

Ρομποτική, Οπτικός Προγραμματισμός και Βασικές Προγραμματιστικές Δομές

Χ. Χαρίσης και Τ. Α. Μικρόπουλος

Εργαστήριο Εφαρμογών Εικονικής Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση, Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων
xristos_ioa@yahoo.gr, amikrop@uoi.gr

Περίληψη

Μαθητές και φοιτητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες στον προγραμματισμό, με χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτές που σχετίζονται με τις δομές επιλογής και επανάληψης. Βασική αιτία θεωρείται το γεγονός ότι διδάσκονται κυρίως δεξιότητες μιας συγκεκριμένης γλώσσας προγραμματισμού και όχι μεθοδολογία για την επίλυση προβλημάτων. Παρότι υπάρχουν πολλές εναλλακτικές προτάσεις για τη διδασκαλία του προγραμματισμού, δεν υπάρχουν προτάσεις και εμπειρικά δεδομένα για τις δομές επιλογής και επανάληψης. Η εργασία προτείνει την εκπαιδευτική ρομποτική και τον οπτικό προγραμματισμό για την αντιμετώπιση των δυσκολιών. Παρουσιάζει αποτελέσματα μιας μελέτης περίπτωσης συγκρίνοντας απαντήσεις επτά μαθητών σε οκτώ προβλήματα σε χαρτί και στο περιβάλλον Lego / Robolab. Ο προγραμματισμός σε Robolab αποφέρει θετικά μαθησιακά αποτελέσματα με χαρακτηριστικό τη χρήση της σωστής και επιθυμητής δομής σε κάθε περίπτωση. Επίσης, αυξάνει και διατηρεί το κίνητρο των μαθητών για τον προγραμματισμό.

Λέξεις κλειδιά: *Εκπαιδευτική ρομποτική, οπτικός προγραμματισμός, δομή ελέγχου, δομή επανάληψης, μελέτη περίπτωσης*

Abstract

High school and University students face difficulties in programming, especially in control and repeat structures. The main reason is the fact that students are mainly taught programming skills and not problem solving methodology. Although there are proposals for teaching and learning programming, there is no evidence for control and repeat structures. This work proposes educational robotics and visual programming for solving such difficulties. It presents results from a case study comparing the answers of seven students in eight problems both in pen and pencil and Lego / Robolab. Programming in Robolab shows positive learning outcomes especially concerning the use of the correct and desired structure for every case. Moreover, programming in Robolab increases and sustains students' motive for programming.

Keywords: *Educational robotics, visual programming, control structure, repeat structure, case study*

1 Εισαγωγή

Μαθητές και φοιτητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες στον προγραμματισμό, με χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτές που σχετίζονται με τις δομές επιλογής και επανάληψης. Βασική αιτία θεωρείται το γεγονός ότι οι μαθητές διδάσκονται κυρίως

κάποια συγκεκριμένη γλώσσα προγραμματισμού και όχι μεθοδολογία για την επίλυση προβλημάτων.

Τα κυριότερα προβλήματα που έχουν παρατηρηθεί κατά τη διδασκαλία της πληροφορικής και του προγραμματισμού έχουν να κάνουν με το ότι οι μαθητές (Ματάνας κ.α., 2003; Τζιμογιάννης, 2005):

δεν αντιλαμβάνονται τη διαδικασία επικοινωνίας μεταξύ ανθρώπου – μηχανής και την εννοιολογική μηχανή

τα περισσότερα προβλήματα είναι μαθηματικού τύπου χωρίς αντιστοίχιση σε καθημερινά προβλήματα

παρουσιάζουν δυσκολίες στην αντίληψη και την έκφραση των αλγορίθμων

κατανοούν τον αλγόριθμο στη φυσική γλώσσα, αλλά δυσκολεύονται στη μεταφορά του στην αυστηρή και λιτή σύνταξη και δομή του κώδικα

τα περισσότερα προγραμματιστικά περιβάλλοντα είναι προσανατολισμένα προς έμπειρους προγραμματιστές.

Οι Τζιμογιάννης και Γεωργίου που εντοπίζουν δυσκολίες μαθητών σε δομές ελέγχου, τις δικαιολογούν στη διδασκαλία της γλώσσας προγραμματισμού καθαυτής και όχι μεθοδολογίας επίλυσης προβλημάτων (1999). Ο Carlisle αναφέρει προβλήματα αρχαρίων στην κατανόηση επαναληπτικών δομών και προτείνει διαγραμματικές αναπαραστάσεις τους για την κατανόησή τους (2000). Ο Κάππας και οι συνεργάτες του μελετούν την αξιοποίηση εποπτικών τρόπων διδασκαλίας επαναληπτικών δομών και προτείνουν την οπτικοποίηση διεργασιών κατά την εκτέλεση προγραμμάτων με θετικά αποτελέσματα (2002). Δυσκολίες που αφορούν στις επαναληπτικές δομές αναφέρονται σε μαθητές Γ' Λυκείου και εντοπίζονται στον καθορισμό των συνθηκών ελέγχου, στον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών των επαναληπτικών δομών, στην αναγνώριση αρχικής τιμής (Γρηγοριάδου κ.α., 2004). Παρόμοιου τύπου δυσκολίες αναφέρονται και δικαιολογούνται στη δυσκολία χειρισμού μεταβλητών (Sajaniemi & Kuittinen, 2005).

