

# Ρομποτικές κατασκευές μαθητών δημοτικού: μια ανάλυση με βάση τη Θεωρία της Δραστηριότητας

Σ. Τσοβόλας, Β. Κόμης

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

## Περίληψη

Στην παρούσα εργασία γίνεται χρήση της Θεωρίας της Δραστηριότητας ως πλαίσιο μελέτης της εισαγωγής της ρομποτικής στην εκπαίδευση. Μελετώνται αφενός οι κατασκευές των μαθητών και αφετέρου τα προγράμματα που δημιουργούν ώστε να κατευθύνουν τις κατασκευές αυτές. Αναδεικνύεται η φύση των ρομποτικών κατασκευών που υλοποιούν οι μαθητές δημοτικού σχολείου ενώ όσον αφορά τον προγραμματισμό των κατασκευών απαιτείται εστίαση σε καταστάσεις μάθησης και χρήση κατάλληλων διδακτικών στρατηγικών.

**Λέξεις κλειδιά:** Θεωρία δραστηριότητας, Lego, Mindstorms, Εκπαιδευτική ρομποτική, ρομπότ, Robolab

## Abstract

This report employs Activity Theory as a framework to study the introduction of robotics in education. Students' activity was twofold. They created the robotic constructions and the programs controlling the robots. Both artifacts are construed in the present study. Specifically, with the aforementioned theoretical framework the nature of the robotic constructions created by primary education students is studied. Regarding the programming element, the focus is on learning situations and the use of suitable teaching strategies.

**Keywords:** Activity Theory, Lego, Mindstorms, Educational robotics, robot, Robolab

## 1. Εισαγωγή

Η εκπαιδευτική ρομποτική αποτελεί σημαντική περιοχή των Τεχνολογιών της Πληροφορικής στην εκπαίδευση. Βασικό εργαλείο της είναι το *προγραμματιζόμενο ρομπότ*, οντότητα προικισμένη με αυτονομία, ικανή να εκπληρώσει συγκεκριμένες εκ των προτέρων ενέργειες μέσα σε ένα μεταβαλλόμενο περιβάλλον. Το ρομπότ μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο σχολείο αλλά και εκτός σχολείου ως ένα αποτελεσματικό εργαλείο για την ανάπτυξη γνωστικών δομών από τα παιδιά. Δεν πρέπει, επίσης, να παραγνωρίσουμε τις δυνατότητες που προσφέρει για την κατανόηση και την αφομοίωση τεχνικών γνώσεων (Κόμης, 2004).

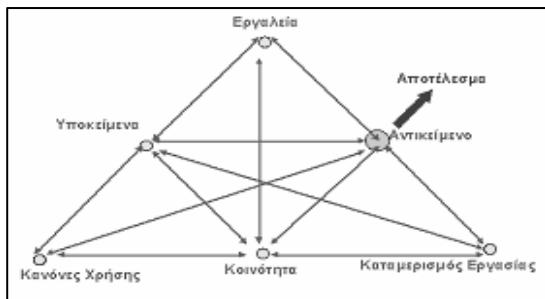
Στο πλαίσιο της εκπαιδευτικής ρομποτικής απαντώνται τρεις κύριες παιδαγωγικές προσεγγίσεις. Η πρώτη προσέγγιση συνδέεται άμεσα με την ανάπτυξη και την περιγραφή τεχνικών καταστάσεων με τη βοήθεια γλωσσών εντολών (τυπικές γλώσσες προγραμματισμού) στο πλαίσιο της *Τεχνολογίας Ελέγχου* (Control Technology). Η δεύτερη προσέγγιση αφορά στη χρήση της παιδαγωγικής ρομποτικής ως ενός εναλλακτικού τρόπου εκμάθησης του προγραμματισμού μέσα από το πρίσμα της ανάπτυξης της οργάνωσης της σκέψης μέσω πρόβλεψης για τη μετακίνηση αντικειμένων στο χώρο. Η τρίτη προσέγγιση έρχεται απευθείας από την παιδαγωγική παράδοση της Logo (Papert 1994; Resnick 1996; Kafai 1996), με τη δημιουργία ποικίλων μικρόκοσμων (που απαιτούν ύπαρξη αυτομάτων με πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα την προγραμματιζόμενη «χελώνα» εδάφους της Logo), οι οποίοι χρησιμοποιούνται μέσα σε διάφορες παιδαγωγικές καταστάσεις με σημασία και νόημα για τους μαθητές. Στην παρούσα εργασία ακολουθείται συνδυασμός των τριών αυτών προσεγγίσεων με έμφαση τόσο στην κατασκευαστική όσο και στην προγραμματιστική δραστηριότητα των μαθητών.

## 2. Μεθοδολογικό πλαίσιο

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η μελέτη του τρόπου εισαγωγής της εκπαιδευτικής ρομποτικής στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση 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 μιας τάξης δημοτικού σχολείου που εργάστηκε σε τέσσερις ομάδες

εργασίας για χρονική περίοδο έξι τουλάχιστον μηνών. Εστιάζει στη μορφή των ρομποτικών κατασκευών των μαθητών (εμφάνιση, στιβαρότητα, λειτουργικότητα, χρήση δομικών υλικών) και στις αποδιδόμενες συμπεριφορές των κατασκευών αυτών με τη βοήθεια του περιβάλλοντος οπτικού προγραμματισμού Robolab™ (Cyr, 1998). Η έρευνα είχε χαρακτηριστικά έρευνας σχεδιασμού (design based research). Υλοποιήθηκαν οκτώ δραστηριότητες με κλιμακωτό βαθμό δυσκολίας ενώ κάθε δραστηριότητα και σχεδιάστηκε με βάση την εμπειρία από τις προηγούμενες.

Για την ανάλυση των δεδομένων της έρευνας χρησιμοποιείται το πλαίσιο της Θεωρίας της Δραστηριότητας (activity theory). Η θεωρία της δραστηριότητας (Leontiev, 1978; Engstrom, 1999) παρέχει τα εργαλεία για τη μελέτη της ανθρώπινης συμπεριφοράς και εξέλιξης λαμβάνοντας υπόψη το ευρύτερο κοινωνικό πλαίσιο, την κατανομή των ρόλων, τα διαμεσολαβητικά εργαλεία και τους κανόνες χρήσης (Nardi, 1996). Θεωρεί τη δραστηριότητα ως την στοιχειώδη μονάδα ανάλυσης που συνίσταται από το ελάχιστο κατάλληλο πλαίσιο (context) μέσα στο οποίο εντάσσονται οι ατομικές πράξεις (actions).



