ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2012)

8ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΕΤΠΕ

Συγκριτική αξιολόγηση απτικής & γραφικής διεπαφής για προγραμματισμό ρομπότ: Τί προτιμούν τα παιδιά;

Θεοδόσιος Σαπουνίδης, Σταύρος Δημητριάδης

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** EKT | **Πρόσβαση:** 06/05/2024 01:53:22

Συγκριτική αξιολόγηση απτικής & γραφικής διεπαφής για προγραμματισμό ρομπότ: Τί προτιμούν τα παιδιά;

Θεοδόσιος Σαπουνίδης, Σταύρος Δημητριάδης
teo@edlit.auth.gr, sdemetri@csd.auth.gr
Τμήμα Πληροφορικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη

Αυτό το άρθρο διερευνά τις προτιμήσεις των παιδιών τριών ηλικιακών ομάδων σχετικά με τη χρήση δύο ισομορφικών διεπαφών απτικού (tangible) και γραφικού (graphical) τύπου, που επιτρέπουν τον προγραμματισμό ενός ρομπότ τύπου Lego Mindstorms. Στην έρευνα συμμετείχαν συνολικά 60 μαθητές/-τριες σε τρεις ηλικιακές ομάδες (5-6, 7-8 και 11-12 ετών). Με κατάλληλα διαμορφωμένο ερωτηματολόγιο και παρατηρήσεις διερευνήθηκαν: α) η προσέλκυση των μαθητών από τα δύο συστήματα στην αρχική φάση των δραστηριοτήτων, β) η ευχαρίστηση από τη χρήση των συστημάτων, (γ) η ευκολία χρήσης τους, και δ) η προτίμησή τους για παιχνίδι ατομικό ή με φίλους. Τα στοιχεία που παρουσιάζονται συνεισφέρουν στην κατανόηση των πλεονεκτημάτων που μπορεί να εμφανίζουν τα απτικά συστήματα σε σχέση με αντίστοιχα γραφικά και υποστηρίζουν την άποψη ότι -ειδικά για τις μικρότερες ηλικίες- οι απτικές διεπαφές μπορούν να αποτελέσουν ένα ευχάριστο και εύχρηστο εργαλείο για απλές δραστηριότητες προγραμματισμού.

Λέξεις κλειδιά: Απτικές διεπαφές χρήστη, απτικός προγραμματισμός, εκπαιδευτική ρομποτική, Εκπαίδευση

Εισαγωγή

Οι απτικές διεπαφές (Tangible User Interfaces ή TUIs) είναι διεπαφές με τις οποίες οι χρήστες μπορούν να αλληλεπιδράσουν με τον ψηφιακό κόσμο χρησιμοποιώντας καθημερινά αντικείμενα. Τα συστήματα που υποστηρίζονται από απτικές διεπαφές έχουν αναπτυχθεί με σκοπό να χρησιμοποιηθούν από αρχάριους χρήστες και παιδιά διαφορετικών ηλικιών (Orit & Eva, 2009). Ειδικά για παιδιά οι απτικές διεπαφές αξιοποιούνται σε συνεργατικά περιβάλλοντα όπου οι χρήστες οικοδομούν τη γνώση παίζοντας (Price et al., 2003). Εν τούτοις είναι λιγοστές οι έρευνες που έχουν μελετήσει συστηματικά και σε βάθος την επίδραση τέτοιων συστημάτων κατά τη χρήση τους από παιδιά (Falcão & Price, 2009; Price & Rogers, 2004). Ακόμα δε λιγότερες είναι οι έρευνες που έχουν διερευνήσει τα πλεονεκτήματα ή μειονεκτήματα τέτοιων συστημάτων συγκρίνοντας τα με αντίστοιχα γραφικά συστήματα διεπαφής (Graphical User Interface ή GUIs) (Xie et al., 2008).

Η γενική ερευνητική μας προσπάθεια εστιάζει ακριβώς στον προσδιορισμό των πλεονεκτημάτων/μειονεκτημάτων που προκύπτουν από τη χρήση απτικών διεπαφών σε σχέση με αντίστοιχες γραφικού τύπου, όταν χρησιμοποιούνται σε εισαγωγικές δραστηριότητες προγραμματισμού και σε συνάρτηση με την ηλικία των παιδιών-χρηστών. Για τους ερευνητικούς σκοπούς μας έχουμε αναπτύξει το σύστημα PROTEAS (PROgramming TangiblE Activity System) το οποίο προσφέρει τη δυνατότητα σε αρχάριους χρήστες και παιδιά να εξοικειωθούν με απλές προγραμματιστικές δομές που καθορίζουν τη συμπεριφορά ενός ρομπότ Lego Mindstroms, χειριζόμενοι είτε μια απτική διεπαφή (με μορφή συνδεόμενων κύβων) είτε την ισομορφική της γραφική στην οθόνη του υπολογιστή.

Σε αυτό το άρθρο παρουσιάζουμε πειραματικά στοιχεία σχετικά με τη διερεύνηση τριών σημαντικών υποθέσεων: α) οι απτικές διεπαφές είναι φιλικότερες προς το χρήστη με αποτέλεσμα να προσφέρουν περισσότερη ευχαρίστηση (Xie et al., 2008), β) η διάδραση με τις απτικές διεπαφές είναι ευκολότερη για τα παιδιά και αυτό έχει ως συνέπεια τη μείωση του ηλικιακού ορίου συμμετοχής σε σχετικές δραστηριότητες (Marshall, 2007), γ) οι απτικές διεπαφές μέσα από τη φυσική αλληλεπίδραση είναι καταλληλότερες για συνεργατικές δραστηριότητες (Xie et al., 2008; Marshall, 2007). Η συλλογή των πειραματικών στοιχείων αφορά τρεις ηλικιακές ομάδες μαθητών: 5-6, 7-8 και 11-12 χρονών.

Απτικές διεπαφές στον προγραμματισμό

Με τον όρο «απτική» διεπαφή αναφερόμαστε σε διεπαφή που συνδυάζει: (α) ένα φυσικό αντικείμενο (πχ. κύβοι, τμήματα puzzle) και (β) ένα ψηφιακό αποτέλεσμα, δηλ. μια αναπαράσταση σε ψηφιακό επίπεδο των ενεργειών που κάνει ο χρήστης με τα φυσικά αντικείμενα. Η εργασία των Fritmaier et al (αναφέρεται στο Frei et al. 2000) ήταν η πρώτη που το 1995 παρουσίασε τη χρήση καθημερινών αντικειμένων σε αλληλεπίδραση με τον ψηφιακό κόσμο. Βασισμένοι σε αυτό οι Ishii και Ulmer (1997) εισήγαγαν την έννοια των απτικών διεπαφών που αποτέλεσαν από τότε ένα ελκυστικό πεδίο έρευνας. Τη δεκαετία που ακολούθησε οι απτικές διεπαφές αξιοποιήθηκαν σε διάφορες εφαρμογές (McNerney, 2004; Kelleher & Pausch, 2005; Sapounidis & Demetriadis, 2009). Η πλειοψηφία αυτών των συστημάτων σχεδιάστηκε για αρχάριους χρήστες και εφαρμόστηκε σε πεδία όπως η μουσική (Schiettecatte & Vanderdonckt, 2008), τα μαθηματικά (Schweikardt & Gross, 2006), η εκμάθηση δυναμικών εννοιών (Zuckerman & Resnick, 2003), τα Logistics (Schneider et al., 2011) κ.λπ.

Μια από τις εφαρμογές που προσελκύει ιδιαίτερο ενδιαφέρον είναι η εφαρμογή των απτικών διεπαφών στην εκμάθηση προγραμματιστικών εννοιών (Orit & Eva, 2009; Wyeth & Purchase, 2002; Smith, 2009; Horn et al., 2009). Τα περισσότερα από αυτά τα συστήματα σχεδιάστηκαν για παιδιά και είχαν σκοπό να συνδέσουν τις έννοιες του προγραμματισμού με το φυσικό κόσμο. Η πρώτη προσπάθεια προς αυτή την κατεύθυνση έγινε από την Radia Perlman με τη δημιουργία του Tortis - Slot Machine το οποίο ήταν η πρώτη απτική γλώσσα προγραμματισμού (McNerney, 2004). Η επόμενη προσπάθεια έγινε τη δεκαετία του 1990 και κατέληξε στη δημιουργία των AlgoBlocks (Suzuki & Kato, 1993). Τα AlgoBlocks ήταν μια συλλογή από κύβους εντολές τους οποίους ο χρήστης συνέδεε προκειμένου να δημιουργήσει ένα πρόγραμμα το οποίο τελικά καθόριζε τη διαδρομή ενός υποβρυχίου στην οθόνη του υπολογιστή. Η εμφάνιση αυτού του συστήματος έδωσε πραγματική ώθηση στο χώρο και οδήγησε στη δημιουργία άλλων συστημάτων όπως το Tangible Programming Brick (McNerney, 2004), Electronic Blocks (Wyeth & Purchase, 2002) , GameBlocks (Smith, 2007) και Quetzal-Tern (Horn et al., 2011). Είναι χαρακτηριστικό ότι οι περισσότερες από αυτές τις προσπάθειες αποσκοπούσαν στην εκμάθηση εισαγωγικών προγραμματιστικών εννοιών χωρίς όμως τα συστήματα τελικά να αξιοποιηθούν συστηματικά. Η μόνη εξαίρεση είναι το σύστημα Quetzal – Tern το οποίο χρησιμοποιήθηκε σε σχολική τάξη προκειμένου να διαπιστωθεί το κατά πόσο τα παιδιά αντιλαμβάνονται προγραμματιστικές έννοιες και κατά πόσο μπορούν να εμπλακούν σε δραστηριότητες χωρίς άμεση συμμετοχή ενηλίκων.

Παρά τις διάφορες σχεδιαστικές προσεγγίσεις τα υποθετικά πλεονεκτήματα της αξιοποίησης των απτικών διεπαφών δεν επιβεβαιώθηκαν από αντίστοιχες εμπειρικές μελέτες (Marshall, 2007; Xu, 2007; O'Malley & Fraser, 2005). Η κύρια αιτία για την έλλειψη τέτοιων μελετών είναι το κόστος και η πολυπλοκότητα των συστημάτων που τα περιόρισε σε ερευνητικά εργαστήρια (Horn & Jacob, 2006). Όχι μόνο στον απτικό προγραμματισμό αλλά γενικά στον τομέα των απτικών διεπαφών η έρευνα που εστιάζει στα πιθανά γνωστικά και

κοινωνικά πλεονεκτήματα της χρήσης τέτοιων εργαλείων είναι ιδιαίτερα περιορισμένη (Antle, 2007; Xie et al., 2008). Σημαντικά θέματα που δεν έχουν διερευνηθεί επαρκώς είναι οι συνθήκες κάτω από τις οποίες οι απτικές διεπαφές μπορούν να είναι πιο αποδοτικές σε διάφορα πεδία εφαρμογής (προγραμματισμός, μαθηματικά, αστρονομία κ.λπ.) (Marshall, 2007) καθώς και η επίδραση των απτικών διεπαφών σε συστήματα που προωθούν τις έννοιες του προγραμματισμού σε άτομα και κοινωνικές ομάδες που δεν σχετίζονται με τον προγραμματισμό (Kelleher & Pausch, 2005).

Το σύστημα PROTEAS

Το σύστημα PROTEAS αναπτύχθηκε για τη συγκριτική αξιολόγηση της επίδρασης που μπορεί να έχει στον προγραμματισμό η χρήση απτικής διεπαφής σε σχέση με την ισομορφική γραφική διεπαφή. Αποτελείται από δύο απτικές γλώσσες προγραμματισμού (T_Butterfly και T_ ProRob) (Sapounidis & Demetriadis, 2011) και μία γραφική το V_ProRob. Για το σκοπό της παρούσης έρευνας χρησιμοποιήθηκαν το T_ ProRob και το V_ProRob τα οποία περιγράφονται εν συντομία παρακάτω.

T_ ProRob

Το υποσύστημα T_ ProRob αποτελείται από 28 κύβους εντολών και 16 μικρότερους κύβους παραμέτρων. Οι χρήστες αυτού του συστήματος μπορούν να διατάξουν τους κύβους – εντολές και να προγραμματίσουν ένα Lego Mindstroms ρομπότ να εκτελέσει την αλληλουχία των εντολών που έχει σχηματιστεί από τους κύβους. Ένα ενδεικτικό πρόγραμμα φαίνεται στην Εικόνα 1.

Εικόνα 1. Ένα ενδεικτικό πρόγραμμα με το T_ProRob

Σε αυτό το πρόγραμμα το ρομπότ θα εκτελέσει τρεις φορές την αλληλουχία: 2 βήματα προς τα εμπρός, στάση, παραγωγή ήχου. Μετά το πέρας της ρουτίνας επανάληψης το ρομπότ θα κάνει έλεγχο με τον αισθητήρα φωτός και αν υπάρχει φως θα κάνει άλλο ένα βήμα προς τα εμπρός.

Οι ενέργειες προγραμματισμού του ρομπότ που μπορεί να κάνει ο χρήστης σχετίζονται με τον έλεγχο αισθητήρων και κινητήρων, όπως: "άναψε το φως", "βγάλε ήχο", "κάνε ένα βήμα εμπρός – πίσω", "στρίψε δεξιά – αριστερά". Το σύστημα επιπλέον διαθέτει εντολές επανάληψης και ελέγχου υποστηρίζοντας ταυτόχρονα πιο πολύπλοκους συνδυασμούς όπως φωλιασμένες επαναλήψεις. Ένας ειδικός κύβος, στον οποίο ο χρήστης μπορεί να

υποθηκεύσει και στη συνέχεια να επαναχρησιμοποιήσει τον κώδικα του, συμπληρώνει το σύνολο των εντολών. Το σύνολο των παραμέτρων του T_ProRob είναι μικρότεροι κύβοι οι οποίοι προσαρμόζονται στις εντολές αλλάζοντας τους την λειτουργία. Για παράδειγμα η εντολή κίνησης ενός βήματος εμπρός, με την προσθήκη της παραμέτρου τρία μετατρέπεται σε κίνηση τριών βημάτων προς την ίδια κατεύθυνση. Για την κατασκευή του συστήματος έχουν χρησιμοποιηθεί δυο μικροελεγκτές με υψηλές επιδόσεις, ο 18F2620 και ο 18F4550 της Microchip. Ο χρήστης συνδέει πάνω σε ένα κουτί-βάση τις εντολές, προκειμένου να σχηματίσει το πρόγραμμα. Στη συνέχεια με το πάτημα του κουμπιού εκτέλεσης, που βρίσκεται στο κουτί-βάση, αρχίζει η επικοινωνία με τα κουτιά - εντολές με σκοπό να αποσταλούν οι εντολές ελέγχου και ανάγνωσης του προγράμματος. Η επόμενη εργασία που αναλαμβάνει το κουτί-βάση είναι να επικοινωνήσει μέσω ασύρματης σύνδεσης Bluetooth (ή θύρας RS232) με έναν υπολογιστή ο οποίος καταγράφει σε μια βάση δεδομένων μεταξύ άλλων και στατιστικά στοιχεία σχετικά με το πρόγραμμα που έχει δημιουργήσει ο χρήστης. Μετά την καταγραφή ο υπολογιστής στέλνει μέσω Bluetooth το πρόγραμμα στο ρομπότ προκειμένου να εκτελεστεί.

V_ProRob

Ο σχεδιασμός του V_ProRob βασίστηκε στις δυνατότητες και στις ιδιαιτερότητες του T_ProRob προκειμένου να αποτελέσει ένα αξιόπιστο γραφικό ομοίωμα του. Το υποσύστημα αυτό έχει τις ίδιες εντολές – παραμέτρους με αυτές που προσφέρει το T_ProRob.

Εικόνα 2. Ένα ενδεικτικό πρόγραμμα με το V_ProRob

Οι χρήστες προκειμένου να δημιουργήσουν ένα πρόγραμμα σύρουν τις διαθέσιμες εντολές και παραμέτρους και τις τοποθετούν στη σειρά προκειμένου να φτιάξουν την αλληλουχία των εντολών. Η αμφίδρομη επικοινωνία του υποσυστήματος με το NXT ρομπότ γίνεται μέσω σύνδεσης Bluetooth. Η ύπαρξη αμφίδρομης επικοινωνίας του υποσυστήματος με το ρομπότ επιτρέπει στο υποσύστημα να αλληλεπιδρά με τους χρήστες εμφανίζοντας βοηθητικές ενδείξεις πάνω στα εικονίδια των εντολών και των παραμέτρων (όπως συμβαίνει και με το απτικό σύστημα). Τέλος το σύστημα συνδέεται με μια βάση δεδομένων στην οποία καταγράφονται στοιχεία του προγράμματος που έχει φτιάξει ο χρήστης. Ένα ενδεικτικό πρόγραμμα φαίνεται στην Εικόνα 2 .

Ερευνητικό πλαίσιο

Συμμετέχοντες

Η πρώτη έρευνα με χρήση του συστήματος PROTEAS εστίασε στο να αξιολογήσει: (α) τη φιλικότητα της κάθε διεπαφής, (β) την ευκολία χρήσης της και (γ) την προτίμηση που δείχνουν τα παιδιά-χρήστες για παιχνίδι με την κάθε διεπαφή. Στην έρευνα αυτή συμμετείχαν μαθητές τριών ηλικιακών ομάδων: (α) Ομάδα-1: 18 μαθητές ηλικίας 5-6 ετών (7 κορίτσια και 11 αγόρια), (β) Ομάδα-2: 26 μαθητές ηλικίας 7-8 ετών (11 κορίτσια και 15 αγόρια), (γ) Ομάδα-3: 16 μαθητές ηλικίας 11-12 ετών (7 κορίτσια και 9 αγόρια). Τα παιδιά οργανώθηκαν με τυχαίο τρόπο σε δυάδες. Όλα τα παιδιά συμμετείχαν εθελοντικά και είχαν παρακολουθήσει κάποιο μάθημα πληροφορικής στο σχολείο τους.

Διαδικασία

Η διαδικασία διήρκεσε 1 ώρα και 15 λεπτά περίπου για κάθε δυάδα. Τα παιδιά ενημερώθηκαν ότι πρόκειται να προγραμματίσουν ένα NXT Lego Mindstorms ρομπότ και για αυτό το σκοπό είχαν στη διάθεση τους δυο διαφορετικά συστήματα. Στη συνέχεια τα παιδιά ερωτήθηκαν με ποίο από τα δυο συστήματα θα ήθελαν να προγραμματίσουν το ρομπότ και η απάντηση καταγράφηκε από τον ερευνητή σε ειδική φόρμα. Ο ερευνητής στη συνέχεια εφαρμόζοντας ένα κοινό για όλους προγραμματιστικό σενάριο έδειξε στα παιδιά τον τρόπο που δουλεύουν τα δυο συστήματα. Η εισαγωγική αυτή διαδικασία ήταν ουδέτερη προκειμένου να μην επηρεάσει τη συνέχεια. Μετά το τέλος της παρουσίασης των συστημάτων ο ερευνητής ρώτησε τα παιδιά ποίο από τα δύο συστήματα τους φαινόταν πιο διασκεδαστικό και η απάντηση καταγράφηκε.

Στη συνέχεια στα παιδιά δόθηκαν δυο απλές προγραμματιστικές αποστολές τις οποίες εκτέλεσαν με το ένα σύστημα και δύο, παρόμοιας δυσκολίας αποστολές, τις οποίες εκτέλεσαν με το άλλο. Οι μισές δυάδες ξεκίνησαν με το ένα σύστημα και οι άλλες μισές με το άλλο. Μετά το πέρας της φάσης αυτής ο ερευνητής ρώτησε τα παιδιά ποιο από τα δύο συστήματα τους φαινόταν ποιο διασκεδαστικό καταγράφοντας και πάλι την απάντηση.

Στη συνέχεια δόθηκε στα παιδιά η δυνατότητα να αλληλεπιδράσουν ελεύθερα με τα δύο συστήματα εκτελώντας δύο προγράμματα με το απτικό και δύο με το γραφικό σύστημα. Η διαδικασία αυτή ήταν ελεύθερη και τα παιδιά εργάστηκαν χωρίς να τους έχει δοθεί κάποιο σενάριο από τον ερευνητή. Μετά την ολοκλήρωση και αυτής της διαδικασίας δόθηκε ατομικό ερωτηματολόγιο και οδηγίες για τη συμπλήρωση του. Μετά τη συμπλήρωση ακολούθησε προσωπική συνέντευξη στην οποία ζητήθηκε από τα παιδιά να αιτιολογήσουν τις απαντήσεις τους.

Μετρήσεις

Οι εξαρτημένες μεταβλητές που μετρήθηκαν ήταν πέντε και αφορούσαν: α) Προσέλκυση (ποιο από τα δύο συστήματα είναι ελκυστικότερο για τα παιδιά με την πρώτη ματιά), β) Διασκέδαση (ποιο από τα δύο συστήματα θεωρούν περισσότερο διασκεδαστικό), γ) Ευκολία χρήσης (ποιο από τα δύο συστήματα θεωρούν ευκολότερο στη χρήση), δ) Επιλογή (ποιο από τα δύο συστήματα επιλέγουν για να παίξουν μόνοι τους ή με φίλους). Για την καταγραφή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ένα ειδικού τύπου ερωτηματολόγιο που βασίστηκε στο Fun Toolkit (Read, 2008). Στο συγκεκριμένο τύπο ερωτηματολόγιου τα παιδιά δεν χρειάζεται να πουν ή να γράψουν κάτι, αλλά απλά επιλέγουν και κατατάσσουν τις προτιμήσεις τους με βάση εικόνες που έχουν στα χέρια τους. Οι απαντήσεις σε κάθε ερώτηση καταγράφηκαν με δύο τρόπους (Again and Again table και Fun Sorter) προκειμένου να αυξηθεί η αξιοπιστία των καταγραφών.

Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα εμφανίζονται στον Πίνακα 1. Τα αριθμητικά στοιχεία είναι τα ποσοστά προτίμησης που δείχνουν οι χρήστες μαθητές υπέρ του ενός ή άλλου συστήματος (Α: Απτικό σύστημα, Γ: Γραφικό σύστημα). Ο στατιστικός έλεγχος βασίστηκε στο κριτήριο χ^2.

Πίνακας 1. Αποτελέσματα

	5-6 (n=18)			**7-8 (n=26)**			**11-12 (n=16)**		
	Α	**Γ**	**Κριτήριο**	**Α**	**Γ**	**Κριτήριο**	**Α**	**Γ**	**Κριτήριο**
Προσέλκυση	67	33	n.s.	63	37	n.s.	50	50	n.s.
Ευχαρίστηση1	83.3	16.7	p<0.05	81.5	18.5	p <0.01	87.5	12.5	p <0.05
Ευχαρίστηση2	66.7	33.3	n.s	77.8	22.2	p <0.05	87.5	12.5	p <0.05
Ευχαρίστηση3	76.5	23.5	p <0.05	77.8	22.2	p <0.05	87.5	12.5	p <0.05
Ευκολία Χρήσης	94.1	5.9	p <0.01	73.1	26.9	p <0.05	18.8	81.3	p <0.05
Παιχνίδι με Φίλους	58.8	41.2	n.s	77.8	22.2	p <0.05	87.5	21.5	p <0.05
Παιχνίδι Μόνος/-η	82.4	17.6	p <0.05	66.7	33.3	n.s	81.3	18.8	p <0.05

Το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας τέθηκε στο 0.05 σε κάθε περίπτωση.

Συζήτηση

Τα βασικά συμπεράσματα που προκύπτουν από τον πίνακα 1 έχουν ως εξής:

(α) **Προσέλκυση**: τα παιδιά εκφράζουν μιαν αρχική προτίμηση προς το απτικό σύστημα (ειδικά στην μικρότερη ηλικία) αλλά δεν είναι στατιστικά σημαντική. Αξίζει εδώ να αναφερθεί ότι αυτή η τάση είναι ισχυρότερη για τα κορίτσια (παραμένοντας όμως μη σημαντική), στοιχείο το οποίο είναι σύμφωνο με έρευνες που υποστηρίζουν ότι τα δύο φύλα αντιμετωπίζουν με διαφορετικό τρόπο τις διάφορες διεπαφές (Xie et al., 2008; Horn et al., 2009). Η έλλειψη στατιστικής σημαντικότητας σε αυτή την παράμετρο ίσως να οφείλεται στο μέγεθος του δείγματος.

(β) **Ευχαρίστηση**: η πλειοψηφία των παιδιών επιλέγει ως περισσότερο ευχάριστο το απτικό σύστημα. Η προτίμηση αυτή διατηρείται στατιστικά σημαντική σε κάθε περίπτωση καταγραφής της προτίμησης των παιδιών, δηλ. καθ' όλη τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης (εκτός από την περίπτωση 2 της μικρότερης ηλικιακής ομάδας). Τα αποτελέσματά μας θεωρούμε πως ενισχύουν την άποψη ότι οι απτικές διεπαφές (και ειδικότερα στο πεδίο του προγραμματισμού) μπορούν να είναι περισσότερο ευχάριστες και διασκεδαστικές για τις μικρές ηλικίες (<12). Η διαπίστωση αυτή ενισχύεται από το γεγονός ότι η συγκεκριμένη παράμετρος μετρήθηκε συνολικά τρεις φορές κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων καταλήγοντας τις περισσότερες φορές σε στατιστικά σημαντική προτίμηση υπέρ του απτικού συστήματος.

(γ) **Ευκολία χρήσης**: η ευκολία χρήσης μεταβάλλεται κατά αξιοσημείωτο τρόπο στις διάφορες ηλικιακές ομάδες: στη μικρότερη ηλικία είναι θετική υπέρ της απτικής διεπαφής (στατιστικά σημαντική σε επίπεδο <0.01), στην ενδιάμεση ηλικία συνεχίζει να είναι θετική υπέρ της απτικής διεπαφής (αλλά στατιστικά σημαντική σε χαμηλότερο επίπεδο <0.05), ενώ τέλος στην μεγαλύτερη ηλικία αντιστρέφεται υπέρ της γραφικής διεπαφής (στατιστικά σημαντική σε επίπεδο <0.05). Θεωρούμε πως η αντιστροφή αυτή οφείλεται σε μεγάλο βαθμό

στο γεγονός ότι τα παιδιά της μεγαλύτερης ηλικίας είναι πλέον εξοικειωμένα με τις γραφικές διεπαφές των σύγχρονων υπολογιστών και συσκευών κινητής τηλεφωνίας. Ένα ακόμη ενδιαφέρον στοιχείο που προέκυψε από τις δηλώσεις των παιδιών ηλικίας 11-12 ετών (ειδικά των αγοριών) είναι πως η απτική διεπαφή τους δημιουργεί προβλήματα ευκολίας χρήσης καθώς απαιτεί να μαζεύουν και να τακτοποιούν τους κύβους μετά από κάθε δραστηριότητα, σε αντίθεση προφανώς με τη γραφική διεπαφή. Αντίθετα, στις μικρότερες ηλικίες η αξιολόγηση της απτικής διεπαφής ως ευκολότερης στη χρήση υποδεικνύει ότι τέτοιες διεπαφές μπορεί να είναι καταλληλότερες για εισαγωγικές δραστηριότητες προγραμματισμού, μειώνοντας το γνωστικό φορτίο στους χρήστες (σχετικά με το πώς δουλεύει το σύστημα) και διευκολύνοντάς τους να επικεντρωθούν στο ίδιο το εκπαιδευτικό αντικείμενο (Marshall, 2007).

(δ) **Παιχνίδι Μόνος/-η ή Με Φίλους**: τα δεδομένα για τα ερωτήματα αυτά δείχνουν πως τα παιδιά επιλέγουν το απτικό σύστημα και η προτίμηση αυτή είναι στατιστικά σημαντική στις περισσότερες περιπτώσεις. Αξίζει ίσως να σχολιαστεί ότι για την μικρότερη ηλικία οι προτιμήσεις των παιδιών περίπου ισοκατανέμονται στην ερώτηση «παιχνίδι με φίλους» ενώ είναι σημαντικά υπέρ του απτικού συστήματος στην ερώτηση «Παιχνίδι μόνος/-η». Το στοιχείο αυτό θεωρούμε πως αποτελεί ένδειξη ότι η κοινωνική αλληλεπίδραση στις μικρότερες ηλικίες διευκολύνεται περισσότερο από απτικά συστήματα.

Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε θερμά το Πειραματικό σχολείο του Αριστοτελείου και ειδικότερα τις κυρίες Αγγελική Μαχέρα, Αθανασία Ντή, Μαρίνα Λαγούρη και τον κύριο Δημήτριο Κορκοριάδη. Ευχαριστούμε το ιδιωτικό Νηπιαγωγείο Ντάμπο στο Λαγκαδά Θεσσαλονίκης και ιδιαίτερα την διευθύντρια κυρία Σοφία Σχισμένου για την φιλοξενία τους κατά τη διάρκεια των πρώτων δοκιμών των συστημάτων με παιδιά. Ευχαριστούμε τέλος τον κύριο Αριστοτέλη Καζακόπουλο για τον εξοπλισμό που μας διέθεσε στο εργαστήριο Εφαρμογών Μικροϋπολογιστών του ΑΤΕΙΘ.

Αναφορές

Antle, A. N. (2007). Designing tangibles for children: What designers need to know. Paper presented at the Conference on Human Factors in Computing Systems: CHI'07 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems,

Falcão, T. P., & Price, S. (2009). What have you done! the role of'interference'in tangible environments for supporting collaborative learning. Paper presented at the Proceedings of the 9th International Conference on Computer Supported Collaborative Learning-Volume 1, pp. 325-334.

Frei, P., Su, V., Mikhak, B., & Ishii, H. (2000). Curlybot: Designing a new class of computational toys. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 129-136.

Horn, M. S., & Jacob, R. J. K. (2006). Tangible programming in the classroom: A practical approach. Paper presented at the Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 869-874.

Horn, M. S., Solovey, E. T., Crouser, R. J., & Jacob, R. J. K. (2009). Comparing the use of tangible and graphical programming languages for informal science education. Paper presented at the Proceedings of the 27th International Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 975-984.

Horn, M., Crouser, R., & Bers, M. (2011) Tangible interaction and learning: The case for a hybrid approach. Personal and Ubiquitous Computing, 1-11. Retrieved from http://dx.doi.org/10.1007/s00779-011-0404-2

Ishii, H., & Ullmer, B. (1997). Tangible bits: Towards seamless interfaces between people, bits and atoms. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 234-241.

Kelleher, C., & Pausch, R. (June 2005). Lowering the barriers to programming: A taxonomy of programming environments and languages for novice programmers. ACM Computing Surveys, 37(2), 83-137.

Marshall, P. (2007). Do tangible interfaces enhance learning? Paper presented at the Proceedings of the 1st International Conference on Tangible and Embedded Interaction, pp. 163-170.

McNerney, T. S. (2004). From turtles to tangible programming bricks: Explorations in physical language design. Personal and Ubiquitous Computing, 8(5), 326-337.

O'Malley, C., & Fraser, S. (2005). Literature review in learning with tangible technologies.12

Orit, S., & Eva, H. (2009). Tangible user interfaces: Past, present, and future directions. Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction, 3(1-2), 1-137.

Price, S., & Rogers, Y. (2004). Let's get physical: The learning benefits of interacting in digitally augmented physical spaces. Computers & Education, 43(1-2), 137-151.

Price, S., Rogers, Y., Scaife, M., Stanton, D., & Neale, H. (2003). Using 'tangibles' to promote novel forms of playful learning. Interacting with Computers, 15(2), 169-185.

Read, J. C. (April 2008). Validating the fun toolkit: An instrument for measuring children's opinions of technology. Cognition, Technology & Work, 10(2), 119-128.

Sapounidis, T., & Demetriadis, S. (2009). Tangible programming interfaces: A literature review. 4th Balkan Conference in Informatics, Thessaloniki, Greece, pp. 70-75.

Sapounidis, T., & Demetriadis, S. (2011). Touch your program with hands: Qualities in tangible programming tools for novice. Paper presented at the 15th Panhellenic Conference on Informatics (IEEE/PCI), pp. 363-367.

Schiettecatte, B., & Vanderdonckt, J. (2008). AudioCubes: A distributed cube tangible interface based on interaction range for sound design. Paper presented at the Proceedings of the 2nd International Conference on Tangible and Embedded Interaction, pp. 3-10.

Schneider, B., Jermann, P., Zufferey, G., & Dillenbourg, P. (July-Sept. 2011). Benefits of a tangible interface for collaborative learning and interaction. IEEE Transactions on Learning Technologies, 4(3), 222-232.

Schweikardt, E., & Gross, M. D. (2006). roBlocks: A robotic construction kit for mathematics and science education. Paper presented at the Proceedings of the 8th International Conference on Multimodal Interfaces, pp. 72-75.

Smith, A. C. (2007). Using magnets in physical blocks that behave as programming objects. Paper presented at the Proceedings of the 1st International Conference on Tangible and Embedded Interaction, pp. 147-150.

Smith, A. C. (2009). Simple tangible language elements for young children. Paper presented at the Proceedings of the 8th International Conference on Interaction Design and Children, pp. 288-289.

Suzuki, H., & Kato, H. (1993). AlgoBlock: A tangible programming language, a tool for collaborative learning. Paper presented at the Proceedings of 4th European Logo Conference, pp. 297-303.

Wyeth, P., & Purchase, H. (2002). Designing technology for children: Moving from the computer into the physical world with electronic blocks. Information Technology in Childhood Education Annual, 2002(1), 219-244.

Xie, L., Antle, A. N., & Motamedi, N. (2008). Are tangibles more fun?: Comparing children's enjoyment and engagement using physical, graphical and tangible user interfaces. Paper presented at the Proceedings of the 2nd International Conference on Tangible and Embedded Interaction (TEI '08), pp. 191-198.

Xu, D. (2007). Design and evaluation of tangible interfaces for primary school children. Paper presented at the Proceedings of the 6th International Conference on Interaction Design and Children, pp. 209-212.

Zuckerman, O., & Resnick, M. (2003). System blocks: A physical interface for system dynamics learning. Paper presented at the Proceedings of the 21st International System Dynamics Conference, pp. 5-6.