2 Αντιμετώπιση δυσκολιών

Για την αντιμετώπιση των δυσκολιών στον προγραμματισμό έχουν προταθεί πολλές εναλλακτικές λύσεις. Μεταξύ αυτών συγκαταλέγονται η χρήση μικρόκοσμων και μικρογλωσσών (Logo, Karel the Robot), η βελτίωση των διαγνωστικών δυνατοτήτων των μεταγλωττιστών, τα κατανοητά μηνύματα λάθους, η χρήση εικονικών γλωσσών προγραμματισμού, συστήματα δυναμικής προσομοίωσης εκτέλεσης προγραμμάτων, η χρήση τεχνικών δυναμικής προσομοίωσης εκτέλεσης αλγορίθμων, η δυναμική ηχητική προσομοίωση της εκτέλεσης προγραμμάτων (Ξυνόγαλος κ.α., 2000). Επίσης, προτείνεται η χρήση λογισμικών με οπτικοποίηση των τιμών των μεταβλητών και των δομών προγραμματισμού (Κάππας κ.α., 2002; Yehezkel et al., 2007), η διδασκαλία αλγορίθμων σε περιβάλλον συνεργατικής μάθησης με εποπτικό μέσο διδασκαλίας τον υπολογιστή (Βογιατζάκη κ.α., 2004), η χρήση λογισμικού

παρουσιάσεων (Μπέλλου & Μικρόπουλος, 2005) και οι διαγραμματικές αναπαραστάσεις επαναληπτικών δομών (Carlisle, 2000).

Μια διαφορετική προσέγγιση είναι αυτή που αξιοποιεί την εκπαιδευτική ρομποτική σε συνδυασμό με τον οπτικό προγραμματισμό. Με τα φυσικά μηχανικά μοντέλα όπως της Lego πετυχαίνεται υψηλός βαθμός αλληλεπίδρασης μεταξύ υπολογιστή και πραγματικού αντικειμένου, υπάρχει άμεση ανατροφοδότηση, ο εκπαιδευτικός διαθέτει περισσότερο χρόνο για κάθε μαθητή, ο μαθητής εργάζεται με το δικό του ρυθμό μάθησης, υλοποιείται ένα είδος εξατομικευμένης μάθησης, υπάρχει πειραματισμός και ενεργός συμμετοχή από τους μαθητές, αναπτύσσεται η κριτική σκέψη, καλλιεργείται η δημιουργική σκέψη η διορατικότητα και η πρωτοτυπία, υπάρχει άμεση εμπειρία και ο μαθητής απαλλάσσεται από την εκμάθηση και απομνημόνευση συντακτικών κανόνων μιας γλώσσας προγραμματισμού (Καγκάνη κ.α., 2005). Επίσης ο μαθητής είναι σε θέση να γράψει κώδικα σε σύντομο χρονικό διάστημα, στο περιβάλλον συγγραφής του κώδικα γίνεται ταυτόχρονα και συντακτικός έλεγχος (Τσοβόλας & Κόμης, 2005). Η διδασκαλία της ρομποτικής είναι κατάλληλη για μαθητές ανεξάρτητα από την ηλικία και το υπόβαθρό τους και αποτελεί έναν τρόπο ενθάρρυνσης της μάθησης. Ακόμη, τα Lego είναι μια χαμηλού κόστους λύση (Hirst et al., 2002). Οι χρήστες στη γλώσσα προγραμματισμού των φυσικών μηχανών Robolab, μαθαίνουν να προγραμματίζουν μέσω οπτικών εντολών, χρησιμοποιούν μια ‘συρε και άσε’ (drag & drop) τεχνική για να δημιουργήσουν προγράμματα και δε χρειάζεται να έχουν γνώσεις πάνω στο υλικό (Kaskalis et al., 2001). Ακόμη, τα ‘τουβλάκια’ Lego είναι φυσικά μοντέλα με παρατηρήσιμες φυσικές συμπεριφορές, υπάρχει μεγάλη ποικιλία σχετικά με τις εισόδους και εξόδους που δέχονται και αποδίδουν, ενισχύουν τους βασικούς στόχους της διδασκαλίας του προγραμματισμού όπως την τεκμηρίωση και ανακάλυψη, τη μάθηση νέων συστημάτων συμβόλων, την επικοινωνία μεταξύ μηχανών και τη μάθηση αλγορίθμων (Lawhead et al., 2003). Τέλος, πολλοί μαθητές έχουν εξοικειωθεί με τα Lego από μικρές ηλικίες (Ringwood et al., 2005).

