

# Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2016)

8ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτική της Πληροφορικής



10<sup>ο</sup>

Πανελλήνιο και Διεθνές Συνέδριο  
Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση

<http://hcicte2016.etpe.gr>

8<sup>ο</sup>

Πανελλήνιο Συνέδριο  
Διδακτική της πληροφορικής

<http://didinfo2016.etpe.gr>

Ιωάννινα, 23-25 Σεπτεμβρίου 2016  
Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Συνεδριακό Κέντρο «Κάρολος Παπούλιας»



Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων  
Σχολή Επιστημών Αγωγής

«Εργαστήριο Εφαρμογών Εικονικής Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση»  
«Εργαστήριο Νέων Τεχνολογιών και Εκπαίδευσης από Απόσταση»  
Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών και Πληροφορικής



Τρισδιάστατες κατασκευές με προγραμματισμό:  
εργαστήριο με το περιβάλλον "Χελονόσφαιρα"

Μαριάνθη Γριζιώτη, Μάριος Ξένος, Χρόνης Κυνηγός

# Τρισδιάστατες κατασκευές με προγραμματισμό: εργαστήριο με το περιβάλλον «Χελωνόσφαιρα»

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

## Περίληψη

Η «Χελωνόσφαιρα» είναι ένα διαδικτυακό, εκπαιδευτικό λογισμικό που υποστηρίζει τον προγραμματισμό τρισδιάστατων αντικειμένων σε μια γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου, βασισμένη στη Logo. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του περιβάλλοντος αποτελεί η δυνατότητα δυναμικού χειρισμού των μεταβλητών του κώδικα από τον χρήστη και η ταυτόχρονη συμμεταβολή του γραφικού αποτελέσματος. Η «Χελωνόσφαιρα» θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο για μια διαφορετική προσέγγιση στη διδακτική εννοιών προγραμματισμού σε ένα ευρύ φάσμα ηλικιών. Σε αυτό το πρόγραμμα επιμόρφωσης (tutorial), θα αξιοποιηθούν οι λειτουργικότητες του λογισμικού στο σχεδιασμό δραστηριοτήτων για τη Διδακτική της Πληροφορικής.

**Λέξεις κλειδιά:** προγραμματισμός, τρισδιάστατος χώρος, εκπαιδευτικό λογισμικό

## Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται, σε παγκόσμιο επίπεδο, μια μεγάλη στροφή προς τον προγραμματισμό ως μέσο ανάπτυξης ευρύτερων δεξιοτήτων των μαθητών, που συμβάλλουν στην καλλιέργεια της υπολογιστικής τους σκέψης (computational thinking) (Grover & Pea, 2013; Kafai & Burke, 2014; Wing, 2006). Η αναγνώριση του προγραμματισμού ως ισχυρό εκπαιδευτικό εργαλείο, έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη ολοένα και περισσότερων διαδικτυακών εφαρμογών και ιστοσελίδων, που προωθούν την ενεργή εμπλοκή των παιδιών με τον προγραμματισμό, όπως είναι τα περιβάλλοντα Scratch, Lightbot κ.α. Ταυτόχρονα, την τελευταία πενταετία γνωρίζουν ιδιαίτερα μεγάλη απήχηση πρωτοβουλίες για εμπλοκή των μαθητών με τον προγραμματισμό, όπως η «ώρα του κώδικα» (<https://code.org/>) και το «code academy» (<https://www.codecademy.com/>), με χιλιάδες επισκέψεις από μαθητές και εκπαιδευτικούς παγκοσμίως.

Συνήθως, τα εκπαιδευτικά λογισμικά που χρησιμοποιούνται στις παραπάνω δράσεις και εφαρμογές, βασίζονται στη λογική της γλώσσας Logo και της χελώνας του Papert (Papert, 1991) την οποία μεταφέρουν σε σύγχρονα περιβάλλοντα, με ελκυστικά γραφικά για τα παιδιά. Πολλά από αυτά τα περιβάλλοντα χρησιμοποιούν «προγραμματιστικά μπλοκ», αντί για συντάκτη εντολών, ενώ τα περισσότερα λειτουργούν και διαδικτυακά. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το περιβάλλον Scratch, το οποίο έχει δημιουργήσει μια μεγάλη διαδικτυακή κοινότητα όπου μαθητές και εκπαιδευτικοί απ' όλο τον κόσμο ανταλλάσσουν τις κατασκευές που δημιουργούν με προγραμματισμό (Resnick, 2014). Παρ' όλο που το Scratch έχει αναγνωριστεί ως ένα ισχυρό εργαλείο για την ανάπτυξη προγραμματιστικών δεξιοτήτων όπως η λογική της επανάληψης, οι δομές επιλογής και η παράλληλη διεργασία, παρουσιάζει έλλειψη μέσων που να υποστηρίζουν πιο αφαιρετικές λειτουργίες μέσα στις προγραμματιστικές διαδικασίες (Grover & Pea, 2013). Το γεγονός ότι υποστηρίζει αποκλειστικά τη χρήση προγραμματιστικών μπλοκ και όχι τη σύνταξη

ελεύθερου κώδικα, το καθιστά ένα εργαλείο με «χαμηλό ταβάνι» (low ceiling). Όπως αναφέρουν ο Resnick και οι συνεργάτες του (2009), δεν είναι σκοπός του Scratch να αυξήσει το «ταβάνι» για τους προχωρημένους χρήστες, καθώς υπάρχουν άλλα εργαλεία και γλώσσες προγραμματισμού για αυτόν τον σκοπό.

Σημαντικό ρόλο στην εμπλοκή των μαθητών με τον προγραμματισμό παίζει, εκτός από το λογισμικό, και το είδος των δραστηριοτήτων που θα χρησιμοποιηθούν. Πολύ συχνά, οι δραστηριότητες στις οποίες εμπλέκονται οι μαθητές στα διάφορα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα προγραμματισμού, περιορίζονται στην εύρεση μιας και μοναδικής λύσης για την επίλυση ασκήσεων διαβαθμισμένης δυσκολίας σε μορφή quiz (π.χ. στην Ώρα του Κώδικα). Οι ασκήσεις αυτές προβάλλουν τους βασικούς κανόνες του προγραμματισμού, χωρίς όμως να αναδεικνύουν τις δυνατότητες που προσφέρει ο προγραμματισμός για κατασκευή νέων δομημάτων, για σύνθεση διαδικασιών και για βαθύτερη αλγοριθμική σκέψη (Resnick, 2014). Είναι σημαντικό οι δραστηριότητες σε συνδυασμό με τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για τη διδασκαλία του προγραμματισμού, να αξιοποιούν την πρόσθετη παιδαγωγική αξία που προσφέρουν οι νέες τεχνολογίες για έκφραση και δημιουργία, όπου η διερεύνηση και το μαστόρεμα με μοντέλα (Κυνηγός, 2006), αναδεικνύουν σημαντικές πτυχές της μαθησιακής διαδικασίας.

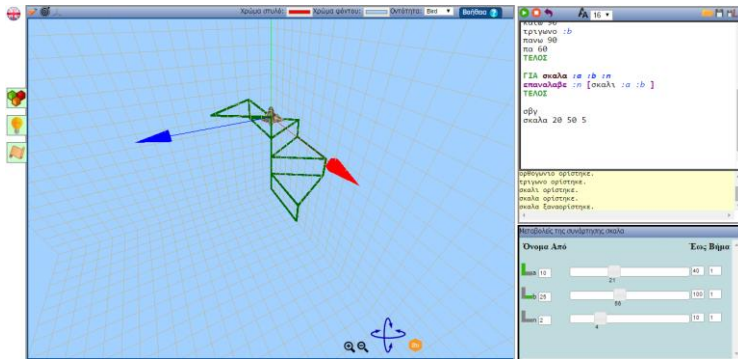
Σκοπός του συγκεκριμένου προγράμματος επιμόρφωσης (tutorial) είναι η παρουσίαση του ψηφιακού εκπαιδευτικού περιβάλλοντος προγραμματισμού «Χελωνόσφαιρα», μέσα από μια σειρά προτάσεων και παραδειγμάτων για την αξιοποίηση του στη διδακτική εννοιών της Πληροφορικής.

## **Το λογισμικό Χελωνόσφαιρα**

Η Χελωνόσφαιρα (Σχήμα 1) σχεδιάστηκε από την ομάδα του Εργαστηρίου Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών και αποτελεί ένα διαδικτυακό εκπαιδευτικό περιβάλλον που επιτρέπει στον χρήστη τη δημιουργία τρισδιάστατων κατασκευών μέσω προγραμματισμού σε μια Logo-based γλώσσα υψηλού επιπέδου. Η Χελωνόσφαιρα αναπτύχθηκε με τις γλώσσες προγραμματισμού html5 και JavaScript ώστε να μπορεί να λειτουργεί άμεσα σε όλους τους φυλλομετρητές και τις σύγχρονες συσκευές (η/υ, tablet, κινητά κλπ), χωρίς να απαιτείται η λήψη ή η εγκατάσταση κάποιου αρχείου ή πρόσθετου.

Στο περιβάλλον της Χελωνόσφαιρας ο χρήστης προγραμματίζοντας διαδικασίες κατασκευάζει τις δικές του αναπαραστάσεις σε μια τρισδιάστατη σκηνή, ενώ με δύο ειδικά εργαλεία έχει τη δυνατότητα να μεταβάλλει δυναμικά τις αναπαραστάσεις αυτές, μεταβάλλοντας τις τιμές των ορισμάτων των παραμετρικών διαδικασιών που έχει ορίσει. Επιπλέον, έχει τη δυνατότητα να αλλάζει δυναμικά το σημείο θέασης του τρισδιάστατου χώρου, ελέγχοντας μια περισκοπική κάμερα. Τέλος, το περιβάλλον προσφέρει τη δυνατότητα τοπικής αποθήκευσης των κατασκευών του χρήστη στον υπολογιστή του, ώστε να μπορεί να τις μοιραστεί με άλλους ή να τις προβάλλει σε άλλες συσκευές.

Το περιβάλλον της Χελωνόσφαιρας (Σχήμα 1) αποτελείται από δυο βασικές περιοχές. Στο αριστερό μέρος βρίσκεται η σκηνή των τριών διαστάσεων μαζί με την τρισδιάστατη οντότητα (αρχικά περισσότερη). Στο πάνω δεξιό μέρος βρίσκεται ο συντάκτης εντολών, ενώ στο κάτω δεξιό μέρος βρίσκονται τα εργαλεία δυναμικού χειρισμού, τα οποία επιτρέπουν στον χρήστη το δυναμικό χειρισμό των αναπαραστάσεων της σκηνής.



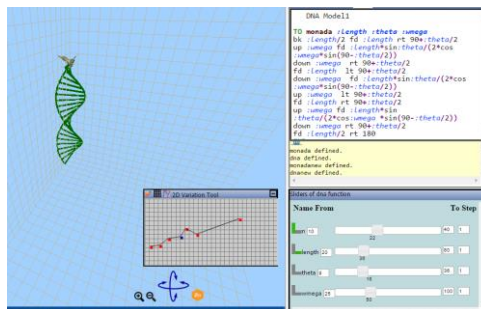
Σχήμα 1. Το περιβάλλον του λογισμικού "Χελωνόσφαιρα"

Πιο συγκεκριμένα:

- Η σκηνή: Αποτελεί μια εικονική προσομοίωση του τρισδιάστατου χώρου όπου απεικονίζεται το γραφικό αποτέλεσμα των εντολών που εκτελούνται από τον χρήστη. Το αποτέλεσμα των εντολών είναι το ίχνος που αφήνει κατά τη μετακίνησή του το τρισδιάστατο μοντέλο μιας οντότητας (π.χ. περιστερί). Η οντότητα της σκηνής χαρακτηρίζεται οποιαδήποτε στιγμή από την κατάσταση της δηλαδή (α) από τη θέση της και (β) από τον προσανατολισμό της. Η θέση της καθορίζεται από το κέντρο του τρισδιάστατου αντικειμένου που την απεικονίζει, ενώ ο προσανατολισμός της ορίζεται από τη θέση του «κεφαλιού» του αντικειμένου. Τα αντικείμενα που αναπαριστούν την οντότητα έχουν επιλεγεί ώστε να είναι ευδιάκριτος ο προσανατολισμός τους στις τρεις διαστάσεις. Το ίχνος της οντότητας αναπαρίσταται ως μια λεπτή κυλινδρική γραμμή που μπορεί να είναι επιλέξιμη από τον χρήστη. Επιπλέον, η σκηνή διαθέτει μια εργαλειοθήκη που παρέχει στον χρήστη επιλογές σχετικές με την εμφάνισή της σκηνής και της οντότητας. Από την εργαλειοθήκη αυτή, ο χρήστης μπορεί να αλλάξει το αντικείμενο που απεικονίζει την οντότητα, το χρώμα του ίχνους της κ.ά.
- Ο Συντάκτης Εντολών: Αποτελεί το πεδίο συμβολικής έκφρασης με χρήση μιας ειδικά σχεδιασμένης έκδοσης της γλώσσας Logo η οποία περιλαμβάνει εντολές για κινήσεις στις τρεις διαστάσεις. Εκτελώντας τις εντολές της γλώσσας Logo, ο χρήστης μπορεί να καθοδηγήσει την οντότητα που υπάρχει στη σκηνή και να δημιουργήσει τρισδιάστατα σχήματα. Επίσης έχει τη δυνατότητα να ορίσει νέες διαδικασίες (απλές ή παραμετρικές), που θα εκτελούν το δικό του κώδικα. Στο κάτω μέρος του συντάκτη, υπάρχει μια ειδική περιοχή στην οποία εμφανίζονται μηνύματα ανατροφοδότησης από το σύστημα (π.χ. μηνύματα σφάλματος στον κώδικα).
- Τα εργαλεία δυναμικού χειρισμού: Τα εργαλεία δυναμικού χειρισμού της Χελωνόσφαιρας δίνουν τη δυνατότητα στον χρήστη να ελέγχει δυναμικά τις τιμές των μεταβλητών μιας εκτελεσμένης παραμετρικής διαδικασίας (Σχήμα 2).  
Ο μονοδιάστατος μεταβολέας: Βρίσκεται ακριβώς κάτω από το συντάκτη εντολών και ενεργοποιείται μόνο εφόσον εκτελεσθεί μια παραμετρική διαδικασία και γίνει «κλικ» στο αντίστοιχο ίχνος της οντότητας. Αποτελείται από μεταβολείς-αριθμογραμμές, στον καθένα από τους οποίους αντιστοιχεί μια μεταβλητή της διαδικασίας. Μετακινώντας τον ολισθητή του κάθε μεταβολέα, η διαδικασία επανεκτελείται άμεσα με τη νέα τιμή της μεταβλητής και ταυτόχρονα αλλάζει και η αναπαράστασή της στη σκηνή. Ο κάθε μεταβολέας έχει ένα εύρος τιμών το οποίο

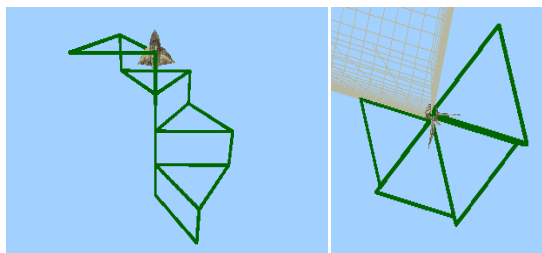
μπορεί να τροποποιηθεί από τον χρήστη αλλάζοντας τις τιμές στα πεδία «από» και «έως». Μετακινώντας τους μεταβολείς μιας συνάρτησης, ο χρήστης μπορεί να διερευνήσει άμεσα το ρόλο των μεταβλητών στο πρόγραμμά του και το αποτέλεσμα των διαφόρων τιμών των ορισμάτων μιας διαδικασίας στο τελικό αποτέλεσμα του κώδικα.

Ο διοδιάστατος μεταβολέας: Επιτρέπει τη συμμεταβολή των τιμών δύο μεταβλητών μιας εκτελεσμένης παραμετρικής διαδικασίας και ενεργοποιείται όταν επιλεγούν αυτές οι δύο μεταβλητές από το μονοδιάστατο μεταβολέα. Ο χρήστης κάνοντας κλικ στην επιφάνειά του διοδιάστατου μεταβολέα και μετακινώντας το ποντίκι, μεταβάλλει ταυτόχρονα τις τιμές και των δύο μεταβλητών. Το αποτέλεσμα των αλλαγών φαίνεται άμεσα στην αναπαράσταση του ίχνους στην τρισδιάστατη σκηνή.



Σχήμα 2. Τα εργαλεία δυναμικού χειρισμού της Χελωνόσφαιρας

- Τα εργαλεία χειρισμού του σημείου θέασης του τρισδιάστατου χώρου: Καθώς η σκηνή απεικονίζει ένα χώρο τριών διαστάσεων, η Χελωνόσφαιρα διαθέτει μια περισκοπική κάμερα η οποία μετακινείται στη νοητή σφαίρα της σκηνής. Περιτρέφοντας την κάμερα ο χρήστης μπορεί να αντιληφθεί με διαφορετικούς τρόπους τον τρισδιάστατο χώρο κατά τη διαδικασία της κατασκευής ενός αντικειμένου (Σχήμα 3) (Latsi & Kynigos, 2012). Ο χειρισμός της κάμερας μπορεί να πραγματοποιηθεί με τρεις διαφορετικούς τρόπους: (α) χρησιμοποιώντας το ποντίκι, (β) Χρησιμοποιώντας συγκεκριμένα πλήκτρα του πληκτρολόγιου και (γ) χρησιμοποιώντας τα ειδικά εργαλεία ελέγχου της κάμερας που διαθέτει η σκηνή κάτω δεξιά.



Σχήμα 3. Διαφορετικές οπτικές του ίδιου αντικειμένου στη Χελωνόσφαιρα

Συγκρίνοντας τη «Χελωνόσφαιρα» με αντίστοιχα λογισμικά προγραμματισμού, μπορούμε να πούμε πως συνδυάζει σε ένα περιβάλλον:

1. τη δυνατότητα ελεύθερης κατασκευής και πειραματισμού προσφέροντας ένα ισχυρό εργαλείο για κονοτραξιονιστική μάθηση.
2. τις πολλαπλές συνδεδεμένες αναπαραστάσεις, καθώς συνδυάζει τις εντολές του κώδικα με την ταυτόχρονη αναπαράστασή τους στη σκηνή, οι οποίες συμβάλλουν στην ανάπτυξη νοημάτων από τους μαθητές.
3. μια γλώσσα προγραμματισμού που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από όλες τις ηλικίες και τα γνωστικά επίπεδα των μαθητών χωρίς περιορισμούς.
4. τα τρισδιάστατα γραφικά και την πλοήγηση στον τρισδιάστατο χώρο, κάνοντας το περιβάλλον πιο ελκυστικό για τους μαθητές.
5. το δυναμικό χειρισμό των αναπαραστάσεων και των παραμέτρων των διαδικασιών μέσα από τα ειδικά εργαλεία δυναμικού χειρισμού, προσφέροντας μια διαφορετική προσέγγιση της μελέτης της μεταβλητής στον προγραμματισμό.
6. την ευκολία πρόσβασης ενός διαδικτυακού περιβάλλοντος.

Το λογισμικό μαζί με το αναλυτικό εγχειρίδιο χρήσης του διατίθενται από το διαδικτυακό τόπο του Εργαστηρίου Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας (<http://etl.ppp.uoa.gr/malt2>).

### **Το πρόγραμμα επιμόρφωσης (tutorial)**

Το κεντρικό θέμα του συγκεκριμένου προγράμματος επιμόρφωσης (tutorial) είναι η αξιοποίηση του λογισμικού «Χελωνόσφαιρα» ως εργαλείο κατασκευής εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων που βασίζονται στον προγραμματισμό τρισδιάστατων αντικείμενων και στο δυναμικό χειρισμό τους μέσα από τα εργαλεία δυναμικού χειρισμού των μεταβλητών. Στα πλαίσια του προγράμματος θα παρουσιαστούν συγκεκριμένες δραστηριότητες που έχουν αναπτυχθεί στο περιβάλλον της Χελωνόσφαιρας για τη Διδακτική της Πληροφορικής, ενώ οι συμμετέχοντες θα μπορέσουν να δημιουργήσουν και τις δικές τους δραστηριότητες με το λογισμικό.

### **Αξιοποίηση της Χελωνόσφαιρας για τη Διδακτική της Πληροφορικής**

Το περιβάλλον της «Χελωνόσφαιρας» προτείνεται να χρησιμοποιηθεί για μια διαφορετική προσέγγιση της διδακτικής εννοιών της Πληροφορικής όπως ο ορισμός διαδικασιών και υποδιαδικασιών, οι παραμετρικές διαδικασίες, η μεταβλητή και οι επαναληπτικές δομές. Επιπλέον, η γλώσσα που χρησιμοποιεί η Χελωνόσφαιρα είναι κατάλληλη για όλες τις ηλικίες των μαθητών, καθώς επιτρέπει την ανάπτυξη ενός μεγάλου φάσματος δραστηριοτήτων διαβαθμισμένης δυσκολίας και βαθμού εμπλοκής με τον προγραμματισμό.

### **Διαδικαστικός προγραμματισμός**

Η γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο του περιβάλλοντος, βασισμένη στη γλώσσα UCBLogo, δίνει στους μαθητές τη δυνατότητα να εμπλακούν άμεσα με το διαδικαστικό προγραμματισμό. Αξιοποιώντας την επεκτασιμότητα της γλώσσας Logo (Γλέζου & Γρηγοριάδου, 2009), οι μαθητές μπορούν να δημιουργήσουν νέες διαδικασίες οι οποίες θα δέχονται ή όχι παραμέτρους και στη συνέχεια να χρησιμοποιήσουν τις διαδικασίες αυτές είτε ως μεμονωμένες εντολές είτε ως υποδιαδικασίες μέσα σε νέες διαδικασίες. Έτσι οδηγούνται στην επίλυση πολύπλοκων προβλημάτων μέσα από μικρά βήματα και εισάγονται στον προγραμματισμό και την κλίση διαδικασιών.

## **Η έννοια της μεταβλητής**

Πολλές έρευνες (Doukakis, Grigoriadou, & Tsaganou, 2007; Samurcay, 1989; Τζιμογιάννης & Κόμης 2000) έχουν αναδείξει τις δυσκολίες των μαθητών στην κατανόηση του ρόλου και της χρήσης της μεταβλητής σε ένα πρόγραμμα. Μια τυπική παρανόηση αποτελεί η σύγχυση της μεταβλητής που χρησιμοποιείται στα μαθηματικά με τη μεταβλητή στον προγραμματισμό.

Η «Χελωνόσφαιρα» προσφέρει ένα διαφορετικό τρόπο εμπλοκής με τη χρήση της μεταβλητής ως παράμετρο διαδικασιών. Συγκεκριμένα, οι χρήστες μπορούν να ορίσουν και να εκτελέσουν παραμετρικές διαδικασίες και στη συνέχεια να επιλέξουν το αντίστοιχο σχήμα από την τρισδιάστατη σκηνή ώστε να ενεργοποιήσουν το εργαλείο δυναμικού χειρισμού των μεταβλητών. Το εργαλείο αυτό, το οποίο απεικονίζει με τη μορφή ολισθητών τις παραμέτρους της επιλεγμένης διαδικασίας, επιτρέπει στον χρήστη να μεταβάλλει δυναμικά τις τιμές των ορισμάτων με τις οποίες εκτελείται η συγκεκριμένη διαδικασία και να παρατηρεί άμεσα το αποτέλεσμα στο αντίστοιχο σχήμα. Με τον τρόπο αυτό αποτυπώνεται η λειτουργία των μεταβλητών ως παράμετροι διαδικασιών ενώ αναδεικνύονται σημαντικές ιδιότητες της μεταβλητής όπως είναι η μοναδικότητα της τιμής της και η ανάθεση τιμής μεταξύ δύο μεταβλητών (μέσα από τη χρήση υποδιαδικασιών). Επιπλέον, οι μαθητές εμπλέκονται σε μια διαδικασία σύνθεσης και αυθεντικού πειραματισμού μέσα από τη δοκιμή και τον έλεγχο των υποθέσεων τους, που τους οδηγεί στην ανάπτυξη νοημάτων για το ρόλο της μεταβλητής στο πρόγραμμά τους.

## **Η «Χελωνόσφαιρα» στην έρευνα**

Πρόσφατα, πραγματοποιήθηκε μια έρευνα μικρής κλίμακας, με σκοπό να μελετηθεί η διαδικασία κατασκευής νοημάτων από τους μαθητές για την έννοια της μεταβλητής στον προγραμματισμό με το λογισμικό Χελωνόσφαιρα. Στην έρευνα συμμετείχαν 8 μαθητές Γυμνασίου και ολοκληρώθηκε σε τρεις διαδοχικές συναντήσεις, διάρκειας δύο ωρών η κάθε μια.

Οι μαθητές, στην πρώτη φάση της έρευνας, χρησιμοποίησαν τη Χελωνόσφαιρα για να προγραμματίσουν διαδικασίες που κατασκευάζουν τρισδιάστατα αντικείμενα. Στη δεύτερη φάση, πρόσθεσαν μια μεταβλητή στον κώδικά τους ώστε να μπορούν να μεταβάλλουν το μέγεθος των αντικειμένων τους. Στο τέλος της δεύτερης φάσης χρησιμοποίησαν το εργαλείο δυναμικού χειρισμού της Χελωνόσφαιρας, ώστε να αλλάζουν δυναμικά την τιμή των μεταβλητών τους δημιουργώντας animation του αντικειμένου. Στην τρίτη φάση, οι μαθητές προγραμματίσαν μια παραμετρική διαδικασία η οποία κατασκεύαζε ένα δυναμικό ανάπτυγμα κύβου, δηλαδή ένα σχήμα το οποίο ανάλογα με την τιμή εισόδου του μεταβάλλεται από το διδιάστατο ανάπτυγμα ενός κύβου σε έναν κλειστό τρισδιάστατο κύβο. Στην τέταρτη και τελευταία φάση της έρευνας, δόθηκαν στους μαθητές δύο έτοιμες παραμετρικές διαδικασίες οι οποίες κατασκεύαζαν τα τρισδιάστατα σχήματα του κύβου και της πυραμίδας αντίστοιχα, και ζητήθηκε από αυτούς να τις χρησιμοποιήσουν ως δομικούς λίθους στον προγραμματισμό μιας πολύπλοκης κύριας διαδικασίας. Οι μαθητές δημιούργησαν πολύπλοκα σχήματα, όπως μια γειτονιά από σπίτια, τα οποία κατασκευάζονταν από μια κεντρική παραμετρική διαδικασία η οποία καλούσε με τη σειρά της έναν αριθμό από παραμετρικές υποδιαδικασίες.

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 μεταβλητών στα προγράμματά τους. Ιδιαίτερα η χρησιμότητα του δυναμικού

χειρισμού των παραμέτρων 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.

Επιπλέον, το εργαλείο δυναμικού χειρισμού βοήθησε τους μαθητές και κατά τη χρήση μεταβλητών ως ορίσματα σε υποδιαδικασίες. Συγκεκριμένα, όταν χρειάστηκε να καλέσουν την παραμετρική διαδικασία ορισμένη ως *τετράγωνο χ*, μέσα από τη *διαδικασία κύβος α* έπρεπε να της δώσουν ως όρισμα τη μεταβλητή *α* της κύριας διαδικασίας. Στο σημείο αυτό οι μαθητές δυσκολεύονταν να κατανοήσουν πως η τιμή της μεταβλητής *α* της κύριας διαδικασίας ανατίθεται στην παράμετρο *χ*. Μεταβάλλοντας τις τιμές της μεταβλητής *α* της κύριας διαδικασίας (κύβος) με το εργαλείο του δυναμικού χειρισμού, αναγνώρισαν στο μεταβαλλόμενο σχήμα ότι αυτό επηρέαζε και το αποτέλεσμα της υποδιαδικασίας (τετράγωνο) και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι μια παραμετρική διαδικασία μπορεί να δεχθεί εκτός από σταθερούς αριθμούς και μεταβλητές ως ορίσματα. Στη συνέχεια αξιοποίησαν αυτή τη γνώση για πιο σύνθετες κλίσεις υποδιαδικασιών. Για παράδειγμα, κάλεσαν τη διαδικασία *πυραμίδα α w* ως υποδιαδικασία *πυραμίδα :χ/2 :ψ*

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την παραπάνω έρευνα δεν μπορούν να γενικευτούν, μπορούν όμως να αποτελέσουν τη βάση για περαιτέρω έρευνες σχετικά με τη χρήση και την αξιοποίηση εκπαιδευτικών περιβαλλόντων προγραμματισμού που συνδυάζουν την γραφική αναπαράσταση του κώδικα με το δυναμικό χειρισμό των μεταβλητών, όπως η Χελωνόσφαιρα, και την πιθανή συμβολή τους στην αντιμετώπιση των δυσκολιών που συχνά προκύπτουν κατά τη διδασκαλία του προγραμματισμού.

## 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

- 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)
- Latsi, M., & Kynigos, C. (2012). Experiencing 3d Simulated Space through Different Perspectives. In A. Jimoyiannis (eds.), *Research on e-Learning and ICT in Education* (pp. 183–195), New York: Springer
- Papert, S., (1991). Νοητικές θύελλες, παιδιά, ηλεκτρονικοί υπολογιστές και δυναμικές ιδέες, (μτφ. Σταματίου Α.). Αθήνα: Οδυσσέας.
- Resnick, M. (2014). Give P's a chance: Projects, Peers, Passion, Play. In *Constructionism 2014*. Vienna. Retrieved 15 February 2016 from [http://constructionism2014.ifs.tuwien.ac.at/papers/1.2\\_1-8527.pdf](http://constructionism2014.ifs.tuwien.ac.at/papers/1.2_1-8527.pdf)



- 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
- 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.