

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

Τόμ. 1 (2005)

3ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Διδακτική της Πληροφορικής»



**Μια Μελέτη Περίπτωσης της Διδασκαλίας του Προγραμματισμού στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση με τα LEGO Mindstorms**

*Κατερίνα Καγκάνη, Βασίλειος Δαγδιλέλης, Μάγια Σατρατζέμη, Γιώργος Ευαγγελίδης*

### Βιβλιογραφική αναφορά:

Καγκάνη Κ., Δαγδιλέλης Β., Σατρατζέμη Μ., & Ευαγγελίδης Γ. (2026). Μια Μελέτη Περίπτωσης της Διδασκαλίας του Προγραμματισμού στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση με τα LEGO Mindstorms. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, 1, 295–305. ανακτήθηκε από <https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/8719>

# Μια Μελέτη Περίπτωσης της Διδασκαλίας του Προγραμματισμού στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση με τα LEGO Mindstorms

Κατερίνα Καγκάνη<sup>1</sup>, Βασίλειος Δαγδιλέλης<sup>2</sup>, Μάγια Σατρατζέμη<sup>3</sup>,  
Γιώργος Ευαγγελίδης<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ενιαίο Λύκειο Ωραιοκάστρου

<sup>2</sup>Τμήμα Εκπαιδευτικής & Κοινωνικής Πολιτικής, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας

<sup>3</sup>Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας

[kagan@sch.gr](mailto:kagan@sch.gr), [dagdil@uom.gr](mailto:dagdil@uom.gr), [maya@uom.gr](mailto:maya@uom.gr), [gevan@uom.gr](mailto:gevan@uom.gr)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι δυσκολίες που συναντούν οι αρχάριοι προγραμματιστές αποτέλεσαν το κίνητρο για την αναζήτηση νέων μεθόδων διδασκαλίας για τα εισαγωγικά μαθήματα προγραμματισμού. Τα τελευταία χρόνια, η διδασκαλία του προγραμματισμού έχει επηρεαστεί από την εμφάνιση φυσικών μηχανικών μοντέλων που συνδέονται με υπολογιστή και μπορούν να κινούνται, να εκτελούν έργα και γενικά να αλληλεπιδρούν. Στο πλαίσιο της εργασίας αυτής προτείνεται μια μέθοδος διδασκαλίας του προγραμματισμού που στηρίζεται στην καθοδήγηση των ρομπότ Lego Mindstorms, από προγράμματα που συντάσσονται με τη βοήθεια του γραφικού προγραμματιστικού περιβάλλοντος Robolab. Παρουσιάζεται επίσης η εφαρμογή της πρότασης αυτής στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση και εξετάζεται ο βαθμός στον οποίο συμβάλλει η νέα αυτή προσέγγιση στην εξάλειψη των αδυναμιών και των προβλημάτων της παραδοσιακής μεθόδου εισαγωγής στον προγραμματισμό.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Διδασκαλία προγραμματισμού, Εκπαιδευτικά προγραμματιστικά περιβάλλοντα, δυσκολίες αρχάριων προγραμματιστών

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα εισαγωγικά μαθήματα προγραμματισμού είναι πολλές φορές απογοητευτικά τόσο για τους μαθητές όσο και για τους καθηγητές. Όπως προκύπτει από σχετική βιβλιογραφία, ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες στον οποίο έχει διαπιστωθεί ότι οφείλονται οι δυσκολίες κατά την εκμάθηση του προγραμματισμού είναι η παραδοσιακή προσέγγιση της διδασκαλίας των αρχών του προγραμματισμού. Σύμφωνα με την παραδοσιακή αυτή μέθοδο, οι μαθητές διδάσκονται μια γλώσσα γενικού σκοπού (Pascal, Basic, C κλπ), που δεν ικανοποιεί τις ανάγκες τους, δεν τους βοηθά στην κατανόηση των νέων εννοιών. Κατά κανόνα καλούνται να αντιμετωπίσουν προβλήματα που αφορούν συνήθως την εκτέλεση υπολογισμών ή την εμφάνιση αποτελεσμάτων. Έτσι οι σπουδαστές επικεντρώνουν την προσοχή τους περισσότερο στην εκμάθηση της ίδιας της γλώσσας, παρά στην επίλυση προβλημάτων, και ασχολούνται με προβλήματα

που δεν τους φαίνονται ενδιαφέροντα (για παράδειγμα: Weinberg 1971, Bonar et al. 1985, Dagdilelis 1986, Du Boulay 1989, Brusilovsky et al. 1999)

Οι παραπάνω διαπιστώσεις αποτέλεσαν το κίνητρο για την αναζήτηση νέων μεθόδων διδασκαλίας για τα εισαγωγικά μαθήματα προγραμματισμού, με σκοπό να εξαλειφθούν τα προβλήματα που παρουσιάζει η παραδοσιακή μέθοδος.

