

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

Τόμ. 1 (2012)

8ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΕΤΠΕ



**Ανάπτυξη δεξιοτήτων μεταγνώσης και επίλυσης προβλημάτων σε δραστηριότητες εκπαιδευτικής ρομποτικής**

*Παναγιώτα Νίκα , Σουμέλα Ατματζίδου , Σταύρος Δημητριάδης*

## Βιβλιογραφική αναφορά:

Νίκα Π., Ατματζίδου Σ., & Δημητριάδης Σ. (2022). Ανάπτυξη δεξιοτήτων μεταγνώσης και επίλυσης προβλημάτων σε δραστηριότητες εκπαιδευτικής ρομποτικής. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, 1, 087–094. ανακτήθηκε από <https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/4607>

# Ανάπτυξη δεξιοτήτων μεταγνώσης και επίλυσης προβλημάτων σε δραστηριότητες εκπαιδευτικής ρομποτικής

Νίκα Παναγιώτα, Ατματζίδου Σουμέλα, Δημητριάδης Σταύρος  
pananika@csd.auth.gr, atmatzid@csd.auth.gr, sdemetri@csd.auth.gr  
Τμήμα Πληροφορικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

## Περίληψη

Η εκπαιδευτική ρομποτική (EP) είναι ένα διδακτικό εργαλείο που συγκεντρώνει μεγάλο ενδιαφέρον. Υπάρχει πληθώρα ερευνών εστιασμένων στην EP στον τομέα της επίλυσης προβλήματος. Αντίθετα, η έρευνα όσο αφορά την EP στον τομέα της μεταγνώσης είναι ακόμα σε αρχικό στάδιο. Στο άρθρο αυτό παρουσιάζεται μια έρευνα που υλοποιήθηκε σε μαθητές πρώτης Λυκείου και είχε ως στόχο να διερευνήσει αν η καθοδήγηση με βάση το μοντέλο Polya κατά την επίλυση αυθεντικών προβλημάτων στα πλαίσια δραστηριοτήτων εκπαιδευτικής ρομποτικής, μπορεί να βελτιώσει τις μεταγνωστικές ικανότητες των μαθητών και τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων. Οι μαθητές χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, την ομάδα ελέγχου στην οποία εφαρμόστηκε καθοδήγηση σε στρατηγικές επίλυσης προβλημάτων κατά το μοντέλο Polya, και την πειραματική ομάδα στην οποία δεν υπήρχε καθοδήγηση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στην πειραματική ομάδα υπήρξε βελτίωση στις μεταγνωστικές ικανότητες των μαθητών και στις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλήματος.

**Λέξεις κλειδιά:** Εκπαιδευτική ρομποτική, Μεταγνώση, Επίλυση προβλήματος

## Εισαγωγή

Η εκπαιδευτική ρομποτική (EP) είναι ένα καινοτόμο διδακτικό εργαλείο που στοχεύει στην ενίσχυση και την ανάπτυξη υψηλότερων νοητικών δεξιοτήτων και ικανοτήτων επίλυσης προβλήματος (Blanchard et al., 2010). Αρκετές έρευνες αναφέρουν ότι οι δραστηριότητες εκπαιδευτικής ρομποτικής (EP) έχουν θετικά αποτελέσματα στο επίπεδο της συνεργασίας μεταξύ των μαθητών, της ανάπτυξης δεξιοτήτων κριτικής σκέψης, της ανάπτυξης δεξιοτήτων επίλυσης προβλήματος (Petre & Price, 2004), της δυνατότητας αξιοποίησης της έρευνας στην τάξη (Williams et al., 2007) και της εκμάθησης μιας γλώσσας προγραμματισμού (Nourbakhsh et al., 2005). Ωστόσο υπάρχουν και άλλες έρευνες που καταγράφουν ότι δεν είναι ξεκάθαρη η ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλήματος (Hussain et al., 2006; Lindh & Holgersson, 2007). Όσο δε αφορά την ανάπτυξη μεταγνωστικών δεξιοτήτων κατά την υλοποίηση δραστηριοτήτων EP οι έρευνες είναι ακόμα σε αρχικό στάδιο. Κάποιοι ερευνητές καταγράφουν ότι οι μελέτες τους πάνω στη χρήση των ρομποτικών συστημάτων LEGO Mindstorms απέτυχαν να αποδείξουν ότι οι δραστηριότητες εκπαιδευτικής ρομποτικής παρουσίασαν στατιστικά σημαντική επίδραση σχετικά με την ανάπτυξη μεταγνωστικών ικανοτήτων (McWhorter, 2008).

Στόχος της έρευνάς μας είναι να διερευνήσουμε αν: (α) Οι δραστηριότητες εκπαιδευτικής ρομποτικής με καθοδήγηση βασισμένη στο μοντέλο Polya βελτιώνουν τις μεταγνωστικές ικανότητες των μαθητών; (β) Οι μαθητές στους οποίους εφαρμόστηκε καθοδήγηση βασισμένη στο μοντέλο Polya βελτίωσαν τις ικανότητές τους στην επίλυση προβλήματος;

## Εκπαιδευτική ρομποτική

Η ρομποτική αποτελεί ένα διδακτικό εργαλείο που μπορεί να συμπληρώσει την εκπαίδευση. Με τη χρήση δραστηριοτήτων ΕΡ μετατρέπονται οι μαθητές από παθητικούς σε ενεργούς, αναπτύσσοντας πληθώρα νοητικών δεξιοτήτων, ως ερευνητές και δημιουργοί της νέας γνώσης (Gura, 2007). Τα παιδιά μαθαίνοντας να σχεδιάζουν, να κατασκευάζουν και να προγραμματίζουν, μεταφέρονται από τη μέτρηση στην ανάλυση, από τον υπολογισμό στην επικοινωνία και από την ατομική εργασία στη συνεργατική. Οι μαθητές οικοδομούν πιο αποτελεσματικά τη γνώση όταν εμπλέκονται ενεργά στη σχεδίαση και την κατασκευή πραγματικών αντικειμένων που έχουν νόημα για τους ίδιους, είτε αυτά είναι κάστρα από άμμο, είτε κατασκευές Lego και προγράμματα υπολογιστών (Papert, 1991). Οι δραστηριότητες ΕΡ είναι συνήθως διαθεματικές και μπορούν να ενταχθούν στα σχολικά μαθήματα της τεχνολογίας, των φυσικών επιστημών και της πληροφορικής, τόσο στην πρωτοβάθμια όσο και στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση (Αλιμήσης, 2008).

### **Μεταγνώση**

Οι μαθητές συχνά δεν έχουν την ικανότητα να αναγνωρίζουν πότε ξέρουν ή δεν ξέρουν κάτι, και ακόμα κι όταν δεν ξέρουν κάτι, δεν γνωρίζουν τι μπορούν να κάνουν γι αυτό (Koschmann et al., 1996). Αυτή η ικανότητα της γνώσης σχετικά με το τι γνωρίζει και τι όχι κάποιος και η επίγνωση του συλλογισμού του, συχνά περιγράφεται ως μεταγνωστική ικανότητα. Η ανάπτυξη μεταγνωστικών ικανοτήτων είναι άμεσα συνδεδεμένη με τον σχεδιασμό, την παρακολούθηση, την αξιολόγηση και την αυτορρύθμιση της γνώσης. Η μεταγνώση αποτελεί εσωτερική διαδικασία, συντελείται δηλαδή στο νου του καθενός. Υπάρχει όμως άμεση συσχέτιση και με το εξωτερικό περιβάλλον, αφού πολλές φορές οι μαθητές «εξωτερικεύουν» τη διαδικασία της μεταγνώσης κρατώντας σημειώσεις, αναλύοντας το αρχικό πρόβλημα σε απλούστερα, προγραμματίζοντας τις επόμενες κινήσεις τους, εκφέροντας διαγραμματικά την άποψή τους κλπ. Ο ρόλος και η σημασία της μεταγνώσης στην εκπαιδευτική διαδικασία είναι σημαντική, τόσο για τη γνώση που αποκτά το ίδιο το παιδί, όσο και για τη γνώση που αποκτά ο εκπαιδευτικός σχετικά με το γνωστικό επίπεδο και τις δυνατότητες του παιδιού. Αυτό συμβαίνει, γιατί η ικανότητα του μαθητή να περιγράφει τις γνωστικές του διεργασίες, που κατευθύνονται σε κάποιο στόχο, είναι αντανάκλαση των αντίστοιχων γνωστικών του ικανοτήτων (Quicke & Winter, 1994).

### **Μεθοδολογίες ανάπτυξης μεταγνωστικών ικανοτήτων**

Ένα πρόβλημα για την επίλυση του απαιτεί να επιλεγεί μια στρατηγική και να ληφθεί μια απόφαση σε κάθε πιθανή κατάσταση που προκύπτει (Van de Walle, 1989). Το κλειδί της επιτυχίας στην επίλυση ενός προβλήματος είναι η μεταγνώση (Lester, 1994). Για την επίλυση προβλημάτων, δεν αρκεί να διδαχθούν μόνο οι στρατηγικές όπως ο καθορισμός του, ο σχεδιασμός, η υλοποίηση ενός σχεδίου, οι δοκιμές και ο έλεγχος της λύσης, αλλά και το πότε πρέπει να εφαρμοστούν αυτές οι στρατηγικές. Είναι σημαντικό να καλλιεργήσουν οι μαθητές τις μεταγνωστικές τους ικανότητες και αυτό μπορεί να συμβεί αν εκπαιδευτούν να παρακολουθούν τις γνωστικές τους διεργασίες. Οι κύριες μεταγνωστικές στρατηγικές περιλαμβάνουν α) τη συνειδητοποίηση, όπου ο μαθητής συνειδητά εντοπίζει τι γνωρίζει και διευκρινίζει το μαθησιακό του στόχο, β) τον σχεδιασμό, κατά τον οποίο ο μαθητής σχεδιάζει τον τρόπο με τον οποίο θα καταφέρει τον μαθησιακό του στόχο και τέλος γ) την παρακολούθηση και τον αναστοχασμό, ο μαθητής δηλαδή αξιολογεί ο ίδιος την προσπάθειά του, εντοπίζει ποια στρατηγική που εφάρμοσε τον βοήθησε να μάθει και ποια όχι. Υπάρχουν διάφορες μεθοδολογίες με τις οποίες οι εκπαιδευτικοί μπορούν να αναπτύξουν τις μεταγνωστικές στρατηγικές των μαθητών τους. Παραδείγματα τέτοιων στρατηγικών

είναι α) η ανάκληση, με την οποία πραγματοποιείται εντοπισμός μαζί με τους μαθητές των εννοιών που γνωρίζουν πριν την έναρξη του μαθήματος, β) ο σχεδιασμός και η αυτορρύθμιση της μαθησιακής διαδικασίας, όπου ο εκπαιδευτικός σχεδιάζει δραστηριότητες με τη εφαρμογή των οποίων οι μαθητές καλούνται να μάθουν με τον δικό τους τρόπο και ρυθμό και γ) η αυτοαξιολόγηση, η οποία είναι πολύ σημαντική μεταγνωστική στρατηγική αφού οι μαθητές πρέπει να είναι σε θέση μόνοι τους να αναγνωρίζουν το τι έχουν μάθει από μια μαθησιακή διαδικασία. Μία άλλη καλή στρατηγική είναι οι εκπαιδευτικοί κατά την επίλυση προβλημάτων, να μιλούν για τον τρόπο με τον οποίο σκέπτονται οι ίδιοι (Blakey & Spence, 1990).

### **Πρωτόκολλα αξιολόγησης μεταγνώσης**

Ένα διαδεδομένο εργαλείο αξιολόγησης μεταγνώσης είναι το ερωτηματολόγιο Metacognitive Awareness Inventory (MAI) (Schraw & Dennison, 1994), το οποίο χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της μεταγνώσης και της αυτορρύθμισης. Οι ερωτήσεις του αφορούν τη γνώση της Γνώσης και τη ρύθμιση της Γνώσης. Η κατηγορία «γνώση της γνώσης» δείχνει αυτό που οι μαθητές γνωρίζουν σχετικά με τις επιμέρους διαδικασίες σκέψης τους. Η κατηγορία «ρύθμιση της γνώσης» δείχνει την επίγνωση των μαθητών για τον έλεγχο των διαδικασιών μάθησής τους. Το MAI αποτελείται από 52 ερωτήσεις που χωρίζονται σε 8 κατηγορίες, τη δηλωτική, διαδικασιακή και υποθετική γνώση, το σχεδιασμό, τις στρατηγικές διαχείρισης πληροφοριών, την παρακολούθηση, τις στρατηγικές εντοπισμού σφαλμάτων και την αξιολόγηση της μάθησης. Μερικές χαρακτηριστικές ερωτήσεις είναι: «Ξέρω τι είδους πληροφορίες είναι πιο σημαντικό να μάθω.», «Σκέφτομαι πολλούς τρόπους για να λύσω ένα πρόβλημα και επιλέγω τον καλύτερο.», «Γνωρίζω τι στρατηγικές χρησιμοποιώ όταν μελετώ.», «Αναρωτιέμαι αν αυτό που διαβάζω είναι σχετικό με αυτό που ήδη γνωρίζω.», «Προσπαθώ να χωρίσω το αντικείμενο που μελετώ σε μικρότερα τμήματα.», κ.α. Οι μαθητές απαντούν στις ερωτήσεις με ένδειξη βαθμών συμφωνίας στην κάθε ερώτηση χρησιμοποιώντας 5-βάθμια κλίμακα Likert.

### **Μοντέλο επίλυσης προβλήματος**

Το 1945 ο George Polya στο βιβλίο του «How To Solve It», προσδιορίζει τέσσερα βασικά βήματα επίλυσης προβλήματος (Polya, 1945). Στα βήματα αυτά βασιστήκαμε για την υλοποίηση των δραστηριοτήτων και την καθοδήγηση στην επίλυση των προβλημάτων που δόθηκαν στους μαθητές. Το πρώτο βήμα είναι η κατανόηση του προβλήματος, το οποίο φαίνεται τόσο προφανές που συχνά δεν αναφέρεται καν. Αρκετοί μαθητές δυσκολεύονται να λύσουν ένα πρόβλημα απλά επειδή δεν το καταλαβαίνουν πλήρως. Ο Polya προτείνει να δίνονται στους μαθητές ερωτήσεις όπως: «Καταλαβαίνετε όλες τις λέξεις που χρησιμοποιούνται σε αυτό το πρόβλημα;» και «Μπορείτε να επαναδιατυπώσετε το πρόβλημα με δικά σας λόγια;». Το δεύτερο βήμα είναι η δημιουργία ενός σχεδίου. Υπάρχουν ποικίλοι τρόποι για την επίλυση των προβλημάτων. Η δεξιότητα να επιλέγουμε την κατάλληλη στρατηγική καλλιεργείται με την επίλυση πολλών προβλημάτων. Μερικές στρατηγικές είναι: «Μαντέψτε και ελέγξτε.», «Κάντε ένα σχεδιάγραμμα.», «Τμηματοποιήστε σε απλούστερα προβλήματα.», «Έχετε λύσει παρόμοιο πρόβλημα;». Το τρίτο βήμα είναι η υλοποίηση του σχεδίου, στο οποίο οι μαθητές εκτελούν το σχέδιο που δημιούργησαν στο προηγούμενο βήμα. Τέλος, το τέταρτο βήμα είναι ο έλεγχος. Αξιολογώντας τι λειτούργησε και τι όχι στα προβλήματα που υλοποίησαν οι μαθητές, προβλέπουν ποια στρατηγική είναι προτιμότερη να χρησιμοποιηθεί για να λύσουν μελλοντικά προβλήματα και αυτό τους βοηθά να βελτιώσουν τις ικανότητές τους στη μεταγνώση και την επίλυση προβλήματος.

Άλλη μία προσέγγιση είναι αυτή του Schoenfeld, στην οποία προτείνονται 4 βήματα για την επίλυση προβλημάτων, η ανάλυση του προβλήματος με στόχο την κατασκευή μιας επαρκούς αναπαράστασής του, η δημιουργία μιας ρουτίνας για την επίλυσή του, η εφαρμογή της ρουτίνας και τέλος η επαλήθευση της λύσης. Ένα σημαντικό στοιχείο που προτείνει ο Schoenfeld και το οποίο χρησιμοποιήσαμε ήταν ο υποστηρικτικός ρόλος του εκπαιδευτή. Πιο αναλυτικά, ο εκπαιδευτής παίρνει το ρόλο του συμβούλου, ρυθμίζοντας τη διαδικασία με υποδείξεις και σχόλια (Schoenfeld, 1992). Στη διάρκεια των δραστηριοτήτων γίνονται στους μαθητές ερωτήσεις όπως: «Μπορείς να περιγράψεις τι ακριβώς κάνεις;», «Πώς βοηθά στην επίλυση του προβλήματος αυτό που κάνεις?».

## Έρευνα

### Συμμετέχοντες

Στην έρευνα συμμετείχαν 22 μαθητές της πρώτης τάξης ενός Γενικού Λυκείου της Θεσ/νίκης. Στόχος τους ήταν να γνωρίσουν το περιβάλλον του LEGO MINDSTORMS Education NXT-G Software και τις λειτουργίες του ώστε να συμμετάσχουν στον Πανελλήνιο Διαγωνισμό Ρομποτικής.

### Μεθοδολογία

Οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, την ομάδα ελέγχου (n=10) και την πειραματική ομάδα (n=12). Συνολικά έγιναν 5 τρίωρες συνεδρίες. Αρχικά, όλοι οι μαθητές απάντησαν ένα ερωτηματολόγιο που προσδιόριζε το προφίλ τους σχετικά με την πληροφορική και τη ρομποτική. Στη συνέχεια δόθηκε το ερωτηματολόγιο MAI ώστε να έχουμε μια γενική εικόνα για την αρχική κατάσταση του επιπέδου της μεταγνώσης τους και των ικανοτήτων τους. Στις τέσσερις πρώτες συνεδρίες έγιναν προπονήσεις, όπου τα παιδιά μάθαιναν τις λειτουργίες των ρομπότ μέσω δραστηριοτήτων, ενώ στην πέμπτη συνεδρία έγινε μια τελική πρόκληση, όπου δόθηκε ένα πρόβλημα που τα παιδιά έπρεπε να ολοκληρώσουν. Σε κάθε μια από τις δύο ομάδες οι μαθητές δούλεψαν συνεργατικά σε ομάδες των 3 ή των 4 μελών. Στις πρώτες δύο προπονήσεις χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία jigsaw (Barkley et al., 2004) αφενός για να γίνουν συντομότερα γνωστά περισσότερα αντικείμενα και αφετέρου για να υποστηριχθεί η συνεργασία. Κατά τη μέθοδο jigsaw κάθε μέλος της ομάδας συνεργάζεται με μία νέα ομάδα ειδικών και εξειδικεύεται σε ένα κομμάτι του αντικειμένου που διδάσκεται. Στη συνέχεια το κάθε εξειδικευμένο μέλος επιστρέφει στην αρχική του ομάδα και μεταφέρει τις νέες γνώσεις του. Επιπλέον, για την καθοδήγηση της συνεργασίας τους, τόσο στις αρχικές ομάδες όσο και στις ομάδες των ειδικών, χρησιμοποιήθηκαν γνωστικοί και λειτουργικοί ρόλοι οι οποίοι εναλλάσσονταν σε κάθε δραστηριότητα. Σε κάθε προπόνηση δόθηκε φύλλο εργασίας με κλιμακωτής δυσκολίας δραστηριότητες. Στην ομάδα ελέγχου, δεν υπήρχε καμία καθοδήγηση, ενώ στην πειραματική ομάδα, εφαρμόστηκε σταδιακή καθοδήγηση στην επίλυση των προβλημάτων. Η καθοδήγηση βασίστηκε σε ερωτήσεις που κατηύθυναν τη σκέψη των μαθητών αφενός στο να κατανοήσουν το πρόβλημα, να σχεδιάσουν, να υλοποιήσουν και να αξιολογήσουν τη λύση του με τη μεθοδολογία Polya και αφετέρου να επιλέξουν στρατηγικές οι οποίες θα βελτιώσουν τις μεταγνωστικές τους δεξιότητες. Ο ρόλος των καθηγητών στη διάρκεια των προπονήσεων ήταν υποστηρικτικός, καθοδηγούσαν τη διαδικασία και κατέγραφαν σε δομημένο έντυπο τις παρατηρήσεις τους. Μετά το τέλος των προπονήσεων οι μαθητές συμμετείχαν ομαδικά σε μια τελική πρόκληση και απάντησαν ερωτηματολόγια και συνεντεύξεις σχετικά με τη διαδικασία.

## Υλοποίηση

Στην πρώτη προπόνηση, έγινε μια μικρή παρουσίαση του ρομπότ. Στόχος ήταν να εξοικειωθούν οι μαθητές με το περιβάλλον του LEGO MINDSTORMS Education NXT-G Software καθώς και με τις βασικές λειτουργίες του ρομπότ. Στη συνέχεια οι αρχικές ομάδες χωρίστηκαν σε 4 νέες ομάδες ειδικών σύμφωνα με τη μέθοδο jigsaw. Η πρώτη ομάδα ειδικών εμβάθυνε στη λειτουργία των κινητήρων, η δεύτερη στη λειτουργία του αισθητήρα αφής, η τρίτη στη λειτουργία του αισθητήρα ήχου και η τέταρτη στην λειτουργία του αισθητήρα υπερήχων. Μόλις όλοι οι ειδικοί κατανοούσαν τις νέες πληροφορίες επέστρεφαν στις αρχικές τους ομάδες προχωρώντας στην επίλυση γενικών δραστηριοτήτων. Ο ρόλος του κάθε ειδικού ήταν να μεταφέρει τις γνώσεις του στους συνεργάτες του. Για την υλοποίηση των δραστηριοτήτων ήταν απαραίτητη η συμμετοχή όλων των ειδικών.

Στόχος της δεύτερης προπόνησης ήταν η εξοικείωση με βασικές έννοιες του προγραμματισμού. Ακολουθήθηκε και πάλι η μέθοδος jigsaw. Η πρώτη ομάδα ειδικών εξοικειώθηκε στη δομή της επιλογής, η δεύτερη στη δομή της επανάληψης, η τρίτη στη λειτουργία του αισθητήρα φωτός και τέλος η τέταρτη σε κάποιες βασικές λειτουργίες του NXT, δηλαδή την εμφάνιση εικόνων στην οθόνη του ρομπότ, στη μετατροπή αριθμών σε κείμενο και στη λειτουργία της αναμονής. Όμοια με την προηγούμενη προπόνηση οι μαθητές επέστρεψαν στις ομάδες τους και μετέφεραν μέσω δραστηριοτήτων τις γνώσεις τους.

Στην τρίτη προπόνηση οι μαθητές εξοικειώθηκαν με την έννοια της μεταβλητής καθώς και με βασικές αριθμητικές πράξεις και τελεστές. Στην προπόνηση αυτή όπως και στην επόμενη εργάστηκαν όλοι στις αρχικές τους ομάδες.

Στην τέταρτη προπόνηση οι μαθητές έμαθαν τη λειτουργία της λάμπας, της παράλληλης διεργασίας και τη δημιουργία υποπρογραμμάτων για επαναχρησιμοποίηση.

Στην τελική πρόκληση δόθηκε ένα σενάριο συνοδευόμενο από σχεδιάγραμμα. Δόθηκε χρόνος στις ομάδες να προετοιμαστούν και να δημιουργήσουν τον κώδικά τους. Νικήτρια ήταν η ομάδα που υλοποίησε το σενάριο με τον καλύτερο τρόπο και στον καλύτερο χρόνο.

## Συλλογή δεδομένων

Στην έρευνα χρησιμοποιήθηκε μεθοδολογία ποσοτικής και ποιοτικής αξιολόγησης. Τα εργαλεία για την εξαγωγή των ποσοτικών αποτελεσμάτων ήταν α) αρχικό και τελικό ερωτηματολόγιο MAI, β) ένα αρχικό και τελικό ερωτηματολόγιο που δημιουργήθηκε από εμάς, με διερευνητικές ερωτήσεις για το επίπεδο μεταγνωστικών ικανοτήτων των μαθητών και γ) ένα πρόβλημα το οποίο δόθηκε στη διάρκεια της τελικής συνέντευξης και τους ζητήθηκε να περιγράψουν τη λύση του λέγοντας τις σκέψεις τους σύμφωνα με την τεχνική think aloud (Meichenbaum et al., 1985). Για την εξαγωγή των ποιοτικών αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε δ) η καταγραφή σε δομημένο έντυπο παρατηρήσεων κατά τη διάρκεια των προπονήσεων και ε) τελική συνέντευξη.

Το ερωτηματολόγιο MAI δόθηκε στην αρχή και στο τέλος των προπονήσεων, με σκοπό να διερευνηθεί η επίδραση της δραστηριότητας στην ανάπτυξη μεταγνωστικών δεξιοτήτων των μαθητών. Πριν την συμπλήρωση του αρχικού MAI έγινε διευκρίνιση στους μαθητές για το πλαίσιο στο οποίο απευθύνονται οι ερωτήσεις και συγκεκριμένα, αναφέρθηκε ότι θα έπρεπε να απαντήσουν σκεπτόμενοι τον τρόπο με τον οποίο μελετούν τα μαθήματά τους, επιλύουν προβλήματα και οργανώνουν τις δραστηριότητές τους. Για την ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε ανάλυση συνδιακόμανσης (ANCOVA).

Το τελικό ερωτηματολόγιο απαντήθηκε από τους μαθητές μετά το τέλος των προπονήσεων. Αποτελείται από ερωτήσεις που χωρίζονται σε 6 άξονες, τη ρομποτική, τον προγραμματισμό, τη συνεργασία, τις στρατηγικές επίλυσης προβλήματος, το κίνητρο και

την άποψη των μαθητών για την καθοδήγηση με σκοπό την ανάπτυξη μεταγνωστικών δεξιοτήτων. Για την ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε έλεγχος t-test.

Τα παιδιά κλήθηκαν να επιλύσουν ένα πρόβλημα με κοινά τα κύρια χαρακτηριστικά, όπως η κίνηση, η επανάληψη και η μεταβλητή, αλλά με διαφορές στα επιφανειακά χαρακτηριστικά και την διατύπωση της άσκησης, ώστε να αποφευχθεί η μεταφορά των απαντήσεων από τον ένα μαθητή στον άλλο. Υπήρχε παρέμβαση σύμφωνα με το εξής πρωτόκολλο: Αν οι μαθητές δεν ανέφεραν τις αναμενόμενες απαντήσεις, θέταμε ερωτήματα ώστε να διαπιστώσουμε αν ενώ γνώριζε ο μαθητής την έννοια που θέλαμε να εξετάσουμε δεν την θεωρούσε μέρος της λύσης, ή αν απλά δεν γνώριζε την απάντηση. Για να βγάλουμε στατιστικά αποτελέσματα από τις απαντήσεις των παιδιών στο πρόβλημα δημιουργήσαμε ρουμπρίκα βασισμένη σε 3 άξονες, την επίλυση προβλήματος, τον προγραμματισμό και τις στρατηγικές επίλυσης προβλημάτων. Έγινε έλεγχος t-test για να εξεταστεί η στατιστική διαφορά μεταξύ των μέσων όρων των δύο ομάδων.

Στο έντυπο παρατηρήσεων καταγράψαμε την πορεία κάθε δραστηριότητας και τα σχόλια των μαθητών. Οι παρατηρήσεις ήταν κατηγοριοποιημένες σε 5 άξονες, τη συνεργασία, τα σενάρια, τη συμμετοχή, τη ρομποτική και τη μεταγνώση.

Μετά το τέλος των προπονήσεων ακολούθησε μία ημιδομημένη συνέντευξη με τους μαθητές, βασισμένη σε 4 άξονες, την άποψη των μαθητών για τη δραστηριότητα ρομποτικής ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα για την βελτίωση της δομής της, τη συνεργασία, τον προγραμματισμό και τις στρατηγικές επίλυσης προβλήματος που παρουσιάστηκαν μόνο στην πειραματική ομάδα. Στα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν έγινε ανάλυση περιεχομένου για τον εντοπισμό των απόψεων που κυριάρχησαν στις δηλώσεις των μαθητών.

### **Αποτελέσματα**

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων του ερωτηματολογίου MAI έδειξε ότι μετά τις προπονήσεις ανάμεσα στην ομάδα ελέγχου και την πειραματική ομάδα υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στις κατηγορίες δηλωτική γνώση ( $F[1,19]=5.480, p=0.03, \eta^2=0.224$ ), σχεδιασμός ( $F[1,19]=6.093, p=0.023, \eta^2=0.243$ ), στρατηγικές διαχείρισης των πληροφοριών ( $F[1,19]=9.174, p=0.007, \eta^2=0.326$ ), παρακολούθηση ( $F[1,19]=6.082, p=0.023, \eta^2=0.242$ ) και αξιολόγηση ( $F[1,19]=7.038, p=0.016, \eta^2=0.270$ ). Αντίθετα δεν υπάρχει σημαντική διαφορά στις κατηγορίες στρατηγικές εντοπισμού σφαλμάτων ( $F[1,19]=2.495, p=0.131, \eta^2=0.116$ ), υποθετική γνώση ( $F[1,19]=2.794, p=0.111, \eta^2=0.128$ ) και διαδικαστική γνώση ( $F[1,19]=0.151, p=0.702, \eta^2=0.008$ ). Γενικά, υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στα αποτελέσματα των ερωτήσεων MAI μεταξύ της ομάδας ελέγχου και της πειραματικής ομάδας ( $F[1,19]=4.670, p=0.044, \eta^2=0.197$ ), το οποίο φανερώνει ότι η πειραματική ομάδα βελτίωσε τις μεταγνωστικές της δεξιότητες έναντι της ομάδας ελέγχου.

Στο τελικό ερωτηματολόγιο, η διαφορά των μέσων όρων της ομάδας ελέγχου ( $M=35.10, SD=8.52$ ) και της πειραματικής ομάδας ( $M=43.00, SD=5.27$ ) ως προς τις στρατηγικές επίλυσης προβλήματος είναι στατιστικά σημαντική  $t(20)=2.665, p=0.015$ , γεγονός που μας φανερώνει ότι στην πειραματική ομάδα οι μαθητές βελτίωσαν τις δεξιότητες τους στη επίλυση προβλημάτων.

Τα αποτελέσματα από την ρουμπρίκα με την οποία αναλύθηκαν οι απαντήσεις των μαθητών στο πρόβλημα που τους δόθηκε έδειξαν ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στη συνολική αξιολόγηση επίλυσης αλγορίθμων ανάμεσα στην ομάδα ελέγχου και την πειραματική ομάδα. Εξετάζοντας κάθε κατηγορία ξεχωριστά παρατηρούμε στατιστικά σημαντική διαφορά στους άξονες Επίλυση Προβλήματος και Στρατηγικές Επίλυσης Προβλήματος, ενώ στον άξονα του Προγραμματισμού δεν είναι στατιστικά σημαντική. Τα αποτελέσματα φαίνονται αναλυτικότερα στον Πίνακα 1.

**Πίνακας 1. Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης ρουμπρίκας**

Κατηγορίες	Ομάδα ελέγχου (N=10)	Πειραματική ομάδα (N=12)	Statistics t-test
Αξιολόγηση Επίλυσης Αλγορίθμων	M=19.10, SD=6.97	M=29.42, SD=4.44	t(20)=4.214, p=0.000
Επίλυση προβλήματος	M=7.50, SD=3.20	M=11.33, SD=0.89	t(10)=3.666, p=0.004
Προγραμματισμός	M=4.70, SD=2.21	M= 6.20, SD=1.48	t(20)=1.958, p=0.064
Στρατηγικές επίλυσης προβλήματος	M=6.90, SD=1.97	M=11.83, SD=2.72	t(20)=4.773, p=0.000

Από τις παρατηρήσεις διαπιστώθηκε ότι στον τομέα της συνεργασίας υπήρξε καλή κατανομή των ρόλων. Η συμμετοχή των μαθητών ενισχύθηκε από τη χρήση της μεθόδου jigsaw αφού ακόμα και τα πιο διστακτικά παιδιά ένιωθαν αυτοπεποίθηση όταν διαπιστώναν την συμβολή τους στην ομάδα. Όπως χαρακτηριστικά ανέφερε ένας μαθητής: «Μου άρεσε η συνεργασία με τις βασικές ομάδες καθώς και τις επιμέρους και βρήκα τη συμμετοχή μου ιδιαίτερα χρήσιμη στην ομάδα μου». Οι μαθητές της πειραματικής ομάδας δεν αντιμετώπισαν ιδιαίτερο πρόβλημα στην κατανόηση των δραστηριοτήτων. Αντίθετα στον ομάδα ελέγχου παρατηρήθηκε ότι ζητούνταν περισσότερες διευκρινίσεις σχετικά με τις ασκήσεις και τις δομές που έπρεπε να χρησιμοποιηθούν για την επίλυσή τους. Ως προς τη ρομποτική το ενδιαφέρον των παιδιών έμεινε αμείωτο σε όλη τη διάρκεια των δραστηριοτήτων.

Από την ανάλυση περιεχομένου των συνεντεύξεων αξίζει να σημειωθεί ότι στον άξονα του προγραμματισμού όλοι οι μαθητές δήλωσαν ότι με την ενασχόληση με τα Lego κατανόησαν πολύ καλύτερα βασικές έννοιες του προγραμματισμού όπως η επανάληψη και η επιλογή, έννοιες οι οποίες δεν είχαν αποσαφηνιστεί με την προηγούμενη εμπειρία τους με τη γλώσσα Logo. Επίσης, στην κατηγορία στρατηγικές επίλυσης προβλήματος, οι μαθητές δήλωσαν ότι τους φάνηκε πολύ χρήσιμο το γεγονός ότι συνειδητοποίησαν ποιες πρέπει να είναι οι σκέψεις τους κατά την επίλυση προβλημάτων και τις εφαρμόζουν και σε άλλα μαθήματα όπως τα μαθηματικά και η φυσική. Όπως δήλωσε χαρακτηριστικά μία μαθήτρια «Μου φάνηκε χρήσιμη η μεθοδολογία που ακολούθησα και την χρησιμοποίησα και σε άλλα μαθήματα όπως η φυσική, τα μαθηματικά και η χημεία». Οι στρατηγικές που δήλωσαν οι μαθητές ότι χρησιμοποιούν περισσότερο ήταν ο διαχωρισμός δεδομένων από τα ζητούμενα και η τμηματοποίηση του προβλήματος σε μικρότερα κομμάτια.

## Συζήτηση

Σε αυτό το άρθρο εξετάσαμε αν οι δραστηριότητες εκπαιδευτικής ρομποτικής με καθοδήγηση βασισμένη στο μοντέλο Polya βελτιώνουν τις μεταγνώστικες ικανότητες των μαθητών και τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλήματος. Με βάση τα αποτελέσματα από το ερωτηματολόγιο ΜΑΙ που αποτέλεσε το κύριο εργαλείο μέτρησης της μεταγνώσης, διαπιστώθηκε ότι υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στην ομάδα ελέγχου και την πειραματική ομάδα μετά την εφαρμογή της καθοδήγησης με βάση το μοντέλο Polya στις δραστηριότητες ΕΡ. Από την ρουμπρίκα που εφαρμόστηκε στο πρόβλημα που δόθηκε στους μαθητές πήραμε απαντήσεις για το δεύτερο ερευνητικό μας ερώτημα όπου διαπιστώθηκε ότι πράγματι υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά των δύο ομάδων στην ικανότητα επίλυσης αλγοριθμικών προβλημάτων. Η εμπειρία των δραστηριοτήτων στο σύνολό της ενθουσίασε τους μαθητές και υπήρξαν από την πειραματική ομάδα δηλώσεις ότι πλέον

συνειδητοποιήσαν τι ήταν αυτό που έπρεπε να σκέφτονται κατά την επίλυση προβλημάτων ακόμα και σε άλλα μαθήματα.

Η έρευνα μας συνεχίζεται εφαρμόζοντας την ίδια μεθοδολογία σε 30 μαθητές έκτης τάξης Δημοτικού, με στόχο να εξετάσουμε τα ερευνητικά ερωτήματα σε μικρότερες ηλικίες.

## Αναφορές

- Barkley, E., Cross, K. P., Howell, Major C., *Collaborative Learning Techniques: A Handbook for College Faculty*. 2004, p. 320.
- Blakey, A., & Spence, S. (1990). Developing Metacognition. ERIC Digest.
- Blanchard, S., Freiman, V., & Lirrete-Pitre, N. (2010). Strategies used by elementary schoolchildren solving robotics-based complex tasks: innovative potential of technology. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 2851-2857.
- Gura, M. (2007). *Student Robotic Classroom Robotics: Case Stories of 21st Century Instruction for Millennial Students* (pp. 11-31). Charlotte: Information Age Publishing.
- Hussain, S., Care, P., & Practice, G. (2006). The effect of LEGO Training on Pupils' School Performance in Mathematics, Problem Solving Ability and Attitude : Swedish Data. *Educational Technology & Society*, 9, 182-194.
- Koschmann, T., Kelson, A. C., Feltovich, P. J., and Barrows, H. S. (1996). *Computer supported problem-based learning: a principled approach to the use of computers in collaborative learning*. In T. Koschmann (ed.), *CSCL: Theory and Practice of an Emerging Paradigm*, pp. 83-124. Erlbaum.
- Lester, F. K. (1994). Musings about mathematical problem solving research: 1970-1994. *Journal for Research in Mathematics Education*, 25 (6), 660-675.
- Lindh, J., & Holgersson, T. (2007). Does lego training stimulate pupils' ability to solve logical problems? *Computers & Education*, 49(4), 1097-1111.
- McWhorter, W. (2008). The effectiveness of using LEGO Mindstorms robotics activities to influence self-regulated learning in a university introductory computer programming course. University of North Texas.
- Meichenbaum, D., Burland, S., Gruson, L. & Cameron, R. (1985). Metacognitive assessment. In S.R. Yussen, ed., *The growth of reflection in children* (pp. 3-27). NY: Academic Press.
- Nourbakhsh, I. R., Crowley, K., Bhavne, A., Hsium, T., Hammer, E., & Perez-Bergquist, A. (2005). *The robotic autonomy mobile robotics course: Robot design, curriculum design and educational assesment*. *Autonomous Robots*, 18(1), 103-127.
- Papert, S. (1991) *Situating Constructionism*. In S.Papert and I.Harel (eds.) *Constructionism*, Norwood, NJ, Ablex Publishing Corporation.
- Petre, M., & Price, B. (2004). *Using robotics to motivate "back door" learning*. *Education and Information Technologies*, 9(2), 147-158.
- Polya, G. (1945). *How to solve it*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, first edition.
- Quicke, J. & Winter, C. (1994) Teaching the language of learning: towards a metacognitive approach to pupil empowerment, *British Educational Research Journal*, 20, 429 - 445.
- Schoenfeld, A. H. (1992). *Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense-making in mathematics*. In D. Grouws (ed.), *Handbook for Research on Mathematics Teaching and Learning*, chapter 15, pp. 334-370. New York: MacMillan.
- Schraw, G., & Dennison, R. S. (1994). *Assessing metacognitive awareness*. *Contemporary Educational Psychology*, 19, 460-475.
- Van de Walle, J. (1989). *Elementary School Mathematics*. New York: Longman.
- Williams, D. C., Ma, Y., Prejean, L., & Ford, M. J. (2007). Acquisition of physics content knowledge and scientific inquiry skills in a robotics summer camp. *Journal of Research on Technology in Education*, 40(2), 201-216.
- Αλιμήσης, Δ. (2008). Το προγραμματιστικό περιβάλλον Lego Mindstorms ως εργαλείο υποστήριξης εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων ρομποτικής. *4ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτική της Πληροφορικής* (pp. 273-282).