Εικόνα 1: Το σύστημα της δραστηριότητας

Η δραστηριότητα αναπαρίσταται με ένα τρίγωνο στο οποίο αναδεικνύονται οι σχέσεις και αλληλεπιδράσεις των επιμέρους στοιχείων που το συνθέτουν (Εικόνα 1). Στην παρούσα έρευνα η αντιστοιχία οντοτήτων στις θέσεις του τριγώνου είναι η ακόλουθη:

**Υποκείμενα** είναι οι μαθητές και ο διδάσκων (ερευνητής). **Κοινότητα** είναι η τάξη με την ευρύτερη έννοια και οι τέσσερις ομάδες μαθητών. Τα μέλη των ομάδων ζουν στην ίδια περιοχή, γνωρίζονται πολύ καλά και είναι αποδεκτά μεταξύ

τους. Στους **κανόνες χρήσης** υπάγονται όλοι οι δηλωμένοι και αδήλωτοι κανόνες εργασίας στην τάξη (π.χ. διδακτικό συμβόλαιο). Ο διδάσκων λειτουργεί σε εποικοδομιστικό πλαίσιο: α) Δεν δίνει άμεση απάντηση, ζητά πάντοτε διευκρίνιση για κάτι που ρωτούν ή κατασκευάζουν οι μαθητές. β) Αντί για απάντηση σε μια ερώτηση, ο διδάσκων θέτει νέο ερώτημα. γ) Με κατάλληλες ερωτήσεις επιδιώκει να κατευθύνει τη σκέψη των μαθητών.

Ο **καταμερισμός εργασίας** αφορά τους ρόλους που κάθε μέλος ανέλαβε στην ομάδα του. Με βάση τα συμφωνηθέντα στο διδακτικό συμβόλαιο ένας ρόλος, ο πιο αγαπητός στους μαθητές, ήταν του κατασκευαστή που θα συναρμολογούσε την επιθυμητή συσκευή αξιοποιώντας τα υλικά του σετ (τουβλάκια, γρανάζια, άξονες, ιμάντες, τροχούς, κλπ) με έναν από τους προτεινόμενους τρόπους (ελεύθερη κατασκευή με βάση τα ενδιαφέροντα και τις ιδέες της ομάδας, εργασία βάση αναλυτικού σχεδίου, λύση και επανασυναρμολόγηση ήδη έτοιμης φυσικής κατασκευής που είχε ετοιμάσει ο διδάσκων, αντιγραφή φυσικής κατασκευής μόνο με παρατήρηση ή με λύση και επανασυναρμολόγηση). Ένας άλλος ρόλος ήταν του προγραμματιστή. Αυτός θα συνέγραφε στο περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού το κατάλληλο πρόγραμμα ώστε να αποδοθεί η επιθυμητή συμπεριφορά στην ρομποτική συσκευή, μια συμπεριφορά που κατά κανόνα πρότεινε αρχικά ο διδάσκων. Οι συμπεριφορές αφορούσαν εξοικείωση με απλές προγραμματιστικές δομές και σενάρια κίνησης στο επίπεδο. Στα σενάρια αυτά συνδιαμορφωτές ήταν και οι μαθητές. Ένας άλλος ρόλος, ο λιγότερο ενδιαφέρων για τους μαθητές, ήταν του γραμματέα/συντονιστή που κατέγραφε σε έντυπη μορφή ότι χρειαζόνταν η ομάδα (σκέψεις, εναλλακτικές ιδέες και προτάσεις, διαφωνίες). Ένας ακόμη ρόλος ήταν του παρουσιαστή που θα αναλάμβανε στο τέλος να παρουσιάσει το τελικό προϊόν της εργασίας της ομάδας σε πιθανή ολομέλεια τάξης ή εκδήλωσης του σχολείου στο τέλος της σχολικής χρονιάς. Εναλλαγή των ρόλων ήταν έντονη μιας και όλοι διεκδίκησαν το ρόλο του κατασκευαστή. Όλοι συμμετείχαν στο κατασκευαστικό κομμάτι άρα οι κατασκευές δεν θεωρούνται ατομικές αλλά ομαδικές.

Στα **εργαλεία** υπάγονται το σετ υλικών της Legodacta και το περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού Robolab, ο πίνακας και το τετράδιο όπου οι μαθητές κατέγραφαν λεκτικά τις επιθυμητές συμπεριφορές των κατασκευών τους. **Αντικείμενα** της δραστηριότητας είναι η δημιουργία προγραμματιζόμενων κατασκευών (ρομπότ) που ορίζονται από την ομάδα των μαθητών. **Αποτέλεσμα** της δραστηριότητας είναι οι φυσικές κατασκευές που κατασκευάστηκαν και η συμπεριφορά που τους απέδωσαν οι μαθητές με τη βοήθεια του οπτικού προγραμματισμού Robolab.