Τα παραπάνω δεδομένα οδηγούν στην αξιοποίηση της εκπαιδευτικής ρομποτικής και του οπτικού προγραμματισμού για τη διδασκαλία του προγραμματισμού και την κατανόηση βασικών προγραμματιστικών δομών, όπως ελέγχου και επανάληψης που από ότι δείχνουν τα εμπειρικά δεδομένα παρουσιάζονται ιδιαίτερες δυσκολίες από μαθητές και φοιτητές.

Η παρούσα εμπειρική μελέτη περίπτωσης έχει ως στόχο τη διερεύνηση της συμβολής της εκπαιδευτικής ρομποτικής και του οπτικού προγραμματισμού στην αντιμετώπιση δυσκολιών σε δομές επανάληψης και ελέγχου που εμφανίζονται σε αρχάριους χρήστες.

3 Εμπειρική μελέτη

Οι ερευνητικοί άξονες της μελέτης είναι να διερευνηθεί:

αν οι μαθητές κατανοούν καλύτερα την προγραμματιστική δομή της επιλογής (ΑΝ...ΤΟΤΕ...ΑΛΛΙΩΣ) με διδασκαλία της στο χαρτί ή με χρήση ρομποτικής και οπτικού προγραμματισμού

αν οι μαθητές κατανοούν καλύτερα τις προγραμματιστικές δομές της επανάληψης (ΟΣΟ...ΕΠΑΝΑΛΑΒΕ, ΕΠΑΝΑΛΑΒΕ...ΜΕΧΡΙΣ ΟΤΟΥ, ΓΙΑ...ΜΕΧΡΙ...ΚΑΝΕ) με διδασκαλία τους στο χαρτί ή με χρήση ρομποτικής και οπτικού προγραμματισμού η στάση των μαθητών απέναντι στον προγραμματισμό και τη ρομποτική.

Σε μελέτη περίπτωσης, συμμετείχαν επτά (7) μαθητές, τέσσερις (4) Γ' Γυμνασίου και τρεις (3) Α' Λυκείου του Νομού Ιωαννίνων. Οι μαθητές προσήλθαν μετά από επιστολή στα σχολεία του νομού Ιωαννίνων.

Τα μαθήματα πραγματοποιήθηκαν στο Καμπέριο Πνευματικό Ίδρυμα της Ιεράς Μητροπόλεως Ιωαννίνων. Τα 15 μαθήματα πραγματοποιούνταν μία φορά κάθε εβδομάδα με χρονική διάρκεια περίπου δύο ωρών. Οι μαθητές διδάχθηκαν τις έννοιες της σταθερής και της μεταβλητής, την εντολή εκχώρησης, εντολές εισόδου – εξόδου, τις δομές επιλογής και επανάληψης τόσο με τον συνηθισμένο τρόπο σε χαρτί και έπειτα με χρήση των Lego και της Robolab. Οι δομές που περιλάμβαναν ήταν επιλογής (ΑΝ...ΤΟΤΕ...ΑΛΛΙΩΣ) τόσο σε απλή όσο και σε εμφωλευμένη (ένθετη) μορφή, καθώς και τρεις μορφές της δομής της επανάληψης τόσο σε απλή, όσο και πολύπλοκη μορφή (ΟΣΟ...ΕΠΑΝΑΛΑΒΕ, ΕΠΑΝΑΛΑΒΕ...ΜΕΧΡΙΣ ΟΤΟΥ και ΓΙΑ...ΜΕΧΡΙ...ΚΑΝΕ). Στο τέλος οι μαθητές κλήθηκαν να επιλύσουν ο καθένας μόνος του από οκτώ προβλήματα με τυχαία σειρά. Σε κάθε περίπτωση δόθηκε προσοχή ώστε τα προβλήματα να μην είναι μαθηματικού τύπου, αλλά να αφορούν θέματα από την καθημερινή ζωή.

Το μοντέλο της Lego που χρησιμοποιήθηκε αποτελείται από τουβλάκια και από ένα προγραμματιζόμενο τουβλάκι (Robotic Control X, RCX). Το RCX έχει τρεις εισόδους (θύρες 1, 2, 3) στις οποίες συνδέονται αισθητήρες. Επίσης, διαθέτει τρεις εξόδους (θύρες Α, Β, C) στις οποίες συνδέονται μηχανές που κινούν το μοντέλο, λάμπες και άλλες συσκευές. Το RCX διαθέτει οθόνη υγρών κρυστάλλων μιας γραμμής και τέσσερα πλήκτρα: on-off, Prgm, Run, View. Το λογισμικό που χρησιμοποιείται για τον προγραμματισμό και τον έλεγχο του RCX είναι η Robolab. Τα μαθήματα πραγματοποιήθηκαν από τον ερευνητή.