Τα τελευταία χρόνια, στη διδασκαλία του προγραμματισμού χρησιμοποιούνται φυσικά μηχανικά μοντέλα που συνδέονται με υπολογιστή, όπως τα προγραμματιζόμενα μοντέλα της LEGO, που μπορούν να κινούνται, να εκτελούν έργα και γενικά να αλληλεπιδρούν – πρόκειται δηλαδή για ένα είδος αυτόματου μηχανισμού που είναι ευρέως γνωστό ως «ρομπότ». Η διαπίστωση για τη χρήση ρομπότ επιβεβαιώνεται από τα προγράμματα σπουδών σε αρκετά εκπαιδευτικά ιδρύματα όλων των βαθμίδων, τα οποία επανεξέτασαν τα εισαγωγικά μαθήματα προγραμματισμού και δημιούργησαν νέες σειρές μαθημάτων.

Στις ενότητες που ακολουθούν επιχειρείται αρχικά η καταγραφή των αδυναμιών που παρουσιάζει η παραδοσιακή μέθοδος διδασκαλίας και στη συνέχεια η περιγραφή της εναλλακτικής προσέγγισης με τη χρήση των φυσικών μοντέλων LEGO Mindstorms. Ακολουθεί η περιγραφή μιας σειράς μαθημάτων για τη διδασκαλία του εισαγωγικού μαθήματος στον προγραμματισμό της Γ' Τάξης Γυμνασίου ή της Α' Τάξης Ενιαίου Λυκείου με χρήση των LEGO Mindstorms. Τέλος αναφέρονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή των μαθημάτων αυτών σε μαθητές Α' Τάξης Ενιαίου Λυκείου, εξετάζεται ο βαθμός στον οποίο συμβάλλει η νέα προσέγγιση στην εξάλειψη των αδυναμιών και των προβλημάτων της παραδοσιακής μεθόδου και επισημαίνονται δυσκολίες ή προβλήματα που παρατηρήθηκαν στην τάξη.

## **ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΜΑΘΗΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ**

Οι αντικειμενικοί στόχοι που τίθενται συνήθως, σύμφωνα με το Πρόγραμμα Σπουδών, για, την εισαγωγή στον προγραμματισμό περιλαμβάνουν την απόκτηση γνώσεων και δεξιοτήτων. Οι γνώσεις σχετίζονται με την κατανόηση προβλήματος, το σχεδιασμό αλγορίθμων, είδη – τεχνικές – περιβάλλοντα προγραμματισμού, δομές δεδομένων, δομές αλγορίθμων και οι δεξιότητες με την υλοποίηση – έλεγχο – εκσφαλμάτωση – τεκμηρίωση – αξιολόγηση προγράμματος.

Σύμφωνα με έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί στο παρελθόν, η παραδοσιακή μέθοδος διδασκαλίας αποτελεί σημαντικό παράγοντα που δυσκολεύει την εκμάθηση του προγραμματισμού. Τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι αρχάριοι είναι τα εξής (Du Boulay 1989, Brusilovsky et al. 1999):

- Οι γλώσσες γενικού σκοπού διαθέτουν ένα μεγάλο ρεπερτόριο εντολών και είναι πολύπλοκες.
- Η προσοχή των μαθητών επικεντρώνεται στην εκμάθηση της ίδιας της γλώσσας και όχι στην ανάπτυξη ικανοτήτων επίλυσης προβλημάτων.
- Το προγραμματιστικό περιβάλλον συνήθως δεν παρέχει δυνατότητες οπτικοποίησης.
- Οι εμπορικοί μεταγλωττιστές δεν ικανοποιούν τις ανάγκες των αρχαρίων προγραμματιστών.

- Η επίλυση ενδιαφερόντων προβλημάτων απαιτεί την εκμάθηση ενός μεγάλου υποσυνόλου της γλώσσας και την ανάπτυξη μεγάλων προγραμμάτων.
- Η διανοητική πολυπλοκότητα που απαιτεί η εκφορά ενός αλγορίθμου σε μια γλώσσα προγραμματισμού είναι μεγάλη.

## ΝΕΑ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ – ΧΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Πολλοί εκπαιδευτικοί αλλά και ερευνητές εκπαιδευτικοί θεωρούν πως η χρήση μοντέλων, ενός είδους «μικρόκοσμου», που ελέγχονται μέσω υπολογιστή αποτελούν σημαντικό βοηθητικό εργαλείο για μια εισαγωγή στον προγραμματισμό (Barnes 2002). Παραδείγματα που ενισχύουν την άποψη αυτή είναι η χελώνα (Logo) αλλά και το ρομπότ Karel (Becker 2001).

