ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Themes in Science and Technology Education

Vol 14 (2021)

Ένα εκπαιδευτικό εικονικό περιβάλλον για την αρχιτεκτονική του υπολογιστή

Μαρία-Εριάλντα Λούφη Λούφη, Σημέλα Ιορδανίδου, Αναστάσιος Μικρόπουλος

doi: 10.12681/thete.39961

To cite this article:

Λούφη Μ.-Ε. Λ., Ιορδανίδου Σ., & Μικρόπουλος Α. (2021). Ένα εκπαιδευτικό εικονικό περιβάλλον για την αρχιτεκτονική του υπολογιστή. *Themes in Science and Technology Education*, *14*, 109–118. https://doi.org/10.12681/thete.39961

https://epublishing.ekt.gr | **e-Publisher:** EKT | **Downloaded at:** 20/02/2026 11:30:48

Ένα εκπαιδευτικό εικονικό περιβάλλον για την αρχιτεκτονική του υπολογιστή

Μαρία-Εριάλντα Λούφη [1], Σημέλα Ιορδανίδου [1] , Αναστάσιος Μικρόπουλος [2]
maria.lioufi@gmail.com, melinaiord@gmail.com, amikrop@uoi.gr

[1] Τμήμα Επιστημών Προσχολικής Αγωγής, ΑΠΙΘ
[2] Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Περίληψη. Τα εκπαιδευτικά εικονικά περιβάλλοντα συνεισφέρουν στην κατανόηση αφηρημένων και δυσνόητων εννοιών. Η εργασία παρουσιάζει τη σχεδίαση, ανάπτυξη και πιλοτική εφαρμογή ενός εικονικού περιβάλλοντος για την αρχιτεκτονική του υπολογιστή που απευθύνεται σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Η αξιολόγηση έγινε από 15 εκπαιδευτικούς Πληροφορικής δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, οι οποίοι αφού χρησιμοποίησαν το περιβάλλον κατά τη διδασκαλία τους, εκτίμησαν τη λειτουργικότητα του μέσω του εργαλείου SUS και η δυνατότητα επίτευξης μάθησης, εμπλοκής και ευχρηστίας με το εργαλείο LOES-T. Τα αποτελέσματα της πιλοτικής εμπειρικής μελέτης ήταν ενθαρρυντικά, καθώς οι εκπαιδευτικοί συμφώνησαν ότι η παιδαγωγική αλληλεπίδραση με το εύχρηστο εικονικό περιβάλλον εμπλέκει τους μαθητές στη διδακτική πράξη και συμβάλλει σε θετικά μαθησιακά αποτελέσματα.

Λέξεις κλειδιά: Εικονικό περιβάλλον, υλικό υπολογιστή, επικοινωνία συσκευών, μετάδοση δεδομένων, εμπλοκή, ευχρηστία, μαθησιακά αποτελέσματα

Εισαγωγή

Οι τεχνολογίες της εικονικής πραγματικότητας αξιοποιούνται για την ανάπτυξη μαθησιακών περιβαλλόντων σε όλα τα γνωστικά αντικείμενα και βαθμίδες εκπαίδευσης και φαίνεται ότι συμβάλλουν θετικά σε γνωστικό και συναισθηματικό επίπεδο (Mantziou, Papachristos & Mikropoulos, 2018).

Στο γνωστικό αντικείμενο της Πληροφορικής, η περιγραφή και η εξήγηση της λειτουργίας του εσωτερικού του υπολογιστή δεν είναι εύκολη διαδικασία για τους μαθητές, καθώς οι διεργασίες είναι πολύπλοκες και εκτελούνται με μεγάλη ταχύτητα (Simeonov & Scheinder, 1995 · Yehezkel et al., 2001). Επιπλέον, η έλλειψη ενός αποτελεσματικού νοητικού μοντέλου για τον υπολογιστή αποτελεί σοβαρό εμπόδιο στη διδασκαλία άλλων θεμάτων της Πληροφορικής όπως του προγραμματισμού. Οι έννοιες που σχετίζονται με την αρχιτεκτονική του υπολογιστή είναι αφηρημένες για τους μαθητές και δημιουργούν εναλλακτικές ιδέες σχετικά με την οργάνωση, την αρχιτεκτονική, και τις διεργασίες που συμβαίνουν κατά τη λειτουργία του (Ben-Ari, 2001 · Brorsson, 2002).