Ένα παράδειγμα προβλήματος για λύση στο χαρτί είναι: *‘Κάποιος θέλει να μεταφέρει από το σπίτι του στο σπίτι του φίλου του 6 σακούλες με τα πόδια και να γυρίσει έπειτα πάλι στο σπίτι του. Μπορεί όμως να κρατάει ταυτόχρονα 2 σακούλες (μία σε κάθε χέρι)’*.

Ένα παράδειγμα προβλήματος με την ίδια δομή για λύση με τη Robolab είναι: ‘Να περιστραφεί με ένταση 2 το αυτοκινητάκι προς μια κατεύθυνση (αριστερόστροφα ή δεξιόστροφα) για 2 δευτερόλεπτα. Έπειτα να περιστραφεί με ένταση 2 προς την άλλη κατεύθυνση για άλλα 2 δευτερόλεπτα. Όλη η διαδικασία να επαναληφθεί 3 φορές’.

4 Αποτελέσματα

Η ανταπόκριση των μαθητών στην έρευνα ήταν θετική τόσο στη διδασκαλία στο χαρτί, όσο και με τη χρήση των Lego και της Robolab. Έδειξαν περισσότερο ενθουσιασμό κατά την ενασχόλησή τους με τον προγραμματισμό των Lego. Σε αυτό μάλλον συνέβαλε και η απλότητα του φυσικού μοντέλου που διευκόλυνε τους μαθητές να καταλάβουν πως δουλεύει το ρομπότ – αυτοκίνητο, οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές που το πλαισίωναν.

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων γίνεται ανά πρόβλημα και ανά μαθητή, σε συνδυασμό της εξέτασης που έγινε στο χαρτί και της αντίστοιχης εξέτασης με χρήση της Robolab. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα συνολικά αποτελέσματα.

Δειγματικά, παρουσιάζονται απαντήσεις ενός μαθητή Γ’ Γυμνασίου για τα προβλήματα που παρουσιάζονται παραπάνω και αναφέρονται στη δομή επανάληψης (ΓΙΑ...ΜΕΧΡΙ...ΚΑΝΕ). Ο μαθητής στο χαρτί έγραψε το εξής πρόγραμμα:

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ Σακούλα

Σακούλες ← 6

ΕΠΑΝΑΛΑΒΕ

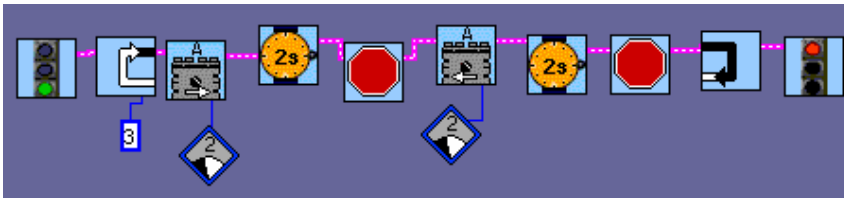
Πάρε 2 σακούλες με τα χέρια και πήγαινε τες στο σπίτι του φίλου σου, άφησε τες και μετά γύρνα πίσω (τα πήγαινε-έλα θα γίνονται με τα πόδια)

Σακούλες ← Σακούλες - 2

ΜΕΧΡΙΣ_ΟΤΟΥ Σακούλες = 0

ΤΕΛΟΣ_ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

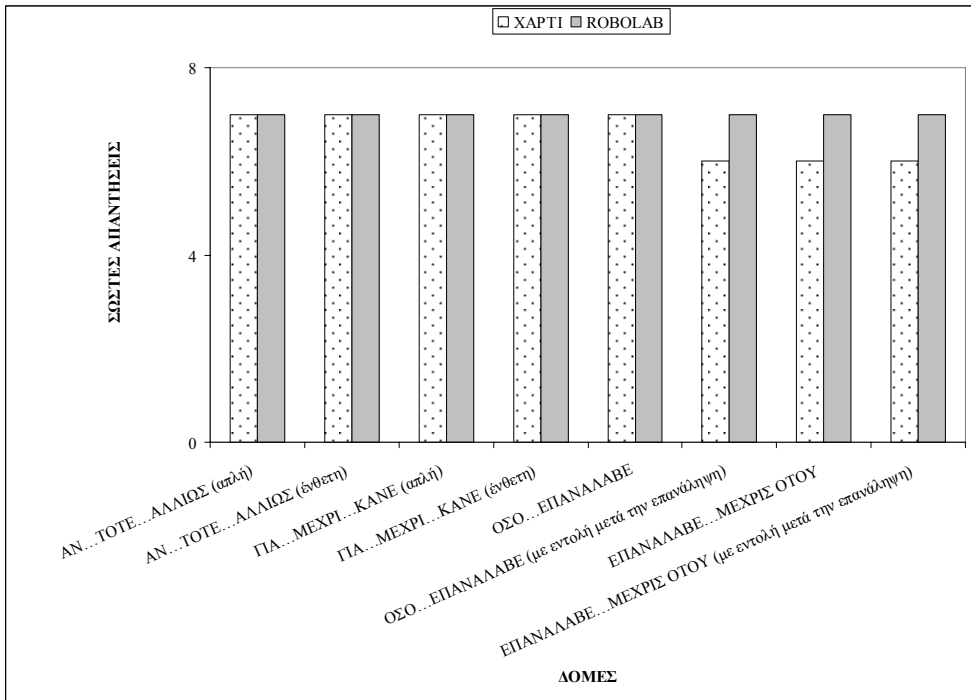
Το πρόγραμμα του ίδιου μαθητή σε Robolab φαίνεται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1: Μια απάντηση για τη δομή (ΓΙΑ...ΜΕΧΡΙ...ΚΑΝΕ) σε Robolab

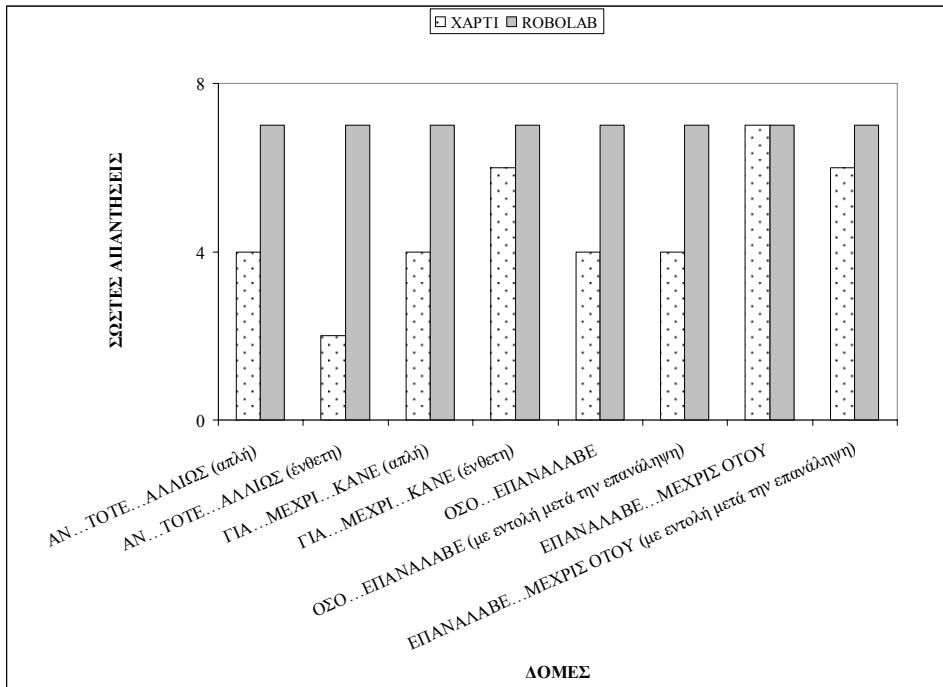
Ο μαθητής στην απάντησή του στο χαρτί χρησιμοποιεί τη δομή επανάληψης ΕΠΑΝΑΛΑΒΕ...ΜΕΧΡΙΣ ΟΤΟΥ και όχι τη δομή ΓΙΑ...ΜΕΧΡΙ...ΚΑΝΕ. Η απάντησή του όμως είναι σωστή. Η απάντησή του σε Robolab είναι σωστή και διαφέρει από αυτή στο χαρτί, αφού χρησιμοποιεί τη ζητούμενη δομή ΓΙΑ...ΜΕΧΡΙ...ΚΑΝΕ.

Το Σχήμα 2 δείχνει τις σωστές απαντήσεις των μαθητών ανεξάρτητα από την προγραμματιστική δομή που χρησιμοποίησαν. Οι μαθητές στις περισσότερες περιπτώσεις (πέντε στις οχτώ), δίνουν σωστές απαντήσεις τόσο στο χαρτί όσο και στη Robolab, χρησιμοποιώντας και διαφορετικές προγραμματιστικές δομές από αυτές που διδάχθηκαν. Στις υπόλοιπες τρεις περιπτώσεις, έξι στους επτά μαθητές δίνουν σωστές απαντήσεις και μόνο ένας μαθητής ανά πρόβλημα δίνει λάθος απάντηση.



Σχήμα 2: Απαντήσεις ανεξάρτητα από τον τρόπο απάντησης

Στο Σχήμα 3 παρουσιάζονται οι σωστές απαντήσεις των μαθητών σε σύγκριση με την προγραμματιστική δομή που εξέταζε το κάθε πρόβλημα. Όλοι οι μαθητές στις απαντήσεις τους σε Robolab χρησιμοποιούν τις ίδιες προγραμματιστικές δομές και μάλιστα αυτές που επεδίωκε να εξετάσει το κάθε πρόβλημα, ενώ στις απαντήσεις τους στο χαρτί χρησιμοποιούν διάφορες προγραμματιστικές δομές. Φαίνεται ότι το φυσικό μοντέλο και το περιβάλλον του οπτικού προγραμματισμού της Robolab κατευθύνει τους μαθητές ως προς τη δομή που χρησιμοποιούν, κάτι που δε συμβαίνει με τις απαντήσεις τους στο χαρτί.



Σχήμα 3: Απαντήσεις σύμφωνα με την προγραμματιστική δομή

5 Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης περίπτωσης οδηγούν σε συμπεράσματα τα οποία αν και δεν είναι γενικεύσιμα, αποτελούν ενδείξεις της συμβολής της εκπαιδευτικής ρομποτικής και του οπτικού προγραμματισμού στην κατανόηση προγραμματιστικών δομών.

Οι απαντήσεις των μαθητών με τη χρήση της Robolab είναι πάντα τελείως σωστές και ολοκληρωμένες, σε αντίθεση με τις απαντήσεις στο χαρτί όπου παρουσιάζονται λάθη, έστω σε μικρό βαθμό. Φαίνεται ότι τα φυσικά μοντέλα και ο οπτικός προγραμματισμός βοηθάει τους μαθητές να διατυπώνουν σωστότερες απαντήσεις. Οι απαντήσεις σε Robolab είναι ομοιόμορφες, χρησιμοποιούνται δηλαδή οι ίδιες προγραμματιστικές δομές για την ίδια περίπτωση, ενώ στις απαντήσεις στο χαρτί οι προγραμματιστικές δομές που χρησιμοποιούνται ποικίλουν. Ενδεχομένως κάποιες προγραμματιστικές δομές να είναι πιο εύκολα υλοποιήσιμες με τη χρήση της Robolab απ' ότι στο χαρτί. Με τη χρήση της Robolab και την άμεση ανάδραση του φυσικού μοντέλου φαίνεται ότι είναι περισσότερο ξεκάθαρο ποια προγραμματιστική δομή πρέπει να χρησιμοποιηθεί για την επίλυση της κάθε περίπτωσης.

Κατά την εξέταση στο χαρτί, οι μαθητές χρησιμοποιούν πολλές φορές άλλη προγραμματιστική δομή από αυτή που η εκφώνηση της άσκησης ‘κατευθύνει’. Δε συμβαίνει το ίδιο με τη χρήση της Robolab. Αυτό ίσως δηλώνει ότι οι επιλογές στο οπτικό περιβάλλον προγραμματισμού της Robolab είναι περισσότερο περιορισμένες σε σχέση με τον τρόπο επίλυσης στο χαρτί.

Το γεγονός ότι σε όλες τις ασκήσεις με Robolab οι μαθητές απάντησαν σωστά και με τον ίδιο τρόπο, υποδηλώνει ότι ο οπτικός προγραμματισμός είναι περισσότερο κατανοητός και διευκολύνει στη μεταφορά του αλγορίθμου σε κώδικα.

Κατά τη διάρκεια των μαθημάτων προέκυψαν και δεδομένα τα οποία δεν αποτυπώνονται μέσα από τις απαντήσεις των μαθητών στον κώδικά τους. Έτσι, φαίνεται πως κατά τη διδασκαλία της Robolab και την ασχολία με τα Lego οι μαθητές ανέπτυξαν δεξιότητες κριτικής σκέψης και οικοδόμηση της γνώσης. Επιπλέον, υπήρξε εξατομικευμένη διδασκαλία, αλλά ταυτόχρονα καλλιεργήθηκε και η συνεργατική μάθηση αφού οι μαθητές παρότι δούλευαν μόνοι τους δεν ήταν λίγες οι φορές που συνεργάζονταν μεταξύ τους για την ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων κατά τη διάρκεια των μαθημάτων αλλά όχι της συγγραφής κώδικα. Επίσης, φάνηκε ότι αναπτύχθηκε η δημιουργική σκέψη δεδομένου ότι η ύπαρξη των φυσικών μοντέλων της Lego ενθάρρυνε τους μαθητές να αφιερώσουν περισσότερο χρόνο για πρακτική εφαρμογή, πραγματευόμενοι έννοιες όπως το είδος της κίνησης του μοντέλου, της ταχύτητας και της επιτάχυνσης. Τέλος, το οπτικό περιβάλλον της Robolab φάνηκε φιλικό σε όλους τους μαθητές, αφού εξοικειώθηκαν εύκολα με τα εικονίδια και τη σημασία της κάθε οπτικής εντολής.