Στην εργασία αυτή προτείνεται μια εναλλακτική προσέγγιση της διδασκαλίας των βασικών αρχών του προγραμματισμού, η οποία βασίζεται στη χρήση **φυσικών μηχανικών μοντέλων** και την εφαρμογή εννοιών και ιδεών από την πλευρά των μαθητών, με σκοπό την επίλυση πραγματικών προβλημάτων. Οι διδασκόμενοι, ατομικά ή ομαδικά, κατασκευάζουν φυσικά μοντέλα (ένα αυτοκίνητο, ένα σπίτι κα.) τα οποία συλλέγουν πληροφορίες από το περιβάλλον και αντιδρούν ανάλογα με τα ερεθίσματα που λαμβάνουν. Στο πλαίσιο της εκπαιδευτικής διαδικασίας μαθαίνουν τις βασικές έννοιες του προγραμματισμού υλοποιώντας προγράμματα (σε κάποιο προγραμματιστικό περιβάλλον) για να καθορίσουν τη συμπεριφορά του μοντέλου όχι στην οθόνη του υπολογιστή τους αλλά στο φυσικό τους περιβάλλον.

Η μέθοδος αυτή λαμβάνει υπόψη τα ενδιαφέροντα των μαθητών και τους εμπλέκει σε δραστηριότητες που έχουν πραγματικά χρησιμότητα και σημασία για αυτούς. Χαρακτηρίζεται από υψηλό βαθμό αλληλεπίδρασης μεταξύ του υπολογιστή και του πραγματικού αντικειμένου, με αποτέλεσμα, ο διδασκόμενος να μπορεί να συσχετίσει τις αντιδράσεις του μοντέλου με τις εντολές του προγράμματος και να παρατηρήσει τις συνέπειες που έχουν στη συμπεριφορά του μοντέλου οι αλλαγές που πραγματοποιεί στο πρόγραμμα (Eden et al. 1996).

Τα φυσικά μοντέλα λοιπόν προσφέρουν απτή ανατροφοδότηση (feedback) στους μαθητές για την αποτελεσματικότητα των προγραμμάτων τους (Barnes 2002). Η δυνατότητα αυτή βοηθά τους μαθητές να οδηγούνται σταδιακά σε καλύτερες, αποτελεσματικότερες, πληρέστερες και ακριβέστερες λύσεις.

Ακόμη, επιτρέπει στον εκπαιδευτικό να διδάξει την ίδια θεωρία και τις ίδιες έννοιες όχι μόνο πιο αποτελεσματικά αλλά και σε λιγότερο χρόνο (Fagin 2000). Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι ο καθηγητής έχει στη διάθεσή του περισσότερο χρόνο για να παρακολουθήσει την πορεία κάθε μαθητή ξεχωριστά και να εντοπίσει τις αδυναμίες, παρανοήσεις, δυσκολίες που αυτός αντιμετωπίζει. Επίσης, ο μαθητής εργάζεται με το δικό του ρυθμό μάθησης, έτσι ώστε να μπορεί να σταθεί όσο χρόνο χρειάζεται σε κάποια σημεία. Μπορεί κανείς δηλαδή να μιλάει για εξατομικευμένη μάθηση.

Η χρήση φυσικών μοντέλων κατά τη διδασκαλία των αρχών του προγραμματισμού μπορεί να δημιουργήσει διδακτικά προβλήματα, τα σημαντικότερα από τα οποία οφείλονται σε **φυσικούς περιορισμούς** και **τεχνικούς περιορισμούς** του υλικού

(περιορισμοί που μπορεί να δημιουργήσει η τριβή στην κίνηση ενός αντικειμένου π.χ. ενός κινητήρα, φόρτωσης του προγράμματος στον επεξεργαστή κ. ά), **χρονικούς περιορισμούς** (χρόνος εκμάθησης του συστήματος) και **περιορισμούς κόστους επένδυσης** (μεγάλη οικονομική επιβάρυνση για την απόκτηση και συντήρησή-επικαιροποίηση απαιτούμενου αριθμού συστημάτων).

## ΤΑ ΦΥΣΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ LEGO MINDSTORMS

Η εταιρεία LEGO διαθέτει στην αγορά ένα σύστημα με το όνομα LEGO® Mindstorms™ Robotics Invention System (RIS). Αυτό περιλαμβάνει ένα σύνολο από δομικά στοιχεία (τουβλάκια), αισθητήρες, κινητήρες και άλλα εξαρτήματα. Τα εξαρτήματα αυτά προσαρμόζονται πάνω σε ένα τουβλάκι της LEGO μεγαλύτερων διαστάσεων, στο οποίο είναι ενσωματωμένος ο επεξεργαστής RCX.

Η δημιουργία του αυτόνομου ρομπότ συνίσταται σε 4 βήματα:

1. Κατασκευή του ρομπότ σύμφωνα με τα σχέδια που παρέχει το kit ή τη φαντασία του χρήστη.
2. Ανάπτυξη προγράμματος, χρησιμοποιώντας το οπτικό προγραμματιστικό περιβάλλον που συνοδεύει το kit ή μια άλλη γλώσσα προγραμματισμού.
3. Φόρτωση του προγράμματος στο ρομπότ, χρησιμοποιώντας τον πομπό υπερέυθρων (Infrared transmitter).
4. Εκτέλεση του προγράμματος.

