

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

Τόμ. 1 (2000)

2ο Συνέδριο ΕΤΠΕ «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»



Πτυχές της παιδαγωγικής αξιοποίησης της  
Τεχνολογίας Ελέγχου στην Σχολική Τάξη

*Χρόνης Κυνηγός, Στασινή Φράγκου*

## Βιβλιογραφική αναφορά:

Κυνηγός Χ., & Φράγκου Σ. (2025). Πτυχές της παιδαγωγικής αξιοποίησης της Τεχνολογίας Ελέγχου στην Σχολική Τάξη. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, 1, 083–091. ανακτήθηκε από <https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/8241>

## Πτυχές της παιδαγωγικής αξιοποίησης της Τεχνολογίας Ελέγχου στην Σχολική Τάξη

**Κυνηγός Χρόνης \* \*, Φράγκου Στασινή \***

kynigos@cti.gr, [stassini.frangou@cti.gr](mailto:stassini.frangou@cti.gr)

\*\*Τομέας Παιδαγωγικής ΦΠΨ Πανεπιστήμιο Αθηνών και ΙΤΥ

\*Τομέας Παιδαγωγικής ΦΠΨ Πανεπιστήμιο Αθηνών

### Περίληψη

Η Τεχνολογία Ελέγχου διαμορφώνει ένα μαθησιακό περιβάλλον έρευνας μέσα από το οποίο οι μαθητές μπορούν να αποκτήσουν πρακτική εμπειρία ποικίλων γνωστικών εννοιών, να εφαρμόσουν τις ιδέες τους στην λύση ενός πραγματικού προβλήματος, να ασκήσουν την αφαιρετική ικανότητα τους μέσα από την αλληλεπίδραση του εικονικού κόσμου του υπολογιστή και της συμπεριφοράς ενός πραγματικού μοντέλου. Σε αυτή την εργασία συζητούνται μερικές πτυχές της παιδαγωγικής αξιοποίησης που μπορεί να έχει η συγκεκριμένη τεχνολογία στο σχολικό περιβάλλον και παρουσιάζονται χαρακτηριστικά παραδείγματα από την πιλοτική εφαρμογή αντίστοιχου προγράμματος σε γυμνασιακές τάξεις.

**Λέξεις κλειδιά:** ρομποτική, τεχνολογία, μοντέλα, Lego, προγραμματιζόμενες μονάδες

### Abstract

Control Technology creates a learning environment, in which students can acquire hand-on experience on a variety of concepts, apply ideas in solving real problems, progress their abstraction skills through interaction of computer model and real model. In this paper we discuss some educational applications of this technology and we present some examples from the implementation of a program in Greek gymnasium.

### Εισαγωγή

*‘Το μυαλό δεν είναι δοχείο που πρέπει να γεμίσουμε, αλλά φωτιά που πρέπει να ανάψουμε’ (Πλούταρχος, από το λόγο του αστροναύτη Τζον Σκότ).*

Η κατασκευή και χρήση μοντέλων με τον υπολογιστή είναι μία παιδαγωγική διαδικασία που βρίσκει αρκετές εφαρμογές στη εκπαίδευση. Οι μαθητές μπορούν να φτιάξουν αναπαραστάσεις φυσικών κόσμων, να διαφοροποιήσουν τις παραμέτρους που ελέγχουν την συμπεριφορά τους, και να παρατηρούν την εξέλιξη τους στην οθόνη.

Η Τεχνολογία Ελέγχου μας επιτρέπει να κατασκευάζουμε και να ελέγχουμε πραγματικά μοντέλα με την βοήθεια του υπολογιστή. Οι συνέπειες των αλλαγών που γίνονται στο εικονικό περιβάλλον του υπολογιστή είναι άμεσα παρατηρήσιμες στο φυσικό χώρο.

Η Τεχνολογία Ελέγχου καθίσταται έτσι μία τεχνολογία η οποία εντασσόμενη στην σχολική δραστηριότητα, προσφέρει πλούτο ευκαιριών για μάθηση μέσα από εμπειρία, προκαλώντας ταυτόχρονα την έντονη ενεργοποίησης των μαθητών.

Στις ενότητες που ακολουθούν σκιαγραφούμε τα μαθησιακά χαρακτηριστικά των δραστηριοτήτων της Τεχνολογίας Ελέγχου, περιγράφουμε την έρευνα που κάναμε σε δύο γυμνασιακές τάξεις και αναφέρουμε μερικά παραδείγματα από την εφαρμογή της<sup>1</sup>.

### Θεωρητικό Πλαίσιο

#### Μαθησιακά χαρακτηριστικά δραστηριοτήτων με την χρήση της Τεχνολογίας Ελέγχου.

Η Τεχνολογία Ελέγχου που απευθύνεται σε παιδιά αφορά μια ποικιλία ηλεκτρονικών εργαλείων. Βασικά χαρακτηριστικά τους είναι η δυνατότητα κατασκευής πραγματικών

<sup>1</sup> ΕΕ5.2 ‘Εργα Επίδειξης Νέων Τεχνολογιών’ Χρήσεις Ατομικών Συσκευών σε Εκπαιδευτικές Δραστηριότητες, Τεχνολογία Ελέγχου στην εκπαιδευτική Διαδικασία’ Υπ.Ε.Π.Θ. Β’Κ.Π.Σ. ΕΠΕΑΕΚ Ενέργεια ΟΔΥΣΣΕΙΑ:Αξιοποίηση των Υπολογιστών και Δικτυακών Τεχνολογιών στην Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

μοντέλων που μπορούν να συλλέγουν πληροφορίες από το περιβάλλον (ερεθίσματα) και να εκτελούν ενέργειες. Μπορούν να παρουσιάσουν δηλαδή συγκεκριμένες συμπεριφορές σαν αντίδραση στα εξωτερικά ερεθίσματα. Τα μοντέλα περιλαμβάνουν αισθητήρες αφής, φωτός κλπ, με τα οποία συλλέγουν πληροφορίες -ερεθίσματα από το περιβάλλον τους, και μηχανήματα εξόδου όπως κινητήρες, λάμπες κλπ, με τα οποία μπορούν να εκτελέσουν συγκεκριμένες ενέργειες σαν αντίδραση στο συγκεκριμένο ερέθισμα. Ο προγραμματισμός της συμπεριφοράς του μοντέλου γίνεται με κατάλληλο λογισμικό.

Κατά την διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών έχουν χρησιμοποιηθεί σε ερευνητικό επίπεδο μία ποικιλία μηχανημάτων με ανάλογες ιδιότητες, όπως προγραμματιζόμενες χελώνες, μικρές ηλεκτρονικές συσκευές π.χ. μικρά τούβλα, μπάλες, χάντρες σήματα κ.α. (Wellington J., Scaife J., (1993)).

Ο σχεδιασμός και κατασκευή φυσικών αντικειμένων είναι σημαντική εκπαιδευτική δραστηριότητα με περιορισμένη παρουσία στις ελληνικές σχολικές τάξεις. Η λύση ενός προβλήματος των 'κλασικών' θετικών επιστημών (μαθηματικά, φυσική) είναι συχνά αποτέλεσμα αναλυτικής σκέψης η οποία επιμερίζει το πρόβλημα σε υποπροβλήματα. Η κατασκευή όμως ενός φυσικού μοντέλου είναι αποτέλεσμα σύνθεσης. Η κατασκευή δομείται σταδιακά ώστε να εξυπηρετεί συγκεκριμένες ανάγκες. Οι κατασκευές δοκιμάζονται και τροποποιούνται ανάλογα με τις ανάγκες του προβλήματος. Ο μαθητής σε αυτή την περίπτωση δεν αναζητά μία συγκεκριμένη λύση αλλά αναζητά την καλύτερη δυνατή λύση. Τέτοιες δραστηριότητες επομένως βοηθούν την ανάπτυξη νέων δεξιοτήτων και ευνοούν ιδιαίτερα μαθητές που συναντούν δυσκολίες σε παραδοσιακά προβλήματα ανάλυσης (Resnick M., Ocko S. 1991).

Κατά την διάρκεια της κατασκευής οι μαθητές καλούνται να εφαρμόσουν θεωρητικές γνώσεις (τριβή, ταχύτητα, κλάσματα κλπ) που έχουν αποκτήσει μέσα από την σχολική τους εμπειρία ή ανακαλύπτουν νέες γνώσεις μέσα από την άμεση εμπειρία και πειραματισμό με την κατασκευή. Οι μαθητές μαθαίνουν δηλαδή κάνοντας (κυριολεκτικά) Μαθηματικά, Φυσική στα πλαίσια της εκπλήρωσης ενός συγκεκριμένου κατασκευαστικού στόχου (Papert, S. (1991)). Διαμορφώνεται έτσι ένα ιδιαίτερα γόνιμο μαθησιακό περιβάλλον στο οποίο οι μαθητές μπορούν να σκεφτούν και να συζητήσουν γύρω από γνωστικές έννοιες. Οι έννοιες αυτές αποκτούν νέο περιεχόμενο το οποίο οδηγεί στην βαθύτερη κατανόηση αυτών (Resnick M., Ocko S. 1991; Martin F. Resnick M. 1990).

Κατά τον προγραμματισμό της συμπεριφοράς του πραγματικού μοντέλου ο μαθητής συσχετίζει τις αντιδράσεις ενός συγκεκριμένου αντικειμένου με τον συμβολικό κώδικα του λογισμικού. Μέσα από την συχνή παλινδρόμηση ανάμεσα στον εικονικό και τον πραγματικό κόσμο καλλιεργείται σημαντικά η αφαιρετική ικανότητα των μαθητών. Επιπροσθέτως οι μαθητές καλούνται να αναλύσουν την συμπεριφορά του πραγματικού αντικειμένου σε επιμέρους συμπεριφορές οι οποίες μπορούν να εξυπηρετηθούν από τις δυνατότητες του συγκεκριμένου λογισμικού. Ο υψηλός βαθμός αλληλεπίδρασης ανάμεσα στον υπολογιστή και το πραγματικό αντικείμενο δίνει την δυνατότητα στον μαθητή να παρατηρήσει στον φυσικό κόσμο τις συνέπειες των όποιων αλλαγών κάνει στο εικονικό περιβάλλον της μηχανής.

Κατά αναλογία με τη Χώρα των Μαθηματικών του Papert η Τεχνολογία Ελέγχου φτιάχνει την 'Χώρα της Επιστήμης' (Martin F. 1990 Resnick M. 1990). Μέσα σε αυτό το περιβάλλον οι μαθητές λειτουργούν σαν 'πραγματικοί επιστήμονες' και σαν 'πραγματικοί εφευρέτες'. Έτσι έρχονται σε στενότερη επαφή με τις αρχές της επιστήμης. Μαθαίνουν να αντιμετωπίζουν συστηματικά και κριτικά κάθε πρόβλημα και την διαδικασία λύσης του. Σχεδιάζουν και υλοποιούν μία συγκεκριμένη κατασκευή, υποθέτουν και ερευνούν, καταστρώνουν μεθοδολογία επίλυσης του προβλήματος, εφαρμόζουν και παρατηρούν, αξιολογούν κριτικά τα δεδομένα και βελτιώνουν.

Τα αποτελέσματα της μαθησιακής διαδικασίας είναι μέγιστα όταν οι μαθητές υλοποιούν δικές τους προσωπικές ιδέες (Resnick M., Ocko S. 1991; Resnick, M. 1991). Οι μαθητές έτσι ενεργοποιούνται και συμμετέχουν αντί να είναι παθητικοί δέκτες γνώσης. Η ποιότητα της μάθησης που επιτυγχάνεται είναι ιδιαίτερα σημαντική, γιατί στηρίζεται στην διερεύνηση των

γνώσεων και πεποιθήσεων που τα ίδια τα παιδιά έχουν και μπορεί να ακολουθήσει το επίπεδο της γνωστικής τους ανάπτυξης. Η νέα γνώση που προκύπτει από την διαδικασία αυτή διαφοροποιεί το ήδη διαμορφωμένο σύστημα γνώσεων του παιδιού και εντάσσεται σε αυτό. Ως εκ τούτου αποτελεί ένα μέρος λειτουργικό και χρήσιμο. Σε μία τέτοια διαδικασία δεν υπάρχουν λάθη και σωστά, υπάρχουν μόνο ευκαιρίες για μάθηση.

Το κίνητρο για την μάθηση είναι η ανάγκη επίλυσης ενός πραγματικού προβλήματος. Ο μαθητής είναι αυτός που έχει την πρωτοβουλία στο σχεδιασμό, την υλοποίηση και τη βελτίωση της δημιουργίας του. Ο καθηγητής είναι ο βοηθός και συμπαραστάτης στην δημιουργία του μαθητή. Έτσι διαμορφώνεται ένα μαθητοκεντρικό πρότυπο μάθησης που βρίσκεται σε συμφωνία με τις σύγχρονες απόψεις περί μάθησης στις Θετικές Επιστήμες (Wellington J., Scaife J., (1993)).

Επίσης οι δραστηριότητες με τη Τεχνολογία Ελέγχου παρέχουν υψηλό βαθμό διεπιστημονικότητας. Γνωστικά αντικείμενα όπως Μαθηματικά, Φυσική, Πληροφορική, Βιολογία, Γλώσσα κλπ. εμπλέκονται λειτουργικά μεταξύ τους στην υλοποίηση ενός συγκεκριμένου έργου.

Τέλος, είναι ιδιαίτερα σημαντικό να τονίσουμε ότι οι δραστηριότητες αυτής της μορφής είναι παραγωγικές όταν εξυπηρετούν την συνεργασία των μαθητών. Τα παιδιά δουλεύοντας σε ομάδα, μπορούν να επικοινωνήσουν λεκτικά, να εξηγήσουν τις σκέψεις τους και να πείσουν για την ορθότητα των απόψεων τους. Μαθαίνουν να εκφράζουν τις απόψεις τους, να κατανοούν τις απόψεις άλλων και να συμβάλουν θετικά στην εξέλιξη μιας ιδέας. Μαθαίνουν να διαχειρίζονται με επιτυχία τα συναισθήματα τους και ιδιαίτερα αυτά που ακολουθούν τις αποτυχημένες προσπάθειες. Αποκτούν το πολύτιμο βίωμα ότι η συμβολή όλων των μελών της ομάδας είναι αναγκαία για την λύση των προβλημάτων που προκύπτουν σε όλα τα στάδια της εργασίας.

Μία σύγχρονη εφαρμογή της Τεχνολογία Ελέγχου είναι η προγραμματιζόμενη μονάδα της Lego Dacta RCX. Η μονάδα RCX έχει ενσωματωμένο μικροεπεξεργαστή που μπορεί να αποθηκεύει προγράμματα στην μνήμη του και να τα εκτελεί. Σε αντίθεση με παλιότερες τεχνολογίες στις οποίες ο υπολογιστής είναι συνέχεια συνδεδεμένος με την κατασκευή η RCX επικοινωνεί με τον υπολογιστή μέσω ενός πομπού εξασφαλίζοντας έτσι πραγματική αυτονομία του μοντέλου από τον υπολογιστή. Η μονάδα αυτή είναι αποτέλεσμα της μακροχρόνιας πανεπιστημιακής έρευνας γύρω από προγραμματιζόμενες μονάδες (Resnick, M., Martin, F., Berg, R., Borovoy, R., Colella, V., Kramer, K., and Silverman, B. (1998)). Παρέχει την δυνατότητα κατασκευής ποικίλων μοντέλων, έχει την δυνατότητα εκτέλεσης ταυτόχρονων δραστηριοτήτων, παρέχει επικοινωνίας με άλλες μονάδες και μπορεί να ελέγχει περισσότερες από μία εισόδους και εξόδους. Για την κατασκευή των μοντέλων χρησιμοποιείται επίσης σύγχρονο δομικό υλικό της Lego (τούβλα, τροχαλίες γρανάζια, κινητήρες, λάμπες, αισθητήρες αφής, αισθητήρες φωτός). Το δομικό υλικό είναι 'ανοικτού τύπου' και επιτρέπει την υλοποίηση πολλών ιδεών (κινούμενα όντα, ελεγχόμενα περιβάλλοντα, Resnick, M., Martin, F., Sargent, R., and Silverman, B. (1996)).

Για τον προγραμματισμό της η μονάδα αυτή συνεργάζεται με ειδικό λογισμικό που στηρίζεται σε εικονοεντολές (icon orientated software). Το λογισμικό περιλαμβάνει 8 διαφορετικά επίπεδα προγραμματισμού παρέχοντας ευελιξία στην επιλογή το κατάλληλου επιπέδου για μαθητές κάθε ηλικίας και εμπειρίας προγραμματισμού.

### **Σχεδιασμός και υλοποίηση της έρευνας**

Η Τεχνολογία Ελέγχου έχει χρησιμοποιηθεί διεθνώς σε ερευνητικό επίπεδο με μαθητές διαφόρων ηλικιών. Οι Resnick, και Ocko (Resnick M., Ocko S. 1991) εστιάζουν στα μαθησιακά αποτελέσματα που επιτυγχάνονται μέσα από τον σχεδιασμό μοντέλων. Η σημασία της κατασκευής οργάνων μέτρησης από τα ίδια τα παιδιά για την πραγματοποίηση πειραμάτων αναλύεται από τους Resnick, Berg, Eisenberg (Resnick, Berg, Eisenberg 2000). Η ποικιλία στα μοντέλα που κατασκευάζουν ενήλικες εκπαιδευτικοί όταν αυτά προκύπτουν από

προσωπικό ενδιαφέρον στο ‘Xylophones, Hamsters, and Fireworks: The Role of Diversity in Constructionist Activities’ (Resnick, M. 1991). Η λεκτικές εκφράσεις των μικρών μαθητών γύρω από τις συμπεριφορές απλών μοντέλων (αιτία και σκοπός) μελετώνται από την Ackermann (Ackermann E 1991). Παρόμοιες έρευνες με παιδιά μικρών ηλικιών πραγματοποιούνται και στην Ιταλία (CAB project).

Εστιάζοντας στην ελληνική πραγματικότητα η έρευνα μας επικεντρώνεται στα παρακάτω ερωτήματα:

Πώς κατανοούν οι μαθητές την σχέση του φυσικού μοντέλου με το εικονικό, έτσι όπως αυτό εμφανίζεται στο λογισμικό, μέσα σε ένα περιβάλλον συχνής παλινδρόμησης ανάμεσα στα δύο;

Με ποιους τρόπους η Τεχνολογία Ελέγχου βοηθά τους μαθητές να αναπτύξουν μεθοδολογίες έρευνας: παρατήρηση, διατύπωση υπόθεσης, σχεδιασμό και διεξαγωγή πειράματος, αξιολόγηση και γενίκευση;

Πώς η Τεχνολογία Ελέγχου συνεισφέρει στην ανάπτυξη ικανοτήτων κατασκευής μοντέλων;

Τι είδους στρατηγικές επιλέγονται από τους μαθητές για την επίλυση προβλημάτων;

Οι δραστηριότητες σχεδιάστηκαν και αναπτύχθηκαν με την στενή συνεργασία της ερευνητικής ομάδας και των εκπαιδευτικών των σχολείων. Κατά την διάρκεια της υλοποίησης των δραστηριοτήτων πραγματοποιήθηκαν τακτικές συναντήσεις αξιολόγηση και βελτίωσης τους.

Οι δραστηριότητες αναπτύχθηκαν σε δύο κύκλους.

Κύκλος 1: Οι μαθητές εκτελούν κατευθυνόμενες δραστηριότητες κατασκευής και προγραμματισμού για την εξοικείωση τους με το τεχνολογικό μέρος των κατασκευών και το λογισμικό. Στην συνέχεια ακολουθεί πειραματισμός – διερεύνηση ανοιχτού τύπου, με την χρήση της συγκεκριμένης κατασκευής.

Κύκλος 2: Οι μαθητές περιγράφουν, σχεδιάζουν και υλοποιούν δικές τους κατασκευές. Για την πραγματοποίηση αυτού του κύκλου γίνονται υποδείξεις κατασκευών και διερευνήσεων.

Θεωρήσαμε απαραίτητο οι δραστηριότητες να έχουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Να αντιστοιχούν σε πραγματικά προβλήματα.
- Να έχουν διαθεματικό χαρακτήρα.
- Να επιτρέπουν τον πειραματισμό με κατασκευαστικά χαρακτηριστικά (γρανάζια, ρόδες, κινητήρες, αισθητήρες).
- Να μπορούν να επεκταθούν από τους μαθητές.
- Να διατηρούν ισορροπία ανάμεσα στο κατασκευαστικό και το προγραμματιστικό μέρος.

Η τυπική μορφή μίας δραστηριότητας περιλάμβανε την εισαγωγή νέων στοιχείων ως προς το λογισμικό και τις δυνατότητες προγραμματισμού, την ανάθεση μίας ανοικτής διερεύνησης στους μαθητές, την παρουσίαση και τη συζήτηση της δουλειάς κάθε ομάδας. Κατά την διάρκεια της δραστηριότητας οι μαθητές συμπλήρωναν ημερολόγια για την εργασία τους. Συμπληρωματικά σε κάποιες δραστηριότητες συμπληρώθηκαν και φύλλα εργασίας.

Θεωρήσαμε ότι ένας κύκλος 12 διδακτικών ωρών σε κάθε τάξη είναι ικανοποιητικός χρόνος για την εξοικείωση των μαθητών με το υλικό και το λογισμικό και την πραγματοποίηση πειραματισμών. Το μάθημα οργανώθηκε σε δίωρες διδακτικές ενότητες έτσι ώστε να υπάρχει αρκετός χρόνος αλληλεπίδρασης και μελέτης τόσο του λογισμικού όσο και του κατασκευαστικού μέρους του μοντέλου.

Θεματικά οι αναπτύχθηκαν οι παρακάτω δραστηριότητες:

Δραστηριότητα 1	Γνωριμία με το υλικό και το λογισμικό-Κίνηση του Αυτοκινήτου
Δραστηριότητα 2	Βελτίωση μοντέλου αυτοκινήτου
Δραστηριότητα 3	Έλεγχος του αυτοκινήτου με την βοήθεια των αισθητήρων I
Δραστηριότητα 4	Έλεγχος του αυτοκινήτου με την βοήθεια των αισθητήρων II
Δραστηριότητα 5	Μελέτη κατασκευαστικών παραγόντων που επηρεάζουν την ταχύτητα του αυτοκινήτου
Δραστηριότητα 6	Μελέτη Κίνησης

Η επιμόρφωση των καθηγητών των σχολείων έγινε στο χώρο του κάθε σχολείου σε 4 δίωρες συναντήσεις. Επίσης, υπήρξαν τακτικές συναντήσεις επιμορφωτή και εκπαιδευτικών κατά την διάρκεια υλοποίησης του προγράμματος που κάλυπταν ανάγκες υποστήριξης. Το πρόγραμμα πραγματοποιήθηκε από καθηγητές μαθηματικών, τεχνολογίας και πληροφορικής.

Η έρευνα υλοποιήθηκε σε δύο τάξεις Β΄ Γυμνασίου<sup>1</sup>. Οι μαθητές του ενός σχολείου είχαν συμμετάσχει και προηγούμενα σε μαθήματα διερεύνησης και είχαν επίσης εμπειρία κατασκευής μοντέλων στο μάθημα της τεχνολογίας. Οι μαθητές του δεύτερου σχολείου δεν είχαν προηγούμενη σχολική εμπειρία σε προγραμματισμό ούτε στο μάθημα της διερεύνησης.

Τα παιδιά εργάστηκαν σε ομάδες των 2 ή 3 ατόμων. Η συνεργατική μάθηση που προωθείται θεωρείται ιδιαίτερα χρήσιμη στις εργασίες της Τεχνολογίας Ελέγχου γιατί είναι πολυδιάστατες και ο διάλογος είναι απαραίτητος για την εξέλιξη τους. Η πρώτη τάξη είχε 7 ομάδες (σύνολο παιδιών 20) ενώ η δεύτερη είχε 5 ομάδες (σύνολο παιδιών 15).

Η συλλογή των δεδομένων υπήρξε ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα. Οι δραστηριότητες της Τεχνολογίας Ελέγχου περιλαμβάνουν την αλληλεπίδραση μεταξύ ατόμων αλλά και την αλληλεπίδραση κατασκευής – ατόμου και υπολογιστή - ατόμου.

Η πολυπλοκότητα της δραστηριότητας μας επέβαλε την συλλογή δεδομένων με τα παρακάτω μέσα:

Βιντεοσκόπηση των δραστηριοτήτων της τάξης.

Βιντεοσκόπηση της εργασίας μίας συγκεκριμένης ομάδας.

Συλλογή των ημερολογίων, προγραμμάτων και των φύλλων εργασίας των μαθητών.

Ημιδομημένες συνεντεύξεις με ομάδες μαθητών.

Ημιδομημένες συνεντεύξεις με τους καθηγητές που συμμετείχαν στο πρόγραμμα.

### **Στιγμιότυπα από την εφαρμογή του προγράμματος**

Στην πρώτη δραστηριότητα δίνεται στους μαθητές μία έτοιμη στοιχειώδης κατασκευή αυτοκινήτου με την οποία πειραματίζονται έτσι ώστε να εξοικειωθούν με το πρόγραμμα και τις λειτουργίες του. Στην συνέχεια των μαθημάτων οι μαθητές τροποποιούν την κατασκευή αυτή με ποικίλους τρόπους αξιοποιώντας τις δικές του ιδέες.

#### **Παράδειγμα 1: Συμβολική αναπαράσταση και πραγματική συμπεριφορά του μοντέλου.**

Στην διάρκεια των δραστηριοτήτων οι μαθητές καλούνται αρχικά να τροποποιήσουν παραμέτρους ενός έτοιμου προγράμματος, στην συνέχεια να μελετήσουν έτοιμα προγράμματα που αναδεικνύουν τις δυνατότητες του λογισμικού και τις συντακτικές του ιδιαιτερότητες και συγχρόνως να κατασκευάσουν δικά τους προγράμματα αξιοποιώντας τα προγραμματιστικά εργαλεία που τους παρέχονται. Για τα προγράμματα που κατασκευάζουν οι ίδιοι οι μαθητές καλούνταν να δώσουν λεκτικές περιγραφές των συμπεριφορών που θέλουν να έχουν τα αυτοκίνητα που κατασκευάζουν, και στο τέλος κάθε δραστηριότητας, κατά την διάρκεια της παρουσίασης της εργασίας τους, καλούνται να περιγράψουν την συμπεριφορά που τελικά έχουν τα αυτοκίνητα τους, στους υπόλοιπους συμμαθητές τους.

Ομάδα μαθητών καλείται να προγραμματίσει το αυτοκίνητο που έχει κατασκευάσει έτσι ώστε να ελέγχεται η συμπεριφορά του με την βοήθεια των αισθητήρων. Οι μαθητές γράφουν στην ερώτηση ‘Τι συμπεριφορά θέλετε να έχει το αυτοκίνητο σας;’

‘Θέλουμε το αυτοκίνητάκι να προχωράει ευθεία μπροστά και όταν προχωράει να έχει κι ένα φωτάκι αναμμένο. Θα πατιέται ένας αισθητήρας αφής τοποθετημένος στο μπροστινό μέρος του αυτοκινήτου με αποτέλεσμα να πηγαίνει προς τα πίσω. Επίσης θα ακούγεται μία μελωδία. Ακόμα θα κάνει στροφές με το πάτημα του πίσω αισθητήρα αφής και θα πηγαίνει μπροστά.’ (ομάδα 4 Δραστηριότητα 6)

<sup>1</sup> Η έρευνα έγινε στα σχολεία: Γυμνάσιο Κολεγίου Ψυχικού και 2<sup>ο</sup> Γυμνάσιο Διαπολιτισμικής Εκπαίδευσης Ελληνικού

Κατά την παρουσίαση, οι μαθητές παρατηρούν ότι έχουν προγραμματίσει το αυτοκίνητο να στρίβει αλλά αυτό δεν στρίβει γιατί υπάρχει πρόβλημα με το πάτωμα. Η περιγραφή που δίνουν για την συμπεριφορά του αυτοκινήτου είναι:

‘το αυτοκίνητο πηγαίνει ευθεία και ανάβει αυτό εδώ το λαμπάκι, μετά όταν πατήσουμε τον αισθητήρα αφής θα πηγαίνει όπισθεν, ναι πάει όπισθεν, και μετά μόλις τον πατήσουμε αυτόν {δείχνει πίσω} τον αισθητήρα αφής θα στρίβει και θα παίζει μουσική και μετά πάλι ευθεία και πάει λέγοντας’.

Οι δύο περιγραφές είναι πολύ κοντινές μεταξύ τους και συμφωνούν με αυτό που παρατηρούμε κατά την επίδειξη του αυτοκινήτου και την μελέτη του προγράμματος. Η ομάδα φαίνεται να πέτυχε τον αρχικό στόχο της.

Στις δύο περιγραφές παρατηρούμε ότι η συμπεριφορά αποτελείται από επιμέρους ενέργειες (μπρος, πίσω κλπ) και ερεθίσματα που σηματοδοτούν την εναλλαγή των ενεργειών. Αυτή η δομή είναι πολύ συγγενική με την δομή που έχει το ίδιο το πρόγραμμα. Φαίνεται λοιπόν ότι οι μαθητές χρησιμοποιούν λεκτικές εκφράσεις που εκπορεύονται από την δομή του προγράμματος που σκοπεύουν να φτιάξουν (πρώτο απόσπασμα) και που έφτιαξαν (δεύτερο απόσπασμα). Το εργαλείο που χρησιμοποιούν (λογισμικό) επιβάλλει τρόπο σκέψης και έκφρασης.

Η συμπεριφορά όμως έχει επιρροές και από την φυσική δομή και την λειτουργικότητα του πραγματικού αντικειμένου. Χρησιμοποιούν τον αισθητήρα που βρίσκεται εμπρός για να το κατευθύνουν προς τα πίσω και αντίστροφα. Πιθανότατα αυτό εκπορεύεται από την ανάγκη το αυτοκίνητο να αλλάζει πορεία κάθε φορά που ακουμπά σε ένα εμπόδιο. Οι μαθητές κατέχουν την ικανότητα να διακόπτουν μία ενέργεια με την χρήση του αισθητήρα και να ενεργοποιούν μία νέα ενέργεια. Η επανάληψη αυτού γίνεται στην συγκεκριμένη περίπτωση τρεις φορές.

Από την μελέτη του προγράμματος επίσης φαίνεται ασυμφωνία φοράς κίνησης των κινητήρων και φυσικής συμπεριφορά του αυτοκινήτου. Αυτό είναι συνέπεια του τρόπου σύνδεσης των κινητήρων πάνω στην προγραμματιζόμενη μονάδα. Αυτό μας οδηγεί στο να υποστηρίξουμε ότι οι μαθητές στηρίχτηκαν στην παρατήρηση της συμπεριφοράς του αυτοκινήτου για να δομήσουν το πρόγραμμα έτσι ώστε να έχει επιθυμητή συμπεριφορά.

Αντίστροφα τώρα στο πρόγραμμα φαίνεται ότι το αυτοκίνητο μπορεί να στρίβει αλλά τα τεχνικά χαρακτηριστικά του πειράματος δεν επιτρέπουν να συμβεί πραγματικά. Οι μαθητές έχουν επίγνωση αυτού αν και δεν μπορούν να το παρατηρήσουν να συμβαίνει στην πράξη.

### **Παράδειγμα 2: Το πρόβλημα του γρήγορου αυτοκινήτου.**

Στην διάρκεια της Δραστηριότητας 2 οι μαθητές καλούνταν να κατασκευάσουν ένα γρήγορο αυτοκίνητο. Από το αποτέλεσμα των δοκιμών και των παρουσιάσεων οι μαθητές κατανοούν ότι χρησιμοποιώντας την μέγιστη δυνατή ταχύτητα περιστροφής των κινητήρων οι μεγάλες ρόδες κάνουν το αυτοκίνητο γρηγορότερο.

Η ιδέα όμως του γρήγορου αυτοκινήτου φαίνεται να παραμένει στον προβληματισμό των παιδιών και διαπερνά όλες τις κατασκευές τους. Η ομάδα 7 εξακολουθεί να εργάζεται πάνω στο πρόβλημα αυτό και στην Δραστηριότητα 4. Είναι δυνατών να πετύχουν ένα ακόμα πιο γρήγορο αυτοκίνητο; Έτσι οι δύο μαθητές από τους τρεις της ομάδας έχουν επεξεργαστεί και δοκιμάσει νέες ιδέες εκτός μαθήματος. Η νέα ιδέα στη οποία καταλήγουν είναι να χρησιμοποιήσουν συνδυασμό μικρών και μεγάλων γραναζιών. Εξηγεί ο ένας από τους δύο στον τρίτο που δεν είναι ενήμερος:

M1 Τι λες; τι κάνεις εκεί πέρα;

M2 Θα δεις.

M1 Ε τι θα δεις; Πες τι θα κάνεις.

M3 Βάζουμε ένα μεγάλο γρανάζι {στον κινητήρα} και από κάτω ένα μικρό γρανάζι {στην ρόδα}. Το μεγάλο γρανάζι γυρίζει πιο... άμα κάνει μία στροφή, το μικρό γρανάζι θα γυρίζει 5 στροφές, ξέρω γω, οπότε θα έχουμε πενταπλάσια κίνηση στην ρόδα.

- M2 Για σκέψου κάτι.  
 M3 Τα γρανάζια εξάλλου πίνουν πάντα δεν  
 χρειάζομαστε ιμάντες

Ο M2 περιγράφει στον M1 πως μπορούν να πολλαπλασιάσουν τις στροφές που δίνει ο κινητήρας με την χρήση μεγάλου και μικρού γραναζιού. Στην μία πλήρη περιστροφή του μεγάλου που συνδέεται με τον κινητήρα καταλαβαίνει ότι αντιστοιχούν περισσότερες από μία περιστροφές του μικρού γραναζιού που συνδέεται στην ρόδα. Δεν αναρωτιέται για την ακριβή αριθμητική σχέση που υπάρχει ανάμεσα στις περιστροφές (5 στροφές, ξέρω γω) αλλά κατανοεί ότι το κάθε δόντι του ενός γραναζιού ακολουθεί το άλλο. Έτσι με αυτόν τον τρόπο πετυχαίνουν τον πολλαπλασιασμό των περιστροφών του δεδομένου κινητήρα. Η συγκεκριμένη έννοια είναι ιδιαίτερα δύσκολο να γίνει κατανοητή χωρίς την άμεση εμπειρία με το φυσικό αντικείμενο. Δεν είμαστε σε θέση να ελέγξουμε αν ο μαθητής καταλήγει σε αυτήν την ιδέα μόνος του, γιατί δεν μπορούμε να την παρατηρήσουμε στην εξέλιξη της αλλά διαπιστώνουμε από την τόσο καθαρή περιγραφή της ότι την έχει κατανοήσει.

Το δεύτερο σχόλιο που κάνει ο M2 σχετίζεται με παρατήρηση που έχουν κάνει σαν ομάδα σε άλλη δοκιμή τους. Χρησιμοποιώντας ιμάντες και τροχαλίες παρατήρησαν ότι αν οι ιμάντες είναι χαλαροί η κίνηση δεν μεταφέρεται πάντα γιατί οι ιμάντες γλιστρούν χωρίς να περιστρέφουν την τροχαλία. Η χρήση όμως των γραναζιών δεν επιτρέπει στο ένα γρανάζι να κινείται χωρίς να κινείται και το άλλο.

Μία άλλη ομάδα κατασκευάζει αυτοκίνητο με την προγραμματιζόμενη μονάδα χωρισμένη από το υπόλοιπο κινούμενο όχημα (αυτή την ιδέα την αντιγράφουν και άλλες ομάδες κατά την διάρκεια των μαθημάτων). Οι μαθητές σε αυτό το σημείο έχουν τελειώσει την κατασκευή και την δοκιμάζουν. Ο ερευνητής Δ4 κάνει ερωτήσεις στους μαθητές.

- Δ4 Τι εξυπηρετεί λειτουργικά; {ο χωρισμός της μονάδας από το αυτοκίνητο}

M2 Να πηγαίνει πιο γρήγορα.

Δ4 Γιατί;

M2 Γιατί θα πηγαίνει πιο γρήγορα.

M1 Χάνει βάρος.

Δ4 Είναι πιο ελαφρύ;

M1 Ναι. Έχει τις έξι μπαταρίες και όλα αυτά. {η προγραμματιζόμενη μονάδα RCX}

Δ4 Θα είναι γρηγορότερο γιατί θα είναι ελαφρύτερο;

M2 Πιστεύουμε.

M1 Ναι εντάξει πιο ωραίο είναι έτσι.

Εδώ οι μαθητές συνδέουν την έννοια του βάρους του αντικείμενου με την ταχύτητα του. Το ελαφρότερο αντικείμενο είναι γρηγορότερο. Η ιδέα αυτή προέρχεται από την καθημερινή μας εμπειρία. Τα ελαφρότερα αντικείμενα μετακινούνται ευκολότερα από τα βαρύτερα. Οι μαθητές διατυπώνουν αυτόν το ισχυρισμό αλλά δεν ερευνούν διεξοδικά την εγκυρότητα του. Μπορεί όμως αυτό να αποτελέσει αφορμή για παραπέρα πειραματισμό.

Παρόμοια ερωτήματα παρουσιάζονται από την εργασία άλλων ομάδων σε πολλές δραστηριότητες. Επηρεάζει τη ταχύτητα του αυτοκινήτου ο αριθμός των κινητήρων που χρησιμοποιούνται; Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε οποιοδήποτε συνδυασμό γραναζιών για την μεταφορά της κίνησης; Τα ερωτήματα αυτά φανερώνουν τις απόψεις των μαθητών γύρω από μία ποικιλία φυσικών εννοιών όπως η τριβή, ταχύτητα, σχετική κίνηση. Μπορούν επίσης να αποτελέσουν την αφορμή για συστηματικό πειραματισμό.

### **Παράδειγμα 3: Κίνηση μέσα σε συγκεκριμένα όρια.**

Οι μαθητές αντιμετωπίζουν το παρακάτω πραγματικό πρόβλημα: πρέπει να κινήσουν το αυτοκίνητο μέσα σε μία στενά οροθετημένη περιοχή ζωγραφισμένη πάνω στην περιοχή πειραματισμού. Δύο από τις δυσκολίες που συναντούν είναι ότι η περιοχή είναι ασύμμετρη

και ότι το αυτοκίνητο δεν στρίβει με τον ίδιο ρυθμό πάντα γιατί κάποιες φορές οι ρόδες του γλιστράνε.

Οι μαθητές πειραματίζονται μετρώντας πόσο χρόνο χρειάζεται το αυτοκίνητο για να κινηθεί σε κάθε πλευρά του σχήματος και σχεδιάζουν προγράμματα. Προτείνονται λύσεις στις οποίες το αυτοκίνητο παει για ορισμένο χρόνο προς μία συγκεκριμένη κατεύθυνση και μετά στρίβει για ορισμένο χρόνο. Στην λύση αυτή ο έλεγχος που έχουμε πάνω στο αυτοκίνητο κατά την κίνηση του είναι ανύπαρκτος. Η πιο λειτουργική λύση προτείνεται από μαθητή με την χρήση των αισθητήρων αφής. Ένας αισθητήρας θέτει το αυτοκίνητο σε στροφή συγκεκριμένης φοράς και ο άλλος αισθητήρας το θέτει σε κίνηση πάνω σε ευθεία. Οπότε ο μαθητής έχει τον απόλυτο έλεγχο της κίνησης με την βοήθεια των αισθητήρων. Κάνει αρκετά πετυχημένες δοκιμές. Ο μαθητής εκμεταλλεύεται την δυνατότητα ελέγχου που του δίνει το πρόγραμμα με τον καλύτερο δυνατό τρόπο στην λύση ενός πραγματικού προβλήματος.

### **Συμπεράσματα**

Αν και η ανάλυση των δεδομένων της έρευνας είναι σε εξέλιξη και ως εκ τούτου τα στοιχεία που παρουσιάζονται εδώ είναι ενδεικτικά, από τα παραδείγματα διαπιστώνουμε τα παρακάτω:

Οι δραστηριότητες με την Τεχνολογία Ελέγχου παρέχουν ένα γόνιμο περιβάλλον για την ανάπτυξη προβληματισμού γύρω από γνωστικές έννοιες όπως ο προβληματισμός που παρατηρήσαμε στα παραδείγματα για την ταχύτητα.

Οι μαθητές παρουσιάζουν και εφαρμόζουν στην πράξη τις ιδέες τους γύρω από τις γνωστικές έννοιες που διαπραγματεύονται όπως για παράδειγμα η ιδέα της χρήση συνδυασμού γραναζιών για την μεταφορά της κίνησης.

Παρουσιάζονται καταστάσεις προσωπικού προβληματισμού των μαθητών που συνοδεύεται από έρευνα και αναζήτηση λύσεων σε πραγματικά προβλήματα όπως η προσπάθεια των παιδιών να φτιάξουν ένα γρήγορο αυτοκίνητο.

Επιστρατεύεται η ευρηματικότητα και η φαντασία των παιδιών στην λύση πρακτικών προβλημάτων όπως στο τελευταίο παράδειγμα με το πρόβλημα της κίνησης μέσα σε συγκεκριμένο χώρο.

Καλλιεργείται η επικοινωνία και την λεκτική έκφραση ιδεών μέσα από την λειτουργία της ομάδας όταν οι μαθητές αναγκάζονται να εξηγήσουν ιδέες και σκέψεις τους.

Καλλιεργείται η αφαιρετική ικανότητα μέσα από το συμβολικό περιβάλλον του λογισμικού.

Τα παραπάνω αποτελούν ένα πλαίσιο σημαντικών ενδείξεων μέσα από τις οποίες πιστεύουμε ότι η Τεχνολογία Ελέγχου παρουσιάζει ευρύτερο ενδιαφέρον παιδαγωγικής αξιοποίησης στις Θετικές Επιστήμες. Είναι επίσης απαραίτητη η υποστήριξη κάθε εφαρμογής με αντίστοιχη επιστημονική έρευνα.

### **Βιβλιογραφία**

Ackermann Edith, (1991) 'The Agency model of transaction: Toward an understanding of Children Theory of Control' , in Papert S, Harel I. (ed.) (1991) *Constructionism* Ablex Publishing Corporation, US

Ackermann E (1999) 'Enactive Representations in Learning: Pretence, Models and Machines' in Bliss J. Saljo R, Light P(ed) .(1999) *Learning Sites Social and Technological Resources for Learning* Pergamon, Oxford

Cab Project (13 ερευνητικό πρόγραμμα) deliverables 1, 2, 3, at <http://cab.itd.ge.cnr.it/>

Doppelt Y., Armon U., (1999) 'Multi-Techno-Logo) as an authentic Environment for Improving the Learning of Low-Achievers in Rounen N. (ed) *Proceedings of the Seventh European Logo Conference Eurologo '99* page 197, Sofia 1999 Virtech Ltd Sofia 1999

Edith Ackermann, (1999) *Enactive Representations in Learning: Pretense, Models and Machines*, in J. Bliss, P. Light & R. Saljo, (eds) "Learning Sites: Social and Technological Resources for Learning," Elsevier Science/Pergamon Series: *Advances in Learning and Instruction*, 3

- Erwin, Benjamin, et. al. Middle School Engineering with LEGO and LabVIEW (ZIP 4.4MB). Proceedings of National Instruments Week August 1998, Austin, TX, Education Category.
- ETui Project Esprit Proposal No. 29318, at [www.ultralab.aglia.ac.uk](http://www.ultralab.aglia.ac.uk)
- Frye E.(1999), 'Engaging all Students; in Learning & Learning with Technology Vol 26 Num. 8 May 1999 page 18-21, 26,27
- Hogg, D., Martin, F., and Resnick, M., (1991) 'Braitenberg Creatures' Epistemology and Learning Memo 13, MIT Media Lab at <http://fredm.www.media.mit.edu/people/frem/papers/vehicles/>.
- Krumholtz, N.: "LEGO-Logic: A Computer Learning Environment for Technology Education". In: *Proceedings of the 8<sup>th</sup> Int. Conference on Society for Information Technology and Teacher Education (SITE 97)*, Orlando, California, USA, April 1997. [10p]
- Krumholtz, N.: Techno-Logic: A Micro-World for Constructivist Science and Technology Learning. In: *Proceedings of the 6<sup>th</sup> Int. Conference on Computers in Education (ICCE98)*, Beijing, China, October 1998. [8p]
- Kynigos C. (1995) Programming as a means of expressing and exploring ideas in a directive educational system: three case studies, in, *Computers and Exploratory Learning*, diSessa A., Hoyles C., and Noss R. (eds), Springer Verlag NATO ASI Series, 399-420
- Martin F. & Resnick M., (1990) 'LEGO/Logo and Electronic Bricks: Creating a Scienceland for Children' <http://fredm.www.media.mit.edu/people/fredm/papers/nato>
- Martin Fred (1996) 'Kids Learning Engineering Science Using LEGO and the Programmable Brick,' presented at the American Educational Research Association Annual Meeting 1996
- Martin, F., (1994) 'A toolkit for learning: Technology of the MIT LEGO Robot Design Competition', prepared for the 1994 *Workshop on Mechatronics Education* hosted at Stanford University, at <http://fredm.www.media.mit.edu/people/frem/papers/stanford/stanford.html>
- Martin, Fred. The Art of LEGO Design The Robotics Practitioner: The Journal for Robot Builders, volume 1, number 2, Spring 1995
- Nicherson R., (1995) 'Can Technology Help Teach for Understanding in Perkins D.et al. (ed) Software goes to school: teaching for understanding with new technologies, Oxford University Press UK 1995
- Papert S. (1980) *Mindstorms – Children, Computers and Powerful Ideas*, New York , Basic Books 1980
- Papert, S. (1991) 'Situating Constructionism' in in Papert S, Harel I. (ed.) *Constructionism* Ablex Publishing Corporation, US
- Papert, S. 'A Critique of Technocentrism in Thinking About the School of the Future Epistemology and Learning' Group Memo No. 2. MIT Media Laboratory: Cambridge, MA
- Resnick M. Ocko S. (1991), 'Lego /LogoLearning Through and About Design', in Papert S, Harel I. (ed.) (1991) *Constructionism* Ablex Publishing Corporation, US
- Resnick, M. (1991), 'MultiLogo: A Study of Children and Concurrent Programming. Interactive Learning Environments', in Papert S, Harel I. (ed.) (1991) *Constructionism* Ablex Publishing Corporation, US
- Resnick, M. (1991), 'Xylophones, Hamsters, and Fireworks: The Role of Diversity in Constructionist Activities', in Papert S, Harel I. (ed.) (1991) *Constructionism* Ablex Publishing Corporation, US
- Resnick, M. (1993). 'Behavior Construction Kits' in *Communications of the ACM*, vol. 36, no. 7, pp. 64-71 (July 1993)
- Resnick, M., Berg, R., and Eisenberg, M.(2000) (in press) 'Beyond Black Boxes:Bringing Transparency and Aesthetics Back to Scientific Investigation' To be published in *Journal of the Learning Sciences*, at <http://el.www.media.mit.edu/papers/mres/bbb-jls>
- Resnick, M., Martin, F., Berg, R., Borovoy, R., Colella, V., Kramer, K., and Silverman, B. (1998). 'Digital Manipulatives' *Proceedings of the CHI '98 conference*, Los Angeles, April 1998 at <http://el.www.media.mit.edu/papers/mres/chi-98/digital-manip.html>
- Resnick, M., Martin, F., Sargent, R., and Silverman, B. (1996). 'Programmable Bricks: Toys to Think With' *IBM Systems Journal*, vol. 35, no. 3-4, pp.443-452
- Suomala J. (1993) 'Natural Learning in a Lego-Logo Learning Environment' in *Proceedings of 4<sup>th</sup> European Logo Conference August 199 Athens Greece*, page 69-74
- Suomala J., Alajaaski J., Alamaki A. (1999) 'The characteristics of high quality programming and high quality software in students' Lego/ Logo programming' in Rounen N. (ed) *Proceedings of the Seventh European Logo Conference Eurologo '99* page 344-349, Sofia 1999 Virtech Ltd Sofia 1999
- Wellington J., Scaife J., (1993) 'Information Technology in Science Education Open University Press UK page 83-88