Οι εφαρμογές λογισμικού χρησιμοποιούνται καθημερινά και εξελίσσονται συνεχώς, διαθέτουν γραφικές και απτικές διεπαφές και χρησιμοποιούν ειδικές τεχνικές δικτύωσης. Παρόλα αυτά ο υπολογιστής εξακολουθεί να παραμένει μια απλή μηχανή. Καταγράφει, αποθηκεύει και διαχειρίζεται δεδομένα και πληροφορίες. Κάθε λειτουργία εκτελείται χρησιμοποιώντας αυτές τις βασικές αρχές, έτσι η κατανόηση αυτού του χαμηλού επιπέδου εκτέλεσης βασικών λειτουργιών θεωρείται απαραίτητη (Lang & Beaboeu, 2012). Σύμφωνα με τον Ben-Ari (2001) οι μαθητές δεν έχουν ένα ορθό μοντέλο για τον υπολογιστή θεωρώντας τον σαν έναν «γιγαντιαίο εγκέφαλο». Οι Du Boulay και Luckin (2001) σημειώνουν πως αν δεν γίνει προσπάθεια κατανόησης των εσωτερικών λειτουργιών του υπολογιστή, οι μαθητές θα σχηματίσουν εναλλακτικές ιδέες. Οι Kaczmarczyk, Petrick, East & Herman (2010) αναφέρουν

επίσης, πως προβλήματα στην εκμάθηση και χρήση μιας γλώσσας προγραμματισμού, ίσως αιτιολογούνται από το ελλιπές νοητικό μοντέλο που έχουν οι μαθητές για τον υπολογιστή. Η αξία προσομοιώσεων και προσομοιωτών, όχι απαραίτητα εικονικών περιβαλλόντων, ως εκπαιδευτικών εργαλείων για τη διδασκαλία βασικών εννοιών της αρχιτεκτονικής και μετάδοσης των δεδομένων στο εσωτερικό του υπολογιστή έχει αναδειχθεί από τους Wolffe, Yurcik, Osborne & Holliday (2002).

Εναλλακτικές ιδέες στην οργάνωση και την αρχιτεκτονική του υπολογιστή

Οι μαθητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες και έχουν εναλλακτικές ιδέες σε διάφορους τομείς που σχετίζονται με το εσωτερικό του υπολογιστή. Για παράδειγμα, δυσκολεύονται να περιγράψουν τα βήματα που εκτελούνται για την πρόσθεση δύο αριθμών. Η αφαιρετική τους σκέψη είναι ελλιπής και δεν μπορούν να διακρίνουν το ρόλο της μνήμης, ότι σηματοδοτείται από διευθύνσεις και σε αυτή αποθηκεύονται οι τιμές των μεταβλητών. Η έννοια της μεταβλητής είναι δυσνόητη και η κατανόηση της απαιτεί κατάλληλη διδακτική προσέγγιση (Meerbaum-Salant, Armoni & Ben-Ari, 2013). Ακόμη, οι μαθητές συχνά δεν γνωρίζουν ότι τμήματα στο εσωτερικό του υπολογιστή συνοδεύονται και από επιμέρους οδηγούς και συστήματα. Για παράδειγμα, δεν γνωρίζουν ότι η κάρτα γραφικών έχει δικό της επεξεργαστή και μνήμη (Chou & Liu, 2005).