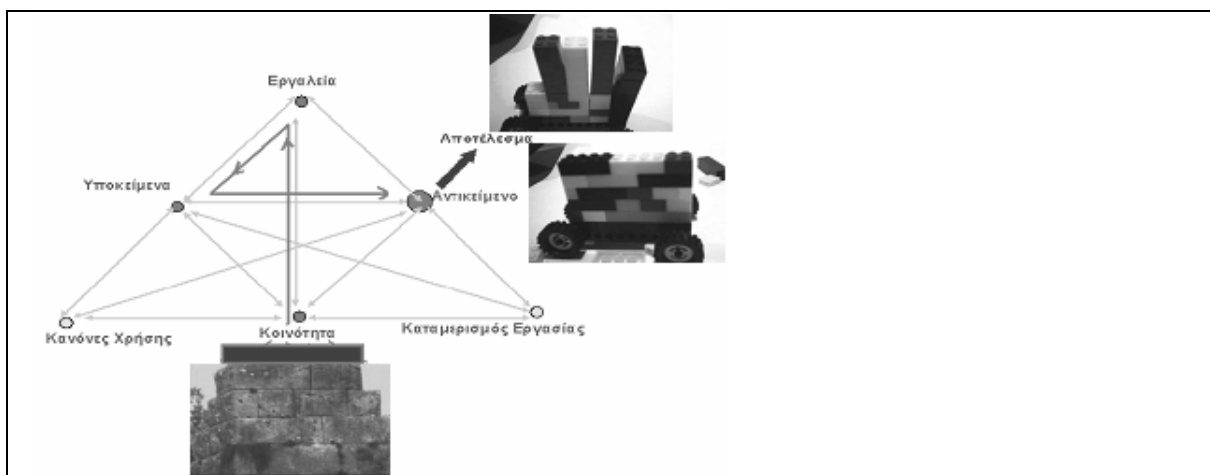
### 3. Ανάλυση των δεδομένων

Το τρίγωνο που παριστάνει το σύστημα της δραστηριότητας χρησιμοποιείται για να μελετηθούν οι κατασκευές και η εξέλιξή τους. Κάθε αλλαγή ή παρέμβαση παριστάνεται σαν *είσοδος* (ή σαν διαταραχή), κατά προτίμηση οπτικά, σε κατάλληλη θέση του τριγώνου ανάλογα με τη φύση της παρέμβασης, στη συνέχεια με βέλη δηλώνεται η *πορεία και αλληλεπίδραση* με άλλα στοιχεία του τριγώνου και τέλος οπτικά δηλώνεται η *αλλαγή στην έξοδο* δηλαδή στο αντικείμενο και στο αποτέλεσμα της δραστηριότητας. Σε παραλληλισμό με ένα μηχανικό μοντέλο, το πολύπλοκο τρίγωνο του συστήματος δραστηριότητας θα δέχεται μια είσοδο σε κάποιο κομβικό σημείο του και θα δίνει μια αλλαγή στην έξοδό του που είναι το αποτέλεσμα της δραστηριότητας. Οι διαταραχές θα αξιολογηθούν με ποιοτικά κριτήρια.

#### 3.1 Αρχικές διδακτικές παρεμβάσεις

Στους μαθητές δόθηκε το σετ των δομικών υλικών χωρίς να τους δοθεί καμία οδηγία για το τι να κατασκευάσουν. Αφέθηκαν ελεύθεροι να κατασκευάσουν οι ίδιοι ότι νόμιζαν αξιοποιώντας τα δομικά στοιχεία του πακέτου. Στην αρχή, δηλαδή το πρώτο δίωρο, οι μαθητές αντιμετώπιζαν δυσκολίες χειρισμού των δομικών στοιχείων αλλά αυτός ο χρόνος ήταν αρκετός για να αποκτήσουν τις απαραίτητες πραξιακές δεξιότητες οι οποίες γρήγορα πήραν το χαρακτήρα μόνιμης κατάκτησης. Όμως οι πρώτες κατασκευές τους είχαν δύο χαρακτηριστικές ιδιότητες: α) δεν είχαν σταθερότητα και β) είχαν πολύ μεγάλο ύψος σε σχέση με τις άλλες δύο διαστάσεις.

Για να βελτιωθεί η πρώτη ιδιότητα και να γίνουν πιο σταθερές οι κατασκευές αναδείχθηκε από τον διδάσκοντα το ανθρωπογενές και δομημένο περιβάλλον των μαθητών με αναφορά στο αρχαίο Ακαρνανικό τείχος δίπλα στο σχολείο. Η παρέμβαση αυτή είχε άμεσα αποτελέσματα (εικόνα 2).



*Εικόνα 2: Πρώτη παρέμβαση απεικονισμένη στο σύστημα της δραστηριότητας*

Ο διδάσκων έφερε στο σύστημα δραστηριότητας ένα μοτίβο προς υποστήριξη της σκέψης. Το ανέσυρε από τον ευρύτερο φυσικό και πολιτισμικό χώρο του σχολείου, κάτι γνωστό σε όλους τους μαθητές. Αυτό που εντέλει κατάφερε ο εκπαιδευτικός ήταν να αναβαθμίσει το υπάρχον μοτίβο από απλή εικόνα σε νοητικό εργαλείο. Με αυτή την αναβαθμισμένη ιδιότητα του εργαλείου το μοτίβο αξιοποιήθηκε από τους μαθητές και με τη βοήθειά του μετασχημάτισαν την αρχική δημιουργία τους (πάνω κατασκευή εικόνα 2) σε μια πιο στιβαρή και σταθερή κατασκευή (κάτω κατασκευή εικόνα 2).

Μια πιο ενδελεχής ανάλυση που ακολουθεί στη συνέχεια, λαμβάνει υπόψη της τι αλλάζει και τι όχι, τι επηρεάστηκε και πως σε μια νοητική διαδρομή, εάν το αποτέλεσμα μπορεί να αξιολογηθεί με βάση την αφετηρία, τη νοητική διαδρομή και τις δυνατές αλληλεπιδράσεις στο σύστημα δραστηριότητας. Επιτρέπει επίσης υποθέσεις και συγκρίσεις αφού το ίδιο αποτέλεσμα πιθανόν να επιτυγχάνονταν με διαφορετική διαταραχή, από διαφορετική αφετηρία και διαδρομή.

1. Το παραπάνω μοτίβο δόμησης βρισκόταν ήδη στον πολιτισμικό περίγυρο των μαθητών, η κοινωνική διαπραγμάτευση αφορούσε απλά στην εστίαση της προσοχής των μαθητών και τον εντοπισμό του μέσα σε μια οικεία εικόνα. Μια τέτοια προσπάθεια απαίτησε λίγο κόπο και από

πλευράς διδάσκοντα και από πλευράς μαθητών που στη συνέχεια εσωτερίκευαν / οικειοποιήθηκαν γρήγορα το κοινωνικά κατακτημένο (Vygotsky, 2000).

2. Θα μπορούσε να ανακαλυφθεί το μοτίβο κατασκευής; Είναι πολύ πιθανό, εξάλλου η ανακάλυψη είναι επιθυμητή και ευπρόσδεκτη αλλά μπορεί να μη συμβεί άμεσα και επιπλέον, όταν συμβεί, κάποιος πρέπει να την καταγράψει και να μην την αποδώσει σε προγενέστερη γνώση. Η πιθανότητα πρότερης γνώσης μας κάνει επιφυλακτικούς ώστε να μιλούμε με όρους ανακαλυπτικής μάθησης (Bruner, 1996).

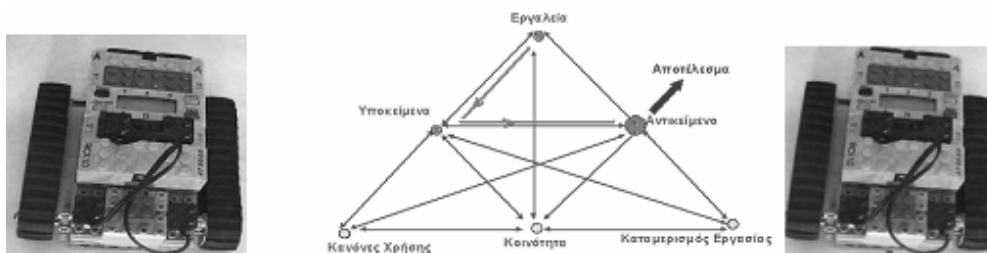
3. Το μοτίβο θα μπορούσε να είχε αναδειχθεί μέσα από άλλες δραστηριότητες του σχολείου όπως οι διαθεματικές δραστηριότητες; Για παράδειγμα, μια συνήθης και προτεινόμενη διαθεματική δραστηριότητα αφορά την τοπική ιστορία. Ακόμα και αν συζητήθηκε σε αυτό το πλαίσιο το θέμα του μοτίβου και της μηχανικής σταθερότητας ενός αρχαίου τείχους αυτό δεν σημαίνει πως έγινε και κτήμα των μαθητών, εργαλείο προς χρήση όπως φαίνεται να συνέβη στις παρούσες συνθήκες.

4. Αντί του νοητικού δρομολογίου Κοινότητα → Αντικείμενο προτιμήθηκε το δρομολόγιο Κοινότητα → Εργαλεία → Υποκείμενα → Αντικείμενο που αποδίδει σωστότερα τις αλληλεπιδράσεις σε ένα σύστημα δραστηριότητας. Δρομολόγια σαν αυτό αποτελούν και τη μονάδα δραστηριότητας που χρησιμοποιούμε στην παρούσα εργασία. Τα βέλη, σε δεύτερη φάση, λειτουργούν και ανάστροφα για αυτό το αντικείμενο της δραστηριότητας δεν πρέπει να θεωρηθεί μια στάσιμη τελική κατάσταση αλλά μια φάση από διαρκείς αλλαγές. Ήδη μετά την εφαρμογή του μοτίβου στο αντικείμενο της δραστηριότητας συμβαίνουν τα ακόλουθα: α) η συλλογή εργαλείων (του μαθητή) έχει εμπλουτιστεί με το μοτίβο που με αυτή τη μορφή είναι πολύ εύκολο να μεταφερθεί και σε άλλες καταστάσεις, β) οι μαθητές οικοδομούν κατάλληλες νοητικές αναπαραστάσεις, γ) το αντικείμενο της δραστηριότητας στη νέα του μορφή αποτελεί και αυτό νέο εν δυνάμει πολιτισμικό στοιχείο της κοινωνίας που είναι ικανό να αλλάζει αντιλήψεις στα υποκείμενα.

Με παρόμοιο τρόπο μπορούν να αναλυθούν και άλλες διδακτικές παρεμβάσεις που αφορούν εργασία με αναλυτικό σχέδιο (εικόνα 3), λύση και επανασυναρμολόγηση μιας κατασκευής (εικόνα 4) και εμπλουτισμός συλλογής εργαλείων (εικόνα 5).



**Εικόνα 3:** Δεύτερη παρέμβαση: εργασία βάση αναλυτικού σχεδίου



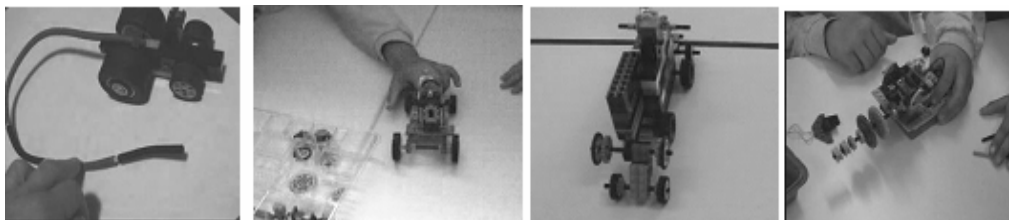
**Εικόνα 4:** Τρίτη παρέμβαση: Λύση και επανασυναρμολόγηση



**Εικόνα 5:** Τέταρτη παρέμβαση: Εμπλουτισμός συλλογής εργαλείων

Στη συνέχεια, προτάθηκαν στους μαθητές επιμέρους μηχανισμοί στήριξης, επέκτασης, σύνδεσης, μετάδοσης κίνησης, αύξησης ή μείωσης των στροφών. Το αποτέλεσμα αναλύεται στη συνέχεια

μελετώντας τις παραγόμενες κατασκευές των τεσσάρων ομάδων, οι οποίες κλήθηκαν να εργαστούν πάλι ελεύθερα, δηλαδή να κατασκευάσουν ότι ήθελαν. Τώρα όμως υποθέσαμε πως θα αξιοποιήσουν ότι κέρδισαν στις τρεις προηγούμενες παρεμβάσεις. Οι τέσσερις κατασκευές των ομάδων απεικονίζονται παρακάτω (εικόνα 6). Οι μαθητές τις ονόμασαν Μηχανή ποτίσματος, Ραντιστικό μηχανήμα, Θεριστή καλαμποκιού και Σκαπτικό μηχανήμα.

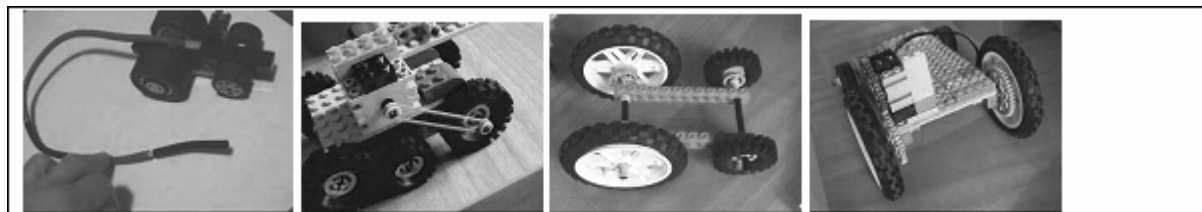


*Εικόνα 6: Κατασκευές ελεύθερης επιλογής των μαθητών.*

Οι κατασκευές αυτές είχαν τα παρακάτω χαρακτηριστικά: α) Έπρεπε να μοιάζουν εξωτερικά όσο το δυνατό σε υπάρχουσες φυσικές οντότητες. Στις κατασκευές αυτές αντανακλάται το πολιτισμικό υπόβαθρο (αγροτική περιοχή). β) Έπρεπε να υπάρχει πάνω σε αυτές ένα ανθρωπάκι (ιδιοκτήτης). γ) Η λειτουργία ήταν χειροκίνητη και δεν υπήρχε καμία πρόνοια για την τοποθέτηση μοτέρ ή προγραμματίσιμου τούβλου (εκτός του σκαπτικού). δ) Εκτός από τους τροχούς, όλα τα υπόλοιπα υλικά χρησιμοποιήθηκαν για σκοπούς τελείως διαφορετικούς από αυτούς του κατασκευαστή και με βασικό κριτήριο το σχήμα τους. ε) Στις κατασκευές κυριαρχούν τα οχήματα. Αυτά με τη σειρά τους έχουν δυνατότητα κίνησης μόνο σε μια διάσταση. στ) Αξιοποιήθηκαν αρκετά στοιχεία από τις τρεις προηγούμενες παρεμβάσεις που αφορούν τη σύνδεση και στήριξη των δομικών στοιχείων και την κατασκευή στιβαρών κατασκευών χωρίς των υπερβολική κατανάλωση τούβλων. ζ) Δεν αξιοποιήθηκαν οι μηχανισμοί μετάδοσης κίνησης με ιμάντες ή γρανάζια ούτε φυσικά της μείωσης ή αύξησης στροφών ή αλλαγής κατεύθυνσης κίνησης ή μετατροπής περιστροφικής σε μεταφορική κίνηση.

### 3.2 Η απαίτηση της λειτουργικότητας των κατασκευών

Σε αυτή τη φάση τέθηκε το θέμα της λειτουργικότητας των κατασκευών, απαίτηση δηλαδή να προβλεφθεί χώρος για τα μοτέρ κίνησης και το προγραμματίσιμο τούβλο. Αυτή η απαίτηση της λειτουργικότητας δυσκόλεψε τους μαθητές, τους κινητοποίησε έντονα, θεωρήθηκε μια μεγάλη πρόκληση γιατί μέχρι τώρα η λειτουργία των κατασκευών τους ήταν χειροκίνητη. Κάθε ομάδα προσπάθησε να εξελίξει την αρχική κατασκευή.



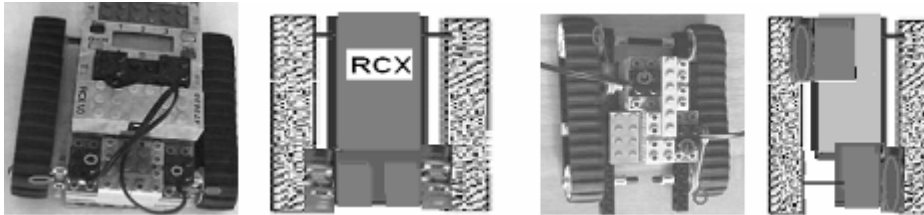
*Εικόνα 7: Εξέλιξη κατασκευής πρώτης ομάδας*

Η μηχανή ποτίσματος αξιολογήθηκε από τους μαθητές σαν μη εξελίξιμη μιας και δεν χώραγε ούτε μοτέρ ούτε το προγραμματίσιμο τούβλο. Υλοποιήθηκε μια άλλη ιδέα ενός εξάτροχου που το ένα ζεύγος τροχών ήταν υπερυψωμένο ώστε να προσπερνά ψηλά εμπόδια αλλά εντέλει θεωρήθηκε αποτυχημένη αφού ούτε σωστά μεταδόθηκε με τον ιμάντα η κίνηση ούτε στο σωστό τροχό. Έγινε προσπάθεια για κατασκευή τυπικού οχήματος, την πρώτη φορά ανεπιτυχώς αλλά με επέκταση του μήκους κατέληξαν στο τυπικό όχημα. Ιδιαίτερα στοιχεία στην ομάδα αυτή ήταν η εμμονή στη συμμετρία και στο τρακτεροειδές σχήμα (οι πίσω τροχοί πάντα μεγαλύτεροι).



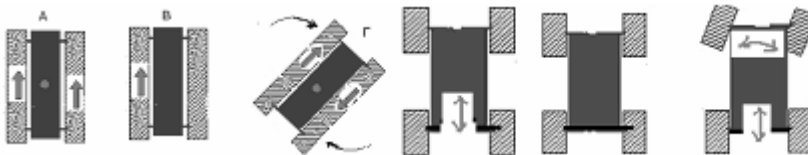
*Εικόνα 8: Εξέλιξη κατασκευής δεύτερης ομάδας*

Το ραντιστικό μηχανήμα επίσης δεν ήταν εξελίξιμο και έγινε αποτυχημένη προσπάθεια κατασκευής του τυπικού οχήματος. Στη συνέχεια οι μαθητές κατασκεύασαν μπουλντόζα, την οποία θα μελετήσουμε αναλυτικότερα γιατί είναι πολύ διαφορετική από αυτή που τους προτάθηκε προς λύση και επανασυναρμολόγηση όπως δείχνουν οι φωτογραφίες (εικόνα 9).



*Εικόνα 9. Οι δύο μπουλντόζες του μηχανικού και των μαθητών (θέσεις μοτέρ, μετάδοση κίνησης)*

Η νέα κατασκευή δεν χρησιμοποιεί γρανάζια για τη μετάδοση της κίνησης αλλά ιμάντες. Επίσης, η μετάδοση κίνησης γίνεται στους δύο τροχούς διαγώνια. Αυτό γίνεται γιατί τα δύο μοτέρ δεν χωρούσαν δίπλα-δίπλα αφού η κατασκευή αυτή είναι στενότερη. Η ομάδα δηλαδή αξιοποίησε προγενέστερες γνώσεις και έκανε σύνθεσή τους με ένα τρόπο που ταιριάζει στις νέες συνθήκες. Ένα αδύναμο σημείο είναι ότι οι δύο πίσω τροχοί: δεν συνδέονται στον ίδιο άξονα αλλά ο καθένας στηρίζεται στο δικό του. Αυτό μελλοντικά θα θεωρηθεί θετικό κατασκευαστικό στοιχείο που προσδίδει ανεξαρτησία κίνησης στους δύο πίσω τροχούς. Όμως στην παρούσα περίπτωση παρέμειναν οι δύο διαφορετικοί άξονες για άλλο λόγο. Πριν αποφασίσουν να αλλάξουν τη θέση του δεύτερου μοτέρ και να το τοποθετήσουν διαγώνια σχετικά με το πρώτο, είχαν προσπαθήσει να τα τοποθετήσουν δίπλα-δίπλα. Αναγκαστικά τότε έπρεπε κάθε τροχός να στηρίζεται σε δικό του άξονα. Το ένα μοτέρ τελικά πήγε διαγώνια αλλά το σύστημα αξόνων παρέμεινε. Αυτό μειώνει λίγο τη στιβαρότητα της κατασκευής αλλά τα υπόλοιπα δομικά στοιχεία δεν την αφήνουν να καταρρεύσει.



*Εικόνα 10. Οχήματα και ο τρόπος που στρίβουν*

Ο τρόπος που προχωράει και στρίβει μια μπουλντόζα φαίνεται στην εικόνα 10. Μπορεί να κινηθεί μπρος αν κινεί και τους δύο τροχούς το ίδιο όπως στο στιγμιότυπο Α. Μπορεί να στρίψει δεξιά όπως στο στιγμιότυπο Β κινώντας μόνο τον ένα τροχό είτε κάνοντας επιτόπια στροφή κινώντας σε αντίθετη κατεύθυνση τους δύο τροχούς στο στιγμιότυπο Γ. Για ένα όχημα με εμπρόσθιο σύστημα διεύθυνσης ο τρόπος φαίνεται στην εικόνα 10. Είναι φανερή η διαφορά των δύο οχημάτων: στο δεύτερο για τον έλεγχο της κίνησής του χρειάζονται δύο ανεξάρτητες μεταβλητές ενώ για τη μπουλντόζα φαίνονται δύο αλλά είναι συμμετρικές, είναι μια μεταβλητή που εφαρμόζεται δύο φορές. Ο βαθμός δυσκολίας είναι διαφορετικός και στο στάδιο αυτό ανάπτυξης των μαθητών δεν υπάρχει η ικανότητα χειρισμού δύο μεταβλητών οπότε εξηγείται η αξεπέραστη δυσκολία που συναντούν οι μαθητές στο όχημα με εμπρόσθιο σύστημα διεύθυνσης. Ας θυμηθούμε το τυπικό όχημα που βρίσκεται μέσα στα πλαίσια των ικανοτήτων όλων των μαθητών τόσο κατασκευαστικά όσο και προγραμματιστικά. Για το όχημα αυτό, αρκεί μια μεταβλητή για τον έλεγχο της κίνησης σε μια διάσταση και αυτό το θέμα μπορούν να

το αντιμετώπισουν όλοι οι μαθητές, αγόρια και κορίτσια.



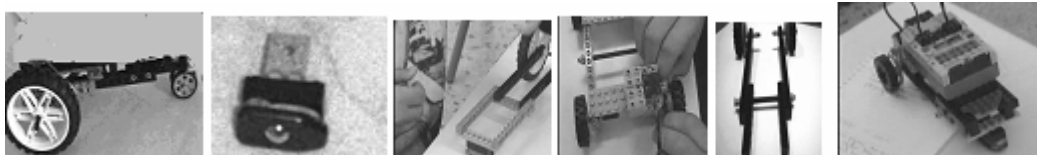
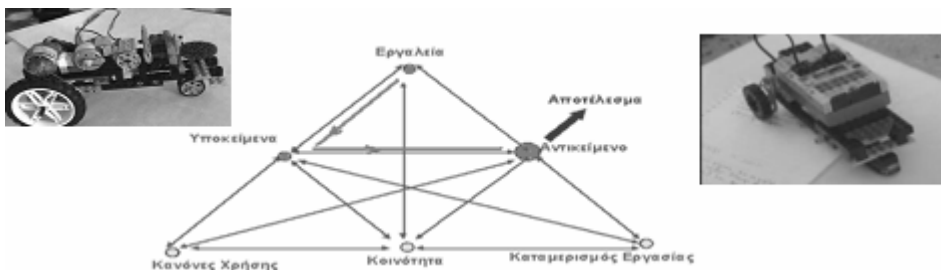
**Εικόνα 11:** Εξέλιξη κατασκευής τρίτης ομάδας

Η μηχανή θερσίματος θεωρήθηκε εξελίξιμη, κατασκευάστηκε χώρος για το προγραμματίσιμο τούβλο όμως δεν βρέθηκε λύση για μοτέρ κίνησης. Εγκαταλείφθηκε και η ομάδα έφτιαξε το τυπικό όχημα.



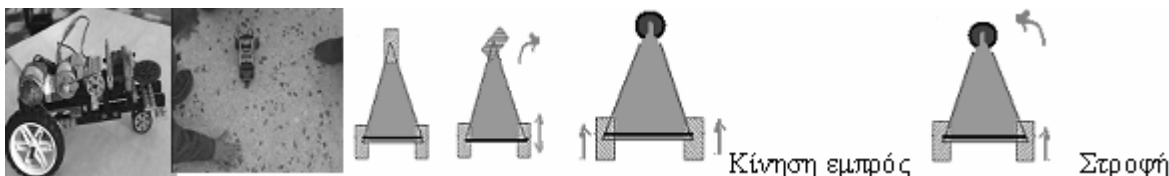
**Εικόνα 12:** Εξέλιξη κατασκευής τέταρτης ομάδας

Το σκαπτικό είχε ήδη κίνηση και λειτουργικότητα, δοκιμάστηκε στο πρόγραμμα 1. Στη συνέχεια η ομάδα κατασκεύασε σε ελάχιστο χρόνο το τυπικό όχημα, το δοκίμασε στο πρόγραμμα 1 και θέλησε να κάνει κάτι καλύτερο: με αφορμή την παρατήρηση ενός τρικύκλου συνέθεσε ιδέες και προηγούμενες κατακτήσεις σε μια νέα εκδοχή τρικύκλου.



**Εικόνα 13:** Πορεία κατασκευής τρικύκλου

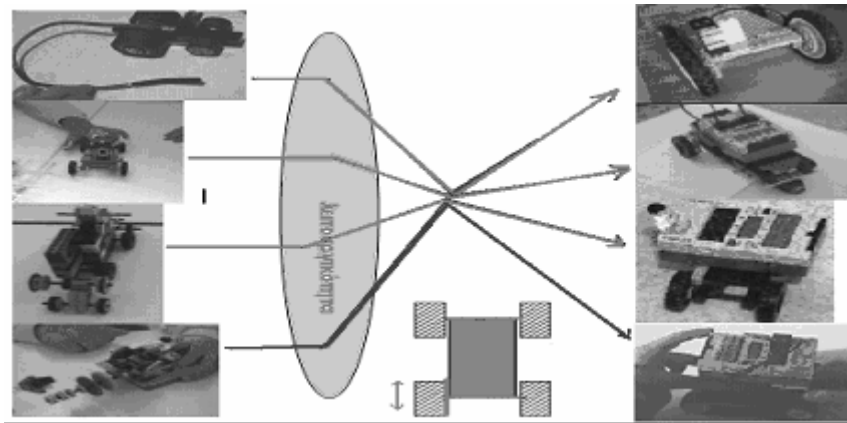
Δανείστηκαν μια κεντρική ιδέα, αφαίρεσαν την πολυπλοκότητα, αντικατέστησαν το εμπρόσθιο σύστημα διεύθυνσης με κάτι πιο απλό (μια μπίλια) δοκίμασαν το βασικό σκελετό, αντικατέστησαν τους τροχούς με μικρότερους, έδωσαν κίνηση με ιμάντα και το έθεσαν σε λειτουργία.



**Εικόνα 14:** Προσαρμογή τρικύκλου στις δυνατότητες των μαθητών

Εδώ οι μαθητές έκαναν ενέργειες που ανταποκρίνονται στην αντιληπτική τους ικανότητα. Αντικατέστησαν το εμπρόσθιο σύστημα διεύθυνσης με στήριξη σε μια μπίλια. Έτσι ο έλεγχος της κίνησης γίνεται όπως και στη μπουλντόζα με μια μεταβλητή που εφαρμόζεται συμμετρικά δύο φορές.

### 3.3 Το τυπικό όχημα: ένα σημείο σύγκλισης των ιδεών των μαθητών



*Εικόνα 15: Η πορεία κατά την εξέλιξη των κατασκευών*

Η απαίτηση της λειτουργικότητας έδρασε σαν συγκλίνων φακός και ανάγκασε όλες τις μορφές των κατασκευών να συγκλίνουν σε μία μορφή που την ονομάζουμε τυπικό όχημα δηλαδή ένα τετράτροχο με άκαμπτο σύστημα στήριξης σε δύο ζεύγη τροχών και κίνηση σε μια διάσταση με μοτέρ σε ένα τροχό.



*Εικόνα 16 Τα παιχνίδια των μαθητών και τυπικό όχημα*

Τα παιχνίδια στις αυλές των σπιτιών, δίπλα από το σχολείο έχουν ακριβώς την ίδια λειτουργικότητα με το τυπικό όχημα που κατασκευάζουν οι μαθητές.

Συνοψίζοντας τις διαπιστώσεις που προκύπτουν από τη λεπτομερή ανάλυση των επιμέρους κατασκευών των μαθητών, μπορούμε να κάνουμε τις ακόλουθες διαπιστώσεις:

A) Είναι σημαντικός ο πλούτος των ιδεών των μαθητών. Όλες τις ιδέες τους τις αντλούν από τον πολιτισμικό τους περίγυρο και σε αυτόν κυριαρχούν τα τροχοφόρα με χαρακτηριστικά τυπικού οχήματος.

B) Οι μαθητές αντλούν ιδέες λειτουργικότητας των κατασκευών τους από τα παιχνίδια τους. Ποιος παράγοντας συντελεί σε αυτό; Ίσως ο άμεσος χειρισμός των παιχνιδιών τα τροφοδοτεί με ιδέες λειτουργικότητας.

Γ) Η ιδέα της λειτουργικότητας, δηλαδή το να αποκτήσει αυτοδυναμία κίνησης η κατασκευή, φαίνεται πως δυσκόλεψε πολύ τους μαθητές. Για να αντιμετωπίσουν τη δυσκολία εφάρμοσαν συγκεκριμένες στρατηγικές: απέρριψαν τις ωραίες ιδέες εμφάνισης των κατασκευών τους και κατάφυγαν σε κάτι φτωχό εμφανισιακά που γνωρίζουν και ελέγχουν πολύ καλά, δηλαδή τα παιχνίδια τους. Στα παιχνίδια τους το νοητικό μοντέλο είναι ίδιο με το τυπικό όχημα που κατασκευάζουν και το οποίο ελέγχεται από μια μεταβλητή. Αντίθετα τα οχήματα από τα οποία παίρνουν κατασκευαστικές ιδέες εκτός από το σύστημα κίνησης έχουν και σύστημα διεύθυνσης που χρειάζεται δεύτερη μεταβλητή για το χειρισμό του. Αυτή τη δεύτερη μεταβλητή δεν μπορούν να τη χειριστούν και έτσι κρατούν μόνο την πρώτη (κίνηση σε μια διάσταση). Η μπουλντόζα και το τρίκυκλο μπορούν να κινηθούν στο επίπεδο αλλά στο νοητικό τους μοντέλο υπάρχει μια μεταβλητή που εφαρμόζεται συμμετρικά δύο φορές. Τόσο ο χειρισμός μιας μεταβλητής όσο και η συμμετρία είναι ήδη αναπτυγμένες σε αυτή την ηλικία των δύο τελευταίων τάξεων του Δημοτικού. Συνδυάζοντας τις δύο κατακτήσεις (χειρισμός μιας μεταβλητής και συμμετρία) κάνουν ένα βήμα περαιτέρω από το χειρισμό μιας μεταβλητής αλλά δεν φτάνουν στο χειρισμό δύο μεταβλητών.

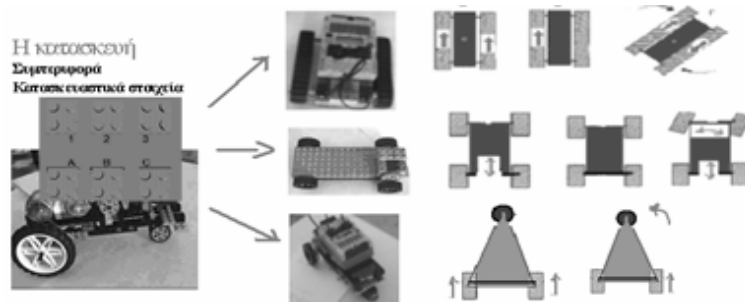


### 3.4. Ο προγραμματισμός των κατασκευών

Για να μελετήσουμε τον προγραμματισμό των συσκευών χρησιμοποιούμε ως σημείο αναφοράς την οικοδόμηση βασικών προγραμματιστικών εννοιών και δομών. 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). Για την ανάλυση του προγραμματισμού ρομποτικών κατασκευών χρησιμοποιούμε τα ακόλουθα στάδια μάθησης προγραμματισμού που έχουν προταθεί από τον Pair (Pair, 1988, Pair, 1990): 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.

Η εξέλιξη της προγραμματιστικής δραστηριότητας έλαβε χώρα μέσα σε ένα τεχνολογικό πλαίσιο που εμπεριείχε ένα σύνολο εργαλείων (εικόνα 18). 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 17).



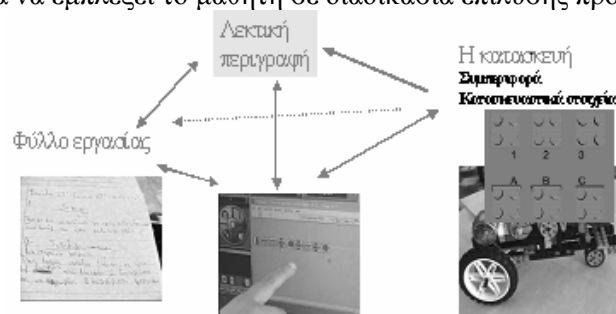
Εικόνα 17: Το νοητικό μοντέλο: πότε αντιδρά (ερέθισμα), πως αντιδρά (αντίδραση)

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.

Μπορούμε να χαρακτηρίσουμε το περιβάλλον αυτό ως «μαθησιακά πλούσιο» αφού επιτρέπει στους μαθητές να «μετακινούνται» γνωστικά διαρκώς 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 18: 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: *απόδοση συμπεριφοράς (λεκτική περιγραφή → φύλλο εργασίας → ψηφιακό περιβάλλον → ρομποτική κατασκευή)*, *κατανόηση έτοιμου κώδικα (φύλλο εργασίας → λεκτική περιγραφή → ψηφιακό περιβάλλον → ρομποτική κατασκευή)*, *ταύτιση συμπεριφοράς (ρομποτική κατασκευή → λεκτική περιγραφή → φύλλο εργασίας → ψηφιακό περιβάλλον)*. Με την πρώτη νοητική διαδρομή οι μαθητές ασκούνται στο 2<sup>ο</sup> στάδιο προγραμματισμού «Κάνω να κάνει μια μηχανή κάτι». Με τη δεύτερη νοητική διαδρομή ασκούνται στο 3<sup>ο</sup> και στο 4<sup>ο</sup> στάδιο προγραμματισμού «Περιγράψω ένα σύνολο εντολών» και «Περιγράψω επίσης το πρόγραμμα». Με την τρίτη νοητική διαδρομή οι μαθητές ασκούνται στο 5<sup>ο</sup> στάδιο προγραμματισμού: «Αντιλαμβάνομαι και περιγράψω με δομημένο τρόπο».

#### 4. Συζήτηση

Από την ανάλυση των δεδομένων της έρευνας προκύπτουν διαφορετικά επίπεδα δυσκολίας όταν καλούμε τους μαθητές να πάρουν στοιχεία από την εμπειρία ή από τη συλλογή εργαλείων και να τα αξιοποιήσουν τροποποιώντας το αντικείμενο της δραστηριότητας. Η προσφυγή στην εμπειρία είναι εύκολη υπόθεση για το μαθητή, έχει σχεδόν σίγουρα αποτελέσματα, πιθανόν όμως να απαιτεί τη διαμεσολάβηση του εκπαιδευτικού ώστε να απομονωθεί το ζητούμενο και να εστιαστεί η προσοχή του μαθητή σε αυτό.

Τα χρησιμοποιούμενα εργαλεία πρέπει να αντιμετωπίζονται από τον εκπαιδευτικό με κάποια εσωτερική διαβάθμιση ανάλογα με το εάν πρόκειται για φυσικό εργαλείο, για σύμβολο ή για μέθοδο. Η κατασκευή βάσει αναλυτικού σχεδίου για παράδειγμα έχει χαμηλό επίπεδο νοητικής προσπάθειας. Η λύση και επανασυναρμολόγηση απαιτεί μεγαλύτερη προσπάθεια. Ακόμα μεγαλύτερη νοητική προσπάθεια απαιτεί η απλή παρατήρηση σαν μέθοδος αναπαραγωγής φυσικής κατασκευής γιατί πρέπει ο μαθητής να φανταστεί κάποια ενδιάμεσα στάδια της κατασκευής. Η ιδέα της λειτουργικότητας έδειξε να είναι υψηλότερης δυσκολίας και δημιούργησε γνωστικές συγκρούσεις στους μαθητές. Επιμέρους μηχανισμοί αξιοποιήθηκαν εφόσον έγιναν κατανοητοί. Το εμπρόσθιο σύστημα διεύθυνσης όμως δεν έγινε κατανοητό και δεν αξιοποιήθηκε από κανένα μαθητή.

Υπάρχει άμεση σχέση ανάμεσα στις κατασκευαστικές και τις προγραμματιστικές ικανότητες των μαθητών και η καλύτερη απόδειξη είναι το τυπικό όχημα. Οι μαθητές του Δημοτικού μπορούν να προγραμματίσουν αυτό που μπορούν να κατασκευάσουν: το τυπικό όχημα είναι κατακτήσιμο τόσο κατασκευαστικά αφού αναπαράγει τα συνηθισμένα παιχνίδια τους όσο και προγραμματιστικά αφού για τον έλεγχο του απαιτείται μια μεταβλητή.

#### Βιβλιογραφία

- 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, Αθήνα
- Cyr, M. (1998). *Mindstorms for Schools, ROBOLAB Getting Started 1*. Denmark.
- Engestrom, Y., Mietinen, R. & Punamaki, R.L. (1999). *Perspectives on Activity Theory*. Cambridge University Press.
- Kafai, Y. & Resnick, M. (1996). *Constructionism in practice, Designing, Thinking and Learning in a Digital World*. LEA 1996, Mahwah, New Jersey.
- Leontiev, A.N. (1978). *Activity, Consciousness and Personality*. NJ:Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- Nardi, B. (1996). *Context and Consciousness, Activity Theory and Human-Computer Interaction*. Cambridge M.A.: MIT Press
- 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 T. Green, J.-M Hoc, R. Samurçay & D. Gilmore (Eds.), *Psychology of Programming*, Academic Press.
- Papert, S. (1994). *Νοητικές θύελλες*. Εκδ. Οδυσσέας, Γ. Κωτσάνης (επιμέλεια).
- Vygotsky (2000). *Νους στην κοινωνία: η ανάπτυξη των ανώτερων ψυχολογικών διαδικασιών*.