Τα παραπάνω συμφωνούν με τα συμπεράσματα παρόμοιων ερευνών, όπως της Καγκάνη (2005). Και στις δύο μελέτες η γλώσσα προγραμματισμού Robolab αποδείχθηκε αρκετά κατανοητή χάρη στις οπτικές εντολές της, υπήρξε ενεργός συμμετοχή των μαθητών σε όλες τις δραστηριότητες, η παραστατικότητα των εντολών επέτρεψε να αφιερωθεί λιγότερος χρόνος στην παρουσίαση της θεωρίας, η ύπαρξη του φυσικού μοντέλου Lego καθυστέρωσε την εκπαιδευτική διαδικασία και δεν επέτρεπε στους μαθητές να πραγματοποιήσουν μεγάλο αριθμό από δοκιμές στα προγράμματά τους και υπήρξε διεπιστημονικότητα κατά τη διδασκαλία, αφού δεν ήταν λίγες οι φορές που οι μαθητές διατύπωναν ερωτήματα που αφορούσαν άλλα γνωστικά αντικείμενα που συνδέονταν με το φυσικό μοντέλο, όπως φυσική, μαθηματικά και ρομποτική. Από την άλλη πλευρά στη μελέτη της Καγκάνη καταγράφεται ότι οι μαθητές δεν αντιλαμβάνονται επακριβώς τις διασυνδέσεις των υποσυστημάτων του ρομποτικού μηχανισμού. Στην παρούσα μελέτη διαπιστώθηκε το αντίθετο, παρά το γεγονός ότι οι μαθητές δε συμμετείχαν στην κατασκευή του φυσικού μοντέλου Lego. Έτσι, δε δυσκολεύτηκαν να κατανοήσουν τη λειτουργία του RCX, των αισθητήρων και των ενεργοποιητών που υπήρχαν στο ρομπότ. Επίσης, δεν διαπιστώθηκε δυσκολία στην απομνημόνευση της λειτουργίας των οπτικών εντολών σε αντίθεση με τα αποτελέσματα της Καγκάνη. Οι περισσότεροι μαθητές μάλιστα

έδειξαν ότι κατανόησαν πολύ γρήγορα τη λειτουργία κάθε εντολής και τόνιζαν την ευκολία αναγνώρισης της λόγω των αντίστοιχων εικονιδίων.

Φαίνεται ότι η χρήση του φυσικού μοντέλου του ρομπότ και κυρίως το οπτικό περιβάλλον της γλώσσας Robolab συνέβαλαν στην κατανόηση των συγκεκριμένων προγραμματιστικών δομών.

Για τη γενίκευση των συμπερασμάτων οφείλουν να ξεπεραστούν οι περιορισμοί της έρευνας, όπως το γεγονός ότι ήταν μια μελέτη περίπτωσης με περιορισμένο δείγμα, εξετάστηκαν μόνο δύο προγραμματιστικές δομές και έγινε σύγκριση της εξέτασης στο χαρτί με την εξέταση σε Robolab. Επιπλέον πιθανώς να υπήρξαν περισσότερες σωστές απαντήσεις με χρήση της Robolab αφού διδάχθηκε δεύτερη, παρά τα μεγάλα χρονικά διαστήματα μεταξύ των δραστηριοτήτων. Είναι πιθανό η σειρά διδασκαλίας να έπαιξε κάποιο ρόλο. Κρίνεται σκόπιμο να πραγματοποιηθεί εμπειρική μελέτη με μεγαλύτερο δείγμα, να υπάρξει συγκριτική μελέτη μεταξύ προγραμματισμού σε κάποια συχνά χρησιμοποιούμενη γλώσσα προγραμματισμού και της Robolab, καθώς και να διευκρινισθεί αν τα θετικά αποτελέσματα προκύπτουν από τη συμβολή του φυσικού μοντέλου του ρομπότ ή του οπτικού προγραμματισμού.

Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε θερμά το Καμπέριο Πνευματικό Ίδρυμα της Ιεράς Μητροπόλεως Ιωαννίνων για την παραχώρηση του χώρου και του εξοπλισμού κατά τη διεξαγωγή της έρευνας, καθώς και όλους τους μαθητές που συμμετείχαν.

Βιβλιογραφία

- Carlisle, E. G., (2000). *Experiences with Novices: The Importance of Graphical Representations in Supporting Mental Models*. 12th Workshop of the Psychology of Programming Interest Group, 33-44, Cozenza, Italy.
- Hirst, J. A., Johnson, J., Petre, M., Price, A. B., & Richards, M., (2002). *What is the best programming environment/language for teaching robotics using Lego Mindstorms?*. Proceedings of the 7th International Symposium on Artificial Life and Robotics, Oita, Japan.
- Kaskalis, T. H., Dagdilelis, V., Evangelidis, G., & Margaritis, K. G., (2001). *Implementing Applications on Small Robots for Educational Purposes: Programming the LEGO Mindstorms*. Proceedings of the 5th Hellenic European Conference on Computer Mathematics and its Applications (HERCMA 2001), Athens, Greece.
- Lawhead, B. P., Bland, G. C., Barnes, J. D., Duncan, E. M., Goldweber, M., Hollingsworth G. R., & Schep, M., (2003). *A Road Map for Teaching Introductory Programming Using LEGO Mindstorms Robots*. ACM SIGCSE Bulletin, 35(2):191-201, Reno, Nevada, USA.

- Ringwood, J. V., Monaghan, K. & Maloco, J., (2005). *Teaching engineering design through Lego Mindstorms*. *European Journal of Engineering Education*, 30:1, 91 – 104.
- Sajaniemi, J., & Kuittinen, M. (2005). An Experiment on Using Roles of Variables in Teaching Introductory Programming. *Computer Science Education*, 15(1), 59-82.
- Yehezkel, C., Ben-Ari, M., & Dreyfus, T. (2007). The Contribution of Visualization to Learning Computer Architecture. *Computer Science Education*, 17(2), 117-127.
- Βογιατζάκη, Ε., Χριστακούδης, Χ., Μαργαρίτης, Μ., & Αβούρης, Ν., (2004). *Διδασκαλία αλγορίθμων σε περιβάλλον συνεργασίας με υπολογιστή*. Πρακτικά 4^ο Συνεδρίου ΕΤΠΕ, 641-646, Αθήνα.
- Γρηγοριάδου, Μ., Γόγολου, Α., & Γούλη, Ε., (2004). *Μαθησιακές Δυσκολίες στις Επαναληπτικές Δομές*. Πρακτικά 4^ο Συνεδρίου ΕΤΠΕ, 535-537, Αθήνα.
- Καγκάνη, Κ., Δαγδiléλης, Β., Σατρατζέμη, Μ., & Ευαγγελίδης, Γ., (2005). *Μια Μελέτη Περίπτωσης της Διδασκαλίας του Προγραμματισμού στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση με τα LEGO Mindstorms*. Πρακτικά 3^ο Συνεδρίου Διδακτική της Πληροφορικής, Κόρινθος.
- Κάππας, Κ., Μαζέρας, Α., Παπαλεωνίδα, Γ., Λαμπροπούλου, Ε., & Ζήβελδης, Α., (2002). *Εκπαιδευτική και Παιδαγωγική Προσέγγιση της Αλγοριθμικής και του Προγραμματισμού με τις ΤΠΕ και Λογισμικά*. Πρακτικά 3^ο Συνεδρίου ΕΤΠΕ, Ρόδος.
- Ματάνας, Ν., Παπαβασιλείου, Α., & Παπαμήτσιου, Ζ., (2003). *Τα προβλήματα της διδασκαλίας της Πληροφορικής στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση*. Πρακτικά 2^ο Συνεδρίου Διδακτική της Πληροφορικής, 302-306, Βόλος.
- Μπέλλου, Ι., & Μικρόπουλος, Α. Τ., (2005). *Μία Εναλλακτική Πρόταση για την Εισαγωγή στον Προγραμματισμό στο Γυμνάσιο*. Πρακτικά 3^ο Συνεδρίου Διδακτική της Πληροφορικής, Κόρινθος.
- Ευνόγαλος, Σ., Σατρατζέμη, Μ., & Δαγδiléλης, Β., (2000). *Η εισαγωγή στον προγραμματισμό: Διδακτικές Προσεγγίσεις και Εκπαιδευτικά Εργαλεία*. Πρακτικά 2^ο Συνεδρίου ΕΤΠΕ, 115-124, Πάτρα.
- Τζιμογιάννης, Α., & Γεωργίου, Β., (1999). *Οι δυσκολίες μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην εφαρμογή της δομής ελέγχου για την ανάπτυξη αλγορίθμων. Μία μελέτη περίπτωσης*. Πρακτικά 1^ο Συνεδρίου ΕΤΠΕ, Ιωάννινα.
- Τζιμογιάννης, Α., (2003). *Η διδασκαλία του προγραμματισμού στο Ενιαίο Λύκειο: Προς ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο με στόχο την ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων*. Πρακτικά 2^ο Συνεδρίου στις ΤΠΕ, 706-720, Σύρος.
- Τζιμογιάννης, Α., (2005). *Προς ένα Παιδαγωγικό Πλαίσιο Διδασκαλίας του Προγραμματισμού στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση*. Πρακτικά 3^ο Συνεδρίου Διδακτική της Πληροφορικής, Κόρινθος.
- Τσοβόλας, Σ., & Κόμης, Β., (2005). *Διδασκαλία Βασικών Προγραμματιστικών Εννοιών στο Περιβάλλον Οπτικού Προγραμματισμού ROBOLAB*. Πρακτικά 3^ο Συνεδρίου Διδακτική της Πληροφορικής, Κόρινθος.