Για να εκδηλώσει το ρομπότ μια συγκεκριμένη συμπεριφορά, συνήθως τα βήματα 2 έως 4 επαναλαμβάνονται αρκετές φορές (Patterson-McNeill, Binkerd, 2001).



Σχήμα 1: Ο επεξεργαστής RCX

Ο RCX (Robotic Control X) είναι ένας αυτόνομος μικροϋπολογιστής που ενσωματώνεται σε ένα τουβλάκι της LEGO, μπορεί να προγραμματιστεί μέσω ενός υπολογιστή και επιτρέπει στην κατασκευή να αλληλεπιδρά με το περιβάλλον αυτόνομα.

και ανεξάρτητα από τον υπολογιστή. Διαθέτει τρεις θύρες εισόδου 1-2-3 (συνδέονται αισθητήρες αφής, φωτός, θερμοκρασίας), τρεις θύρες εξόδου A-B-C (συνδέονται κινητήρες και λαμπτήρες), μια οθόνη υγρών κρυστάλλων (LCD) μιας γραμμής, ένα μικρόφωνο και τέσσερα κουμπιά (αφορούν το άνοιγμα – κλείσιμο του RCX, την επιλογή του προγράμματος που θα εκτελεστεί και την έναρξη – τερματισμό της εκτέλεσης).

Λόγω των δυνατοτήτων του RCX να ελέγχει κινητήρες ή φώτα και να συγκεντρώνει δεδομένα με τη βοήθεια αισθητήρων, παιδιά και ενήλικες μπορούν εύκολα να δημιουργήσουν κατασκευές που κινούνται, σκέφτονται, και αντιδρούν (Portsmore 1999).

## **ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΕΙΡΑΣ ΜΑΘΗΜΑΤΩΝ**

Μελετώντας τις εφαρμογές των LEGO Mindstorms στην εκπαίδευση, επιχειρήσαμε να σχεδιάσουμε μια ολοκληρωμένη σειρά μαθημάτων για τη διδασκαλία του εισαγωγικού μαθήματος στον προγραμματισμό της Γ' Τάξης Γυμνασίου ή της Α' Τάξης Ενιαίου Λυκείου με χρήση των LEGO Mindstorms.

Σύμφωνα με το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών, 10 διδακτικές ώρες πρέπει να διατεθούν για τη διδασκαλία του προγραμματισμού στην Γ' Τάξη Γυμνασίου και αντίστοιχα στην Α' Λυκείου. Το μάθημα οργανώθηκε σε πέντε δίωρες διδακτικές ενότητες, ώστε να υπάρχει ικανοποιητικός χρόνος για παρατήρηση, αλληλεπίδραση, μελέτη και ολοκλήρωση των εφαρμογών που έχουν ανατεθεί στους μαθητές.

Το πρόγραμμα των μαθημάτων φαίνεται στον Πίνακα 1. Για κάθε μάθημα παρέχεται το παρακάτω διδακτικό υλικό:

- Σχέδιο Μαθήματος,
- Παρουσίαση του Μαθήματος με τη βοήθεια διαφανειών,
- Φύλλο Ελέγχου,
- Φύλλο Εργασιών.

Στο πρώτο μέρος κάθε μαθήματος παρουσιάζονται από τον διδάσκοντα νέες προγραμματιστικές δομές σε συνδυασμό με τις δυνατότητες του περιβάλλοντος προγραμματισμού Robolab. Σε κάθε μάθημα, μετά την παρουσίαση των νέων εννοιών, οι μαθητές μελετούν έτοιμα προγράμματα και τροποποιούν τις παραμέτρους τους. Με τη μελέτη των έτοιμων προγραμμάτων, δίνεται η δυνατότητα να επισημανθούν σημαντικά στοιχεία, να αναδειχθούν συντακτικές ιδιαιτερότητες και να αποσαφηνιστούν δυσκολονόητα, για τους μαθητές, σημεία. Επίσης, πριν προχωρήσουν οι μαθητές στην υλοποίηση δικών τους προγραμμάτων, καλούνται να μελετήσουν έτοιμα προγράμματα και να δώσουν λεκτικές περιγραφές σχετικά με το αποτέλεσμα του προγράμματος στη συμπεριφορά του ρομπότ. Μετά την ολοκλήρωση της διάλεξης και των παραδειγμάτων μοιράζεται στους μαθητές ένα φύλλο ελέγχου των γνώσεων που απέκτησαν και το απαντούν ατομικά.

Στο δεύτερο μέρος κάθε μαθήματος, υλοποιούνται ασκήσεις – προγράμματα για τον έλεγχο της συμπεριφοράς του ρομπότ (η κατασκευή του ρομπότ γίνεται στο πρώτο μάθημα και χρησιμοποιείται σε όλα τα επόμενα). Για το σκοπό αυτό μοιράζεται στους

μαθητές ένα φύλλο εργασιών, το οποίο περιέχει ασκήσεις που αφορούν το προγραμματισμό της συμπεριφοράς του ρομπότ. Στο μέρος αυτό, οι μαθητές οργανώνονται σε ομάδες και έχουν την πρωτοβουλία στο σχεδιασμό, την υλοποίηση και τη βελτίωση της συμπεριφοράς του αυτόνομου ρομπότ τους. Ο καθηγητής παρακολουθεί την εργασία των μαθητών, επεμβαίνει όποτε το θεωρεί απαραίτητο, γίνεται βοηθός στην προσπάθειά τους.

Τα στάδια που περιλαμβάνει η εργασία των μαθητών είναι τα παρακάτω:

- Κατανόηση - Ανάλυση προβλήματος
- Κωδικοποίηση του προγράμματος στο Robolab
- Εκτέλεση προγράμματος
- Διόρθωση (αν χρειάζεται)
- Σύνταξη αναφοράς.

**Πίνακας 1:** Πρόγραμμα Μαθημάτων

<b>Μάθημα 1<sup>ο</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Παρουσίαση των LEGO (<i>RCX, Πομπός υπερύθρων</i>)</li> <li>▪ Κατασκευή του φυσικού μοντέλου (<i>LEGO ρομπότ</i>)</li> <li>▪ Εισαγωγή στο προγραμματιστικό περιβάλλον ROBOLAB (<i>Τροποποίηση έτοιμων προγραμμάτων στο ROBOLAB</i>)</li> </ul>
Εισαγωγή στον Προγραμματισμό με τα LEGO	
<b>Μάθημα 2<sup>ο</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Εντολή Εξόδου (<i>Περιγραφή – κινήτρας, ήχος, λαμπτήρας</i>)</li> <li>▪ Αισθητήρες (<i>Αποσαφήνιση έννοιας – Κατηγορίες</i>)</li> <li>▪ Εντολή Wait For (<i>Χρησιμότητα εντολής - κατηγορίες</i>)</li> <li>▪ Modifiers (<i>Έννοια – Κατηγορίες</i>)</li> <li>▪ Παραδείγματα χρήσης των παραπάνω εντολών.</li> <li>▪ Δημιουργία προγραμμάτων στο τμήμα Inventor.</li> </ul>
Εντολή Εξόδου, Εντολή Εισόδου (Αισθητήρες), Εντολή Wait For, Modifiers	
<b>Μάθημα 3<sup>ο</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Χρησιμότητα Δομής επανάληψης</li> <li>▪ Εντολή Jump/Land - Εντολή Start of Loop/End of Loop</li> <li>▪ Παραδείγματα χρήσης των εντολών επανάληψης.</li> </ul>
Επαναληπτικές Δομές	
<b>Μάθημα 4<sup>ο</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Χρησιμότητα Δομής Επιλογής</li> <li>▪ Εντολή Forks - Εντολή SplitTasks</li> <li>▪ Παραδείγματα χρήσης των εντολών επιλογής</li> </ul>
Δομή επιλογής, Διακλαδώσεις	
<b>Μάθημα 5<sup>ο</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Η έννοια της μεταβλητής, η χρησιμότητα του μετρητή</li> <li>▪ Λειτουργία των Container ως μεταβλητές</li> <li>▪ Εντολές που σχετίζονται με τα containers</li> <li>▪ Παράδειγμα χρήσης των containers</li> </ul>
Containers - Μεταβλητές	

Οι ασκήσεις που περιέχονται στα Φύλλα Εργασιών του προτεινόμενου πλαισίου μαθημάτων αναφέρονται στην ανάπτυξη προγραμμάτων για τον έλεγχο της κίνησης ενός αυτοκινήτου. Πιο συγκεκριμένα, προϋποθέτουν ένα αυτοκίνητο της LEGO, το οποίο διαθέτει έναν κινητήρα (στη θύρα Α), ένα λαμπτήρα (στη θύρα C), δύο αισθητήρες αφής (στις θύρες 1 και 2) και έναν αισθητήρα φωτός (στη θύρα 3).

## ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕΙΡΑΣ ΜΑΘΗΜΑΤΩΝ – ΕΥΡΗΜΑΤΑ

Η σειρά μαθημάτων που περιγράφηκε στην προηγούμενη ενότητα, εφαρμόστηκε κατά το σχολικό έτος 2003-2004 σε δύο τμήματα των 14 ατόμων στην Α' Λυκείου. Λόγω πίεσης σχολικού προγράμματος, αλλά και άλλων εξωδιδασκτικών παραγόντων, πραγματοποιήθηκαν συνολικά 3 από τα 5 δίωρα μαθήματα που είχαν προγραμματιστεί.

Στο πλαίσιο της εφαρμογής των μαθημάτων επικεντρώσαμε την προσοχή μας στην εκμάθηση των αρχών του προγραμματισμού και όχι στην ανάπτυξη κατασκευαστικών ικανοτήτων. Για το λόγο αυτό, το φυσικό μοντέλο LEGO (το αυτοκίνητο) δόθηκε έτοιμο στους μαθητές ώστε να προχωρήσουν κατευθείαν στον προγραμματισμό της συμπεριφοράς του.

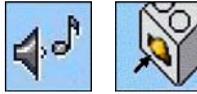
Αναλύοντας τις απαντήσεις που συμπλήρωσαν οι μαθητές στα Φύλλα ελέγχου και τα Φύλλα Εργασίας οδηγηθήκαμε στα παρακάτω συμπεράσματα:

- Οι μαθητές δεν αντιλαμβάνονται επακριβώς τις διασυνδέσεις των υποσυστημάτων του ρομποτικού μηχανισμού και τον τρόπο με τον οποίο κυκλοφορεί η πληροφορία.
- Οι μαθητές συχνά δυσκολεύονταν να απομνημονεύσουν την ακριβή λειτουργία που συμβόλιζε κάθε εικονίδιο, γεγονός που ίσως να αποτελεί ένδειξη του σχετικά μεγάλου πλήθους εικονιδίων στο Robolab και της σχετικής πολυπλοκότητας του παρουσιάζουν. Αν και οι μαθητές αναγνώριζαν τη λειτουργία ορισμένων εικονιδίων σε έτοιμα προγράμματα, δυσκολεύονταν να τα χρησιμοποιήσουν όταν κατασκεύαζαν τα δικά τους προγράμματα για να επιλύσουν κάποιο πρόβλημα.
- Παρά το γεγονός ότι οι μαθητές δυσκολεύονταν να απομνημονεύσουν τις εντολές, η γλώσσα που χρησιμοποιήθηκε για να προγραμματιστεί το ρομπότ τελικά αποδείχτηκε πολύ κατανοητή. Μάλιστα οι απαντήσεις που δόθηκαν στο τρίτο μάθημα δείχνουν με σαφή τρόπο ότι οι μαθητές έχουν κατανοήσει μερικές βασικές λειτουργίες των επαναληπτικών δομών.
- Παρατηρήθηκε ότι οι μαθητές αποδίδουν στις εντολές ευρύτερη σημασία από την πραγματική: για παράδειγμα οι μαθητές θεωρούν ότι η παρουσία ενός χρονομέτρου σημαίνει ότι το σύστημα επανέρχεται στην πρότερη κατάστασή του μετά το πέρας του αναγραφόμενου χρόνου και πολλές φορές την παραλείπουν.

Αξίζει βέβαια να σημειωθεί ότι αρκετά συμπεράσματα προέκυψαν από δεδομένα που συγκεντρώθηκαν με άμεσο τρόπο από την εμπειρία μέσα στην τάξη. Πιο συγκεκριμένα μπορούμε να αναφέρουμε τα εξής:

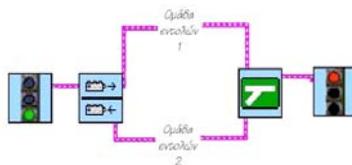
- *Ενθάρρυνση, παροχή κινήτρων για μάθηση και συμμετοχή όλων στις δραστηριότητες του μαθήματος.* Το Robolab είναι ένα περιβάλλον προγραμματισμού που έχει σχεδιαστεί για εκπαιδευτικούς σκοπούς και απευθύνεται σε παιδιά, λαμβάνοντας υπόψη τις διδακτικές τους ανάγκες. Η διαδικασία σύνταξης ενός προγράμματος είναι αρκετά απλή και βασίζεται στη σωστή σύνδεση των κατάλληλων εικονιδίων (Σχήμα 2). Κατά τη διάρκεια λοιπόν των μαθημάτων δεν χρειάστηκε οι μαθητές να εξοικειωθούν με κάποιο δύσκολο περιβάλλον, να ζητήσουν την ερμηνεία αγγλικών λέξεων και γενικά να ασχοληθούν με την απομνημόνευση συντακτικών κανόνων. Από τα πρώτα κιόλας μαθήματα και με τη χρήση περιορισμένου αριθμού εντολών, οι μαθητές είχαν την ευκαιρία να αναπτύξουν προγράμματα που έλεγχαν τη

συμπεριφορά του αυτοκινήτου και να δουν τα αποτελέσματα των προσπαθειών τους. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό αν σκεφτεί κανείς ότι δεν είναι λίγοι οι μαθητές που απογοητεύονται από τις δυσκολίες που συναντούν στην αρχή και εγκαταλείπουν την προσπάθεια εκμάθησης του προγραμματισμού.



**Σχήμα 2:** Εικονο- εντολές στο περιβάλλον Robolab

- Η σχέση που υπάρχει ανάμεσα στη δημιουργία του προγράμματος και τον «χώρο» ή το μηχανισμό εκτέλεσής του γίνεται πιο ευδιάκριτη. Όταν οι μαθητές μαθαίνουν να προγραμματίζουν με τις γλώσσες γενικού σκοπού χρησιμοποιούν τον ΗΥ (μηχανή) για να αναπτύξουν το πρόγραμμά τους και ταυτόχρονα χρησιμοποιούν την ίδια μηχανή – τον ΗΥ- για να εκτελέσει το πρόγραμμα ώστε να ελέγξει τη συμπεριφορά του «εαυτού» του. Το πρόβλημα γίνεται εμφανές ιδιαίτερα σε περιβάλλοντα όπως τα παλαιότερα Basic, Pascal, LogoWriter κ.ά. (αλλά και σε μερικά σύγχρονα). Προγραμματίζοντας όμως τα Lego Windstorms, χρησιμοποιείται ο ΗΥ για την ανάπτυξη του προγράμματος, αλλά η εκτέλεση του πραγματοποιείται από μια άλλη μηχανή – τον RCX- που ελέγχει με τη σειρά του τη συμπεριφορά του ρομπότ.
- *Περιορισμός του χρόνου θεωρητικής παρουσίασης.* Τα εικονίδια που χρησιμοποιούνται, αναπαριστούν τις εντολές αρκετά επιτυχημένα. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 3, στην εντολή επιλογής (Fork) ανάλογα με το αποτέλεσμα του ελέγχου της συνθήκης ακολουθείται η αντίστοιχη διαδρομή. Η παραστατικότητα των εικονιδίων μας επέτρεψε να αφιερώσουμε λιγότερο χρόνο στην παρουσίαση της θεωρίας, αφήνοντας περισσότερο χρόνο για πρακτική εφαρμογή από την πλευρά των μαθητών και για συστηματική παρακολούθηση, εντοπισμό των αδυναμιών, παρανοήσεων, δυσκολιών από την πλευρά του καθηγητή.



**Σχήμα 3:** Εντολή Επιλογής

- *Αναγκαιότητα συμμετοχής των μαθητών στην κατασκευή του φυσικού μοντέλου.* Από τις απαντήσεις των μαθητών σε ασκήσεις που απαιτούσαν τη χρήση κάποιου modifier για δήλωση της θύρας εισόδου ή εξόδου, και τους διαλόγους τους στην τάξη διαπιστώθηκε σύγχυση σχετικά με τις θύρες και γενικά τα υποσυστήματα του ρομπότ. Κρίνεται λοιπόν σκόπιμο να συμμετέχουν οι μαθητές στην κατασκευή του φυσικού μοντέλου, ώστε να αναγνωρίζουν τον τρόπο σύνδεσης των συσκευών εισόδου και εξόδου του μοντέλου και επομένως να είναι σε θέση να ορίσουν με ακρίβεια, ορθότητα, πληρότητα τις εντολές που ελέγχουν τη λειτουργία των συσκευών αυτών.
- *Αναγκαιότητα παροχής φυσικού μοντέλου για κάθε ομάδα εργασίας.* Κατά την εφαρμογή της σειράς μαθημάτων που προτείνεται χρησιμοποιήθηκε μόνο ένα ρομπότ, το οποίο ήταν διαθέσιμο για όλες τις ομάδες. Το γεγονός αυτό καθυστερούσε τη εκπαιδευτική διαδικασία, δημιουργούσε αναστάτωση στην τάξη, αλλά κυρίως δεν επέτρεπε στους μαθητές να πραγματοποιήσουν όσες δοκιμές ήταν απαραίτητες για να ολοκληρώσουν τα προγράμματά τους. Είναι λοιπόν σημαντικό, κάθε ομάδα να διαθέτει το δικό της ρομπότ, ώστε να μπορεί να παρακολουθεί καλύτερα τα αποτελέσματα των ενεργειών της και να προχωρά με το δικό της ρυθμό.
- *Διαθεματικότητα στη διδασκαλία.* Πολλά από τα ερωτήματα που διατυπώθηκαν από τους μαθητές κατά τη διάρκεια των μαθημάτων σχετίζονταν με άλλα επιστημονικά πεδία, όπως Φυσική, Ρομποτική κ.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η προσέγγιση της διδασκαλίας του προγραμματισμού με τα LEGO Mindstorms, πιστεύουμε ότι μπορεί να συμβάλλει στην εξάλειψη των αδυναμιών που συνεπάγεται η παραδοσιακή μέθοδος και να δημιουργήσει τις κατάλληλες συνθήκες μάθησης, ώστε να γίνει αποτελεσματικότερη η διδασκαλία. Ωστόσο αυτή η βελτίωση της διδασκαλίας συνοδεύεται ταυτόχρονα από μια σειρά δυσκολιών που οφείλονται στην ύπαρξη φυσικών στοιχείων (μηχανισμών), τα οποία πρέπει να συνθέσει και να διαχειριστεί ο μαθητής.

