

# Έρευνα στη Διδακτική των Μαθηματικών

Αρ. 15 (2021)

ΕΡΕΥΝΑ ΣΤΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ



ΕΡΕΥΝΑ ΣΤΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ  
ΤΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ  
(ΕΝ.Ε.ΔΙ.Μ.)

Τεύχος 15  
Ιούνιος 2021



## ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΧΩΡΙΚΗΣ ΣΚΕΨΗΣ: ΕΝΑ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ΜΕ ΠΑΙΔΙΑ ΠΡΟΣΧΟΛΙΚΗΣ ΗΛΙΚΙΑΣ

Σπύρος Κούριος (*Spyros Kourias*)

doi: [10.12681/enedim.24621](https://doi.org/10.12681/enedim.24621)

Copyright © 2021, Σπύρος Κούριος



Άδεια χρήσης [Creative Commons Αναφορά 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

### Βιβλιογραφική αναφορά:

Κούριος (Spyros Kourias) Σ. (2021). ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΧΩΡΙΚΗΣ ΣΚΕΨΗΣ: ΕΝΑ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ΜΕ ΠΑΙΔΙΑ ΠΡΟΣΧΟΛΙΚΗΣ ΗΛΙΚΙΑΣ. *Έρευνα στη Διδακτική των Μαθηματικών*, (15), 6–23. <https://doi.org/10.12681/enedim.24621>

## ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΧΩΡΙΚΗΣ ΣΚΕΨΗΣ: ΕΝΑ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ΜΕ ΠΑΙΔΙΑ ΠΡΟΣΧΟΛΙΚΗΣ ΗΛΙΚΙΑΣ

Σπύρος Κούριας  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, [kourias@uth.gr](mailto:kourias@uth.gr)

*Περίληψη: Η παρούσα εργασία εστιάζει στη διερεύνηση του κατά πόσο είναι εφικτή η ανάδυση χωρικών δεξιοτήτων με παιδιά προσχολικής ηλικίας μέσα από την συμμετοχή σε συνεργατικές διαδικασίες προγραμματισμού της κίνησης ενός ρομπότ σε συνθήκες διδακτικού πειράματος. Τα παιδιά που συμμετείχαν στο διδακτικό πείραμα ενεπλάκησαν σε σειρά δραστηριοτήτων που απαιτούσαν συνεργατικές πρακτικές σύνθεσης ψευδοκώδικα. Τα ερευνητικά δεδομένα μας βασίζονται σε ημερολόγιο επιτόπιας παρατήρησης, συνεντεύξεις, σχέδια και "διαγράμματα ροής" που δημιούργησαν τα παιδιά και στόχευαν στην συστηματική καταγραφή της συνολικής εμπειρίας τους. Η ανάλυση, μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι είναι πιθανή η καλλιέργεια συγκεκριμένων χωρικών δεξιοτήτων για τα μικρά παιδιά εφόσον αυτά εμπλέκονται βιωματικά σε στοχευμένα σενάρια εκπαιδευτικής ρομποτικής τα οποία τους παρέχουν πρόσβαση σε ποικιλία νοητικών εργαλείων κι ευνοούν την κοινωνική αλληλεπίδραση μεταξύ τους ως βάση για τη δόμηση γνώσης.*

*Λέξεις κλειδιά: εκπαιδευτική ρομποτική, χωρικές δεξιότητες, διδακτικό πείραμα*

*Abstract: In this paper we focus on if and how possible is for spatial skills to emerge for preschool children through their engagement in collaborative scenarios of designing and programming the movement of a robot within the context of a teaching experiment. The children who participated in the teaching experiment were engaged in a series of activities that required collaborative pseudocode synthesis practices. The data we collected is based on field observation diaries, interviews, "flowcharts" created by the children and aimed to systematically capture their overall experience. The data analysis and interpretation lead us to the conclusion that the development of specific spatial skills of preschoolers is possible if they are actively engaged in educational robotics scenarios that provide them access to a variety of mental tools and favor social interaction between children as a basis for knowledge building.*

*Keywords: Educational robotics, spatial skills, teaching experiment*

### Γενικά

Στις πρόσφατες δεκαετίες, τα προσφερόμενα υλικά, εργαλεία αλλά και οι πρακτικές που σχετίζονται με το πεδίο της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής (στο εξής ΕΡ), αξιοποιούνται σε πληθώρα πεδίων όπως τα μαθηματικά, ο προγραμματισμός και ο ευρύτερος τεχνολογικός γραμματισμός (Benitti, 2012 · Eguchi, 2010 · Nugent et al. 2010 · Barker & Ansorge, 2007 · Hussain et al. 2006) και με σαφείς θεωρητικές αναφορές τόσο στο πλαίσιο του «κλασικού» (constructivism) όσο και του κατασκευαστικού εποικοδομητισμού (constructionism) του Papert (1980). Ενδεικτικά, στην υπάρχουσα βιβλιογραφία υποδηλώνεται ότι η ΕΡ μάλλον

μπορεί να αποτελέσει εξαιρετικά χρήσιμο μέσο για τη βελτίωση των δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων (Alimisis, 2013), την καλλιέργεια μεταγνωστικών πρακτικών στην πρώιμη και όψιμη παιδική ηλικία (La Paglia et al, 2011 · Mioduser & Levy, 2010 · Sullivan, 2008) ενώ μπορεί να έχει θετικό αντίκτυπο μάθησης σε σχέση με το πεδίο STEAM και πιο συγκεκριμένα στην καλλιέργεια λογικομαθηματικών δεξιοτήτων και δυνατοτήτων επίλυσης προβλήματος. (Di Lieto et al., 2017 · Hussain et al. 2006 · Lindh & Holgersson 2007). Ιδιαίτερα ενδιαφέρον είναι το γεγονός ότι στην σύγχρονη βιβλιογραφία, αν και από παλαιότερα φαίνεται να υπάρχουν συνδέσεις με μακροχρόνιες θετικές επιπτώσεις της ΕΡ στην προσχολική ηλικία (Mioduser & Levy, 2010 · Bers, 2008 · Cunha and Heckman 2007 · Metz, 2007 · Bers et al., 2002 · Frye et al., 1996), είναι σημαντικά λιγότερες οι έρευνες που μελετούν την εμπλοκή παιδιών μικρότερων ηλικιών σε σενάρια με δραστηριότητες ρομποτικής. Εξαίρεση αποτελούν οι ενδιαφέρουσες απόπειρες των Bers et al. (2014) οι οποίοι θεωρούν ότι τα παιδιά, κατά την εμπλοκή τους σε διαδικασίες που ενεργοποιούν την έμφυτη τάση εξερεύνησης, εκδηλώνουν ευκολότερα λογικομαθηματική σκέψη, βελτιώνουν τη λεπτή κινητικότητα, την παρατηρητικότητα κι εμπλουτίζουν την ενσώματη εμπειρία μέσα στο περιβάλλον χωρίς να δεσμεύονται σε στατική αλληλεπίδραση αποκλειστικά με περιβάλλον υπολογιστή (Kazakoff et al., 2013). Κάτι τέτοιο φαίνεται να επιβεβαιώνεται και σε άλλες έρευνες στις οποίες τα παιδιά μαζί με ενήλικες στο πλαίσιο μιας συνεργατικής προσπάθειας του προγραμματισμού και ελέγχου ενός ρομπότ φαίνεται πως έρχονται “αβίαστα” σε επαφή με μαθηματικές ιδέες όπως αναπαράσταση, συμβολοποίηση, αλλά και μοντελοποίηση της κίνησης (Χρονάκη & Κούριας, 2011 · Chronaki & Kourias, 2012 · Elkin et al., 2016).

### **Χωρική σκέψη, εκπαιδευτική ρομποτική και μικρά παιδιά**

Η δόμηση της χωρικής σκέψης και η ανάπτυξη σχετικών δεξιοτήτων, είναι μια σύνθετη διαδικασία που σχετίζεται τουλάχιστον με χρήση/κατανόηση χωρικού κώδικα, σύνθεση χωρικών συλλογισμών (εύρεση διαδρομών, χωρικών συσχετισμών, δημιουργία αναπαραστάσεων, ανακάλυψη χωροχρονικών σχέσεων κ.α.), διαδικασίες χωρικής αιτιολόγησης και μετασχηματισμούς (αλλαγή προοπτικής, προσανατολισμού, αλλαγή μεγέθους και κλίμακας, μετασχηματισμός σχημάτων κ.α.). Ειδικότερα στη περίπτωση παιδιών προσχολικής ηλικίας, ερευνητές (Piaget & Inhelder, 1967 · Everett, 2000) τονίζουν τη δυσκολία παιδιών μικρότερων των 7 χρόνων στο να παράσχουν επαρκή χωρική αιτιολόγηση, να αποβάλλουν την εγωκεντρική αντίληψη του χώρου, να διαχειριστούν τοπόσημα σε ένα αντικειμενικό χωρικό σύνολο, να περιγράψουν με σαφήνεια τις μεταβολές της θέσης, να ανακατασκευάσουν μια διαδρομή αντίστροφης κατεύθυνσης, να μετρούν αποστάσεις κατ’ εκτίμηση κ.α. Είναι επομένως σημαντικό να επισημανθεί ότι τα προβλήματα που αναδεικνύονται ως προς την ανάπτυξη χωρικών δεξιοτήτων σε παιδιά προσχολικής ηλικίας, αποτέλεσαν τη βάση για τη διατύπωση των ερευνητικών ερωτημάτων μας και τον σχεδιασμό του ευρύτερου διδακτικού πειράματος .

Η καλλιέργεια χωρικής συμπεριφοράς και αντίληψης μέσω χρήσης ψηφιακών-εικονικών περιβαλλόντων αποτελεί ζήτημα που έχει απασχολήσει τη σχετική έρευνα (Κόμης, 2004 · Mikropoulos, 2006 · Φεσάκης & Τασούλα, 2006). Η δυναμική τέτοιων εργαλείων

έγκειται κυρίως στο γεγονός ότι η αίσθηση παρουσίας και δράσης του παιδιού-χρήστη μέσα στο ίδιο το πρόβλημα το οποίο καλείται να επιλύσει, αποτελεί ισχυρό κίνητρο για την απόπειρα απόκτησης του ελέγχου της ιδανικής θέσης και κίνησης στο περιβάλλον (Mikropoulos 2006). Όσον αφορά τις μικρότερες ηλικίες, σε σχετική έρευνα των Fessakis et al. (2013), επιβεβαιώνεται η αντίληψη ότι τα παιδιά μικρής ηλικίας αντιμετωπίζουν σημαντικές δυσκολίες κυρίως ως προς την αποκωδικοποίηση των συμβολισμών της κίνησης, ωστόσο φαίνεται ότι τα μικρο-έργα προγραμματισμού οδηγούν σε βελτίωση χωρικών και μαθηματικών δεξιοτήτων (μέτρηση, αρίθμηση, σύγκριση, έννοια της γωνίας). Άλλη έρευνα των Francis et al. (2016) με παιδιά ηλικίας 9-10 ετών σε διδακτικό πείραμα με δραστηριότητες ρομποτικής και προγραμματισμού με έμφαση στην πραξιακή αναπαράσταση -όπως την περιγράφει ο Bruner (1966)- αναδεικνύει ακριβώς το γεγονός ότι οι νοητικές αναπαραστάσεις της ενδεχόμενης κίνησης του ρομπότ στον τρισδιάστατο χώρο σε συνδυασμό με τη σύνθεση του αναγκαίου κώδικα σε δισδιάστατο ψηφιακό περιβάλλον υπολογιστή, ενθαρρύνουν σημαντικά ευκαιρίες για ανάπτυξη πολύπλοκων χωρικών συλλογισμών.

### **Η προβληματική και τα ερωτήματα της έρευνας**

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω, η παρούσα έρευνα αφορά την δυναμική συνεισφορά εφαρμογών ΕΡ στην ανάπτυξη και καλλιέργεια της χωρικής σκέψης παιδιών προσχολικής ηλικίας. Πιο συγκεκριμένα, στοχεύει στο να εντοπίσει ποιες χωρικές δεξιότητες και υπό ποιές συνθήκες μπορούν να καλλιεργηθούν με τη βοήθεια τεχνολογιών ΕΡ ενώ παράλληλα αποπειράται να νοηματοδοτήσει την δυναμική που εμπεριέχεται στη συνδυαστική και πολύσημη χρήση σχετικών εργαλείων και αφορά κυρίως πρακτικές απτικού προγραμματισμού, χειρισμό κατασκευής μέσω σύνθεσης κώδικα σε ψηφιακό περιβάλλον. Η δυναμική έγκειται ακριβώς στην ανάδειξη της (επαν)εκτίμησης της συνδυαστικής αξιοποίησης ψηφιακού (λογισμικά) και «πραγματικού» χώρου (περιβάλλον τάξης, μακέτα κλπ.) ως παράγοντα που ενισχύει πραξιακά την επαφή του παιδιού με τον χώρο. Επιπλέον, σημαντική θεωρούμε την έμφαση στην αξιοποίηση εργαλείων ΕΡ με παράλληλη μετατόπιση του «παραδοσιακού» ρόλου τους από ενισχυτές τεχνοκεντρικών δεξιοτήτων σε μέσα δημιουργίας πολύσημων αναπαραστάσεων του χώρου αλλά και συνεργατικής δόμησης εννοιών.

Με βάση τα παραπάνω, η προβληματική της έρευνας συντίθεται στα εξής ερωτήματα:

- Ποιες χωρικές έννοιες και δεξιότητες φαίνεται να αναδύονται όταν τα παιδιά εμπλέκονται σε έργα που απαιτούν τον προγραμματισμό συγκεκριμένης κίνησης προγραμματιζόμενων συσκευών σε μικροχώρο;
- Με ποιες επιμέρους διαδικασίες ενθαρρύνεται η ανάπτυξη χωρικών δεξιοτήτων παιδιών προσχολικής ηλικίας στη προσπάθειά τους να προγραμματίσουν τη κίνηση συσκευών σε μικροχώρο είτε μέσω ψηφιακού περιβάλλοντος (οπτικός προγραμματισμός) είτε μέσω απτής διεπαφής (με πλήκτρα, χωρίς την ύπαρξη οθόνης και εμφανούς εκτελέσιμου προγράμματος).

## **Θεωρητικό πλαίσιο και μεθοδολογία της έρευνας**

Στο πλαίσιο της έρευνάς μας αναδεικνύονται πρακτικές που εντάσσονται στο κοινωνικοπολιτισμικό θεωρητικό πλαίσιο εντός του οποίου ευνοούνται κυρίως τα στοιχεία της συνεργατικότητας, της ενσώματης εμπειρίας και κατανόησης του περιβάλλοντος και των σχέσεων που περικλείει, της διερεύνησης, της διακριτικά υποστηριζόμενης πρωτοβουλίας των παιδιών, των νοητικών εργαλείων που διαμεσολαβούν έννοιες και διαδικασίες και της πολύσημης επικοινωνίας. Συνεπώς, το θεωρητικό αυτό πλαίσιο προσέγγισης της μάθησης, επηρέασε τόσο τον σχεδιασμό του διδακτικού πειράματος όσο και την ανάλυση και ερμηνεία των ερευνητικών μας δεδομένων.

Αρχικά, ο ρόλος του κοινωνικού πλαισίου ως παράγοντα διαμόρφωσης γνωστικών πρακτικών, στάσεων και στρατηγικών αλλά και ως «ενισχυτή» δυναμικών ζωνών επικείμενης ανάπτυξης που διαμορφώνουν την εν γένει εξέλιξη του ατόμου (Cole et al, 1978) έπαιξε καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση του διδακτικού πειράματος δεδομένου ότι μας οδήγησε στη σχεδίαση δραστηριοτήτων που διευκόλυναν την ενσώματη εμπειρία του χώρου, και βασίζονταν στην ανάδειξη της δυναμικής των νοητικών εργαλείων (καθορισμένων ή εν δυνάμει) και των (λεκτικών, συμβολικών, γραφικών κ.α.) αναπαραστάσεων ως διαμεσολαβητικών εννοιολογικών μέσων. Επιπλέον, ιδιαίτερη σημασία απόδίδεται στη γλώσσα με την ιδιότητα είτε του ρυθμιστικού εργαλείου μιας ομαδοσυνεργατικής δραστηριότητας είτε του εκφραστικού μέσου που επιτρέπει στο παιδί να επικοινωνήσει ιδέες, επιθυμίες, προσδοκίες, προτάσεις και διαπιστώσεις σε σχέση με την επίλυση ενός κοινού προβλήματος σε πλαίσιο συμμετοχής και σύμπραξης (Mercer, 2002· Rogoff, 2003 · Kumpulainen & Wray, 2002).

Πιο συγκεκριμένα, επιλέχθηκε η προσέγγιση του διδακτικού πειράματος το οποίο έχει ευρύτατα δοκιμαστεί στο πεδίο της μαθηματικής εκπαίδευσης (Kelly & Lesh, 2012 · Glasersfeld, 2006) κι επιτρέπει την εθνογραφική καταγραφή και ερμηνεία των «συμβάντων» εντός της κοινότητας της τάξης (Cobb et al., 2003 · Χρονάκη, 2010) δίδοντας έμφαση στα επικοινωνιακά συμβάντα και όχι στην τελική επίδοση των παιδιών. Συνεπώς θα λέγαμε ότι η έρευνά μας χαρακτηρίζεται ως μικρο-εθνογραφικού χαρακτήρα δεδομένου ότι εστιάζει στη μελέτη της δραστηριότητας μικρών ομάδων σε μια περιορισμένη χρονική περίοδο (Lutz, 1981). Επιπλέον, επικεντρώνεται σε συγκεκριμένα σημεία τα οποία οδηγούν στην ανάδειξη νοημάτων της κοινωνικής δραστηριότητας των ατόμων και τη συνάρθρωση εμπειριών, συμπεριφορών και πεποιθήσεων όπως αυτές εκδηλώνονται στο φυσικό τους περιβάλλον και με τον ίδιο τον ερευνητή παρόντα σε πραγματικό χρόνο (Ritchie et al., 2003).

Η συλλογή των πρωτογενών δεδομένων της έρευνας βασίστηκε τόσο σε βιωματική και συμμετοχική παρατήρηση και καταγραφή εντυπώσεων (ημερολογιακού τύπου περιγραφικές σημειώσεις και σχολιασμός των επεισοδίων αμέσως μετά το πέρας της κάθε συνάντησης) του ερευνητή, ο οποίος είχε ενεργό ρόλο καθ' όλη τη διάρκεια του διδακτικού πειράματος, όσο και σε ατομικές συνεντεύξεις με τα παιδιά καθώς και σε οπτικοακουστικό υλικό (φωτογραφίες, βίντεο, φύλλα εργασίας). Η ανάλυση του πρωτογενούς υλικού που αφορά τις αλληλεπιδράσεις των παιδιών στο πλαίσιο της δραστηριότητας τους, βασίστηκε στη δημιουργία ερμηνευτικού

εργαλείου το οποίο αντλεί στοιχεία από τη «μέθοδο τριπλής εστίασης» της Rogoff (1998) και από την έρευνα των Kumrulinen & Wray (2002). Το εργαλείο αυτό αφορά άξονες όπως: α) εστίαση στο Δυναμικό Πλαίσιο της διδακτικής παρέμβασης (κοινωνικές διεργασίες και πρακτικές της ευρύτερης ομάδας συμμετεχόντων, τυπολογία των αναδυόμενων αλληλεπιδράσεων, τρόποι χρήσης/εφεύρεσης εργαλείων, παρεμβατικές ή μη πρακτικές ενηλίκων), β) εστίαση στον χαρακτήρα και στην σκοπιμότητα των γλωσσικών λειτουργιών και των επικοινωνιακών στρατηγικών στις οποίες καταφεύγουν οι συμμετέχοντες. Είναι χρήσιμο να σημειωθεί ότι ως «δεδομένα» της έρευνας μας λογίζονται οι φορτισμένες λέξεις, τα ποικίλα, κοινωνικά δομημένα επικοινωνιακά συμβάντα (Mercer, 2002 · Kress, 2010) που αναδεικνύονται στο πλαίσιο των απομαγνητοφωνημένων διαλόγων, αυτοσχέδια ιχνογραφήματα κίνησης, ψηφιακές αναπαραστάσεις κώδικα, που δημιούργησαν τα παιδιά φωτογραφίες και βιντεοσκοπήσεις που αποτυπώνουν στιγμιότυπα ή/και επεισόδια μικρής ή μεγάλης διάρκειας, κίνηση των σωμάτων στο χώρο κλπ.

Η παρέμβαση πραγματοποιήθηκε στους χώρους ολοήμερου νηπιαγωγείου του αστικού κέντρου του Βόλου κατά τη διάρκεια του εβδομαδιαίου διδακτικού προγράμματος με σεβασμό στο ωρολόγιο πρόγραμμα και στις προκαθορισμένες δραστηριότητες του σχολείου. Η έρευνα ενέπλεξε 20 παιδιά, αγόρια και κορίτσια ηλικίας μεταξύ 4,5-5,5 ετών και η επιλογή τους έγινε τυχαία με αμερόληπτη διαδικασία. Το διδακτικό πείραμα διήρκεσε συνολικά δύο μήνες κι εφαρμόστηκε σε τέσσερα διακριτά στάδια κάθε ένα εκ των οποίων σχεδιάστηκε ώστε να οδηγήσει σε δεδομένα που θα μπορούσαν να απαντήσουν στα ερευνητικά μας ερωτήματα. Με βάση το γενικότερο πλάνο της έρευνας, εκτός από τη προπαρασκευαστική δραστηριότητα γνωριμίας των παιδιών με τον ερευνητή και τα εργαλεία της έρευνας (Στάδιο 1) και την κατεξοχήν διήμερη παρέμβαση με κάθε ομάδα των τεσσάρων (Στάδιο 3), προγραμματίστηκαν δυο ατομικές ημιδομημένες συνεντεύξεις, μια πριν (Στάδιο 2) και μια μετά (Στάδιο 4) τη διεξαγωγή της διδακτικής παρέμβασης με κάθε ένα από τα 20 παιδιά.

Για τις δραστηριότητες της πρώτης ημέρας της διδακτικής παρέμβασης, χρησιμοποιήσαμε μία προγραμματιζόμενη συσκευή, τον περιηγητή εδάφους Bee-Bot ενώ για τη δεύτερη, καταφύγαμε στη χρήση ενός προκατασκευασμένου (νωρίτερα από εμάς) οχήματος-ρομπότ Lego NXT με το ανάλογο λογισμικό χρήσης του το οποίο κάνει σαφή αναφορά σε διαδικασίες οπτικού προγραμματισμού μέσω εικονοεντολών (blocks) και αφορά σχεδιασμό και εκτέλεση κίνησης στον χώρο. Επιπλέον αποφασίσαμε να παράσχουμε «έτοιμες», ήδη παραμετροποιημένες εντολές με αυτοσχέδιο συμβολισμό που προσομοίαζε τον αντίστοιχο που χρησιμοποιήσαμε για τον «προγραμματισμό» της Bee-Bot ώστε τελικά να είναι άμεσα κατανοητός από τα παιδιά χωρίς παρερμηνείες. Το τρίτο βασικό εργαλείο της έρευνας με αναφορές σε διαδικασίες προγραμματισμού σε ψηφιακό περιβάλλον, ήταν η εφαρμογή «LightBot» που χρησιμοποιήθηκε κατά την τελική συνέντευξη με τα παιδιά σε περιβάλλον tablet με οθόνη αφής (10”).



**Εικόνα 1. Τα βασικά απτικά και ψηφιακά εργαλεία ΕΡ του διδακτικού πειράματος**

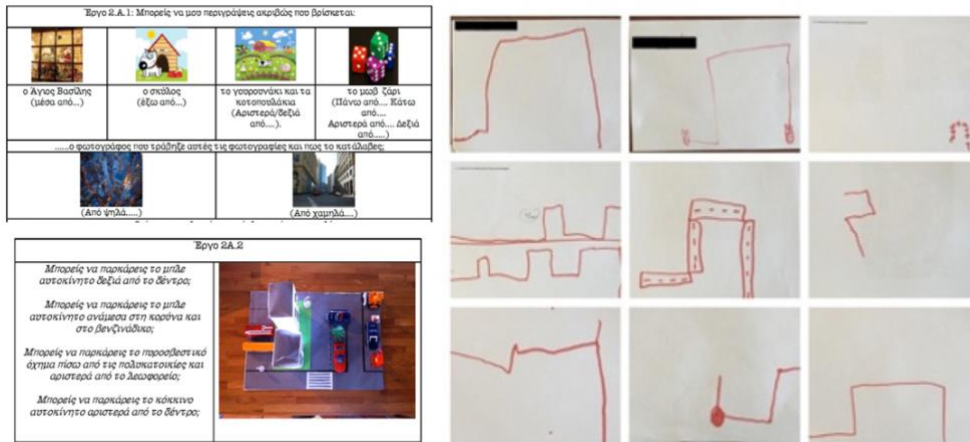
Με βάση τη μέχρι τώρα εμπειρία (DeMichele et al. 2008, Stoeckelmayr et al. 2011, Χρονάκη & Κούριας, 2011)), τα εργαλεία της παρέμβασής μας θεωρούνται κατάλληλα για την εξοικείωση τόσο με τον ευρύτερο υπολογιστικό τρόπο σκέψης αλλά και με την καλλιέργεια χωρικής σκέψης σε παιδιά ηλικίας 5-7 ετών. Επιπλέον, είναι χρήσιμο να επισημανθεί ότι η επιλογή των δυο κύριων εργαλείων (Lego NXT & Bee-Bot) του διδακτικού πειράματος, είχε ως βασική σκοπιμότητα την ανάδειξη της διαφορετικής προσέγγισης που απαιτείται για το προγραμματισμό της κίνησης. Πιο συγκεκριμένα αναφερόμαστε στη δυνατότητα παλινδρόμησης μεταξύ διαδικασιών προγραμματισμού κίνησης σε 2Δ ψηφιακό περιβάλλον (NXT) αλλά και σε πραγματικό 3Δ χώρο (Bee-Bot) με ταυτόχρονη αναπαράσταση της κίνησης με συγκεκριμένο συμβολικό κώδικα και την ούτως ή άλλως επαλήθευση της ορθότητας του σχεδιασμού σε πραγματικό περιβάλλον σε όλες τις περιπτώσεις.

### **«Προκαλώντας» κι ανιχνεύοντας τη χωρική σκέψη των παιδιών**

Στο πλαίσιο του διδακτικού πειράματος, υλοποιήσαμε δύο ατομικές συνεντεύξεις με τα παιδιά, τόσο πριν όσο και μετά την διήμερη παρέμβαση. Οι συνεντεύξεις αυτές δεν είχαν κλινικό χαρακτήρα ο οποίος ούτως ή άλλως έχει δεχτεί κριτική καθώς αδυνατεί να εξηγήσει σε βάθος τις περίπλοκες κοινωνικογνωστικές διεργασίες που χαρακτηρίζουν την ανάπτυξη της μαθηματικής σκέψης (Bruner, 1985 · Donaldson, 1978). Αντίθετα, επρόκειτο για ατομικές διερευνητικές συζητήσεις με τα παιδιά στη βάση συγκεκριμένων χωρικών έργων (ψηφιακών, απτικών, σχεδιαστικών) που δεν απαιτούσαν απόκριση της μορφής σωστού ή λάθους αλλά ελεύθερη συζήτηση κι αιτιολόγηση. Η αρχική ημιδομημένη ατομική συνέντευξη με το κάθε παιδί μας βοήθησε να αντληφθούμε καλύτερα τις πρότερες χωρικές εμπειρίες που έχει αναπτύξει εντός του κοινωνικού του πλαισίου (σχολείο, οικογένεια κλπ.) αλλά και τυχόν «παρανοήσεις» ή δυσκολίες σε σχέση με συγκεκριμένες χωρικές έννοιες και διαδικασίες. Ενδεικτικά, τα μικρο-έργα αφορούσαν:

- Αναγνώριση τοπολογικών εννοιών (φωτογραφία, συζήτηση ανοιχτού τύπου)
- Κατανόηση (γλωσσικού) χωρικού κώδικα και δράση στο χώρο με βάση συγκεκριμένες οδηγίες (χρήση χάρτη, συζήτηση ανοιχτού τύπου)
- Αλλοκεντρική αντίληψη χώρου (φωτογραφία, συζήτηση ανοιχτού τύπου)
- Εκτίμηση απόστασης με άτυπα μέσα (φωτογραφία, συζήτηση ανοιχτού τύπου)

- Αναγνώριση και χρήση χωρικών συμβόλων (φωτογραφία, συζήτηση ανοιχτού τύπου)
- Δημιουργία εξωτερικών αναπαραστάσεων της κίνησης (παρατήρηση κίνησης Beebot στο χώρο, δημιουργία ιχνογραφήματος)



**Εικόνα 2. Ενδεικτικά έργα της αρχικής ατομικής συνέντευξης**

Μετά την ολοκλήρωση των ατομικών συνεντεύξεων ακολούθησε η διεξαγωγή της διδακτικής παρέμβασης, η οποία διήρκεσε συνολικά 2 μήνες και ενέπλεκε, σε κάθε συνεδρία, μια ομάδα τεσσάρων παιδιών. Σε κάθε ομάδα, ο βαθμός συνεργατικής επίλυσης προβλήματος ήταν «κλιμακωτά» αυξανόμενος μιας και η ενασχόληση με τα εργαλεία της έρευνας αφορούσε ατομική δράση αρχικά, συνεχιζόταν με εργασία σε ζευγάρια και ολοκληρωνόταν με τη συνέργεια όλης της ομάδας. Οι δραστηριότητες ήταν όλες ανοιχτού τύπου με βάση τη χρήση προγραμματιζόμενων συσκευών (Bee-Bot, Lego NXT) σε διαφορετικά σενάρια σχεδιασμού και πραγματοποίησης κίνησης, με στόχο την προσέγγιση συγκεκριμένων προορισμών σε πλαίσιο μακέτας μικρο-χώρου που αναπαριστούσε περιβάλλον πόλης. Σε πρώτο στάδιο, ζητήσαμε από την κάθε ομάδα να οδηγήσει το ρομπότ της σε συγκεκριμένο σημείο της μακέτας. Το κάθε παιδί θα έπρεπε να μελετήσει και να σχεδιάσει με μαρκαδόρο σε φύλλο εργασίας-κάτοψη της μακέτας μια προτεινόμενη διαδρομή και στη συνέχεια να την παρουσιάσει στην υπόλοιπη ομάδα προς συζήτηση, σύγκριση κι επιλογή της καταλληλότερης-συντομότερης πορείας. Σε δεύτερο χρόνο τα παιδιά έπρεπε να αναπαραστήσουν πάνω στην ίδια κάτοψη, την προτεινόμενη κίνηση με πλακίδια εικονοεντολών που συμβόλιζαν τα επιμέρους βήματα του ρομπότ και αμέσως μετά τη διαβούλευση με την ομάδα και τον ερευνητή να καταλήξουν σε ένα κοινά αποδεκτό εκτελέσιμο πρόγραμμα που θα συνέθεταν με κάρτες μεγαλύτερου μεγέθους δίπλα ακριβώς από τη μακέτα. Με αυτόν τον τρόπο θα ήταν δυνατή η διαδικασία δοκιμής-ελέγχου ανα πάσα στιγμή κατά την εκτέλεση του ψευδοκώδικα από το ρομπότ, επιτρέποντας ανοιχτή συζήτηση και αιτιολόγηση με κριτήριο την διαγραφόμενη κίνηση στον μικρο-χώρο της μακέτας. Συνεπώς, με αυτή τη διαδικασία εκθέταμε τα παιδιά τόσο σε ατομικό όσο και συνεργατικό επίπεδο σε συνθήκες ανοιχτής επίλυσης ενός χωρικού προβλήματος μέχρι την επιλογή της βέλτιστης λύσης.





**Εικόνα 3. Εξελικτική σύνθεση «διαγραμμάτων ροής» και ψευδοκώδικα από τα παιδιά**

### **Αναδυόμενες χωρικές δεξιότητες**

Βασικό κριτήριο για τους σκοπούς της έρευνάς μας δεν ήταν η «ορθότητα» των απαντήσεων των παιδιών σε προβλήματα κι ερωτήματα που σχετίζονται με τον χώρο στο συνεργατικό πλαίσιο δράσης, όσο η συχνότητα με την οποία αναδύεται η ανάγκη για εκδήλωση χωρικής σκέψης και κυρίως η βιωματική πράξη μέσα από τρόπους κατανόησης του περιβάλλοντος. Και τα δύο αυτά στοιχεία σταδιακά συνδέονται με την ανάδειξη σχετικών δεξιοτήτων ή/και τη βελτίωση ήδη υπαρχόντων. Επιπλέον, θεωρούμε ότι η από τη μεριά των παιδιών, η προσέγγιση προβλημάτων που σχετίζονται με τον χώρο μπορεί να στοιχειοθετήσει μια καλά δομημένη τυπολογία χωρικών δεξιοτήτων που φαίνεται να προκύπτουν από την εμπλοκή τους ή αναδύονται εντός του πλαισίου εμπλοκής σε έργα προγραμματισμού τεχνολογικά ελεγχόμενων συσκευών (τύπου Bee-Bot, NXT, EV3 κλπ.).

Αρχικά από την ανάλυση επεισοδίων του διδακτικού πειράματος φάνηκε να αναδύονται σε σημαντικό βαθμό οι δυνατότητες των παιδιών να αναγνωρίζουν και να περιγράφουν τοπολογικές χωρικές σχέσεις στο περιβάλλον (μέσα, έξω, αριστερά, δεξιά, δίπλα, ανάμεσα, κοντά, μακριά, γύρω, μπροστά, πίσω, δίπλα σε, κάτω/πάνω από κ.α.). Άλλα στοιχεία που αναδεικνύονται είναι η κατανόηση αλλά και διακριτική χρήση χωρικού κώδικα (με έμφαση στο δεικτικό-περιγραφικό μοντέλο και λιγότερο σε σχέση με τοπολογική προσέγγιση) καθώς και η δεξιότητα προσανατολισμού στο χώρο με διαφορετικά συστήματα αναφοράς μέσω στρατηγικών ενσώματης κατανόησης θέσεων και σχέσεων στο περιβάλλον.

Σε αρκετές περιπτώσεις καθ' όλη τη διάρκεια της παρέμβασης, τα παιδιά είτε ως μεμονωμένα δρόντα άτομα είτε συνολικά ως ομάδα, κλήθηκαν να αντιληφθούν χωρικούς συσχετισμούς και προβολικές σχέσεις με ή/και χωρίς την ύπαρξη σταθερού σημείου αναφοράς στο περιβάλλον τους. Ενδεικτικό είναι το ακόλουθο επεισόδιο στο οποίο ο ερευνητής παρακινεί την ομάδα να προσεγγίσει ενσώματα αφενός βασικές τοπολογικές έννοιες, αφετέρου τη διαφορετικότητα μεταξύ εγωκεντρικής και αλλοκεντρικής αντίληψης του χώρου. Ενώ οι απαντήσεις των παιδιών είναι κάπως αφηρημένες και είτε δεν συνδέονται άμεσα με

αυτό που ζητάμε είτε είναι λανθασμένες από άποψη χωρικής περιγραφής (λόγω διαφορετικής θέσης/οπτικής στον χώρο), φαίνεται πως η ανατροφοδότηση για ενσώματη πρακτική, βοηθά σημαντικά.

- 232 ΕΡΕΥΝΗΤΗΣ (Ε): Για κοιτάξτε, έφτασε εδώ με 7 βήματα, στρίβει, κάνει ένα, δυο και τώρα τι πρέπει να κάνει;
- 233 Γ: Κάτω.
- 234 Θ: Ένα!
- 235 Ν: Ένα;
- 236 Ε: Κάτω; Για ελάτε από εδώ και οι 4, να βλέπετε όπως βλέπει η μελισσούλα.
- 237 Γ: Αριστερά
- 238 Ε: Αριστερά! Τι λέτε; Να τη βάλουμε να στρίψει αριστερά;
- 239 Ν: Ναι.
- 240 Ε: Κι αφού στρίψει αριστερά μετά τι πρέπει να κάνει;
- 241 Θ: Ίσια
- 242 Γ: Ένα.
- 243 Ε: Προς τα πού να κάνει ένα;
- 244 Γ: Πίσω.
- 245 Ε: Πίσω; Για έλα να δεις από 'δω.
- 246 Γ: Μπροστά
- 247 Ε: Μπράβο!. Και αφού κάνει το ένα βήμα μπροστά, που πρέπει να πάει;
- 248 Γ: Αριστερά
- 249 Ε: Πώς;
- 250 Γ: Δεξιά.
- 251 Ε: Δεξιά ή αριστερά; Ποιο είναι το δεξί σου χεράκι Γιώργο;
- 252 Ε: Άρα;
- 253 Γ: Δεξιά.
- 254 Ε: Λοιπόν, να το βάλουμε από την αρχή το πρόγραμμα;

Τα παιδιά αντιλαμβανόμενα το πρόβλημα, συχνά ανατρέχουν στην χρήση του σώματός τους ως διαμεσολαβητικό εργαλείο (αλλαγή θέσης σώματος και προοπτικής, αναπαράσταση με τα χέρια κλπ) αλλά και σε περιστροφή και στοχευμένο απτικό χειρισμό αντικειμένων (Bee-Bot, NXT) και εργαλείων (κάρτες εντολών, κατόψεις χώρου κλπ) του περιβάλλοντος. για να κατανοήσουν καλύτερα τον χώρο και να οδηγηθούν στον ορισμό ορθής κίνησης. Είναι γεγονός ότι η βιωματική-ενσώματη τοπολογική προσέγγιση και αντίληψη του περιβάλλοντος και των σχέσεων που το διέπουν, αποτελούν σημαντικά δομικά στοιχεία της **δεξιότητας δημιουργίας σύνθετων χωρικών συλλογισμών** που αφορούν ποικίλες διεργασίες όπως η εύρεση διαδρομών, θέσεων, χωρικών συσχετισμών αλλά και συνδέσεων με χάρτες καθώς και εξαγωγή συμπερασμάτων που αφορούν απόσταση, διεύθυνση, όρια κ.α. Κάτι τέτοιο φαίνεται πως εγγράφεται στο παρακάτω επεισόδιο, στο οποίο ο ερευνητής κάνει απόπειρα να ενισχύσει τη σύνθετη χωρική σκέψη των παιδιών μέσω συσχετισμού κίνησης του ρομπότ-μακέτας-ιχνογραφημάτων/χαρτών αλλά και μέσω συζήτησης που εμπλέκει συγκριτικά την ατομική προπαρασκευαστική δουλειά του κάθε παιδιού στην απόπειρα της ομάδας να συνθέσει επιτυχή κώδικα και ορθή κίνηση του ρομπότ στο μικρο-χώρο της μακέτας.

- 136 ΕΡΕΥΝΗΤΗΣ (Ε): Μισό λεπτάκι! Της Μελίνας το πρόγραμμα χρειάζεται κάτι;
- 137 Θ: Είναι ίδιο με της Μελίνας.
- 138 Μ: Όχι δεν είναι.

- 139 E: Γιατί Θωμά; Τί λες;  
140 Θ: Εεε, γιατί δεν έκανε αυτό εδώ πάνω που έπρεπε να πάει.  
141 E: Δηλαδή τί εννοείς;  
142 Θ: Έπρεπε να πάει έτσι κι έτσι κι έτσι και μετά να στρίψει, να πάει πάνω και μετά....  
143 E: Άρα, δηλαδή λείπει κάτι από το πρόγραμμα της Μελίνας, πιστεύεις;  
144 Θ: Ναι!!  
145 E: Τί λείπει, έλα να μου δείξεις.  
146 I: Το στρίψιμο!!  
147 Θ: Πρέπει να πάει προς τα εκεί. Πρέπει να πάει και προς τα πάνω.  
148 M: Να, να το «πάνω».  
149 Θ: Ναι όμως έτσι θα φύγει από τη γραμμή!  
150 E: Φτιάξτε ο καθένας από ένα πρόγραμμα, όπως νομίζετε και θα το συζητήσουμε.  
151 I: Εγώ το έφτιαξα ήδη.  
152 E: Το 'φτιαξες ήδη; Για δεξ λίγο καλύτερα. Μ' αυτά τα 2 βελάκια θα καταλάβει ο Τάλως προς τα που να πάει;  
153 M: Με τον δικό μου δρόμο ίσως θα καταλάβει...  
154 E: Μισό λεπτό, μπορείτε να το διορθώσετε αν θέλετε. Άφησέ το Μελίνα.  
155 Θ: Μα, το 'κανε λάθος!!!  
156 E: Τι πιστεύεις ότι έκανε λάθος;  
157 N: Έπρεπε μετά από τη στροφή να πάει προς τα πάνω.  
158 M: Α ναί, ναί!

Επιπλέον, σημαντική μπορεί να θεωρηθεί η διαφαινόμενη **καλλιέργεια της ικανότητας των παιδιών να προσεγγίζουν μετρικά τις διαδρομές και τις διάφορες χωρικές σχέσεις (κοντά, μακριά) «ποσοτικοποιώντας» το περιβάλλον** μέσω αυθόρμητης εφεύρεσης και χρήσης άτυπων ή/και προσχεδιασμένων (από τον ερευνητή) εργαλείων (π.χ. χρήση καρτών προγραμματισμού, και εικονοεντολών προγραμματισμού σε περιβάλλον λογισμικού, αντιστοίχιση βημάτων του ρομπότ με εντολές προγραμματισμού, αντιστοίχιση βήματος ρομπότ με τα τεταρτημόρια της μακέτας,, επικάλυψη απόστασης με το σώμα του ρομπότ κ.α.). Πρόκειται για δεξιότητα που σχετίζεται με την προσπάθεια των παιδιών να συνθέσουν εκτελέσιμα προγράμματα άρα και ολοκληρωμένες διαδρομές στο πλαίσιο σεναρίων κίνησης στο περιβάλλον της μακέτας. Η πλειοψηφία των καταγεγραμμένων περιστάσεων αφορά απόλυτα ποσοτική προσέγγιση μέσω χρήσης άτυπων και «αυτοσχέδιων» οργάνων μέτρησης, άρα πιθανώς υπονοεί σημαντική συχνότητα ανάδειξης σχετικών πρακτικών που ευνοούν την βιωματική και πολύπλευρη μαθηματικοποίηση των προσφερόμενων σεναρίων. Θεωρούμε πως χωρίς αυτές τις πρακτικές, τα παιδιά θα δυσκολεύονταν ιδιαίτερα να συνθέσουν «κώδικα» για τον προγραμματισμό κίνησης μιας και απαραίτητο συστατικό για τον ορισμό ολοκληρωμένης και ορθής κίνησης στο μικροπεριβάλλον της μακέτας ήταν αρχικά ο αριθμητικός συσχετισμός των βημάτων-εντολών (μπλοκ προγραμματισμού) με τα αντίστοιχα τεταρτημόρια στα οποία χωριζόταν ισομερώς η επιδαπέδια διαδρομή. Είχαμε ήδη φροντίσει να υπολογίσουμε την κατάτμηση της διαδρομής σε «κουτάκια» διαστάσεων ίσων τόσο με το βήμα της Bee-Bot όσο και του NXT, γεγονός που καθιστούσε «εμφανή» αλλά και απαραίτητη την ποσοτικοποίηση τη όλης διαδικασίας από τη μεριά των παιδιών. Ακριβώς αυτό αποτυπώνεται στο σύντομο επεισόδιο που ακολουθεί.

- 28 ΕΡΕΥΝΗΤΗΣ (Ε): Να ρωτήσω. Πώς βάλατε τα βελάκια, πώς τα υπολογίσατε;  
29 Γ: Απ' τον δρόμο. (χωρίς εξήγηση)  
30 Ε: Δηλαδή; Υπάρχει τρόπος να το μετρήσουμε;  
31 Γ: Ναι!  
32 Ε: Πώς;  
33 Γ: Με το μέτρο.....Με τον χάρακα.  
34 Ε: Δηλαδή αν δεν έχουμε μέτρο πώς αλλιώς θα μετρήσουμε πόσα βηματάκια θα κάνει η μελισσούλα;  
35 Γ: Οκτώ!!!  
36 Ε: Οκτώ; Πώς το κατάλαβες;  
37 Γ: Μέτρησα τα βελάκια και τα κουτάκια.

## Τα «αίτια» της ανάδυσης των χωρικών δεξιοτήτων των παιδιών

Στη βάση των παραπάνω βρίσκονται συγκεκριμένοι παράγοντες που θεωρούμε πως οδήγησαν στην ανάδυση της χωρικής σκέψης και συμπεριφοράς των παιδιών στο πλαίσιο του διδακτικού πειράματος. Βασικός άξονας είναι αυτό που αποκαλούμε «**δυναμικό πλαίσιο**» της διήμερης παρέμβασης και αναφέρεται άμεσα στα **νοητικά υποστηρίγματα και εργαλεία** που «ανακαλύφθηκαν» ή εφευρέθηκαν και αξιοποιήθηκαν από τα παιδιά στην απόπειρά τους να κατανοήσουν χωρικές έννοιες και διαδικασίες αλλά και τις **κοινωνικές διεργασίες** που διαμόρφωσαν ρόλους στο πλαίσιο της ομάδας και συνεπαγωγικά είχαν επίπτωση στην επιλογή στρατηγικών και στη διαχείριση των γνωστικών διεργασιών.

Πιο συγκεκριμένα αποδίδουμε ιδιαίτερη σημασία στις **σημαντικές ευκαιρίες συνεργασίας, αλληλοϋποστήριξης και αλληλοδιδασκαλίας** που με τη σειρά τους ευνοούν την εκδήλωση ετερορρυθμιστικών συμπεριφορών. Αυτές συχνά βασίζονται σε αυθόρμητη και συχνή εναλλαγή ρόλων αφού πολλές φορές όπως διαπιστώσαμε κι εμείς ο «πάροχος» της βοήθειας γίνεται στη συνέχεια «δέκτης». Αυτού του είδους η άτυπη εναλλαγή ρόλων, στις περισσότερες των περιπτώσεων έγινε αβίαστα, χωρίς συγκρουσιακά ψήγματα και το κυριότερο χωρίς την άμεση ή έμμεση παρέμβαση κάποιου μεγαλύτερου (π.χ. ερευνητής-εμπυχωτής).

Ενδεικτική των παραπάνω είναι η περίπτωση της ομάδας η οποία, εξοικειωμένη με τις διαδικασίες προγραμματισμού της Bee-Bot από την προηγούμενη ημέρα της παρέμβασης, μεταφέρει την εμπειρία της και στο πλαίσιο των αποστολών του NXT. Ο Θωμάς φαίνεται να εντοπίζει ένα σφάλμα στο πρόγραμμα που σχεδίασε η Μελίνα και παρεμβαίνει με επιμονή, επομένως του ζητάμε να μας αιτιολογήσει την άποψή του σε σχέση με τη διόρθωση που προτείνει. Η Μελίνα φαίνεται να προβληματίζεται και να συμφωνεί με τη προτροπή του Θωμά ο οποίος αποκτά την αυτοπεποίθηση να διεκδικήσει το ρόλο του «συντονιστή» κατά τη διαδικασία σχεδιασμού και εκτέλεσης του προγράμματος. Από την άλλη, η ίδια αποδέχεται έναν πιο παθητικό ρόλο και σε κάθε βήμα που κάνει, αναμένει επιβεβαίωση από τον Θωμά και την ομάδα ευρύτερα ωστόσο στα σημεία που η επισήμανση του λάθους γίνεται χωρίς αιτιολόγηση, αναλαμβάνουμε δράση. Ζητάμε εξηγήσεις ώστε να αξιοποιήσουμε τη διαδικασία εντοπισμού και διόρθωσης σφάλματος προς όφελος της ομάδας τόσο σε σχέση με ζητήματα χωρικής συμπεριφοράς (θέση, προσανατολισμός στο χώρο κλπ.) όσο και με διαδικασίες

λογικής σκέψης και προγραμματισμού. Σε δεύτερο χρόνο, εντός του ίδιου επεισοδίου, είναι ιδιαίτερα χαρακτηριστική η ανάδυση της δυναμικής των συνεργασιών και της αλληλοδιδασκαλίας που αυτή τη φορά βασίζονται σε αμοιβαία εναλλαγή ρόλων αφού το παιδί που πριν παρείχε οδηγίες σε προηγούμενη φάση του επεισοδίου τώρα τις δέχεται από τη Μελίνα την οποία καθοδηγούσε νωρίτερα!

- 501 ΕΡΕΥΝΗΤΗΣ (Ε): Τι πιστεύεις ότι έκανε λάθος;  
502 Ν: Έπρεπε μετά από τη στροφή να πάει προς τα πάνω.  
503 Μ: Α ναι, ναι!  
504 Ι: Να πάει πάνω.  
505 Μ: Να το βάλω έτσι;  
506 Θ: Όχι, όχι!  
507 Μ: Εδώ;  
508 Θ: Πήγαινε πιο 'κει! Ναι.  
509 Μ: Και πρέπει να στρίψει μετά όμως. Για να πάει στη θέση του.  
510 Θ: Δεν είναι έτσι. Σβήστο, σβήστο, πάτα κλικ! Δεν είναι έτσι ρε!  
511 Ν: Ναι! Έχεις βάλει αυτό κι αυτό ήταν λάθος.  
512 Μ: Ααα, το ευθεία!  
513 Ι: Τρία! Βάλε. Εδώ βάλτο στο πρώτο.  
514 Μ: Τί γίνεται τώρα;  
515 Ε: Να το φτιάξουμε λίγο; Θωμά βοήθησε, μπορείς να τους διαβάξεις το πρόγραμμα.  
516 Θ: Εντάξει. Μόνο τρία βελάκια θέλει.....Παιδιά, τώρα το «στρίψιμο».  
517 Μ: Αυτό δηλαδή;  
518 Ι: Όχι. Όχι αυτό, ΑΥΤΟ! 2 φορές.  
519 Μ: Α ναί, ναί!!  
520 Ι: Όχι, μια μια!  
521 Μ: Μία.  
522 Θ: Και τώρα το πάνω, το πάνω!  
.....  
637 Θ: Να το ξεκινήσουμε από την αρχή;  
638 Μ: Τρία! Τρία!! Και 2 στρίβει....1...2....  
639 Ι: Κι άλλο ευθεία  
640 Μ: Κι άλλο ένα. 3....  
641 Θ: 3, εντάξει;  
642 Μ: Ναι!  
643 Θ: Και μετά;  
644 Μ: Στρίβεις.  
645 Θ: Από πού; Από πού; Από πού στρίβουμε, πες! Από εδώ;  
646 Μ: Όχι, από την άλλη, από 'δω!. Ναι! Άλλο ένα τέτοιο και τελειώσαμε  
647 Ε: Συμφωνείτε παιδιά;  
648 Ν: Όχι!! Ευθεία, ευθεία.  
649 Μ: Αει καλά!  
650 Ν: Ευθεία!  
651 Μ: Να στρίψει άλλο ένα, κοίτα Θωμά! Κι άλλο 1 ευθεία!

Επιπλέον, φαίνεται πως ο ρόλος του «εμπειρότερου -συνομήλικου- άλλου» αναδεικνύεται με μεγαλύτερη συχνότητα στο πλαίσιο προγραμματισμού της κίνησης του ρομπότ σε περιβάλλον λογισμικού στην οθόνη του υπολογιστή όπου το «νέο» διαμεσολαβητικό μέσο (περιβάλλον διεπαφής υπολογιστή) και το διαφορετικό συμβολικό σύστημα αναπαράστασης της κίνησης (μπλοκ-εντολές κίνησης) αφενός δημιουργεί νέες

προσφερόμενες δυνατότητες, αφετέρου εγείρει καινούριες ανάγκες και απαιτήσεις ως προς το χειρισμό των ίδιων των εργαλείων. Στο επεισόδιο που ακολουθεί, η ομάδα αποπειράται να σχεδιάσει το εκτελέσιμο πρόγραμμα άρα και τη διαδρομή της Bee-Bot στον μικροχώρο της μακέτας. Είναι άμεσα εμφανές ότι η Δανάη διεκδικεί και αναλαμβάνει αυτόνομα ένα πιο ενεργό ρόλο σε όλη τη διαδικασία ενώ τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας και ιδιαίτερα ο Μόδεστος (ως προνήπιο και μικρότερος ηλικιακά) φαίνεται να δέχονται αβίαστα αυτή την εξέλιξη. Στο πλαίσιο ανάληψης ενός πιο καθοδηγητικού ρόλου, η Δανάη κρίνει σκόπιμο να υποδεικνύει ανοιχτά τα επόμενα βήματα κίνησης («Θα πατήσουμε αυτό»), να δίνει σαφείς οδηγίες και εντολές («Μπροστά, πάτα αυτό εδώ») αλλά και να υιοθετεί «μετωπικές» διδακτικές προσεγγίσεις καθοδήγησης («...Ξέρω τις οδηγίες. Ωραία, άκου...»). Σε κάθε περίπτωση, η χρήση ρυθμιστικού λόγου συνδυάζεται με τη ταυτόχρονη διαμεσολάβηση εργαλείων και αναπαραστατικών μέσων του περιβάλλοντος που οπτικοποιούν έννοιες και διαδικασίες τόσο για το παιδί που δέχεται την ανατροφοδότηση όσο και για εκείνο που «ρυθμίζει» τη διαδικασία.

280 E: Αφήστε τον Μόδεστο να το κάνει. Εσείς οι υπόλοιποι μπορείτε να τον βοηθήσετε, να του λέτε τι να κάνει.

281 Δ: Ωραία!

282 E: Μόδεστε, καθάρισε πρώτα το μυαλουδάκι. Εσείς πρέπει να του δίνετε οδηγίες όμως τώρα, έτσι δεν είναι;

283 Δ: Ναι, να κάνω εγώ, ξέρω τις οδηγίες. Ωραία, άκου, μετράς πόσα μπροστά θα είναι....1....2.....

284 Δ: Θα μετράς όταν λέω. Εγώ θα λέω 1 θα πατάς το ένα, όταν λέω 2 θα πατάς 2. Εντάξει;.....Ωραία...Πάτα 1! Εντάξει.....2.....Πάτα 2!

285 E: Πόσα έχεις πατήσει μέχρι τώρα;

286 Δ: 3!

287 E: 1....2....3. Πόσα ακόμη πρέπει να βάλεις;

288 Δ: Ακόμα 3.

289 E: Ωραία, πες του τι να κάνει .

290 Δ: 1.....

291 Δ: Ακόμη ένα!

Σημαντικό δομικό στοιχείο των αλληλεπιδράσεων που προαναφέραμε φαίνεται να είναι η εναλλαγή της διαμεσολάβησης νοημάτων μεταξύ «σταθερών», προσχεδιασμένων και εν δυνάμει, «αναδυόμενων» εργαλείων για την υποστήριξη και βελτίωση της χωρικής δράσης και σκέψης των παιδιών. Η πολυσημία των εργαλείων ΕΡ μάλλον ευνοεί την δημιουργία πολλαπλών χωρικών αναπαραστάσεων και βάσει της εμπειρίας μας, ειδικά ο συνδυασμός του εργαλείου Lego NXT, του υπολογιστή ως διαμεσολαβητικού μέσου για τον ορισμό κίνησης και των ενδιάμεσων διαδικασιών προγραμματισμού, φαίνεται να λειτουργεί συνεκτικά ως κίνητρο για την σχεδόν ταυτόχρονη εμπλοκή της νοητικής διαδικασίας, της παρατήρησης και του σώματος στις διαδικασίες χωρικής αιτιολόγησης κατά τη σύνθεση, δοκιμή και επαλήθευση του κώδικα. Στη περίπτωση του NXT, για να επιτευχθεί η κίνηση του ρομπότ, ο «προγραμματιστής» πρέπει να χρησιμοποιήσει το ποντίκι για να σύρει συγκεκριμένο κώδικα στο πλέγμα προγραμματισμού και να το ευθυγραμμίσει μέχρι τα μπλόκ (εντολές) να «κουμπώσουν» μαζί σαν κομμάτια παζλ. Ακόμα και αυτή η μεταφορά, απόθεση και «συναρμογή» των εντολών του κώδικα απαιτεί την συνύπαρξη των δεξιοτήτων χωρικής

σκέψης όπως η μετακίνηση, η εναπόθεση, η αίσθηση, η ερμηνεία αλλά και η λογική σκέψη που διέπει τη σειρά τοποθέτησης και αυτή η διαδικασία φαίνεται να λειτουργεί ως «προθάλαμος» στον οποίο «εκκολάπτονται» πρώιμες χωρικές σκέψεις. Αυτό φαίνεται από το γεγονός ότι τόσο οι συζητήσεις των παιδιών όσο και η προσπάθεια σύνθεσης του προγράμματος συνοδεύονται από συγκεκριμένη κινησιολογία και συχνές αντιπαραβολές με το φυσικό περιβάλλον στη λογική της διαδικασίας «δοκιμής-λάθους».



**Εικόνα 4. Προσεγγίζοντας χωρικές έννοιες και διαδικασίες με ποικίλα εργαλεία**

Προς επιβεβαίωση των παραπάνω, παρατίθεται ακόμα ένα χαρακτηριστικό περιστατικό του διδακτικού πειράματος στο οποίο διαφαίνεται η χρησιμότητα της συνύπαρξης και ταυτόχρονης χρήσης πολλαπλών σημειωτικών εργαλείων και συστημάτων. Και εδώ ο συνδυασμός της χρήσης «απτών δομικών στοιχείων» προγραμματισμού (κάρτες συμβολισμού κίνησης με ρόλο εντολών), του ψηφιακού/συμβολικού περιβάλλοντος ελέγχου του Lego NXT και άλλων εργαλείων του περιβάλλοντος (τοπόσημα μακέτας, σώμα κλπ.), μάλλον ευνοεί τη διαπραγμάτευση και κατανόηση χωρικών εννοιών και διαδικασιών στο πλαίσιο συζήτησης και αιτιολόγησης στην ολομέλεια. Στο συγκεκριμένο επεισόδιο αφού έχουμε ανιχνεύσει τυχόν δυσκολίες των παιδιών με τον τρόπο χειρισμού του υπολογιστή και του λογισμικού, προχωράμε σε ισότιμο διαμοιρασμό ρόλων κι ευθυνών (υπεύθυνος για τη περιγραφή του προσχεδίου προγραμματισμού, προγραμματιστής, υπεύθυνος σύνδεσης υπολογιστή-NXT, ελεγκτής κίνησης) και προσπαθούμε να ευνοήσουμε τις διαδικασίες αιτιολόγησης, διαπραγμάτευσης και κατανόησης των χωρικών εννοιών από τη μεριά των παιδιών. Ενδεικτικά, προς το τέλος του επεισοδίου, τόσο η Δανάη όσο και ο Μόδεστος εκφράζουν με αρκετό ενθουσιασμό τη διαπίστωσή τους ότι το NXT εκτελεί ακριβώς το πρόγραμμα που σχεδίασε η ομάδα στην οθόνη του υπολογιστή, άρα οπτικοποιεί ουσιαστικά το «άυλο προϊόν» συζήτησης και διαπραγμάτευσης της ομάδας.

- 255 E: Τώρα....πόσα βηματάκια ακόμη πρέπει να βάλουμε; Μόδεστε;  
256 M: Δεξιά!  
257 E: Μισό λεπτάκι. Πως θα βοηθήσεις τον Τάλω.....  
258 N: Άλλο ένα.....εεεε....άλλα δυο.  
259 E: Άλλα δυο; Ωραία. Μόδεστε, μπορείς να πας να δεις τις εικονίτσες και να μας βοηθάς, να μας λες πόσα βελάκια είναι ακόμα να βάλουμε;  
260 E: Πόσα έχεις βάλει Δανάη;  
261 Δ: 3.  
262 E: Μόδεστε, έχει βάλει 3 βελάκια μπροστά, είναι σωστά;  
263 M: 1...2...3...4...5

## Κούριας

- 264 Ε: Περίμενε! 3 βελάκια μπροστά! Όταν τελειώσουν αυτά τα 3, τι βελάκι έχει μετά; Προς τα που πρέπει να στρίψει; Τι βελάκι είναι αυτό; Ποιο χεράκι είναι αυτό;
- 265 Μ: Δεξί!
- 266 Ε: Ωραία! Άρα τι θα βάλουμε Δανάη;
- 267 Δ: Πρέπει να το βάλουμε προς τα εκεί
- 268 Ε: Ποιο είναι το δεξί;
- 269 Δ: Αυτό;
- 270 Ε: Αυτό είναι το μπλε. Το μπλε ή το κίτρινο; Ποιο είναι το δεξί;
- 271 Δ: Το κίτρινο.
- 272 Ε: Ωραία! Βάλε το κίτρινο. Παρ'το με το ποντίκι....ωραία! Και τώρα αφού στρίψει τι άλλο πρέπει να κάνει μετά τη στροφή Μόδεστε;
- 273 Μ: Εδώ;
- 274 Ε: Ωραία! Και πως είπαμε θα το βάλουμε στο μυαλουδάκι του;
- 275 Δ: Αυτό μπροστά θέλει!
- 276 Ν: Και μετά GO!
- 277 Δ: Το κατάλαβε! Το κατάλαβε!
- 278 Μ: Α, βλέπουμε τον υπολογιστή, βλέπουμε τον υπολογιστή!!

## Αντί επιλόγου

Η μέχρι τώρα έρευνα έχει δείξει ότι δεν υπάρχει ένα συστηματικό, τεκμηριωμένο πλαίσιο για την αξιοποίηση της ΕΡ με σκοπό τη διευκόλυνση της κατανόησης χωρικών εννοιών από παιδιά προσχολικής ηλικίας. Δεδομένης της έλλειψης αυτής, η παρούσα έρευνα φιλοδοξεί να συμβάλει στην ανάδειξη της δυναμικής που εμπεριέχεται στη συνδυαστική χρήση πρακτικών σύνθεσης απτικού και ψηφιακού κώδικα για τον προγραμματισμό συσκευών όπως η Bee-Bot και το NXT και την ενίσχυση των πραξιακών αναπαραστάσεων του χώρου από παιδιά νηπιαγωγείου. Συμπερασματικά, με βάση την συνολική καταγραφή και ανάλυση του διδακτικού πειράματός μας, σημαντική κρίνουμε την έμφαση στην ανάδειξη της δυναμικής που εμπεριέχεται στη συνδυαστική χρήση πρακτικών σύνθεσης απτικού και ψηφιακού κώδικα για τον προγραμματισμό συσκευών όπως η Bee-Bot και το NXT και για την ενίσχυση των πραξιακών αναπαραστάσεων του χώρου από παιδιά προσχολικής ηλικίας. Επιπλέον, θεωρούμε πως μέσω των καταγεγραμμένων επεισοδίων, τεκμηριώνεται σε σημαντικό βαθμό η συμβολή των εργαλείων ΕΡ για την ανάπτυξη χωρικών δεξιοτήτων με παράλληλη μετατόπιση του ρόλου τους από μέσα προώθησης αποκλειστικά δεξιοτήτων προγραμματισμού σε εργαλεία δημιουργίας πολύσημων και βιωματικών αναπαραστάσεων χωρικών διαδικασιών και σχέσεων. Επιπλέον, ένα από τα δομικά στοιχεία συνεισφοράς της παρούσας έρευνας θεωρούμε πως είναι και η λεπτομερής εστίαση στο πλέγμα των συνεργασιών στο πλαίσιο του διδακτικού πειράματος όσο και η ενδεικτική καταγραφή των αλληλεπιδράσεων που ευνοούνται από δραστηριότητες ΕΡ και προκαλούν αυθόρμητες ευκαιρίες συνεργασίας, αλληλοϋποστήριξης και αλληλοδιδασκαλίας μεταξύ των παιδιών.



## Βιβλιογραφία

- Alimisis, D. (2013). Educational robotics: Open questions and new challenges. *Themes in Science and Technology Education*, 6(1), 63e71. Διαθέσιμο στη διεύθυνση: <https://bit.ly/2CgpXpZ> (προσπελάστηκε στις 8/8/2020).
- Barker, B., & Ansorge, J. (2007). Robotics as means to increase achievement scores in an informal learning environment. *Journal of Research on Technology in Education*, 39(3), 229e243.
- Benitti, F. B. V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers and Education*. Διαθέσιμο στη διεύθυνση: <https://bit.ly/2QEvnw01> (προσπελάστηκε στις 8/8/2020)
- Bers, M. U., Ponte, I., Juelich, K., Viera, A., & Schenker, J. (2002). Teachers as designers: Integrating robotics into early childhood education. *Information Technology in Childhood Education*, 123-145
- Bers, M. U. (2008). *Blocks to robots: Learning with technology in the early childhood classroom*. NY: Teacher's College Press.
- Bers, M. U., Flannery, L., Kazakoff, E. R., & Sullivan, A. (2014). Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum. *Computers and Education*, 72, 145e157. Διαθέσιμο στη διεύθυνση: <https://bit.ly/2DjSpdu> (προσπελάστηκε στις 8/8/2020).
- Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction* (Vol. 59). Harvard University Press.
- Bruner, J. S. (1985). Vygotsky: A historical and conceptual perspective. *Culture, communication, and cognition: Vygotskian perspectives*, 21, 34. Cambridge: Cambridge University Press.
- Chronaki A. & Kourias, S. (2012). Playing Robots: Doing Mathematics and Doing Gender. Paper for *CIEAEM 64 Conference «Mathematics Education and Democracy: learning and teaching practices»*, Rhodes, Greece, 23-27 July 2012.
- Cobb, P., Confrey, J., DiSessa, A., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). Design experiments in educational research. *Educational researcher*, 32(1), 9-13.
- Cole, M., John-Steiner, V., Scribner, S., & Souberman, E. (1978). *Mind in society. Mind in society the development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Cunha, F., & Heckman, J. (2007). The technology of skill formation. *American Economic Review*, 97(2), 31-47.
- De Michele, M. S., Demo, G. B., & Siega, S. (2008, November). A piedmont schoolnet for a k-12 mini-robots programming project: Experiences in primary schools. In *Proc. TERECoP Workshop «Teaching with robotics*, Conference SIMPAR.
- Di Lieto, M. C., Inguaggiato, E., Castro, E., Cecchi, F., Cioni, G., Dell'Omo, M., Laschi, C., Pecini, C., Santerini, G., Sgandurra, G., & Dario, P. (2017). Educational Robotics intervention on Executive Functions in preschool children: A pilot study. *Computers in human behavior*, 71, 16-23.
- Donaldson, M. (1978). *Children's minds* (Vol. 5287). Glasgow: Fontana/Collins.

- Eguchi, A. (2010). What is Educational Robotics? Theories behind it and practical implementation. In *Society for information technology & teacher education international conference* (Vol. 2010, pp. 4006e4014). Διαθέσιμο στη διεύθυνση: <https://bit.ly/2QRR7aI> (προσπελάστηκε στις 8/8/2020)
- Elkin, M., Sullivan, A., & Bers, M. U. (2016). Programming with the KIBO robotics kit in preschool classrooms. *Computers in the Schools*, 33(3), 169-186.
- Everett, S. (2000). Spatial thinking strategies. *Science and Children*, 37(7), 36-39. Hermer-Vazques, L., Moffet, A., & Munkholm, P. (2001). Language, space, and the development of cognitive flexibility in humans: The case of two spatial memory tasks. *Cognition*, 79 (3), 263-299.
- Francis, K., Khan, S., & Davis, B. (2016). Enactivism, spatial reasoning and coding. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 2(1), 1-20.
- Frye, D., Zelazo, P. D., Brooks, P. J., & Samuels, M. C. (1996). Inference and action in early causal reasoning. *Developmental Psychology*, 32(1), 120-131.
- Glaserfeld, E. (Ed.). (2006). *Radical constructivism in mathematics education* (Vol. 7). Springer Science & Business Media.
- Hussain, S., Lindh, J., & Shukur, G. (2006). The effect of LEGO training on pupils' school performance in mathematics, problem solving ability and attitude: Swedish data. In *Educational technology and society* (Vol. 9, pp. 182e194).
- Kazakoff, E. R., Sullivan, A., & Bers, M. U. (2013). The effect of a classroom-based intensive robotics and programming workshop on sequencing ability in early childhood. *Early Childhood Education Journal*, 41(4), 245e255. Διαθέσιμο στη διεύθυνση: <https://bit.ly/2NDRfbD> (προσπελάστηκε στις 8/8/2020)
- Kelly, A. E., & Lesh, R. A. (2012). *Handbook of research design in mathematics and science education*. Routledge.
- Κόμης, Β. (2004). *Εισαγωγή στις εκπαιδευτικές εφαρμογές των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των επικοινωνιών*. Αθήνα: Νέων Τεχνολογιών.
- Kress, G. 2010. *Multimodality: a social semiotic approach to contemporary communication*. London & New York: Routledge.
- Kumpulainen, K., & Wray, D. (Eds.). (2002). *Classroom Interaction and Social Learning. From Theory to Practice*. London: Routledge/Falmer.
- La Paglia, F., Rizzo, R., & La Barbera, D. (2011). Use of robotics kits for the enhancement of metacognitive skills of mathematics: A possible approach. *Stud Health Technol Inform*, 167, 26e30
- Lindh, J., & Holgersson, T. (2007). Does lego training stimulate pupils' ability to solve logical problems? *Computers & education*, 49(4), 1097-1111.
- Mercer, N. (2002). *Words and minds: How we use language to think together*. Routledge.
- Metz, S. S. (2007). Attracting the engineering of 2020 today. In R. Burke & M. Mattis (Eds.), *Women and minorities in science, technology, engineering and mathematics: Upping the numbers* (pp. 184-209). Northampton, MA: Edward Elgar Publishing.

- Mikropoulos, T. A., & Bellou, J. (2006). The Unique Features of Educational Virtual Environments, in P. Isaias, M. McPherson & F. Banister (eds.), *Proceedings e-society 2006, International Association for Development of the Information Society* (v.1, pp. 122-128) IADIS
- Mioduser, D., & Levy, S. T. (2010). Making sense by building sense: Kindergarten children's construction and understanding of adaptive robot behaviors. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 15(2), 99e127. Διαθέσιμο στη διεύθυνση: <https://bit.ly/2CI7VxV> (προσπελάστηκε στις 8/8/2020)
- Nugent, G., Barker, B., Grandgenett, N., & Adamchuk, V. I. (2010). Impact of robotics and geospatial technology interventions on youth STEM learning and attitudes. *Journal of Research on Technology in Education*, 42(4), 391-408. Διαθέσιμο στη διεύθυνση: <https://bit.ly/2NGIxcW> (προσπελάστηκε στις 8/8/2020)
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, Computers and Powerful Ideas*. Brighton: Harvest Press
- Piaget, J. I., & Inhelder, B. (1967). *The Child's Conception of Space. The Child's Conception of Space WW Norton*, New York, 9-55.
- Ritchie, J., Lewis, J., & Elam, G. (2003). *Designing and selecting samples*. London: Sage.
- Rogoff, B. (1998). Cognition as a collaborative process. In W. Damon (Ed.), *Handbook of child psychology: Vol. 2. Cognition, perception, and language* (pp. 679-744). Hoboken, NJ, US: John Wiley & Sons Inc.
- Stoeckelmayr, K., Tesar, M., & Hofmann, A. (2011). Kindergarten children programming robots: a first attempt. In *Proceedings of 2nd International Conference on Robotics in Education (RIE)*.
- Sullivan, F. R. (2008). Robotics and science literacy: Thinking skills, science process skills and systems understanding. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 45(3), 373-394.
- Φεσάκης Γ., Τασούλα Ε., (2006). «Σχεδιασμός χειριζόμενης μέσω ΗΥ εκπαιδευτικής ρομποτικής διάταξης για την οικοδόμηση μαθηματικών εννοιών και ανάπτυξη δεξιοτήτων αντίληψης χώρου από νήπια», *Περιοδικό «Αστρολάβος» της ΕΜΕ*, τεύχος 6, Ιούλιος-Δεκέμβριος 2006, σελ.: 33-54
- Χρονάκη, Α. (2010). Το «Διδακτικό Πείραμα»: Η ποιοτική μελέτη της μαθησιακής διαδικασίας στο πλαίσιο της διδακτικής πράξης. Στο Πουρκός Μ. Α., Δαφέρμος Μ. (επιμ.), *Ποιοτική έρευνα στην Ψυχολογία και την Εκπαίδευση. Επιστημολογικά, μεθοδολογικά και ηθικά ζητήματα*. Αθήνα: Εκδόσεις Τόπος.
- Χρονάκη Α. & Σ. Κούριας (2011). Παιδιά, Ρομπότ και Lego Mindstorms: Καταγράφοντας το ξεκίνημα μιας αλληλεπιδραστικής σχέσης. Στα *Πρακτικά του 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Ένταξη και χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία»*. Πάτρα, 28-30 Απριλίου 2011