

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

Τόμ. 1 (2008)

4ο Συνέδριο Διδακτική Πληροφορικής



Προγραμματισμός ρομποτικών κατασκευών:  
μελέτη περίπτωσης με μαθητές δημοτικού

Σ. Τσοβόλας, Β. Κόμης

## Βιβλιογραφική αναφορά:

Τσοβόλας Σ., & Κόμης Β. (2023). Προγραμματισμός ρομποτικών κατασκευών: μελέτη περίπτωσης με μαθητές δημοτικού. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, 1, 233–242. ανακτήθηκε από <https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/5868>

# Προγραμματισμός ρομποτικών κατασκευών: μελέτη περίπτωσης με μαθητές δημοτικού

Σ. Τσοβόλας, Β. Κόμης

Τμήμα Επιστημών της Εκπαίδευσης και της Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία, Πανεπιστήμιο  
Πατρών  
{stsovol, komis}@upatras.gr

## Περίληψη

Η εργασία αυτή ασχολείται με τη διδασκαλία του προγραμματισμού ρομποτικών κατασκευών στο πλαίσιο μιας μελέτης περίπτωσης με μαθητές δημοτικού σχολείου. Ειδικότερα, η εργασία αναδεικνύει την επίδραση των αντιλήψεων για τον προγραμματισμό στην επιλογή κατάλληλων διδακτικών μεθόδων και στρατηγικών.

**Λέξεις κλειδιά:** Ρομποτική, Lego, Οπτικός προγραμματισμός

## Abstract

This paper reports on teaching of robotic constructions programming in the frame of a case study with the participation of elementary school students. In particular, this paper points out the influence that perceptions of programming have in the selection of appropriate teaching methods and strategies.

**Keywords:** Robotics, Lego, Visual Programming

## 1. Εισαγωγή

Η εκπαιδευτική ρομποτική εμφανίστηκε στο πλαίσιο της χρήσης των τεχνολογιών στην εκπαιδευτική διαδικασία και γνώρισε σημαντική εξέλιξη κυρίως μέσα από το παιδαγωγικό ρεύμα της γλώσσας προγραμματισμού Logo. Ως παιδαγωγική προσέγγιση εγγράφεται συνεπώς στο πλαίσιο του κλασικού εποικοδομισμού (constructivism) και ειδικότερα του κατασκευαστικού εποικοδομισμού (constructionism), όπως αναπτύχθηκε από τον Papert (Papert, 1991; Resnick, 1994). Βασικοί στόχοι της προσέγγισης αυτής είναι: α) η επίλυση προβλημάτων μέσω χειρισμού και κατασκευών πραγματικών και ιδεατών αντικειμένων, β) ο φορμαλισμός της σκέψης (με τη χρήση εντολών στο πλαίσιο μιας γλώσσας προγραμματισμού για το χειρισμό αυτομάτων), γ) η κοινωνικοποίηση (ανθρώπινη συνεργασία, αλληλεπίδραση και προώθηση της σκέψης μέσω γνωστικών και κοινωνικογνωστικών συγκρούσεων) και δ) η πρόσκτηση γνώσεων και δεξιοτήτων που συνδέονται με πολλά γνωστικά αντικείμενα (και συνεπώς η προώθηση της διεπιστημονικής και της διαθεματικής προσέγγισης) (Baron & Denis, 1994; Kafai & Resnick, 1996).

Στο πλαίσιο της εκπαιδευτικής ρομποτικής μπορούμε να διακρίνουμε τρεις τουλάχιστον επιμέρους παιδαγωγικές προσεγγίσεις. Μια πρώτη προσέγγιση συνδέεται άμεσα με την ανάπτυξη και την περιγραφή τεχνικών καταστάσεων με τη βοήθεια γλωσσών εντολών (τυπικές γλώσσες προγραμματισμού) και αντιστοιχεί στην προβληματική της Τεχνολογίας Ελέγχου (Control Technology). Μια δεύτερη παιδαγωγική προσέγγιση έρχεται απευθείας από την παιδαγωγική παράδοση της Logo, με τη δημιουργία ποικίλων μικρόκοσμων (που απαιτούν ύπαρξη αυτομάτων με πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα την προγραμματιζόμενη «χελώνα» εδάφους), οι οποίοι χρησιμοποιούνται μέσα σε διάφορες παιδαγωγικές καταστάσεις με σημασία και νόημα για τους μαθητές. Μια τρίτη προσέγγιση αφορά στη χρήση της παιδαγωγικής ρομποτικής ως ενός εναλλακτικού τρόπου εκμάθησης του προγραμματισμού (κυρίως όσον αφορά στην αλγοριθμική προσέγγιση) κάτω από το πρίσμα της ανάπτυξης της οργάνωσης της σκέψης μέσω πρόβλεψης για τη μετακίνηση αντικειμένων μέσα στο χώρο (Miglino, Hautop & Cardaci, 1999; Κόμης, 2004). Σε κάθε περίπτωση, η ενασχόληση με τη ρομποτική ενέχει δύο ειδών δραστηριότητες: μια κατασκευαστική και μια προγραμματιστική. Η παρούσα εργασία εστιάζεται στην προγραμματιστική δραστηριότητα που αφορά σχεδίαση και υλοποίηση ρομποτικών εφαρμογών από μαθητές δημοτικού σχολείου.

Ο προγραμματισμός ρομποτικών κατασκευών έχει μια ιδιαιτερότητα σε σχέση με τον προγραμματισμό σε άλλες συνθήκες ή καταστάσεις. Ταυτίζεται με την απόδοση συμπεριφοράς σε μια τεχνητή κατασκευή. Η τεχνητή κατασκευή δημιουργείται από τους μαθητές αξιοποιώντας ένα σύνολο δομικών υλικών, όπως για παράδειγμα τα Lego Midstorms (<http://mindstorms.lego.com/>). Μπορεί να διαθέτει αισθητήρες για να συλλαμβάνει συμβάντα ή καταστάσεις του περιβάλλοντος (θερμοκρασία, απόσταση από εμπόδιο, ένταση φωτός, επαφή με άλλα αντικείμενα, κλπ). Μπορεί επίσης να διαθέτει μηχανισμό κίνησης (μοτέρ) που θέτει σε κίνηση ολόκληρη την κατασκευή ή ένα τμήμα της. Μια τυπική συμπεριφορά της ρομποτικής κατασκευής είναι η αντίδραση σε ένα πιθανό ερέθισμα. Πρόκειται για ένα χαρακτηριστικό ξεκάθαρα ανθρωπομορφικό και δεν είναι τυχαίο που πολλοί ερευνητές προσπάθησαν να μελετήσουν συμπεριφορές ζώντων οργανισμών ή βιολογικών συστημάτων με τη βοήθεια των ρομποτικών κατασκευών.

Αυτή η ιδιαιτερότητα στον προγραμματισμό των ρομποτικών κατασκευών δημιουργεί ένα εντελώς νέο περιβάλλον εργασίας για τους μαθητές με τα εξής χαρακτηριστικά: α) Είναι έντονα παρακινητικό, και συνεπώς παράγοντας υψίστης σημασίας για τη διδακτική. β) Έχει άμεση σύνδεση με κοινωνικές πρακτικές αναφοράς (Κόμης, 2005) δεδομένου ότι η κατασκευή διαφόρων αντικειμένων συνιστά πλέον διαδεδομένη κοινωνική πρακτική ακόμα και στον κόσμο των παιδιών. Οι συμπεριφορές προκύπτουν από μεταφορά υπαρχόντων και ήδη γνωστών συμπεριφορών από τους ζώντες οργανισμούς. γ) Ευνοεί τη στρατηγική δοκιμής – πλάνης, που είναι στρατηγική οικεία στους μαθητές του δημοτικού. δ) Αναδεικνύει παραδεκτές προσεγγίσεις και λύσεις και όχι μια και μοναδική σωστή λύση αφού μια

συμπεριφορά μπορεί να αποδοθεί με πολλούς τρόπους. ε) Υποστηρίζει μεταγνωστικές διεργασίες μάθησης, δεδομένου ότι η προγραμματιστική δραστηριότητα οδηγεί στη συγκρότηση, την ανάλυση και την εξωτερικευση νοητικών διεργασιών. Αυτή η προσπάθεια έχει μεταγνωστικό χαρακτήρα αφού μας αναγκάζει να σκεφτούμε πάνω στον τρόπο που σκεφτόμαστε και ενεργούμε.

## **2. Μάθηση του προγραμματισμού: διδασκαλία δομών και εννοιών ή πρόσκτηση δεξιοτήτων;**

Στο πλαίσιο μιας οικοδομητικής προσέγγισης της μάθησης του προγραμματισμού, το ζητούμενο δεν είναι η διδασκαλία εννοιών προγραμματισμού, αλλά η βοήθεια που πρέπει να δοθεί στους μαθητές ώστε να οικοδομήσουν τα απαραίτητα νοητικά πλαίσια για να εξασκήσουν προγραμματιστικές δραστηριότητες (Pair, 1998, Κόμης, 2005). Σύμφωνα με την ίδια αντίληψη, ο προγραμματισμός συνιστά μια δεξιότητα, με την οποία καμιά άλλη γνωστική δεξιότητα πριν από την έλευση της πληροφορικής δεν μπορεί να συγκριθεί. Η δεξιότητα αυτή έχει σαφή παιδαγωγική διάσταση κυρίως όσον αφορά τις διαδικασίες ανάλυσης προβλημάτων ή καταστάσεων, που προηγούνται της συγγραφής του προγράμματος, και σε μεγάλο βαθμό αποτελεί επίσης μια διδακτική στρατηγική που ευνοεί την ανάπτυξη της λογικής σκέψης. Στο πλαίσιο αυτό, η μάθηση του σχεδιασμού δράσεων και στη συνέχεια η υλοποίησή τους (μέσω μιας μηχανής) συνιστά μια νοητική δεξιότητα υψηλού επιπέδου – δυνητικό αντικείμενο, συνεπώς, της εκπαιδευτικής διαδικασίας– που εντάσσεται στη μεγάλη κατηγορία έργων που οι ψυχολόγοι ονομάζουν επίλυση προβλημάτων.

Στο πλαίσιο αυτό, η προσπάθεια της διδασκαλίας του προγραμματισμού πρέπει να εστιάζει την προσοχή της στα παρεχόμενα προς τους μαθητές εργαλεία μιας και με το διαμεσολαβητικό ρόλο των εργαλείων αυτών επιτυγχάνεται η *πρόσκτηση προγραμματιστικών δεξιοτήτων (συντακτικών και σημασιολογικών)*, η κατάλληλη *επιλογή μεθόδων προγραμματισμού, η οικοδόμηση και χρήση μοντέλων*, και η *διαδικασία εννοιολογικής αλλαγής*. Οι κατακτήσεις των μαθητών στην κλίμακα των σταδίων μάθησης του προγραμματισμού μπορούν να εντοπιστούν και να καταγραφούν χωρίς να αποτελεί τον κεντρικό στόχο η μετάβαση των μαθητών σε υψηλότερο στάδιο, μιας και βασική μέριμνα της διδασκαλίας είναι η εμπλοκή των μαθητών σε νοητικές διεργασίες που θα τους βοηθήσουν να οικοδομήσουν τα απαραίτητα νοητικά πλαίσια για να εξασκήσουν προγραμματιστικές δραστηριότητες. Τα στάδια μάθησης του προγραμματισμού, όπως έχουν περιγραφεί από τον Pair (Pair, 1988; Pair, 1990) είναι τα ακόλουθα:

1. Κάνω κάτι με μια μηχανή (προ-προγραμματιστικό στάδιο).
2. Κάνω να κάνει μια μηχανή κάτι (συγγραφή απλού κώδικα).
3. Περιγράφω ένα σύνολο εντολών.
4. Περιγράφω επίσης το πρόγραμμα.
5. Αντιλαμβάνομαι και περιγράφω με δομημένο τρόπο.

6. Εισάγω πληροφορικές μεταβλητές.
7. Υπολογίζω πάνω σε «αφηρημένα» αντικείμενα.

Τα στάδια αυτά αποτελούν στην παρούσα εργασία το πλαίσιο ανάλυσης για τον προγραμματισμό ρομποτικών κατασκευών από μαθητές δημοτικού σχολείου. Το εποικοδομιστικό πλαίσιο συνιστά ένα κατάλληλο παιδαγωγικό πλαίσιο για την υποστήριξη των παραπάνω προσεγγίσεων.

### **3. Ένα εποικοδομιστικό πλαίσιο χρήσης της Ρομποτικής**

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η μελέτη του τρόπου εισαγωγής της εκπαιδευτικής ρομποτικής στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση και πιο συγκεκριμένα στις ειδικές συνθήκες ενός τυπικού περιφερειακού σχολείου με τη μορφή σχεδίου εργασίας (project) που αναπτύσσεται στα πλαίσια της Ευέλικτης Ζώνης. Πρόκειται για μια μελέτη περίπτωσης που αναλύει τη σχεδίαση και την υλοποίηση παιδαγωγικών δραστηριοτήτων ρομποτικής με μαθητές δημοτικού.

Η μελέτη διήρκεσε τέσσερις μήνες και έλαβε χώρα σε ένα περιφερειακό σχολείο με πολλά παιδιά μεταναστών, σε μια φτωχή πολιτισμικά και κλειστή κοινωνία. Το σχολείο της έρευνας διαθέτει σύγχρονη υλικοτεχνική υποδομή με πλήρες εργαστήριο υπολογιστών. Ως περιβάλλον εκπαιδευτικής ρομποτικής χρησιμοποιήθηκε το σύστημα Lego Robolab<sup>TM</sup> (Cyr, 1998).

Η έρευνα εντάχθηκε στο πλαίσιο της Ευέλικτης Ζώνης για δύο ώρες εβδομαδιαίως και ακολουθήθηκε η ομαδοσυνεργατική μέθοδος διδασκαλίας. Οι 18 μαθητές της Ε' και ΣΤ' τάξης που έλαβαν μέρος στην έρευνα χωρίστηκαν σε ομάδες των τεσσάρων ή πέντε ατόμων. Για την καταγραφή των δεδομένων της ερευνητικής διαδικασίας χρησιμοποιήθηκε το ημερολόγιο παρατήρησης και η βιντεοσκόπηση.

Στις εισαγωγικές δραστηριότητες με τους μαθητές που έλαβαν μέρος στην έρευνα προσδιορίστηκε το διδακτικό συμβόλαιο λειτουργίας, στο πλαίσιο του οποίου ορίστηκαν οι ακόλουθοι ρόλοι:

- A) Ο *ρόλος του κατασκευαστή*, που συναρμολογεί την επιθυμητή συσκευή αξιοποιώντας τα υλικά του σετ Lego που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα (τουβλάκια, γρανάζια, άξονες, ιμάντες, τροχούς, κλπ.) με έναν από τους ακόλουθους προτεινόμενους τρόπους: ελεύθερη κατασκευή με βάση τα ενδιαφέροντα και τις ιδέες της ομάδας, εργασία με χρήση αναλυτικού σχεδίου, λύση και επανασυναρμολόγηση ήδη έτοιμης φυσικής κατασκευής που είχε ετοιμάσει ο εκπαιδευτικός, αντιγραφική φυσικής κατασκευής μόνο με παρατήρηση χωρίς λύση και επανασυναρμολόγηση).
- B) Ο *ρόλος του προγραμματιστή* που συγγράφει στο περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού το κατάλληλο πρόγραμμα ώστε να αποδοθεί η επιθυμητή συμπεριφορά στη ρομποτική συσκευή. Οι συμπεριφορές αυτές αφορούσαν εξοικείωση με απλές προγραμματιστικές δομές και σενάρια κίνησης στο επίπεδο. Στα σενάρια αυτά συνδιαμορφωτές ήταν και οι μαθητές της ομάδας.

Γ) Ο ρόλος του γραμματέα/συντονιστή που καταγράφει σε έντυπη μορφή ότι χρειάζεται η ομάδα (σκέψεις, εναλλακτικές ιδέες και προτάσεις, διαφωνίες).

Δ) Ο ρόλος του παρουσιαστή που αναλαμβάνει να παρουσιάσει το τελικό προϊόν της εργασίας της ομάδας σε πιθανή ολομέλεια τάξης ή εκδήλωσης του σχολείου στο τέλος της σχολικής χρονιάς.

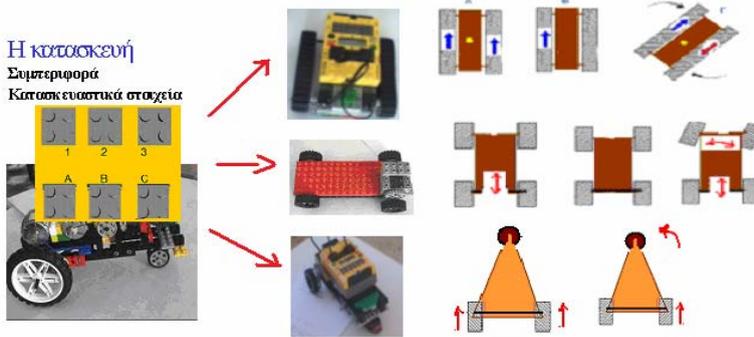
Πρέπει ωστόσο να τονισθεί ότι ήταν δυνατή η εναλλαγή των ρόλων και όπως φάνηκε εν τέλει από την ανάλυση της συνολικής δραστηριότητας, η εναλλαγή αυτή ήταν ιδιαίτερα έντονη.

Η στρατηγική του διδάσκοντα στην περίπτωση επίκλησης βοήθειας από τους μαθητές προσδιορίζεται ως εξής: α) Δεν δίνει απάντηση, ζητά πάντοτε διευκρίνιση για κάτι που ρωτούν ή κατασκευάζουν οι μαθητές. Η προσπάθεια επεξήγησης από πλευράς των μαθητών τους βοηθά να καταλάβουν καλύτερα το πρόβλημα και να προχωρήσουν τη σκέψη τους. β) Αντί για απάντηση σε μια ερώτηση, ο διδάσκων θέτει νέο ερώτημα γ) Με κατάλληλες ερωτήσεις προσπαθεί να κατευθύνει τη σκέψη των μαθητών.

#### 4. Διαθέσιμα εργαλεία και νοητικές διαδρομές

Η εξέλιξη της δραστηριότητας έλαβε χώρα μέσα σε ένα τεχνολογικό πλαίσιο που εμπειρείχε ένα σύνολο εργαλείων. Στα διαθέσιμα εργαλεία του μαθητή μπορούμε να αναφέρουμε τα ακόλουθα:

α) Μια φυσική οντότητα που οι ίδιοι κατασκεύασαν. Κρίνεται ιδιαίτερα σημαντικό οι μαθητές να είναι οι κατασκευαστές γιατί η εμπλοκή στον προγραμματισμό απαιτεί να έχουν οικοδομήσει το νοητικό μοντέλο λειτουργίας της κατασκευής (εικόνα 1).



**Εικόνα 1** Το νοητικό μοντέλο: πότε αντιδρά (ερέθισμα), πως αντιδρά (αντίδραση)

β) Ένα φύλλο εργασίας όπου οι μαθητές καταγράφουν τη σκέψη τους με διάφορους τρόπους: ελεύθερο κείμενο, ψευδοκώδικα ή λογικό διάγραμμα.

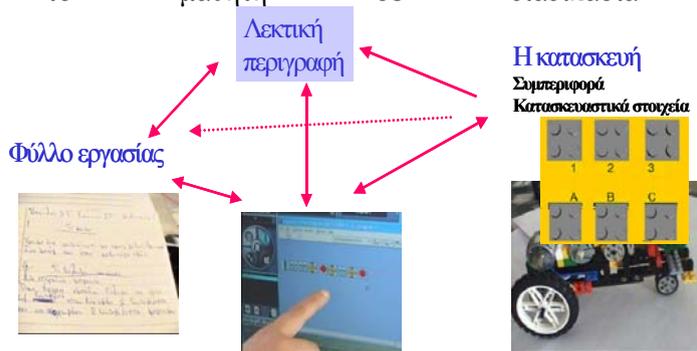
γ) Ένα υπολογιστή όπου οι μαθητές με τη βοήθεια του προγράμματος οπτικού προγραμματισμού συγγράφουν τον κατάλληλο κώδικα που υλοποιεί μια επιθυμητή συμπεριφορά της φυσικής τους κατασκευής (εικόνα 2).



*Εικόνα 2 Δραστηριότητα με υπολογιστή και φύλλο εργασίας*

Μπορούμε να χαρακτηρίσουμε το περιβάλλον αυτό ως «μαθησιακά πλούσιο» (εικόνα 3) αφού επιτρέπει στους μαθητές να «μετακινούνται» διαρκώς γνωστικά μεταξύ κατασκευαστικών στοιχείων μιας φυσικής οντότητας, ενός φύλλου εργασίας που υποστηρίζει τη δραστηριότητα, μιας συμπεριφοράς της φυσικής οντότητας και του κώδικα ενός προγράμματος που φιλοδοξεί να προσδιορίσει αυτή τη συμπεριφορά.

Πρέπει να τονισθεί ότι η νοητική διαδρομή του μαθητή, δεδομένης και της ηλικίας των παιδιών της έρευνας, είναι μεγάλη ακόμα και στις περιπτώσεις που η επιθυμητή συμπεριφορά της φυσικής οντότητας είναι πολύ απλή και τα κατασκευαστικά στοιχεία της πολύ απλά: αρκεί η απόδοση της πιο απλής συμπεριφοράς για να εμπλέξει το μαθητή σε διαδικασία επίλυσης



προβλήματος.

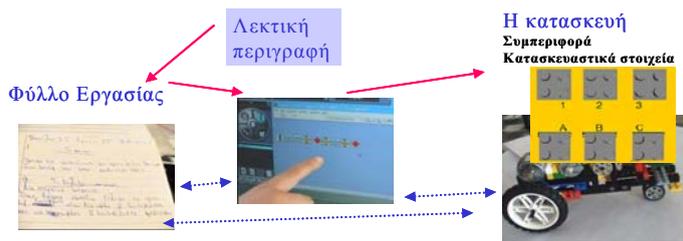
*Εικόνα 3 Τα εργαλεία του μαθητή και οι πιθανές συσχετίσεις τους*

Στο πλαίσιο αυτό, οι μαθητές καλούνται να αξιοποιήσουν μια ποικιλία αναπαραστάσεων και εργαλείων και να εργαστούν ακολουθώντας τρεις εναλλακτικές νοητικές διαδρομές, τις οποίες παρουσιάζουμε και αναλύουμε στη συνέχεια: *απόδοση συμπεριφοράς, κατανόηση έτοιμου κώδικα, ταύτιση συμπεριφοράς*. Οι εν λόγω νοητικές διαδρομές δεν είχαν ρητά προσχεδιαστεί από τον εκπαιδευτικό που πραγματοποίησε την έρευνα αλλά προέκυψαν από την ανάλυση των δεδομένων.

πρόκειται για νοητικές διαδρομές που εμφανίζονται σε όλη τη διάρκεια της έρευνας και αφορούν όλες τις ομάδες που έλαβαν μέρος σε αυτήν.

### Νοητική διαδρομή 1: Απόδοση συμπεριφοράς

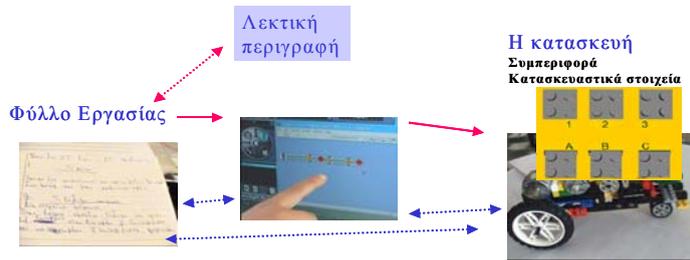
Η πρώτη νοητική διαδρομή αφορά στην απόδοση συμπεριφοράς σε μια φυσική κατασκευή, η οποία περιγράφεται με τα συμπαγή βέλη στην εικόνα 4. Η νοητική αυτή διαδρομή περιλαμβάνει τέσσερα βήματα: α) οι μαθητές δηλώνουν τη συμπεριφορά λεκτικά (π.χ. να κινηθεί μπρος και αν βρει εμπόδιο να σταματήσει). β) οι μαθητές σημειώνουν όσα έχουν συμφωνήσει και καταγράφει στο Φύλλο Εργασίας, περιγράφουν δηλαδή τη συμπεριφορά με ψευδοκώδικα, (ενδεχόμενα και με λογικό διάγραμμα). γ) οι μαθητές γράφουν τον κατάλληλο κώδικα στο περιβάλλον του προγράμματος και τον μεταφέρουν στη συσκευή. δ) οι μαθητές ελέγχουν, πραγματοποιούν δηλαδή μια διαρκή παλινδρόμηση ανάμεσα στη συσκευή, την οθόνη, το φύλλο εργασίας. Ο έλεγχος αυτός περιγράφεται με τα διακεκομμένα βέλη στην εικόνα 4.



Εικόνα 4 Απόδοση συμπεριφοράς σε φυσική κατασκευή

### Νοητική διαδρομή 2: Κατανόηση έτοιμου κώδικα

Η δεύτερη νοητική διαδρομή αφορά στην κατανόηση κώδικα προγράμματος, η οποία περιγράφεται με τα συμπαγή βέλη στην εικόνα 5. Η νοητική αυτή διαδρομή περιλαμβάνει τρία βήματα: α) στο Φύλλο Εργασίας δίνεται έτοιμος κώδικας (σε φωτοτυπία). Οι μαθητές αναγνωρίζουν τα εικονίδια, γράφουν τον ψευδοκώδικα και εκτιμούν με απλά λόγια τη συμπεριφορά (η λεκτική περιγραφή της συμπεριφοράς εξυπηρετεί τη συνεργασία). β) οι μαθητές αναπαράγουν το πρόγραμμα στον υπολογιστή και το μεταφέρουν στη συσκευή. γ) οι μαθητές ελέγχουν, πραγματοποιούν δηλαδή μια διαρκή παλινδρόμηση ανάμεσα στη συσκευή, την οθόνη και το φύλλο εργασίας για να δουν αν η συμπεριφορά που έχουν προβλέψει είναι σωστή. Ο έλεγχος αυτός περιγράφεται με τα διακεκομμένα βέλη στην εικόνα 5.



*Εικόνα 5 Κατανόηση έτοιμου κώδικα*

### Νοητική διαδρομή 3: Ταύτιση συμπεριφοράς

Η τρίτη νοητική διαδρομή αφορά στην ταύτιση συμπεριφοράς, η οποία περιγράφεται με τα συμπαγή βέλη στην εικόνα 6. Η νοητική αυτή διαδρομή περιλαμβάνει τέσσερα βήματα:

- α) Οι μαθητές παρατηρούν και περιγράφουν υπάρχουσα συμπεριφορά που έχει κατασκευαστεί από τον εκπαιδευτικό που υποστηρίζει τη δραστηριότητα. Η συμπεριφορά αυτή είναι αποθηκευμένη σε κάποια από τις δυνατές θέσεις (έστω η θέση 3) για αποθήκευση προγράμματος στο RCX (η συσκευή που χρησιμοποιεί το Lego MindStorms για την αποθήκευση προγραμμάτων σε μια ρομποτική κατασκευή).
- β) Οι μαθητές σημειώνουν τη συμπεριφορά αυτή στο Φύλλο Εργασίας με απλά λόγια, με ψευδοκώδικα και ενδεχομένως με λογικό διάγραμμα.
- γ) Οι μαθητές γράφουν τον κατάλληλο κώδικα και τον μεταφέρουν στη συσκευή RCX σε μια διαφορετική θέση αποθήκευσης από αυτήν που έχει ήδη χρησιμοποιήσει ο εκπαιδευτικός (έστω η θέση 4).
- δ) Οι μαθητές ελέγχουν, πραγματοποιούν δηλαδή νοητικές μετακινήσεις ανάμεσα σε συσκευή, οθόνη και φύλλο εργασίας για να επιτύχουν ταύτιση των δύο συμπεριφορών που εμπεριέχονται στις θέσεις 3 και 4.



*Εικόνα 6 Ταύτιση συμπεριφοράς*

## 5. Συζήτηση - συμπεράσματα

Με τη νοητική διαδρομή 1 οι μαθητές ασκούνται στο 2<sup>ο</sup> στάδιο προγραμματισμού «Κάνω να κάνει μια μηχανή κάτι». Με τη νοητική διαδρομή 2 ασκούνται στο 3<sup>ο</sup> και στο 4<sup>ο</sup> στάδιο προγραμματισμού «Περιγράφο ένα σύνολο εντολών» και «Περιγράφο επίσης το πρόγραμμα». Με τη νοητική διαδρομή 3 οι μαθητές ασκούνται στο 5<sup>ο</sup> στάδιο προγραμματισμού: «Αντιλαμβάνομαι και περιγράφο με δομημένο τρόπο».

Η σειρά παράθεσης των νοητικών διαδρομών εμφανίζεται και χρονικά στα δεδομένα της έρευνας παρότι αυτό δεν ήταν προσχεδιασμένο. Η τρίτη διαδρομή προέκυψε κατά τη διάρκεια τη διδασκαλίας και αφορμή για αυτό στάθηκε η άρνηση των μαθητών να προγραμματίσουν κατασκευές συμμαθητών τους από άλλες ομάδες. Ήδη είχε αναδειχθεί η σχετικά μικρή αξία της απλής παρατήρησης όταν σκοπός ήταν η δημιουργία ακριβούς αντιγράφου της φυσικής κατασκευής. Η κατανόηση της συμπεριφοράς έχει περισσότερες απαιτήσεις αφού υπονοεί την οικοδόμηση του μοντέλου λειτουργίας, το οποίο επιτυγχάνεται με βεβαιότητα μέσω της διαδικασίας κατασκευής (πως κινείται ή στρίβει, ποιο μοτέρ το κάνει, σε ποια έξοδο είναι συνδεδεμένο, ποιος αισθητήρας είναι συνδεδεμένος, τι ερέθισμα δίνει, σε ποιες τιμές του ερεθίσματος αντιστοιχεί κάποια δράση κλπ.).

Οι δύο πρώτες διαδρομές έχουν μονοσήμαντο χαρακτήρα, η τρίτη όμως διαδρομή έχει πολλές παραδεκτές λύσεις. Η πρώτη διαδρομή μπορεί να υποστηριχθεί πολύ καλά μέσα σε ένα συμπεριφοριστικό διδακτικό πλαίσιο και να οδηγήσει τους μαθητές σε στάδια προγραμματισμού μεγαλύτερα του δεύτερου. Η τρίτη διαδρομή δεν μπορεί να εμφανιστεί σε ένα συμπεριφοριστικό διδακτικό πλαίσιο αφού απαιτεί ενεργό συμμετοχή των μαθητών, ανάδειξη και μεταφορά κοινωνικών πρακτικών αναφοράς, διαπραγμάτευση σε επίπεδο ομάδας, προσέγγιση μιας παραδεκτής λύσης ίσως μοναδικής. Η δεύτερη διαδρομή φάνηκε σχετικά εύκολη, ίσως ευκολότερη από την πρώτη. Όταν όμως προτάθηκε για πρώτη φορά η τρίτη διαδρομή η δυσκολία των μαθητών ήταν πολύ μεγαλύτερη της αναμενόμενης. Έμοιαζε σαν να είχε πάει χαμένη όλη η προηγούμενη δουλειά. Είναι ένα στοιχείο που ενισχύει την άποψη πως το σημαντικότερο χαρακτηριστικό των τριών νοητικών διαδρομών είναι η συμπληρωματικότητά τους σύμφωνα με την αντίληψη που προαναφέραμε ότι βασική μέριμνα της διδασκαλίας είναι να δοθεί στους μαθητές βοήθεια ώστε να οικοδομήσουν τα απαραίτητα νοητικά πλαίσια για να εξασκήσουν προγραμματιστικές δραστηριότητες. Και οι τρεις νοητικές διαδρομές συνεισφέρουν σε αυτό η καθεμιά με τον δικό της τρόπο.

Όσον αφορά στα συμπεράσματα που προκύπτουν από την ανάλυση της προγραμματιστικής δραστηριότητας των μαθητών στο περιβάλλον Lego Robolab<sup>TM</sup> μπορούμε σύντομα να συνοψίσουμε στα ακόλουθα.

Καταρχήν, οι μαθητές κατανοούν εύκολα τα εικονίδια του περιβάλλοντος που αφορούν βασικές συσκευές εξόδου (μοτέρ ή φωτεινή σήμανση). Ο οπτικός

προγραμματισμός φαίνεται να τους διευκολύνει σε αυτό καθώς και η αντιστοιχία εικονιδίων και φυσικών οντοτήτων ή λειτουργιών τους. Οι μαθητές πολύ γρήγορα δημιουργούν «κώδικα που δουλεύει» δηλαδή δεν χρειάζεται να πάρουν πολλές πληροφορίες για το περιβάλλον ώστε να δημιουργήσουν απλά προγράμματα. Η βασική προγραμματιστική δομή που κατακτούν είναι η *ακολουθία* και είναι ικανοί να την παρακολουθούν έστω και αν μεγαλώσει αρκετά η ακολουθία των εντολών αρκεί το μέγεθος να γίνεται σταδιακά. Χρησιμοποιώντας την ακολουθία μπορούν να υλοποιήσουν διαδρομές κίνησης στο επίπεδο και να προβλέψουν την τελική θέση του ρομπότ που έχουν κατασκευάσει.

Στη συνέχεια, οι μαθητές προτείνουν πολύπλοκες συμπεριφορές αλλά δεν είναι ικανοί να οικειοποιηθούν ή να αναπτύξουν τον αντίστοιχο κώδικα. Για παράδειγμα μαθητής πρότεινε ταλάντωση σε όχημα κάνοντας χρήση *δομής ακολουθίας*. Αντίθετα, η *επαναληπτική δομή* δεν κατακτήθηκε από τους μαθητές αλλά εφαρμόστηκε μηχανικά με τη βοήθεια του εκπαιδευτικού. Μια άλλη δομή που φαίνεται να κατακτήθηκε είναι η *wait for ... τιμή αισθητήρα*. Μαζί με την *ακολουθία* και την χρήση της *επανάληψης* με μηχανικό τρόπο, οι μαθητές μπορούν να υλοποιήσουν σενάρια και συμπεριφορές σε μεγάλη ποικιλία.

Τέλος, υπάρχει μια αντιστοιχία κατασκευών και προγραμματισμού όσον αφορά τα οχήματα (τις ρομποτικές κατασκευές) που δημιουργούν οι μαθητές: α) στο κατασκευαστικό επίπεδο, η κίνηση περιορίζεται σε μια διάσταση, το όχημα δηλαδή κινείται σε μια γραμμή ενώ β) στο προγραμματιστικό επίπεδο, η δομή που χρησιμοποιείται είναι η ακολουθία.

## Βιβλιογραφία

- Cyr, M. (1998). *Mindstorms for Schools, ROBOLAB Getting Started 1*, Denmark.
- Kafai, Y., & Resnick, M. (1996). *Constructionism in Practice: Designing, Thinking, and Learning in A Digital World LE*, Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey.
- Miglino, O., Hautop, H., & Cardaci, M. (1999). Robotics as an Educational Tool, *Interactive Learning Research*, Vol 10, No 1, pp. 25-4.
- Pair, C. (1988). *L'apprentissage de la programmation*, in *Colloque Francophone sur le didactique de l'informatique*, EPI, Paris.
- Pair, C. (1990). Programming, Programming Languages and Programming Methods in Green, T., Hoc, J.-M., Samurçay, R., Gilmore, D., *Psychology of Programming*, Academic Press.
- Papert, S. (1991). *Νοητικές θύελλες-Παιδιά, ηλεκτρονικοί υπολογιστές και δυναμικές ιδέες*, Εκδόσεις Οδυσσέας, Αθήνα.
- Κόμης, Β. (2004). *Εισαγωγή στις εκπαιδευτικές εφαρμογές των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών*, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών Αθήνα.
- Κόμης, Β. (2005). *Εισαγωγή στη Διδακτική της Πληροφορικής*, Εκδόσεις Κλειδάριθμος.