Η διδασκαλία την οποία περιγράψαμε έδειξε ότι η χρήση των φυσικών μοντέλων που απαιτεί χειρισμό από τα ίδια τα παιδιά δίνει περισσότερα κίνητρα και προκαλεί το ενδιαφέρον για μάθηση. Η άμεση εμπειρία, ο πειραματισμός και η ενεργός συμμετοχή ευνοούν την ανάπτυξη προβληματισμού και την καλλιέργεια χαρακτηριστικών όπως κριτική συμπεριφορά, διορατικότητα, πρωτοτυπία, δημιουργική σκέψη και επιμονή. Πάντως, όπως φαίνεται να προκύπτει και από τα διεθνή ερευνητικά ευρήματα, τα θετικά στοιχεία από τη χρήση των Lego Mindstorms καθίστανται φανερά κυρίως σε διδασκαλίες (με μορφή projects) που έχουν σχετικά μεγάλη διάρκεια.

Η ανάπτυξη προγραμμάτων με την χρήση εικονο-εντολών απαλλάσσει τους μαθητές από την εκμάθηση μιας γλώσσας προγραμματισμού και την απομνημόνευση των συντακτικών της κανόνων. Όσον αφορά την αποτελεσματικότητα της μεθόδου οι μαθητές φαίνεται να αποκτούν σχετικά γρήγορα τις επιθυμητές γνώσεις και να μπορούν

να διαχειριστούν τα ρομπότ με σχετική ευκολία. Πιο συγκεκριμένα, η εκμάθηση των σχετικών εντολών απαιτήσε πολύ λιγότερο χρόνο από την εκμάθηση αντίστοιχων γραπτών εντολών και οι μαθητές ελέγχαν ταχύτερα το διάγραμμα των προγραμμάτων τους. Ωστόσο, σε πολλές περιπτώσεις, οι γνώσεις τους αυτές είναι αποσπασματικές και ανακριβείς, δηλαδή οι μαθητές δεν είχαν μια επαρκή κατανόηση της σημασίας των εντολών.

Τέλος, η οπτικοποίηση της εκτέλεσης του προγράμματος παίζει σημαντικό ρόλο στην κατανόηση της λειτουργίας βασικών εντολών, αλλά μπορεί να αποτελέσει και πηγή δυσκολιών, γιατί ο έλεγχος των φυσικών αντικειμένων και των ενεργειών τους δεν είναι απόλυτος. Οι κινήσεις ενός φυσικού μοντέλου δεν είναι πάντα ακριβείς, αλλά ούτε και απολύτως προβλέψιμες. Στη δική μας διδασκαλία (ιδιαίτερα λόγω της σχετικά μικρής της διάρκειας) τα στοιχεία αυτά ήταν αρκετά έντονα, γεγονός που μας οδηγεί στη σχεδίαση διδασκαλιών με πολύ μεγαλύτερη (συνολική) χρονική διάρκεια.

## **BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Barnes J. D. (2002), Teaching introductory Java through LEGO Mindstorms models, *Proceedings of the 33rd SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education*
- Becker W. B. (2001), Teaching CS1 with Karel the Robot in Java, *Proceedings of the Thirty Second SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education*, 50-54
- Bonar J. & Soloway E. (1985), Preprogramming knowledge: A major source of misconceptions in novice programmers, *Human-Computer Interaction*, 1(2), 133-161
- Brusilovsky P., Calabrese E., Hvorecky E., Kouchnirenko A. & Miller P. (1999), Mini-languages: A way to learn programming principles, *Education and Information Technologies*, 2(1), 65-83
- Dagdilelis V. (1986), *Conceptions des eleves a propos des notions fondamentales de la programmation informatique en classe de Troisieme*, Memoire D.E.A., Universite Joseph FOURIER, Grenoble, France
- Du Boulay B. (1989), Some difficulties of learning to program, In E. Soloway & J. Sprohrer (Eds.), *Studying the Novice Programmer*, 283-300, NJ: Lawrence Erlbaum Associates
- Eden H. (1996), Making learning a part of life, *Communications of the ACM*, 39(4), 40-42
- Fagin B. (2000), Using Ada-based robotics to teach computer science, *Proceedings of the 5th Annual SIGCSE/SIGCUE ItiCSE Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, 148-151
- Patterson-McNeill H. & Binkerd C. (2001), Resources for using LEGO® MINDSTORMS™, *Proceedings of the Seventh Annual Consortium for Computing in Small Colleges Central Plains Conference on the Journal of Computing in Small Colleges*, 147-151
- Portsmore M. (1999), *ROBOLAB*, Intuitive robotic programming software to support lifelong learning

<http://www.apple.com/education/LTReview/spring99/robolab>  
<http://a1856.g.akamai.net/7/1856/51/4942ea9fd026d6/www.apple.com/education/LTReview/spring99/robolab/pdf/robolab.pdf>

- Weinberg, G. M. (1971), *The Psychology of Computer Programming*, New York: Van Nostrand Reinhold
- Καγκάνη Α. (2003), *Προγραμματίζοντας με τα Lego Mindstorms, Διπλωματική Εργασία*, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στα Πληροφοριακά Συστήματα, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
- Ξυνόγαλος Σ. (2002), *Εκπαιδευτική Τεχνολογία: Ένας Διδακτικός Μικρόκοσμος για την Εισαγωγή στον Αντικειμενοστραφή Προγραμματισμό*, Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας