

# Αθροιστική Ανάλυση και Χειρισμοί Φυσικών και Άυλων Αντικειμένων μέσω Απτών Διεπαφών Χρήστη

P., Χαλιαμπάλιας, Α., Χρονάκη

rizos@teilar.gr , [chronaki@uth.gr](mailto:chronaki@uth.gr),

Υποψήφιος Διδάκτορας, ΠΤΠΕ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Καθηγήτρια, ΠΤΠΕ,  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

## Περίληψη

Τα συστήματα Απτών Διεπαφών Χρήστη (Tangible User Interfaces) χρησιμοποιούν φυσικά αντικείμενα ή απτές οντότητες (ως τμήματα πληροφορίας) οι οποίες μπορούν να αναπαρασταθούν ψηφιακά και έτσι να λειτουργήσουν ως άμεσοι μηχανισμοί ελέγχου ποικίλων μετασχηματισμών που αφορούν τόσο την απτή όσο και την άυλη μορφή των αντικειμένων. Για τον σχεδιασμό συστημάτων Απτών Διεπαφών Χρήστη τα οποία υποστηρίζουν και προωθούν την μαθησιακή διαδικασία είναι σημαντικό να εστιάσουμε στη σημασία τόσο του φυσικού χειρισμού απτών οντοτήτων όσο και τη διασύνδεση μεταξύ πολλαπλών αναπαραστάσεων μεταξύ απτών και άυλων αντικειμένων που διευκολύνεται από τέτοιου είδους περιβαλλόντων. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζουμε τον σχεδιασμό και την πιλοτική εφαρμογή ενός περιβάλλοντος Απτών Διεπαφών Χρήστη το οποίο χρησιμοποιείται από παιδιά προσχολικής ηλικίας για την επίλυση ενός προβλήματος αθροιστικής ανάλυσης. Η μελέτη μας δείχνει ότι η χρήση ενός τέτοιου συστήματος μπορεί να συμβάλλει στην εκπαιδευτική διαδικασία και να δημιουργήσει νέες ευκαιρίες μάθησης.

**Λέξεις κλειδιά:** συστήματα απτών διεπαφών χρήστη, αθροιστική ανάλυση, πολλαπλές αναπαραστάσεις, φυσικοί χειρισμοί, χειρονομίες, ενσώματη μάθηση

## Εισαγωγή

Καθώς τα παιδιά ξεκινούν να χειρίζονται απτά υλικά της καθημερινής τους ζωής εμπλέκονται σταδιακά σε διαδικασίες ανάπτυξης και σχηματισμού εννοιών που ενέχουν το δυναμικό επέκτασης σε περισσότερο άυλες καταστάσεις (π.χ. μιλώ για πράγματα που δεν είναι μπροστά μου, σαν να ήταν εδώ). Η γνώση δηλαδή μεταφέρεται από το συγκεκριμένο πλαίσιο που δημιουργούν τα φυσικά υλικά (π.χ. 3 μήλα) σε περισσότερο αφαιρετικές καταστάσεις (π.χ. ο αριθμός 3, οι 3 συμβολικές οντότητες) οι οποίες χαρακτηρίζονται από την απόσυρση της ανάγκης παρουσίας απτών υλικών και απαιτούν τη χρήση διαδικασιών γενίκευσης, την ενεργοποίηση νοητικών αναπαραστάσεων και κατάλληλου λόγου. Μια τέτοια πορεία εννοιολογείται ως η απόπειρα διασύνδεσης άτυπης γνώσης με την βιωματική εμπειρία που συγκροτούν τα παιδιά ερχόμενα σε επαφή με απτά αντικείμενα και καθημερινό λόγο μαζί με δράσεις τυπικής μαθηματικής γνώσης (Hughes, 1986). Υποστηρικτές της ενσώματης γνωσιακής επιστήμης (embodied cognition) θεωρούν ότι ο σχηματισμός εννοιών θεμελιώνεται σε πρότερες αντιληπτικές εμπειρίες οι οποίες σε μεγάλο βαθμό συνδέονται με τις δυνατότητες που έχουν τα παιδιά να χρησιμοποιούν εμπρόθετα χειρονομίες (και γενικότερα το σώμα) στο πλαίσιο έργων. Η έμφαση βέβαια στην εμπρόθετη αξιοποίηση αντιληπτικών εμπειριών χειρισμού φυσικών αντικειμένων μέσω του σώματος δεν δημιουργούν αναγκαστικά και από μόνη της ευκαιρίες για το σχηματισμό εννοιών. Όμως, τέτοιες δράσεις υποστηρίζουν την προσπάθεια κατανόησης των στρατηγικών που ενεργοποιούνται και επυαζάνονται μέσω των φυσικών χειρισμών, ανοίγοντας έτσι ένα

ακόμη δρόμο για την κατανόηση διαδικασιών ανάπτυξης γνώσης. Συγκεκριμένα, η εστίαση στην ενεργοποίηση χειρισμών και χειρονομιών σε κατάλληλα διδακτικά και παιδαγωγικά πλαίσια όπου τα μικρά παιδιά μπορούν να προβούν σε κατάλληλες διασυνδέσεις μεταξύ φυσικών υλικών, απτών χειρισμών και λόγου στοχεύει στην ανάκληση προηγούμενων αντιληπτικών εμπειριών και στην μελέτη των αναδυόμενων μαθηματικών εννοιών. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζουμε τη δημιουργία ενός πλαισίου 'απτών διεπαφών χρήστη' και συζητάμε κάποια πρώτα πλοτικά ευρήματα σχετικά με την ένταξη του στη διδακτική πράξη και ειδικότερα την χρήση του σε διαδικασίες επίλυσης προβλημάτων αθροιστικής ανάλυσης με στόχο την ανάπτυξη της αίσθησης του αριθμού σε παιδιά προσχολικής ηλικίας.

### **Αθροιστική Ανάλυση και Αίσθηση Αριθμού**

Η ανάλυση και σύνθεση των αριθμών σε δοσμένο άθροισμα χαρακτηρίζεται πολύ σημαντική διαδικασία για την κατάκτηση της αίσθησης του αριθμού και θεωρείται προαπαιτούμενη γνώση για την ανάπτυξη ικανοτήτων ευχέρειας, χρήσης πολλαπλών στρατηγικών και νοερών υπολογισμών και την εκτέλεση των τυπικών πράξεων πρόσθεσης, αφαίρεσης, πολλαπλασιασμού και διαίρεσης. Πρόσφατες έρευνες υποστηρίζουν ότι η λογική της αθροιστικής ανάλυσης αριθμών πρέπει να συνυπάρχει στη σχεδίαση ενός διδακτικού πλαισίου για τον αριθμό από τα πρώτα χρόνια ένταξης του παιδιού στην τυπική εκπαίδευση. Μάλιστα στην πρόσφατη αναθεώρηση των αναλυτικών προγραμμάτων η οποία αντανακλάται και στα σχολικά εγχειρίδια η ανάλυση αριθμών αποτελεί σημαντικό μέρος της εκπαίδευσης των μικρών μαθητών-τριών της πρώτης τάξης του δημοτικού (Λεμονίδης, 2006). Θα πρέπει, όμως, εδώ να τονίσουμε ότι η κατάκτηση δεξιοτήτων αθροιστικής ανάλυσης από μικρά παιδιά δεν γίνεται αυτόματα αλλά απαιτεί συστηματική διδακτική παρέμβαση σε επιμέρους στάδια. Συγκεκριμένα, στο στάδιο της αλυσίδας διπλής κατεύθυνσης, όπως περιγράφεται από την Fuson (1992) τα παιδιά συνθέτουν και αναλύουν αριθμούς γεγονός που σύμφωνα με αρκετούς ερευνητές αντανακλά κατανόηση της έννοιας του εγκλεισμού ή της προσθετικής σύνθεσης (Canobi, Reeve, & Pattison, 2003) –δηλαδή του τρόπου με τον οποίο ένας αριθμός δημιουργείται από δύο μικρότερους. Η αθροιστική ανάλυση χαρακτηρίζεται από πολλούς ως γνωστικά απαιτητική και αριθμητικά περισσότερο ανεπτυγμένη (Baroody et al., 2006). Διαφαίνεται λοιπόν, ότι στρατηγικές προσθετικής ανάλυσης χρησιμοποιούνται από τα παιδιά όταν αυτά έχουν κατανοήσει την έννοια της προσθετικής σύνθεσης. Επίσης διαπιστώθηκε ότι, ενώ μερικά παιδιά κατανοούν την έννοια της προσθετικής ανάλυσης δεν διαθέτουν τις διαδικαστικές δεξιότητες για να την εφαρμόσουν (Putnam et al., 1990). Επί πλέον παρατηρήθηκε ότι η παροχή λεκτικών διευκρινήσεων για την εγκυρότητα ή μη της χρήσης μιας στρατηγικής έναντι άλλων είναι αρκετά δύσκολη και δεν διασφαλίζει πάντα την επιτυχή μετακίνηση των μαθητών-τριών.

### **Χειραπτικά Υλικά και Χειρονομίες**

Οι Halford & Boulton-Lewis (1992) υποστηρίζουν ότι υπάρχουν διάφοροι λόγοι για την χρήση φυσικών υλικών στην εκπαιδευτική διαδικασία όπως η υποστήριξη μνήμης, η δυνατότητα επαλήθευσης του σωστού-λάθους, η αύξηση της ευελιξίας αντιληπτικών στρατηγικών, η διευκόλυνση της ανάκτησης πληροφορίας, η διαμεσολάβηση της μεταφοράς γνώσης, η έμμεση διευκόλυνση της αφαιρετικής σκέψης και η πρόβλεψη άγνωστων γεγονότων. Παράλληλα, η Mix (2010) προτείνει τέσσερις άξονες γύρω από τους οποίους συγκροτούνται τα πιθανά πλεονεκτήματα της χρήσης χειραπτικών υλικών: η εννοιολογική μεταφορά, η αποφόρτιση του μηχανισμού σκέψης, η εστίαση της προσοχής και η

δημιουργία ενεργειών/δράσεων. Παρότι δεν έχει ακόμη ξεκάθαρα περιγραφεί η αλληλεπίδραση των χειρονομιών με τα χειραπτικά υλικά έχει παρατηρηθεί ότι η χρήση χειρονομιών κατά τη διάρκεια ενασχόλησης με μαθηματικές έννοιες βοηθάει στην διατήρηση της γνώσης (Cook, 2007). Άλλοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι η πιθανή σύνδεση των χειρονομιών που επιτελούν τα παιδιά με τον τρόπο σκέψης τους παρέχει ένα μέσο επικοινωνίας με τις ιδέες τους ενώ ταυτόχρονα οι δάσκαλοι θεωρούν ότι οι χειρονομίες αποτελούν ακόμη ένα μέσο αξιολόγησης και κατανόησης της ίδιας της διαδικασίας μάθησης (Goldin-Meadow, 2011). Επίσης δεν μπορεί να παραβλέψει κάποιος την σημασία που παρέχει ως μιμητική διαδικασία και την επίδραση στα παιδιά τα οποία καθώς τείνουν να ακολουθούν τις χειρονομίες του δασκάλου ταυτόχρονα μοιάζει να μεταβάλλουν ή/και να μετασηματίζουν προϋπάρχουσες ιδέες τους (Cook & Goldin-Meadow, 2006). Οι περισσότεροι ερευνητές συμφωνούν ότι οι χειρονομίες που συνδέονται με χειραπτικά υλικά πιθανόν να βοηθήσει στην γνωστική αποφόρτιση και στο να δημιουργούν γέφυρες μεταξύ λέξεων και αριθμών (π.χ. ένα-προς-ένα αντιστοιχισμός). Παράδειγμα αποτελεί η κίνηση χεριών και δαχτύλων στο να δείχνουμε σε αντικείμενα καθώς μετράμε – μια χειρονομία που βοηθάει στην γνωστική αποφόρτιση και στην αντιστοιχισμός μεταξύ αντικειμένων και αριθμολεξέων (Alibali & DiRusso, 1999).

### **Δυνητικά Χειραπτικά Υλικά και Συστήματα Απτών Διεπαφών Χρήστη**

Η χρήση των δυνητικών χειραπτικών υλικών (virtual manipulatives) σε ποικίλα ψηφιακά περιβάλλοντα είναι σήμερα αρκετά δημοφιλής. Σύμφωνα με τον όρο αυτό ως virtual manipulative ορίζεται μια ψηφιακή οπτική αναπαράσταση ενός μοντέλου αντικειμένου ή μοντέλου μιας σχέσης ή διαδικασίας που παρέχει –μέσω μοντελοποίησης- ευκαιρίες κατασκευής μαθηματικής γνώσης. Αυτό γίνεται μέσω της απτής διερεύνησης της μεταβαλλόμενης εικονικής αναπαράστασης του αντικειμένου ή των σχέσεων μεταξύ οντοτήτων στο μοντέλο (Moyer, 2002). Ο Karut (1992) εξηγεί ότι τα virtual manipulatives σε σχέση με τα φυσικά αντικείμενα παρέχουν πλεονεκτήματα όπως η δυνατότητα σύνδεσης μεταξύ αναπαραστάσεων, η παροχή ανάδρασης και η δυνατότητα καταγραφής των προηγούμενων ενεργειών γεγονός που συνιστά μειονέκτημα των φυσικών υλικών. Ο Clements (1999) διατυπώνει την υπόθεση ότι η τάση για τη χρήση των φυσικών υλικών προκύπτει από την ανάγκη οπτικοποίησης της μάθησης αλλά και την σύνδεση με ιδέες από την ίδια την πραγματικότητα. Έτσι ο Clements περιγράφει τους τρόπους με τους οποίους οι βασισόμενες στον υπολογιστή αναπαραστάσεις μπορεί ως προς την σύνδεση αυτή να είναι αποτελεσματικές αναφερόμενος σε επιμέρους πλεονεκτήματα όπως το πως τα υλικά αυτά μπορούν να σχεδιαστούν με στόχο την αντικειμενικοποίηση μαθηματικών ιδεών και διαδικασιών μάθησης υποστηρίζοντας με τον τρόπο αυτό στη σύνδεση μεταξύ διακριτών και συμβολικών αναπαραστάσεων (Sarama & Clements, 2009).

Οι απτές διεπαφές χρήστη αποτελούν τεχνολογία αιχμής η οποία έχει ξεκινήσει από την ομάδα ερευνητών The Tangible Media Group στο MIT Media Laboratory όταν στα μέσα της δεκαετίας του 1990 μετατόπισε το ενδιαφέρον της από τις Γραφικές Διεπαφές Χρήστη (GUIs) στις Απτές Διεπαφές Χρήστη (TUIs). Από την περίοδο εκείνη τα συστήματα απτών διεπαφών χρήστη (tangible user interfaces) αρχίζουν να εμφανίζονται και στον χώρο της εκπαιδευτικής τεχνολογίας. Η κλασική αλληλεπίδραση που υπάρχει στο μοντέλο του ηλεκτρονικού υπολογιστή συμβαίνει μέσα από το γραφικό περιβάλλον διεπαφής, με κυρίαρχες συσκευές εισόδου το ποντίκι και το πληκτρολόγιο και ξεκάθαρη διάκριση μεταξύ των συσκευών εισόδου και εξόδου. Οι τεχνολογίες tangible καταργούν την διάκριση αυτή

και εισάγουν νέους υβριδικούς τρόπους αλληλεπίδρασης του φυσικού με τον ψηφιακό κόσμο (Ishii, 2008).

Η χρήση τεχνολογίας tangible παρουσιάζει ενδιαφέρον στη σχεδίαση της αλληλεπίδρασης μεταξύ παιδιών και ψηφιακού υλικού με προοπτική στην παραγωγή μαθησιακού/παιδαγωγικού υλικού. Επειδή η φυσική ενσωμάτωση και ο απτός χειρισμός αντικειμένων άλλοτε περιορίζει κι άλλοτε εμπλουτίζει τις επιλογές αλληλεπίδρασης οι σχεδιαστές θα πρέπει να προβούν σε κατάλληλες επιλογές έτσι ώστε οι ενέργειες που υποστηρίζονται να σχετίζονται με τις πολιτισμικές συνήθειες των χρηστών. Σύμφωνα με τον Uttal (Uttal et al., 1997) τα παιδιά προσχολικής ηλικίας έχουν αρκετές φορές δυσκολία στη σύνδεση μεταξύ των μορφών αναπαράστασης που προσφέρουν τα χειραπτικά υλικά και αντίστοιχων εικονικών ή λεκτικών. Η Antle (Antle, 2007) μεταξύ άλλων μελέτησε τις σημασιολογικές αντιστοιχίσεις ανάμεσα στην ψηφιακή και την φυσική μορφή της πληροφορίας σε συστήματα Απτών Διεπαφών Χρήστη και πρότεινε κατά το σχεδιασμό τους να λαμβάνονται υπόψη οι δυναμικές κατανοήσεις των παιδιών για τις διάφορες μορφές αναπαραστάσεων. Για τον σκοπό αυτό πρότεινε την αποκάλυψη των αναπαραστασιακών αντιστοιχίσεων και την δυνατότητα διερεύνησης των σχέσεων μεταξύ οντοτήτων και αναπαραστάσεων. Στο σύστημα που προτείνουμε έχει ληφθεί υπόψη να υπάρχει ξεκάθαρη αντιστοιχίση της αναπαράστασης των φυσικών αντικειμένων με την ψηφιακή αναπαράσταση της πληροφορίας σχετικά με τους χειρισμούς καθώς και η δυνατότητα διερεύνησης του τρόπου σύνδεσης μεταξύ διαφόρων μορφών αναπαραστάσεων.

### **Το Σύστημα Απτών Διεπαφών Χρήστη στο πλαίσιο Διδακτικού Πειράματος**

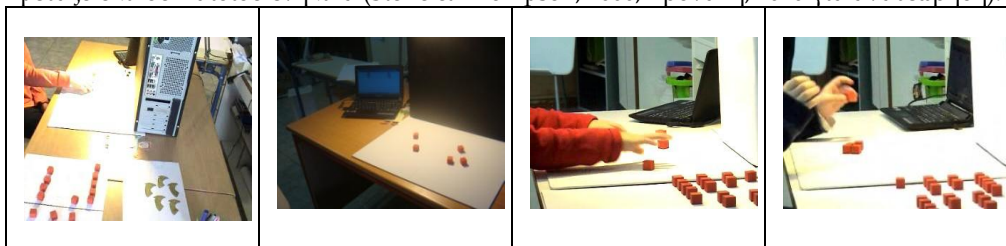
Το σύστημα που χρησιμοποιήθηκε αποτελείται από μια επιφάνεια εργασίας από λευκό χαρτόνι διαστάσεων 40X50, μια κάμερα που συνδέεται με υπολογιστή και το αντίστοιχο λογισμικό οπτικής αναγνώρισης αντικειμένων. Ως φυσικά αντικείμενα χρησιμοποιήθηκαν 50 ξύλινοι κύβοι διαστάσεων 1,7X1,7X1,7 εκατοστά οι οποίοι μπορούν να τοποθετούνται από τα παιδιά πάνω στην επιφάνεια εργασίας η οποία ήταν χωρισμένη με μια γραμμή σε δύο ίσες μεταξύ τους σε έκταση περιοχές. Στο συγκεκριμένο σύστημα επιδιώξαμε την αξιοποίηση πλεονεκτημάτων που η χρήση των χειραπτικών υλικών επιτρέπει στα παιδιά όπως να χειριστούν φυσικά, να δείξουν ή/και να μετακινήσουν αντικείμενα όπως είναι οι κύβοι. Ως επιπλέον πλεονέκτημα το σύστημα που σχεδιάστηκε δίνει την δυνατότητα ψηφιακής καταγραφής των επιμέρους φυσικών χειρισμών των κύβων στην οθόνη του υπολογιστή. Έτσι, για κάθε λύση που δίνουν τα παιδιά μπορούν να δουν (και να ξαναδούν) την αντίστοιχη οπτική αναπαράσταση στην οθόνη του υπολογιστή η οποία, εν συνεχεία, παραμένει καταγεγραμμένη αναδεικνύοντας ψηφιακά την συνολική πορεία των φυσικών χειρισμών. Η ψηφιακή καταγραφή της πορείας των φυσικών χειρισμών (και των ήδη καταγεγραμμένων λύσεων) μπορεί να υποστηρίξει διαδικασίες αναστοχασμού και ελέγχου από τα ίδια παιδιά ή με την προτροπή του-ης εκπαιδευτικού- καθώς και λήψης απόφασης σχετικά με την επίδοση μιας νέας λύσης στο πλαίσιο της επίλυσης ενός προβλήματος.



Φωτογραφίες (1.σύστημα ως όλο, 2. οθόνη, και 3.φυσικά αντικείμενα)

## Ερευνητικά Ερωτήματα και Μεθοδολογία Πιλοτικής Έρευνας

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, το ερευνητικό ερώτημα που μας απασχόλησε αφορά τη διερεύνηση του δυναμικού διασύνδεσης αναπαραστάσεων μεταξύ χειρισμού φυσικών αντικειμένων και της ψηφιακής αναπαράστασης αυτών των χειρισμών στην οθόνη του υπολογιστή στο πλαίσιο δράσεων αθροιστικής ανάλυσης. Θέλαμε να διαπιστώσουμε αν οι δυνατότητες, πρώτον, της διασύνδεσης μεταξύ διαφορετικών αναπαραστάσεων αξιοποιείται και δεύτερον, της ψηφιακής καταγραφής του ιστορικού των πεπραγμένων χειρισμών των απλών αντικειμένων (και εν δυνάμει λύσεων) αξιοποιούνται από παιδιά και ενήλικες. Η υπόθεσή μας αφορά ότι στο πλαίσιο προβλημάτων διαχωρισμού (αθροιστικής ανάλυσης) αυτές οι δύο δυνατότητες παρέχουν δυναμικό αναστοχασμού στα παιδιά (χρήστες του συστήματος) γύρω από τις παρεχόμενες λύσεις και στρατηγικές που τα ίδια συνεισφέρουν. Σ' αυτό το πλαίσιο η πλέον πρόσφορη μεθοδολογική προσέγγιση είναι αυτή ενός ανοιχτού πειραματισμού και ειδικότερα του 'διδακτικού πειράματος' η οποία επιτρέπει τη συμμετοχική παρατήρηση, και την διερεύνηση (ποσοτικά και ποιοτικά) της διαδικασίας σχεδίασης και εφαρμογής καινοτόμου διδακτικού υλικού. Η μεθοδολογία αυτή έχει εφαρμοστεί τις τελευταίες τρεις δεκαετίες στο πεδίο έρευνας των θετικών επιστημών και είναι κατάλληλη για την οργάνωση και ανάλυση ερευνητικής μελέτης διαδικασιών και για την σε βάθος χρόνου ποιοτική ανάλυση επεισοδίων μάθησης στο πλαίσιο αλληλεπίδρασης μεταξύ υλικού-παιδιού-ενήλικα (Steffe & Thompson, 2000; Χρονάκη, 2010 για αναθεώρηση).



Εικόνες 2. Στιγμιότυπα εφαρμογής με μικρά παιδιά

Για την διερεύνηση των ερωτημάτων μας σχεδιάστηκαν δύο διδακτικά σενάρια για την ένταξη του συστήματος απλών διεπαφών χρήση σε προβλήματα αθροιστικής ανάλυσης. Τα σενάρια αυτά αφορούν δύο διαφορετικές εκδοχές οι οποίες εισήγαγαν στη δομή αυτών των μαθηματικών προβλημάτων μέσω απλών παραδειγμάτων. Στην πρώτη εκδοχή το σενάριο βασίστηκε στον ήρωα Άρη Τσαγκάρη από το γνωστό παραμύθι του Ευγένιου Τριβιζά και στο πως θα μπορούσε να μοιράσει τα παπούτσια που έφτιαχνε στους πελάτες (Ευθυμίου & Μαγαλιού, 2012). Στην δεύτερη εκδοχή, τα παιδιά επαναφηγηθούν τη γνωστή ιστορία

της Χιονάτης με τους εφτά νάνους και προβληματίζονται για το πως οι νάνοι θα μοιράσουν λουλούδια στην Χιονάτη που έχει τα γενέθλιά της (Μπακαλέξη & Σπύρου, 2012). Οι δύο αυτές εκδοχές του διδακτικού πειράματος εφαρμόστηκαν σε δύο τάξεις νηπιαγωγείου (Α και Β) και παρουσιάστηκε ως παιχνίδι εκτός τυπικής ώρας δραστηριοτήτων. Οι επιτόπιες συναντήσεις ήταν τρεις (δύο στο νηπιαγωγείο Α διάρκειας τριών ωρών και μια στο Β διάρκειας δύομιση ωρών). Το δείγμα μας και στα δύο σχολεία αποτέλεσαν 7 αγόρια και 8 κορίτσια με μέσο όρο ηλικίας τα 5 χρόνια.

### **Ανάλυση της πιλοτικής εφαρμογής: πρώτα ευρήματα**

Η συστηματική καταγραφή της διαδικασίας μέσω της συμμετοχικής παρατήρησης και της εστίασης σε επιμέρους γεγονότα χρήσης του υλικού από τα παιδιά υποστήριξε τις προσπάθειές μας για διερεύνηση του δυναμικού χρήσης αυτού του συστήματος για την επίλυση των προβλημάτων αθροιστικής ανάλυσης. Η ανάλυση (σ' αυτό το πιλοτικό στάδιο) βασίστηκε στην ανίχνευση μια σειράς θεματικών κατηγοριών όπως: η ορθότητα μιας προτεινόμενης λύσης από τα παιδιά, η χρήση στρατηγικών (όπως αντιστάθμιση και αντιμετάθεση), η χρήση νοερών υπολογισμών, η ύπαρξη ή όχι χειρονομιών, οι τρόποι χειρισμού των φυσικών αντικειμένων. Παράλληλα, εστίασαμε στο δυναμικό αξιοποίησης της ψηφιακής καταγραφής επιμέρους λύσεων στην οθόνη του υπολογιστή. Στο παρόν κείμενο, λόγω περιορισμού χώρου, θα εστιάσουμε κύρια στις στρατηγικές αντιστάθμισης και αντιμετάθεσης και στην αξιοποίηση της ψηφιακής καταγραφής των φυσικών χειρισμών στην οθόνη του υπολογιστή.

Κατά την πρώτη συνάντηση στο νηπιαγωγείο Α συμμετείχαν 1 αγόρι και 2 κορίτσια τα οποία έτειναν να συγκεντρώνουν τα φυσικά αντικείμενα στα χέρια τους και υπολόγιζαν φωναχτά (συνήθως με αποτυχία να αντιληφθούν επαναλαμβανόμενες λύσεις) πως θα μοιράσει τα παπούτσια ο Άρης Τοαγκάρης. Τα παιδιά δραστηριοποιούνται στη βάση νοερών υπολογισμών χωρίς να χειρίζονται φυσικά τα αντικείμενα. Αυτός ο τρόπος εργασίας οδήγησε τόσο σε περιορισμένη χρήση στρατηγικών όσο και σε μικρό πλήθος σωστών απαντήσεων με πολλές επαναλαμβανόμενες λύσεις και στα δύο σχολεία. Στη δεύτερη συνάντηση –και μετά από προτροπή των ερευνητών (σε ρόλο εκπαιδευτικού) τα παιδιά άρχισαν να χρησιμοποιούν την επιφάνεια εργασίας του συστήματος για τις λύσεις που πρότειναν και έτσι οι λύσεις αυτές καταγράφονταν ψηφιακά στην οθόνη. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα την αύξηση της χρήσης στρατηγικών αντιστάθμισης και αντιμετάθεσης σε σχέση με την πρώτη συνάντηση και την αύξηση του πλήθους των σωστών απαντήσεων σε σχέση πάλι με τις αντίστοιχες λύσεις της πρώτης συνάντησης. Παρατηρήσαμε ότι η χρήση στρατηγικών οδήγησε σε μεγαλύτερο πλήθος σωστών απαντήσεων.

Στο νηπιαγωγείο Β συμμετείχαν 5 αγόρια και 2 κορίτσια στα οποία εξ' αρχής δόθηκε η οδηγία να χρησιμοποιούν την επιφάνεια εργασίας για το χειρισμό των φυσικών αντικειμένων (κύβοι) με στόχο την καταμέτρηση και την ανάλυση. Πιο συγκεκριμένα, από τα εφτά νήπια του δείγματος τα πέντε χρησιμοποίησαν κάποιο είδος χειρονομίας κατά τη διάρκεια της καταγραφής των προηγούμενων λύσεων με φυσικά αντικείμενα, ενώ στην περίπτωση της καταγραφής στην οθόνη τα τέσσερα. Η χρήση των χειρονομιών είχε πάλι ως συνέπεια την αυξανόμενη χρήση στρατηγικών αντιστάθμισης και αντιμετάθεσης. Συγκεκριμένα, οι περισσότερες από τις μισές λύσεις δόθηκαν με την εφαρμογή κάποιας στρατηγικής με περισσότερο χρησιμοποιούμενη εκείνη της αντιστάθμισης (20 στις 35 φορές) σε σχέση με τη στρατηγική της αντιμετάθεσης (11 στις 35 φορές) στην περίπτωση της καταγραφής με φυσικά αντικείμενα. Επίσης, ακόμη πιο αυξημένη χρήση της στρατηγικής της αντιμετάθεσης (12 στις 35 φορές) παρατηρήθηκε στις λύσεις που δόθηκαν με καταγραφή

στην οθόνη του υπολογιστή. Παράλληλα, τα παιδιά προσδιόρισαν μεγάλο πλήθος σωστών λύσεων σε ποσοστό (πέντε σωστές λύσεις κατά μέσο όρο ανά παιδί)

Η ψηφιακή καταγραφή των φυσικών χειρισμών των αντικειμένων στην οθόνη του υπολογιστή και ταυτόχρονα η ψηφιακή αναπαράσταση του ιστορικού των λύσεων που πρότειναν τα παιδιά στην διπλανή επιφάνεια είτε στην οθόνη του υπολογιστή βοήθησε τα νήπια στην επίλυση των αθροιστικών προβλημάτων που έθετε το σενάριο του διδακτικού πειράματος. Όλα τα παιδιά –πλην ενός- συμβουλευτήκαν την ψηφιακή καταγραφή στην οθόνη του υπολογιστή. Το παιδί που επέλεξε τα φυσικά αντικείμενα παρά τις οδηγίες των ερευνητών για ξανακοίταγμα στο ιστορικό των κινήσεων ήταν ένα παιδί που είχε εμπυθιστεί στη συγκέντρωση των κύβων και στην προσπάθεια νοερών υπολογισμών. Τα υπόλοιπα παιδιά έκαναν χρήση της οθόνης, παρατηρούσαν τις ψηφιακές καταγραφές των λύσεων που είχαν προτείνει προσπαθώντας να εντοπίσουν αυτές που τους έλειπαν. Η περίπτωση της Σοφίας ήταν χαρακτηριστική αυτής της δραστηριοποίησης, όπως φαίνεται στο παρακάτω επεισόδιο:

- E: Υπάρχει άλλος δυνατός τρόπος;  
 Σ: Ναι. [*Κοιτάει επίμονα την οθόνη. Μετά από λίγο, ακουμπάει 3 αριστερά και 2 δεξιά.*]  
 E: Ωραία. Σε βοήθησε ο υπολογιστής να το βρεις  
 Σ: Ναι.  
 E: Υπάρχει άλλος τρόπος;  
 Σ: Όχι. [*Η Σ έχει δώσει και τις 6 δυνατές λύσεις*]

Επεισόδιο 1: Χρήση ψηφιακής καταγραφής ιστορικού λύσεων (Σ=παιδί, E=εκπαιδευτικός)

### Αντί Συμπερασμάτων

Με βάση τα παραπάνω πιλοτικά ευρήματα θα θέλαμε να θίξουμε συμπερασματικά τρία βασικά ζητήματα τα οποία αφορούν την ερευνητική προσπάθεια με συστήματα απτών διεπαφών χρήσης και της διδακτικής τους αξιοποίησης σε σενάρια τα οποία αφορούν το σχολικό αναλυτικό πρόγραμμα. *Πρώτον*, τα ευρήματα της πιλοτικής μας μελέτης αναδεικνύουν το δυναμικό διδακτικής αξιοποίησης αυτής της τεχνολογίας σε δραστηριότητες αθροιστικής ανάλυσης όπου τα παιδιά καλούνται να προβληματιστούν και να αναστοχαστούν γύρω από τη χρήση πολλαπλών στρατηγικών επίλυσης προβλημάτων. Συγκεκριμένα, όπως καταδείξαμε στα παραπάνω μπορούμε να σχεδιάσουμε σενάρια αξιοποίησης αυτής της τεχνολογίας τα οποία εγγράφονται σε συνθήκες ομαδικής εργασίας ή στο σύνολο της τάξης. Στο πλαίσιο κατάλληλα οργανωμένων σεναρίων μπορούν να εισαχθούν προβλήματα τα οποία είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε τα παιδιά (χρήστες) να μπορούν να αλληλεπιδρούν με τη μαθηματική δομή προβλημάτων. Σ' αυτό το πλαίσιο οι φυσικοί χειρισμοί αντικειμένων (καθώς και οι ψηφιακές τους αναπαραστάσεις) στο σύστημα απτών διεπαφών χρήστη προσδίδουν νόημα στην μαθηματική δράση.

*Δεύτερον*, οι φυσικοί χειρισμοί των αντικειμένων μπορούν να οδηγήσουν ή/και να συνδεθούν με στρατηγικές όπως της αντιστάθμισης και της αντιμετάθεσης κυρίως όταν χρησιμοποιείται ένα σύστημα απτών διεπαφών χρήστη με τα χαρακτηριστικά αυτού που σχεδιάσαμε στην παρούσα μελέτη. Αυτό μοιάζει να συμβαίνει καθώς ο ελεύθερος χειρισμός αντικειμένων οδηγεί σε νοερούς υπολογισμούς και δεν ευνοεί τον αναστοχασμό πάνω στο είδος των χειρισμών, στρατηγικών και λύσεων που προτάθηκαν. Αντίθετα το πλαίσιο της επιφάνειας που προτείνετε επηρεάζει θετικά τη χρήση στρατηγικών. *Τρίτον*, η ψηφιακή καταγραφή των φυσικών χειρισμών αντικειμένων στην οθόνη του υπολογιστή επιτρέπει από τη μια μεριά την οπτικοποίηση του ιστορικού των προτεινόμενων λύσεων και από την

άλλη τον αναστοχασμό γύρω από το είδος των λύσεων που προτάθηκαν. Αυτή η διαδικασία μοιάζει να επιτρέπει στα παιδιά και στους ενήλικες να διαχειριστούν τη λεπτή διαπραγμάτευση κατά τη διαδικασία προσδιορισμού νέων λύσεων σε τέτοιου τύπου προβλήματα αθροιστικής ανάλυσης.

## Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τις μεταπτυχιακές φοιτήτριες Ελένη Σπύρου, Κατερίνα Μπακαλέξη, Ειρήνη Ευθυμίου και Σοφία Μαγαλιού για τη συμβολή τους στην εφαρμογή αυτού του διδακτικού πειράματος και στην σχεδίαση των δύο εκδοχών σεναρίων.

## Αναφορές

- Alibali, M. W., & DiRusso, A. A. (1999). The function of gesture in learning to count: More than keeping track. *Cognitive Development*, 14(1), 37-56.
- Antle, A.N. 2007. The CII framework: informing the design of tangible systems for children. in *Proceedings of the 1<sup>st</sup> international conference on Tangible and embedded interaction. 2007 of Conference*. Baton Rouge, Louisiana: ACM Press.
- Baroody, A. J., Lai, M., & Mix, K. (2006). The development of young children's early number and operation sense and its implication for early childhood education. In B. Spodek & O. Saracho (Eds.), *Handbook of Research on the Education of Young Children* (pp. 187-221). London: Lawrence Erlbaum Associates.
- Clements, D. H. (1999). Concrete Manipulatives, Concrete Ideas. *Contemporary Issues in Early Childhood*, 1(1), 45-60.
- Cook, S. W. (2007). Gesturing makes learning last. *Cognition* 106(2), 1047-1058.
- Cook, S. W., & Goldin-Meadow, S. (2006). The role of gesture in learning: Do children use their hands to change their minds? *Journal of Cognition and Development*, 7(2), 211-232.
- Fuson, K. C. (1992). Research on whole number addition and subtraction. In D. Grouws (Ed.), *Handbook for Research on Mathematics Teaching and Learning* (pp. 243-275). New York: Macmillan.
- Halford, G. S. (1992). Analogical reasoning and conceptual complexity in cognitive development. *Human Development*, 35(4), 193-217.
- Hughes, M. (1986). *Children and number*. Oxford: Blackwell Publishers
- Ishii, H., (2008): Tangible Bits: Beyond Pixels. Proceedings of the Second International Conference on Tangible and Embedded Interaction (TEI'08), Feb 18-20 2008, Bonn, Germany.
- Mix, K. S. (2010). Spatial tools for mathematical thought. In K. S. Mix, L. B. Smith & M. Gasser (Eds.) *Space and Language* New York: Oxford University Press.
- Moyer, P. (2001). Are we having fun yet? How teachers use manipulatives to teach mathematics. *Educational studies in mathematics*, 47, 175-197.
- Putnam, R. T., Debettencourt, L. U., & Leinhardt, G. (1990). Understanding of Derived-Fact Strategies in Addition and Subtraction. *Cognition and Instruction*, 7(3), 245-285.
- Sarama, J., & Clements, D. H. (2009). "Concrete" computer manipulatives in mathematics education. *Child Development Perspectives*. Volume 3, Number 3, Pages 145-150
- Steffe, L. & Thompson, P. W. (2000). Teaching experiment methodology: underlying principles and essential elements. In A. E. Kelly & R. A. Lesh (Eds.), *Handbook of research design in mathematics and science education* (pp. 267-306). Mahwah: NJ:Lawrence Erlbaum.
- Uttal, D.H., Scudder, K.V., and DeLoache, J.S. 1997. *Manipulatives as symbols: A new perspective on the use of concrete objects to teach mathematics*. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 18(1): p. 37-54.
- Λεμονίδης Χ. (2006). Οι αρχές για τη διδασκαλία και ο εκσυγχρονισμός των αριθμητικών εννοιών στα νέα βιβλία της Α' τάξης του δημοτικού σχολείου. *Γέφυρες*, 30:30-39.
- Χρονάκη, Α. (2010) Το Διδακτικό Πείραμα: Η ποιοτική μελέτη της μαθησιακής διαδικασίας στο πλαίσιο της διδακτικής πράξης. Στο Μ. Πουρκός και Μ. Δαφέρμος (επιμ.) *Ποιοτική Έρευνα στην Ψυχολογία και στην Εκπαίδευση: Επιστημολογικά, μεθοδολογικά και ηθικά ζητήματα*. Αθήνα. Τόπος, σελ. 605-628.