Οι περισσότερες εναλλακτικές ιδέες στον τομέα της αρχιτεκτονικής υπολογιστών εντοπίζονται στον τρόπο μετάδοσης των δεδομένων και της επικοινωνίας των συσκευών που απαρτίζουν τον υπολογιστή. Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε με χρήση του περιβάλλοντος οπτικοποίησης Easy CPU για τη διδασκαλία της αρχιτεκτονικής υπολογιστών σε 11 αρχάριους φοιτητές Τμήματος Πληροφορικής στόχος ήταν η εύρεση των νοητικών μοντέλων κατά τη διάρκεια διδασκαλίας του μαθήματος και ο εντοπισμός εναλλακτικών ιδεών. Πριν την εφαρμογή του περιβάλλοντος Easy CPU οι δυο από τους 11 φοιτητές θεωρούσαν ότι η επεξεργασία των δεδομένων γίνεται από τη μνήμη του υπολογιστή, πέντε ότι τα δεδομένα μεταφέρονται από τις συσκευές εισόδου για επεξεργασία στον επεξεργαστή και εν συνεχεία στις μονάδες εξόδου παραβλέποντας το ρόλο της μνήμης RAM. Μόνο τέσσερεις φοιτητές εντόπισαν το μοντέλο που βασίζεται στον επεξεργαστή (CPU) και ότι όλες οι ενέργειες εισόδου/εξόδου και οι αναφορές στην μνήμη περνάνε από τον επεξεργαστή. Μετά την αλληλεπίδρασή τους με το περιβάλλον Easy CPU όλοι οι φοιτητές σχεδίασαν το μοντέλο βασιζόμενο στον επεξεργαστή για την αναπαράσταση της επικοινωνίας των συσκευών του υπολογιστή (Yehezkel, Ben-Ari & Dreyfus, 2005).

Εικονικά περιβάλλοντα για τη διδασκαλία της αρχιτεκτονικής υπολογιστών

Λίγα είναι τα εκπαιδευτικά εικονικά περιβάλλοντα για τη μελέτη της αρχιτεκτονικής των υπολογιστών. Τα περισσότερα από αυτά απευθύνονται σε φοιτητές τριτοβάθμιας εκπαίδευσης και καλύπτουν προχωρημένα θέματα, όπως ανάπτυξη προγραμμάτων σε γλώσσα assembly, εργαλεία σύνδεσης, μετάφρασης και μεταγλώττισης προγραμμάτων (Simeonov & Schneider, 1995 · Rosenfeld, Cooper-Balis & Jacob, 2011). Καθώς τα υπολογιστικά συστήματα γίνονται όλο και πιο πολύπλοκα και οι διαδικασίες εκτέλεσης στο εσωτερικό του υπολογιστή ταχύτερες, οι οπτικοποιήσεις συνιστούν ένα χρήσιμο εργαλείο για την κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με το υλικό μέρος του υπολογιστή (Yehezkel et. al., 2001).

Πολλοί ερευνητές συμφωνούν πως η μάθηση της αρχιτεκτονικής του υπολογιστή μέσω προσομοίωσης είναι πιο αποτελεσματική συγκριτικά με την εμπειρία με μια αληθινή μηχανή. Καθώς οι πραγματικές μηχανές γίνονται όλο και πιο πολύπλοκες, γίνονται λιγότερο

κατάλληλες για τη διδασκαλία εννοιών σχετικά με τη δομή και οργάνωση του εσωτερικού ενός συστήματος υπολογιστή. Μια προσομοίωση μπορεί αν απεικονίσει έννοιες όπως η αρχιτεκτονική von Neumann, ο τρόπος αποθήκευσης ενός προγράμματος, η διαδικασία της μετάφρασης των εντολών, ο κύκλος μεταφοράς και εκτέλεσης των εντολών, η χρήση των καταχωρητών (Rosenfeld et al., 2011).

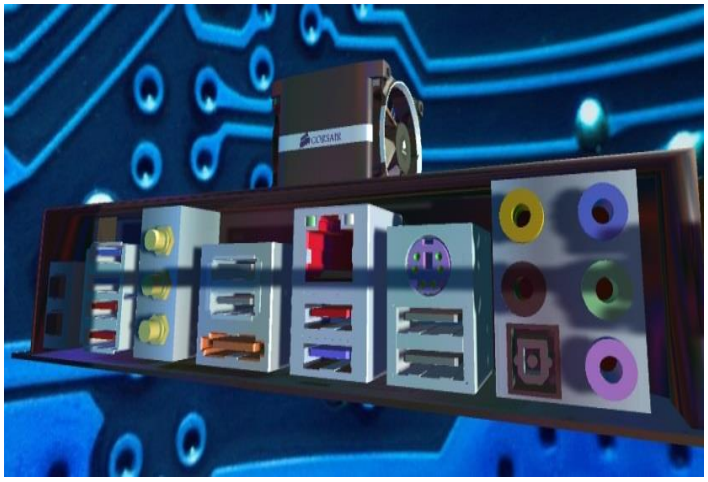
Εμπειρικά δεδομένα από την αξιοποίηση εκπαιδευτικών εικονικών περιβαλλόντων με αντικείμενο μελέτης την αρχιτεκτονική υπολογιστών δεν έχουν εντοπιστεί. Dascalu et al. (2017) παρουσίασαν ένα σύστημα εικονικής πραγματικότητας εμβύθισης για την υποστήριξη βιωματικής μάθησης για την αρχιτεκτονική υπολογιστών. Οι Sun, Xu & Zhou (2018) ανέδειξαν τη σπουδαιότητα των εικονικών εργαστηρίων και πρότειναν ένα εικονικό περιβάλλον εμβύθισης για την εκπαίδευση στην αρχιτεκτονική και συναρμολόγηση υπολογιστή, χωρίς να παρουσιάζουν εμπειρικά δεδομένα από τη χρήση του.

Η έλλειψη εκπαιδευτικών εικονικών περιβαλλόντων για την αρχιτεκτονική του υπολογιστή για τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, οδήγησε στη σχεδίαση ενός εικονικού υπολογιστή με στόχο τη διερεύνηση της συμβολής του στη διδακτική πράξη και τη μαθησιακή διαδικασία.

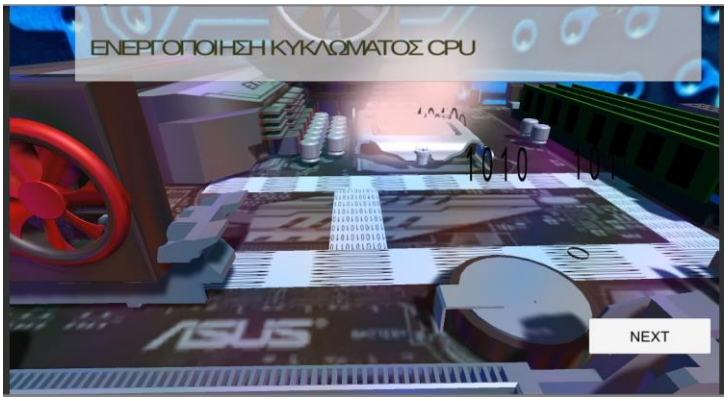
Ένας εικονικός υπολογιστής

Με βάση τις δυσκολίες κατανόησης της αρχιτεκτονικής του υπολογιστή και την έλλειψη ενός εκπαιδευτικού περιβάλλοντος βασισμένου στην τεχνολογία της εικονικής πραγματικότητας, σχεδιάστηκε ένας εικονικός υπολογιστής με στόχο την παιδαγωγική αξιοποίησή του στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

Τα τρισδιάστατα αντικείμενα που απαρτίζουν τα μέρη του υπολογιστή σχεδιάστηκαν με το εργαλείο ελεύθερου και ανοικτού κώδικα Blender 3D (https://www.blender.org). Έμφαση δόθηκε στη ρεαλιστική αναπαράσταση και στις λεπτομέρειες των εξαρτημάτων (Σχήμα 1). Ο εικονικός υπολογιστής και οι λειτουργίες του αναπτύχθηκαν στο περιβάλλον Unity3D (https://unity.com). Η πλοήγηση και η αλληλεπίδραση του χρήστη προγραμματίστηκε με τη γλώσσα C#. Η αλληλεπίδραση γίνεται με τη χρήση του ποντικιού και του πληκτρολογίου. Με το ποντίκι μπορεί επίσης ο χρήστης να επιλέξει γραφικά στοιχεία ελέγχου ή εικονικά αντικείμενα. Για παράδειγμα, κάνοντας αριστερό κλικ στην κάρτα γραφικών εμφανίζεται ένα πάνελ πληροφοριών για το συγκεκριμένο σύστημα. Ο συνδυασμός αυτών των συσκευών αλληλεπίδρασης επιλέχθηκε με βάση την προτίμηση χρηστών σε παρόμοια περιβάλλοντα και την ενίσχυση της αίσθησης της παρουσίας στο εικονικό περιβάλλον (Mikropoulos & Strouboulis, 2004).



Σχήμα 1. Τμήμα του εικονικού υπολογιστή

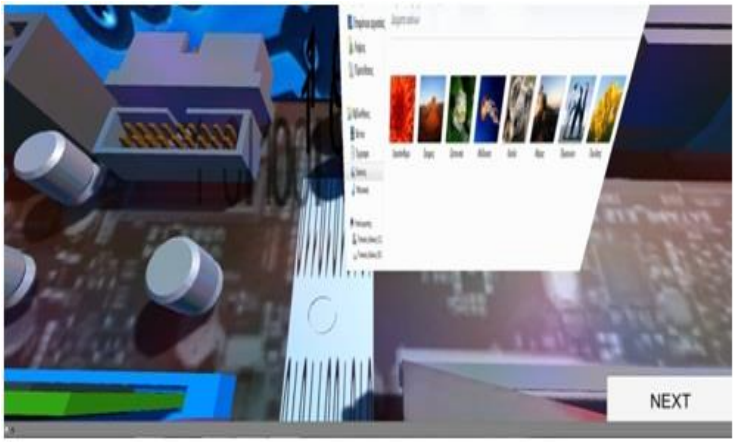


Σχήμα 2. Λειτουργία της CPU

Δημιουργήθηκε επίσης η αναπαράσταση της μεταφοράς των δεδομένων στον εικονικό υπολογιστή ως δυαδικά ψηφία τα οποία κινούνται τόσο στον δίαυλο δεδομένων όσο και στον σκληρό δίσκο. Σε κάθε κρίσιμο βήμα επικοινωνίας των συσκευών εμφανίζεται ένα μήνυμα κειμένου τύπου UI Text, δηλαδή κείμενο του οποίου το μέγεθος προσαρμόζεται στην ανάλυση της οθόνης και εξηγεί τη λειτουργία που επιτελείται εκείνη την στιγμή. Η ενεργοποίηση του κυκλώματος κατά τη λειτουργία του υπολογιστή αναπαρίσταται με μια πανοραμική του λήψη και τη χρήση φωτισμού στο κύκλωμα που ενεργοποιείται (Σχήμα 2).

Όταν ο χρήστης επιλέξει τη λειτουργία για την πρόσθεση αριθμών, παρουσιάζεται δυναμικά η διαδικασία (Σχήμα 3). Ο χρήστης παρατηρεί την πορεία που ακολουθεί ο κάθε αριθμός στην κεντρική μονάδα και την πορεία των δεδομένων μέχρι να εμφανιστεί η τιμή του αθροίσματος των δυο αριθμών στην οθόνη του υπολογιστή.

Σχήμα 3. Λειτουργία για την προσθήκη αριθμών



Σχήμα 4. Μετάδοση δεδομένων για την προβολή εικόνας

Σχήμα 5. Μετάδοση δεδομένων στην μετάδοση ηχητικού αρχείου

Αντίστοιχα, κατά τη «φόρτωση εικόνας» (Σχήμα 4) και την «εκτέλεση ηχητικού αρχείου» (Σχήμα 5) ο χρήστης παρατηρεί την πορεία των δεδομένων και την επικοινωνία μεταξύ των κατάλληλων συστημάτων.

Ο χρήστης μπορεί να περιηγηθεί ελεύθερα στο εσωτερικό του εικονικού υπολογιστή.

Μεθοδολογία

Ο εικονικός υπολογιστής αξιολογήθηκε πιλοτικά από εκπαιδευτικούς που διδάσκουν το σχετικό θέμα. Σκοπός της πιλοτικής εμπειρικής μελέτης ήταν η διερεύνηση της συμβολής του εκπαιδευτικού εικονικού περιβάλλοντος στη διδασκαλία και τη μάθηση θεμάτων αρχιτεκτονικής υπολογιστών, από την πλευρά των εκπαιδευτικών.

Στόχοι της παρούσας μελέτης ήταν η διερεύνηση της:

- ευχρηστίας του εκπαιδευτικού εικονικού περιβάλλοντος
- εμπλοκής των χρηστών με το εικονικό περιβάλλον
- συμβολής σε αναμενόμενα μαθησιακά αποτελέσματα.

Εργαλεία αξιολόγησης

Για τη διερεύνηση των στόχων χρησιμοποιήθηκαν το ερωτηματολόγιο ευχρηστίας SUS (System Usability Scale) των Bangor, Kortum & Miller (2009) και το ερωτηματολόγιο Learning Object Evaluation Scale for Teachers (LOES-T) των Kay & Knaack (2009).

Το εργαλείο SUS έχει μεταφραστεί και εγκυροποιηθεί στα ελληνικά από τους Katsanos, Tselios & Xenos (2012). Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης τροποποιήθηκε αλλάζοντας μόνο την αναφορά στο αξιολογούμενο σύστημα. Συγκεκριμένα, ο όρος «σύστημα Moodle» αντικαταστάθηκε από τον όρο «εικονικό περιβάλλον» (Παράρτημα Α).

Το εργαλείο LOES-T δημιουργήθηκε για την αξιολόγηση των απόψεων εκπαιδευτικών σχετικά με τη χρήση μαθησιακών αντικειμένων από μαθητές. Αποτελείται από τρία τμήματα με δύο ερωτήσεις για τα μαθησιακά αποτελέσματα, τρεις για την ευχρηστία, και τρεις για την εμπλοκή των μαθητών με το μαθησιακό αντικείμενο. Το ερωτηματολόγιο προσαρμόστηκε στα ελληνικά ανεξάρτητα από τους τρεις ερευνητές με σύμπτωση 90% και αντικατάσταση του όρου «μαθησιακό αντικείμενο» από τον όρο «εικονικό περιβάλλον» (Παράρτημα Β).

Δείγμα

Στην εμπειρική μελέτη που έγινε το 2018 έλαβαν μέρος δεκαπέντε εκπαιδευτικοί Πληροφορικής δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης ηλικίας 35-45 ετών με προϋπηρεσία δώδεκα ετών κατά μέσο όρο στην εκπαίδευση στις περιφερειακές ενότητες Θεσσαλονίκης και Ημαθίας.

Διαδικασία

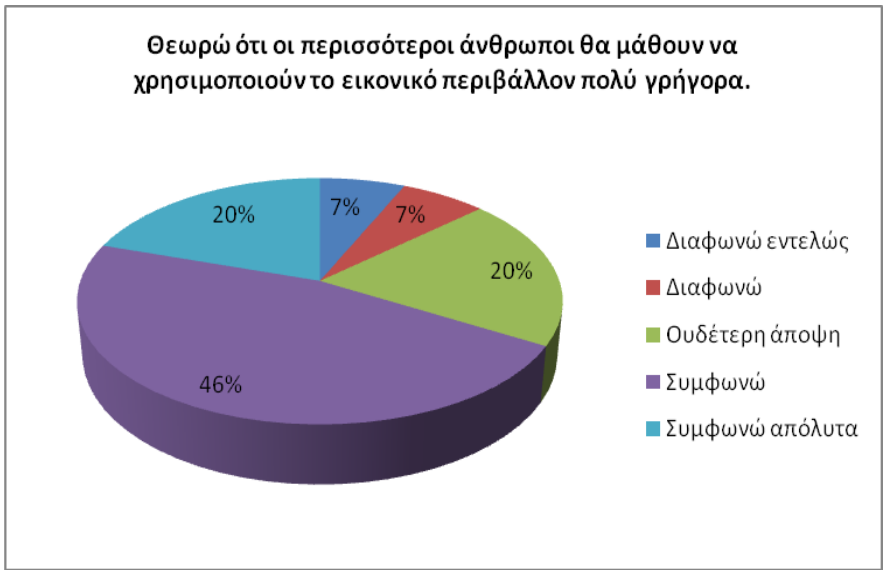
Η εμπειρική μελέτη διεξήχθη στο φυσικό περιβάλλον της τάξης, εκπληρώνοντας τις σχετικές προδιαγραφές που θέτουν ερευνητές του πεδίου (Cuendet et al., 2013).

Κάθε εκπαιδευτικός, στο πλαίσιο της ενότητας «Υλικό Υπολογιστή» του μαθήματος της Πληροφορικής, αξιοποίησε το εικονικό περιβάλλον για διδακτική παρέμβαση σε πέντε μαθητές της Α΄ Λυκείου που επέλεξε τυχαία. Οι εκπαιδευτικοί αξιολόγησαν το εκπαιδευτικό περιβάλλον μετά το πέρας της παρέμβασης συμπληρώνοντας τα ερωτηματολόγια SUS και LOES-T.

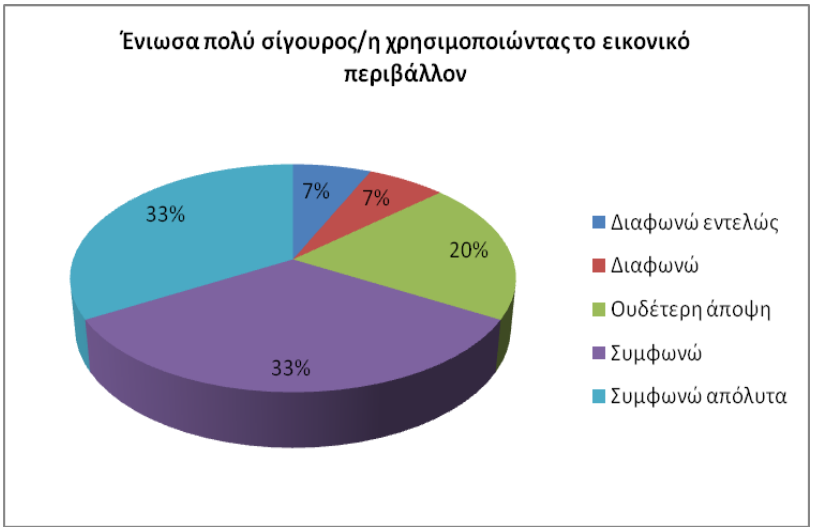
Αποτελέσματα

Ο μέσος όρος των απαντήσεων των εκπαιδευτικών στο ερωτηματολόγιο ευχρηστίας SUS ήταν (71.5±1.27). Οι Bangor et al. (2009) κατατάσσουν την ευχρηστία με βάση το αποτέλεσμα του εργαλείου τους ως αποδεκτή για τιμές από 39.00 μέχρι 51.00, καλή για τιμές 51.10 μέχρι 73.00, εξαιρετική για τιμές 73.1.0 – 85.00 και ως η καλύτερη δυνατή για τιμές 85.10 – 100.00. Σύμφωνα με τους δημιουργούς του SUS, το εικονικό περιβάλλον του υπολογιστή αξιολογήθηκε ότι έχει καλή ευχρηστία.

Όπως προκύπτει από το Σχήμα 6, δέκα (10) εκπαιδευτικοί ανέφεραν ότι οι περισσότεροι μαθητές θα μάθουν να χρησιμοποιούν το εικονικό περιβάλλον πολύ γρήγορα, ενώ διαφώνησαν μόνο δύο. Ο ίδιος αριθμός εκπαιδευτικών (10) δήλωσε ότι ένιωσαν πολύ σίγουροι χρησιμοποιώντας το εικονικό περιβάλλον, ενώ και σε αυτή την περίπτωση διαφώνησαν μόνο δύο εκπαιδευτικοί (Σχήμα 7).



Σχήμα 6. Ποσοστιαία κατανομή απαντήσεων καθηγητών σε ερώτημα ευχρηστίας SUS



Σχήμα 1. Ποσοστιαία κατανομή απαντήσεων καθηγητών σε ερώτημα ευχρηστίας SUS

Όσον αφορά στα αποτελέσματα για την ευχρηστία όπως προέκυψαν από το ερωτηματολόγιο LOES-T και αφορούσαν τις ερωτήσεις «το εικονικό περιβάλλον ήταν εύκολο να χρησιμοποιηθεί από τους μαθητές», «οι μαθητές μπόρεσαν να μάθουν εύκολα το εικονικό περιβάλλον» και «οι μαθητές βρήκαν τις εντολές του εικονικού περιβάλλοντος εύκολες» αρχικά υπολογίστηκε ο μέσος όρος των απαντήσεων για κάθε εκπαιδευτικό και κατόπιν ο μέσος όρος των 15 εκπαιδευτικών. Η τελική τιμή για την ευχρηστία του εικονικού υπολογιστή ήταν (5.53±1.65), στην κλίμακα με άριστα το επτά.

Το τμήμα του εργαλείου LOES-T που αναφέρεται στη μάθηση από την αλληλεπίδραση με τον εικονικό υπολογιστή, απαρτίζεται από τις δύο ερωτήσεις «τα γραφικά και οι σχεδιοκινήσεις του εικονικού περιβάλλοντος βοήθησαν τους μαθητές να μάθουν» και «οι μαθητές ήταν ικανοί να μάθουν από το εικονικό περιβάλλον». Ο μέσος όρος των απαντήσεων των 15 εκπαιδευτικών ήταν (5.67±1.24). Εννέα εκπαιδευτικοί θεώρησαν ότι το εικονικό περιβάλλον συνεισφέρει σε θετικά μαθησιακά αποτελέσματα, ενώ διαφώνησε μόνο ένας εκπαιδευτικός.

Σχετικά με την εμπλοκή, το LOES-T περιλαμβάνει τις ερωτήσεις «στους μαθητές άρεσε η εμπλοκή με το εικονικό περιβάλλον», «οι μαθητές ήταν συγκεντρωμένοι κατά τη διάρκεια εφαρμογής του» και «στους μαθητές άρεσε η αλληλεπίδραση με το εικονικό περιβάλλον». Η τιμή για την εμπλοκή υπολογίστηκε σε (5.13±1.32). Οκτώ εκπαιδευτικοί ανέφεραν ότι οι μαθητές ήταν συγκεντρωμένοι κατά την αλληλεπίδραση τους με τον εικονικό υπολογιστή, ενώ μόνο τρεις διαφώνησαν ή είχαν ουδέτερη άποψη. Όσον αφορά την εκτίμηση των εκπαιδευτικών για την εμπλοκή των μαθητών με το εικονικό περιβάλλον, 10 δήλωσαν ότι οι μαθητές ενεπλάκησαν πολύ με αυτό. Ένας μόνο εκπαιδευτικός είχε την αντίθετη άποψη.

Διερευνήθηκε επίσης η επίδραση της εμπλοκής των μαθητών με το εικονικό περιβάλλον στα μαθησιακά αποτελέσματα, σύμφωνα με τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών. Λόγω του μικρού δείγματος και της μη κανονικότητας των δύο μεταβλητών, χρησιμοποιήθηκε ο μη παραμετρικός έλεγχος συσχέτισης Spearman. Το αποτέλεσμα ήταν r=.74, p=.000, που δείχνει ισχυρή συσχέτιση μεταξύ εμπλοκής και μάθησης. Ο ίδιος στατιστικός έλεγχος έγινε για τη διερεύνηση συσχέτισης της ευχρηστίας του εικονικού περιβάλλοντος όπως υπολογίστηκε από τα δύο εργαλεία SUS και LOES-T. Η συσχέτιση για την εκτίμηση του βαθμού ευχρηστίας βρέθηκε ισχυρή (r=0.59, p=.000).

Συμπεράσματα

Σκοπός της εργασίας ήταν η ανάπτυξη ενός εκπαιδευτικού εικονικού περιβάλλοντος για την αρχιτεκτονική του υπολογιστή και η πιλοτική αξιολόγηση του από ειδικούς χρήστες, εκπαιδευτικούς που διδάσκουν την αντίστοιχη θεματική ενότητα. Στόχος της αξιολόγησης ήταν η διερεύνηση τη ευχρηστίας, της εμπλοκής και της υποστήριξης του εικονικού περιβάλλοντος στην επίτευξη θετικών μαθησιακών αποτελεσμάτων.

Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα και των δύο ερωτηματολογίων SUS και LOES-T, η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών θεωρεί ότι το εικονικό περιβάλλον είναι εύχρηστο και εμπλέκει τους μαθητές στη μαθησιακή διαδικασία με επιδιωκόμενα θετικά μαθησιακά αποτελέσματα.

Το σχετικά υψηλό ποσοστό ευχρηστίας που διασταυρώθηκε με τα δύο εργαλεία (SUS και LOES-T) του εκπαιδευτικού εικονικού περιβάλλοντος συμφωνεί με ευρήματα παρόμοιων προσεγγίσεων που αναφέρονται στη βιβλιογραφική ανασκόπηση των Akçayır & