμό καθώς πρόκειται για ένα από τα βασικά στοιχεία ενός αλγορίθμου (Brookshear, 2005). Η μεταβλητή στον προγραμματισμό αντιπροσωπεύει έναν καταχωρητή της μνήμης του υπολογιστή, ενώ έχει πάντα εκχωρημένη μια τιμή, η οποία μπορεί να μεταβάλλεται δυναμικά καθώς εκτελείται το πρόγραμμα. Όταν οι μαθητές εισάγονται για πρώτη φορά στην έννοια της μεταβλητής, πολλές φορές συναντούν δυσκολίες στην αντίληψη του τρόπου λειτουργίας της μέσα στο πρόγραμμα (Kuittinen & Sajaniemi, 2004; Samurçay, 1989; Γλέζου & Γρηγοριάδου, 2009; Στεργιοπούλου-Καλαντζή, 1992; Τζιμογιάννης & Κόμης, 2000). Όπως έχει φανεί από τις έρευνες, ορισμένες από τις πιο συχνές δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές αφορούν:

- Στη διατήρηση τιμής της μεταβλητής. Πολλές φορές οι μαθητές θεωρούν ότι η μεταβλητή σταματά να διατηρεί την τιμή της όταν αυτή εκχωρείται σε μια άλλη μεταβλητή (π.χ.  $\alpha=\beta$ ). Σε άλλες περιπτώσεις έχει διαπιστωθεί ότι οι μαθητές πιστεύουν πως μια μεταβλητή μπορεί να διατηρεί ταυτόχρονα περισσότερες από μια τιμές ή ότι έχει την ικανότητα να «θυμάται» τις τιμές που της ανατέθηκαν.
- Στην εκχώρηση τιμής σε μεταβλητή. Δυσκολία παρουσιάζουν οι μαθητές και στην περίπτωση που σε μια μεταβλητή ανατίθεται μια τιμή με τη μορφή αριθμητικής έκφρασης (π.χ.  $x=y+2$ ) όπου θεωρούν ότι η μεταβλητή αποθηκεύει την αριθμητική έκφραση και όχι την τιμή που προκύπτει από αυτή.
- Στη διαχείριση μεταβλητών διαφορετικών τύπων. Καθώς οι μαθητές είναι συνηθισμένοι από τα Μαθηματικά στη χρήση μεταβλητών με αριθμητικές τιμές, συχνά δυσκολεύονται να διαχειριστούν μεταβλητές που δέχονται τιμές άλλων τύπων, όπως π.χ. λογικές ή αλφαριθμητικές, και κυρίως όταν τις χρησιμοποιούν για τον έλεγχο λογικών συνθηκών.
- Στην αρχικοποίηση της τιμής της μεταβλητής. Οι μαθητές συχνά παραλείπουν να αναθέσουν αρχική τιμή όταν ορίζουν μια μεταβλητή με αποτέλεσμα να παραμένει κενή και να δημιουργούνται σφάλματα κατά την εκτέλεση του προγράμματός τους.

Έχει διαπιστωθεί πως οι παραπάνω δυσκολίες πολλές φορές προκύπτουν από παρανοήσεις των μαθητών που οφείλονται στην πρότερη γνώση που έχουν αποκτήσει για τη μεταβλητή από το μάθημα των Μαθηματικών (Doukakis, Grigoriadou & Tsaganou, 2007; Τζιμογιάννης & Κόμης, 2000). Οι προγραμματιστικές μεταβλητές, ενώ μπορεί να έχουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά με τις μαθηματικές, διαφέρουν σε αρκετά και σημαντικά σημεία. Παρ' όλα αυτά οι μαθητές τείνουν να συγχέουν τις ιδιότητες των δύο εννοιών, με αποτέλεσμα να επιχειρούν να μεταφέρουν ιδιότητες των μαθηματικών μεταβλητών στις προγραμματιστικές.

Οι παραπάνω δυσκολίες που συχνά αντιμετωπίζουν οι μαθητές, αλλά και η έλλειψη ψηφιακών εργαλείων που να εστιάζουν στις ιδιότητες της προγραμματιστικής μεταβλητής, αποτέλεσαν την προβληματική της παρούσας έρευνας. Με την εκπαιδευτική παρέμβαση που πραγματοποιήθηκε, επιχειρήσαμε, αξιοποιώντας τις δυνατότητες του λογισμικού «Χελωνόσφαιρα», να προσεγγίσουμε την έννοια της μεταβλητής μέσα από διερευνητικές δραστηριότητες, με προσωπικό νόημα για τους μαθητές, που εστιάζουν στην κατασκευή παραμετρικών διαδικασιών και στο δυναμικό χειρισμό των μεταβλητών τους.

## Το εργαλείο Χελωνόσφαιρα

Η Χελωνόσφαιρα (Σχήμα 1) είναι ένα ψηφιακό περιβάλλον προγραμματισμού που αναπτύχθηκε από το Εργαστήριο Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας (<http://etl.ppp.uoa.gr>) του



## Υλοποίηση

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε Γυμνάσιο της Αθήνας και συμμετείχαν συνολικά οκτώ (8) μαθητές από τη Β' και την Γ' Γυμνασίου. Η έρευνα ολοκληρώθηκε σε τρεις συναντήσεις διάρκειας δύο διδακτικών ωρών η κάθε μια, οι οποίες λάμβαναν χώρα αμέσως μετά το τέλος του σχολικού ωραρίου. Για την εμπλοκή τους με τις δραστηριότητες, οι 8 μαθητές χωρίστηκαν σε ομάδες των δύο ατόμων και εργάστηκαν συνεργατικά με έναν υπολογιστή ανά ομάδα, αναλαμβάνοντας εναλλάξ ρόλους χειρισμού του λογισμικού.

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν για την ανάλυση, ήταν αρχεία ήχου από τις συνομιλίες των μαθητών, αρχεία καταγραφής οθόνης με χρήση του λογισμικού Hypercam 2, τα παραγόμενα αρχεία της Χελωνόσφαιρας και οι σημειώσεις των μαθητών και των ερευνητών. Ως μονάδα ανάλυσης των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το επεισόδιο με βάση τους διαλόγους των μαθητών. Για τις ανάγκες της ανάλυσης εστίασαμε σε μια ομάδα μαθητών.

## Παιδαγωγικό πλάνο

Η παιδαγωγική παρέμβαση ήταν χωρισμένη σε τέσσερις φάσεις. Στην πρώτη φάση οι μαθητές ήρθαν σε γνωριμία με το περιβάλλον και κατασκεύασαν στατικά τρισδιάστατα αντικείμενα με προγραμματισμό, χωρίς να κάνουν χρήση μεταβλητών. Στη συνέχεια, κατά τη δεύτερη φάση, αφού έγινε μια εισαγωγή για την έννοια της μεταβλητής στον προγραμματισμό, ζητήθηκε από τους μαθητές να προσθέσουν στο πρόγραμμά τους μια μεταβλητή ώστε να αλλάζει δυναμικά το μέγεθος ενός από τα σχήματα που είχαν ήδη κατασκευάσει (κύβος). Στην τρίτη φάση οι μαθητές προγραμματίσαν ένα δυναμικό ανάπτωμα κύβου, δηλαδή μια παραμετρική διαδικασία η οποία κατασκεύαζε ένα ανάπτωμα κύβου και η δυναμική μεταβολή των τιμών των ορισμάτων της «έκλεινε» σταδιακά το ανάπτωμα δημιουργώντας έναν κλειστό κύβο. Στην τέταρτη και τελευταία φάση οι μαθητές χρησιμοποίησαν δύο έτοιμες παραμετρικές διαδικασίες τρισδιάστατων αντικειμένων (τον κύβο και την πυραμίδα), με σκοπό να προγραμματίσουν μια δικιά τους πολύπλοκη κατασκευή και συγκεκριμένα μια γειτονιά από σπίτια. Η κατασκευή αυτή έπρεπε να είναι παραμετρική και να συνδυάζει τις μεταβλητές των άλλων διαδικασιών.

## Αποτελέσματα

Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι οι μαθητές καθ' όλη τη διάρκεια της έρευνας, χρησιμοποίησαν τις μεταβλητές στα προγράμματα τους με τους εξής διαφορετικούς τρόπους:

1. ως παραμέτρους διαδικασίας (π.χ. Για τετράγωνο :a)
2. ως ορίσματα κατά την κλήση μιας παραμετρικής διαδικασίας (π.χ. τετράγωνο :x/2)
3. ως αριθμό επαναλήψεων (συγκεκριμένα στην εντολή επανάλαβε :a)
4. ως εσωτερικό μετρητή σε μια επανάληψη (make "n :n +1)

Οι παραπάνω εφαρμογές ταυτίζονται με βασικές χρήσεις της μεταβλητής σε έναν αλγόριθμο και περιλαμβάνουν τόσο την εξωτερική όσο και την εσωτερική χρήση της μεταβλητής (Κόμης, 2004). Ταυτόχρονα, αποτελούν παραδείγματα που αναδεικνύουν το διαφορετικό ρόλο της μεταβλητής στον προγραμματισμό από τη μεταβλητή στα Μαθηματικά.

Όσον αφορά τη χρήση του εργαλείου δυναμικού χειρισμού των μεταβλητών, παρατηρήθηκε ότι ενώ στην αρχή της έρευνας οι μαθητές επαναεκελούσαν τις εντολές για να ελέγξουν τα αποτελέσματα των διαδικασιών τους με διαφορετικές τιμές ορισμάτων, καθώς προχωρούσε η έρευνα χρησιμοποιούσαν περισσότερο το εργαλείο δυναμικού χειρισμού. Συγκεκριμένα, εκτελούσαν μια φορά τη διαδικασία με κάποια ορίσματα και στη συνέχεια μετακινούσαν τον ολισθητή της μεταβλητής που τους ενδιέφερε με σκοπό να παρατηρήσουν τι συμβαίνει

στο σχήμα τους. Η διερευνητική αυτή διαδικασία βοήθησε τους μαθητές να αντιληφθούν το ρόλο των ορισμάτων των διαδικασιών στο αποτέλεσμα του κώδικα, αλλά και να εκοφλαματώσουν επιτυχώς τα προγράμματά τους. Στη συνέχεια παρουσιάζονται δύο χαρακτηριστικά επεισόδια που δείχνουν την αξιοποίηση του εργαλείου δυναμικού χειρισμού από τους μαθητές και τα νοήματα που αναδύθηκαν από αυτούς για τις μεταβλητές.

### **Δυναμικός έλεγχος μεταβλητών**

Στην τρίτη φάση της έρευνας, ζητήθηκε από τους μαθητές να προγραμματίσουν μια διαδικασία που να κατασκευάζει ένα δυναμικό ανάπτυγμα κύβου, δηλαδή ένα σχήμα το οποίο θα μπορεί να μεταβάλλεται μεταξύ του διδιάστατου αναπτύγματος κύβου και του κλειστού κύβου. Για να το πετύχουν οι μαθητές, ήταν αναγκαίο να προσθέσουν στη διαδικασία τους μια μεταβλητή, η οποία θα αντιστοιχούσε στη γωνία μιας στροφής στον χώρο.

#### *Απόσπασμα 1*

*E: Μετακινήσατε τον ολισθητή στο 45 ε;*

*M2: Το πήγαμε στο 45 γιατί όταν το κάναμε με 90 πριν, έκλεινε ο κύβος αλλά είχαμε κάνει λάθος.*

*M1: Και με 0 είναι επίπεδο οπότε δεν φαίνεται.*

*E: Γιατί δεν το κάνατε για 90;*

*M2: Γιατί άμα έκλεινε μπορεί κάποιο τετράγωνο να πήγαινε πάνω στο άλλο ενώ είναι λάθος. Αλλά πάλι θα το βλέπαμε σωστά εμείς.*

Στο παραπάνω απόσπασμα οι μαθητές με τη βοήθεια του εργαλείου των ολισθητών αναγνωρίζουν πως για να είναι σωστός ο αλγόριθμός τους, δεν αρκεί να βγαίνει το σωστό αποτέλεσμα για μια ή δύο διαφορετικές τιμές εισόδου, αλλά θα πρέπει να σχηματίζεται το σωστό σχήμα για οποιαδήποτε τιμή των ορισμάτων. Φαίνεται πως οι μαθητές για την εκοφλαμάτωση του αλγορίθμου τους, βασίζονται από τη μια στην οπτικοποίηση του αποτελέσματος του προγράμματος τους στη σκηνή και από την άλλη στο δυναμικό χειρισμό της τιμής της μεταβλητής.

Με την παραπάνω διαδικασία οι μαθητές κατάφεραν να εντοπίσουν και να διορθώσουν λάθη στον κώδικά τους και συνέχισαν με την ίδια στρατηγική μέχρι να υλοποιήσουν τον τελικό τους αλγόριθμο. Κάθε φορά δηλαδή, που ήθελαν να ελέγξουν το πρόγραμμά τους εκτελούσαν τη διαδικασία και στη συνέχεια μετακινούσαν τους ολισθητές των μεταβλητών της, ώστε να δουν αν προκύπτει το σωστό αποτέλεσμα για διαφορετικές τιμές εισόδου.

Στο παρακάτω απόσπασμα οι μαθητές χρησιμοποιούν το εργαλείο των ολισθητών σε συνδυασμό το παραγόμενο τρισδιάστατο σχήμα για να αποφασίσουν ποιο θα είναι το επόμενο βήμα στον κώδικα κατασκευής του δυναμικού αναπτύγματος κύβου. Συγκεκριμένα, έχουν ορίσει τη συνάρτηση *αναπτυγμακυβου* : $\chi$  : $\psi$ , όπου η μεταβλητή  $\psi$  αντιστοιχεί σε μια γωνία που «μεταβάλλει» το ανάπτυγμα σε κύβο. Για να δουν τι ακριβώς κατασκευάζει ο κώδικάς τους και πως λειτουργεί η μεταβλητή  $\psi$ , οι μαθητές μετακινούν σταδιακά τον ολισθητή της μεταβλητής  $\psi$ , παρατηρούν τις μεταβολές στο σχήμα και επιλέγουν σε ποια σημεία του κώδικά τους θα προσθέσουν μεταβλητή.

#### *Απόσπασμα 2*

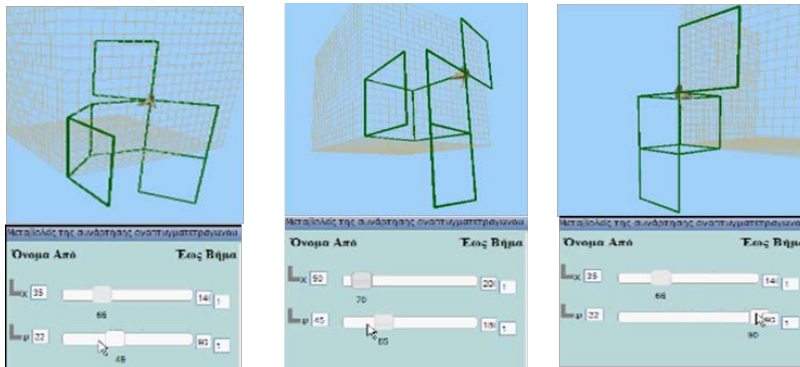
*M1: Λοιπόν μετακίνησε λίγο το  $\chi$  και  $\psi$  για να δούμε τι γίνεται*

*M2: Κοίτα κοίτα πως κλείνει! (Δείχνει πως κλείνει ο κύβος με τον ολισθητή  $\psi$ )*

*M2: Αυτά εδώ δεν μπορούν να γυρίσουν έτσι; (Εννοεί τα πλαϊνά τετράγωνα)*

*M1: Κοίτα δεν έχουμε βάλει μεταβλητές σε αυτά νομίζω*

*M2: Άρα πρέπει να βάλουμε άλλες δύο φορές τη μεταβλητή  $\psi$  στον κώδικα φαντάζομαι*



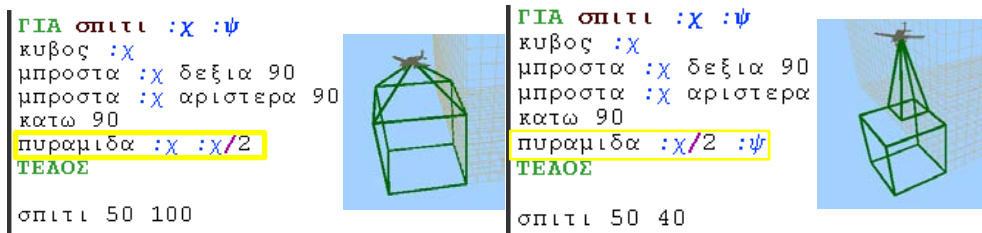
Σχήμα 2. Δυναμικός χειρισμός των μεταβλητών  $\chi$  και  $\psi$

### Χρήση μεταβλητών ως ορίσματα

Παρακάτω παρουσιάζεται ακόμη ένα παράδειγμα στο οποίο φάνηκε ότι οι μαθητές κατασκεύασαν νοήματα σχετικά με τις ιδιότητες της μεταβλητής σε ένα πρόγραμμα.

Στην τέταρτη φάση της έρευνας, δόθηκαν στους μαθητές δύο έτοιμες παραμετρικές διαδικασίες, η *πυραμίδα :a :w* και η *κύβος :a*, οι οποίες όταν εκτελούνταν κατασκεύαζαν μια πυραμίδα και έναν κύβο αντίστοιχα. Οι μαθητές προγραμμάτισαν μια δική τους διαδικασία με δύο παραμέτρους (*σπίτι :χ :ψ*), η οποία κατασκεύαζε ένα τρισδιάστατο σπίτι. Μέσα στον κώδικα της κύριας διαδικασίας *σπίτι :χ :ψ*, οι μαθητές κάλεσαν την έτοιμη υποδιαδικασία *πυραμίδα* ως *πυραμίδα :χ :χ/2*, χρησιμοποίησαν δηλαδή τη μεταβλητή  $\chi$  ως όρισμα. Κατόπιν, αφού εκτέλεσαν τη διαδικασία *σπίτι :χ :ψ*, μετακίνησαν τον ολισθητή της μεταβλητής  $\chi$  και παρατήρησαν στο παραγόμενο σχήμα ότι η τιμή της μεταβλητής  $\chi$  επηρεάζει το αποτέλεσμα που παράγεται και από την υποδιαδικασία *πυραμίδα :a :w*. Στη συνέχεια της δραστηριότητας οι μαθητές πειραματίστηκαν καλώντας τη διαδικασία *πυραμίδα :a :w* με διαφορετικούς συνδυασμούς των μεταβλητών  $\chi$  και  $\psi$  ως ορίσματα, όπως για παράδειγμα *πυραμίδα :χ/2 :ψ* και *πυραμίδα :χ :ψ* (Σχήμα 3).

Το παράδειγμα αυτό, φανερώνει ότι οι μαθητές κατασκεύασαν σημαντικά νοήματα σε σχέση με ορισμένες ιδιότητες της μεταβλητής και με το ρόλο της ως παράμετρο αλλά και ως όρισμα κατά την κλίση μιας υποδιαδικασίας. Καλώντας τη διαδικασία *πυραμίδα :a :w* ως *πυραμίδα :χ :χ/2*, οι μαθητές συνειδητοποιούν πως αναθέτουν αυτομάτως την τιμή της μεταβλητής  $\chi$  στην μεταβλητή  $a$  και το αποτέλεσμα της έκφρασης  $\chi/2$  στην μεταβλητή  $w$ . Επιπλέον, μέσα από το δυναμικό χειρισμό της μεταβλητής  $\chi$  οι μαθητές αναγνωρίζουν ότι η τιμή της μεταβλητής  $\chi$  επηρεάζει άμεσα τις τιμές των μεταβλητών  $a$  και  $w$  της υποδιαδικασίας *πυραμίδα*, αλλά και πως η ίδια μεταβλητή ( $\chi$ ) μπορεί να χρησιμοποιηθεί ταυτόχρονα με διαφορετικούς τρόπους. Κάποια συμπεράσματα στα οποία κατέληξαν οι μαθητές μέσα από αυτή τη δραστηριότητα ήταν πως η μεταβλητή  $\chi$  διατηρεί την αρχική τιμή της ακόμα και μετά από την ανάθεσή της σε άλλη μεταβλητή ή το πέρασμά της σε άλλη διαδικασία και πως τα ορίσματα παραμετρικών υποδιαδικασιών, εκτός από αριθμητικές τιμές, μπορούν να είναι και μεταβλητές. Τέλος, κατά τον πειραματισμό τους με διαφορετικούς συνδυασμούς μεταβλητών ως ορίσματα (*πυραμίδα :χ :ψ*, *πυραμίδα :χ/2 :ψ*), οι μαθητές ανέφεραν πως ήταν ιδιαίτερα χρήσιμη η γραφική απεικόνιση του αποτελέσματος του κώδικα, καθώς μπορούσαν εύκολα και γρήγορα να δουν ποιο κομμάτι του σχήματος, και κατ' επέκταση και του κώδικα, επηρεάζεται όταν άλλαζαν τα ορίσματα που χρησιμοποιούσαν.



Σχήμα 3. Χρήση μεταβλητών ως ορίσματα σε κλήση υποδιαδικασίας

### Συμπεράσματα - επεκτάσεις

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας φάνηκε ότι η χρήση του εργαλείου δυναμικού χειρισμού των μεταβλητών σε συνδυασμό με την ταυτόχρονη απεικόνιση κώδικα και γραφικής αναπαράστασης, βοήθησε σημαντικά τους μαθητές στην εφαρμογή και στη διαχείριση των μεταβλητών στα προγράμματά τους. Ιδιαίτερα η χρησιμότητα του δυναμικού χειρισμού, ήταν εμφανής κατά τη διαδικασία εκσφαλμάτωσης του κώδικα από τους μαθητές, καθώς μπορούσαν να εκτελούν εύκολα και γρήγορα την ίδια εντολή και να παρατηρούν τα αποτελέσματα των διαφορετικών ορισμάτων στο παραγόμενο σχήμα. Με τον τρόπο αυτό εντόπιζαν τα λάθη τους και αποφάσιζαν τις επόμενες ενέργειές τους αλλάζοντας πολλές φορές τον αρχικό τους σχεδιασμό. Επίσης, το εργαλείο δυναμικού χειρισμού βοήθησε τους μαθητές και κατά τη χρήση μεταβλητών ως ορίσματα σε υποδιαδικασίες. Τέλος, από τις συζητήσεις των μαθητών, φάνηκε πως μέσα από τη χρήση του εργαλείου αναγνώρισαν σημαντικές ιδιότητες της μεταβλητής όπως είναι η μοναδικότητα της τιμής της και η ανάθεση τιμής μεταξύ δύο μεταβλητών.

Τα παραπάνω συμπεράσματα επιβεβαιώνουν αποτελέσματα αντίστοιχων ερευνών για την παιδαγωγική αξία της χρήσης του προγραμματισμού για την κατασκευή γραφικών αναπαραστάσεων (Cooper, Dann & Pausch, 2000; Resnick et al., 2007), ενώ παράλληλα προσφέρουν μια πιθανή λύση στα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στην εφαρμογή της προγραμματιστικής μεταβλητής όπως αυτά έχουν αναδειχθεί από προηγούμενες έρευνες (Samurçay, 1989; Γλέζου & Γρηγοριάδου, 2009; Τζιμογιάννης & Κόμης, 2000). Καθώς πρόκειται για μια έρευνα μικρής κλίμακας δεν μπορούμε να προχωρήσουμε σε γενίκευση των αποτελεσμάτων, τα συμπεράσματα όμως που προέκυψαν μπορούν να αποτελέσουν τη βάση για περαιτέρω έρευνες πάνω στα ερωτήματα που τέθηκαν. Επιπλέον, λόγω της μικρής έκτασης της έρευνας αλλά και των λειτουργιών του εργαλείου δεν μπορέσαμε να εξετάσουμε όλους τους διαφορετικούς ρόλους της μεταβλητής σε ένα πρόγραμμα (π.χ. ως αθροιστής). Καθώς το εργαλείο δυναμικού χειρισμού της Χελωνόσφαιρας επιτρέπει τη μεταβολή μόνο των ορισμάτων μιας διαδικασίας και όχι των εσωτερικών μεταβλητών της, υπήρχαν περιορισμοί στη διερεύνηση των εσωτερικών μεταβλητών.

Με βάση την εμπειρία που προέκυψε από τη παρούσα έρευνα, θα ήταν χρήσιμο να πραγματοποιηθούν περαιτέρω έρευνες με το εργαλείο της Χελωνόσφαιρας οι οποίες θα εστιάζουν περισσότερο στη δημιουργία και κλήση παραμετρικών διαδικασιών καθώς και σε δραστηριότητες που προωθούν την αξιοποίηση του δυναμικού χειρισμού των μεταβλητών ορισμάτων. Οι μελέτες αυτές είναι πιθανό να συνεισφέρουν στην ανάδειξη της συμβολής ψηφιακών περιβαλλόντων όπως η Χελωνόσφαιρα στην αντιμετώπιση των δυσκολιών που συχνά προκύπτουν κατά τη διδασκαλία της μεταβλητής στον προγραμματισμό. Τέλος, λαμβάνοντας υπόψη τον ενθουσιασμό που έδειξαν οι μαθητές για την τρισδιάστατη σκηνή

της Χελωνόσφαιρας, θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν μελέτες για τη συμβολή δραστηριοτήτων που περιλαμβάνουν την κατασκευή τριδιάστατων αντικειμένων στη δημιουργία κινήτρων στους μαθητές για ενεργή εμπλοκή με τον προγραμματισμό.

## Ευχαριστίες

Η έρευνα που οδήγησε σε αυτά τα αποτελέσματα χρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση FP7, στο πλαίσιο της σύμβασης GA 610467: έργο “MCSquared”, <http://mc2-project.eu>. Το παρόν άρθρο εκφράζει αποκλειστικά τις απόψεις των συγγραφέων και η Ε.Ε. δεν φέρει ευθύνη για οποιαδήποτε χρήση γίνει σε πληροφορίες που περιλαμβάνονται σε αυτό.

## Αναφορές

- Brookshear, J. G. (2005). *Η επιστήμη των υπολογιστών. Μια ολοκληρωμένη παρουσίαση*. Αθήνα: Κλειδάριθμος.
- Cobb, P. (2001). Supporting the improvement of learning and teaching in social and institutional context. In S. Carver & D. Klahr (eds.), *Cognition and instruction: Twenty-five years of progress* (pp. 455–478), Cambridge, MA: Lawrence Erlbaum Associates.
- Collins, A., Joseph, D., & Bielaczyc, K. (2004). Design Research: Theoretical and Methodological Issues. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15–42.
- Cooper, S., Dann, W., & Pausch, R. (2000). Alice: a 3-D tool for introductory programming concepts. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 15, 107–116.
- Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational Thinking in K-12: A Review of the State of the Field. *Educational Researcher*, 42(1), 38–43.
- Doukakis, D., Grigoriadou, M., & Tsaganou, G. (2007). Understanding the programming variable concept with animated interactive analogies. In *Proceedings of the 8th Hellenic European Research on Computer Mathematics & Its Applications Conference (HERCMA'07)*. Retrieved 5 May 2016 from <http://www.aueb.gr/pympe/hercma/proceedings2007/H07-FULL-PAPERS-1/DOUKAKIS-GRIGORIADOU-TSAGANOU-1.pdf>.
- Kafai, Y. B., & Burke, Q. (2014). Mindstorms 2.0. Children, programming, and computational participation. In *Proceedings of Constructionism 2014*, Vienna. Retrieved 10 March 2016 from [http://constructionism2014.ifs.tuwien.ac.at/papers/2.6\\_3-8530.pdf](http://constructionism2014.ifs.tuwien.ac.at/papers/2.6_3-8530.pdf).
- Kuchemann, D. E. (1978). Children's Understanding of Numerical Variables. *Mathematics in School*, 7, 23–26.
- Kuittinen, M., & Sajaniemi, J. (2004). Teaching roles of variables in elementary programming courses. In *Proceedings of the 9th annual SIGCSE conference on innovation and technology in computer science education* (pp. 57–61), Leeds, United Kingdom: ACM Press.
- Kynigos, C. & Latsi, M. (2007). Turtle's navigation and manipulation of geometrical figures constructed by variable processes in a 3d simulated space. *Informatics in Education*, 6(2), 359–372.
- Kynigos, C., Moustaki, F., Smyrniou, R., & Xenos, M. (2014). Half-baked microworlds as expressive media for fostering creative mathematical thinking. In *Proceedings of Constructionism 2014*, Vienna. Retrieved 8 January 2016 from: [http://constructionism2014.ifs.tuwien.ac.at/papers/2.2\\_2-8574.pdf](http://constructionism2014.ifs.tuwien.ac.at/papers/2.2_2-8574.pdf).
- Prensky, M. (2008). *Programming Is the New Literacy*. Retrieved 14 March 2016 from <http://www.edutopia.org/literacy-computer-programming>.
- Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., & Kafai, Y. (2009). Scratch: programming for all. *Communications of the ACM*, 52(11), 60–67.
- Samurcay, R. (1989). The concept of variable in programming: Its meaning and use in problem-solving by novice programmers. *Studying the novice programmer*, 9, 161–178.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35.
- Γλέζου, Κ. & Γρηγοριάδου, Μ. (2009). Διδακτικές προσεγγίσεις που βασίζονται σε σύγχρονες θεωρίες μάθησης για τη Διδασκαλία του Προγραμματισμού. Στο Μ. Γρηγοριάδου, Ε. Γουλή & Α. Γόγουλου



- (επιμ.), *Διδακτικές Προσεγγίσεις και Εργαλεία για τη διδασκαλία της Πληροφορικής* (σελ. 75-106). Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
- Κυνηγός, Χ. (2006). *Το Μάθημα της Διερεύνησης*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Στεργιοπούλου-Καλαντζή, Λ. (1992). Η έννοια της μεταβλητής στην Πληροφορική. Νέες διδακτικές προοπτικές. *Ευκλείδης Γ*, 32(6), 79-89.
- Τζιμογιάννης, Α. & Κόμης, Β. (2000). Η έννοια της μεταβλητής στον Προγραμματισμό: Δυσκολίες και παρανοήσεις μαθητών του Ενιαίου Λυκείου. Στο Β. Κόμης (επιμ.), *Πρακτικά 2<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση»* (σ. 103-114), Πάτρα: ΕΤΠΕ.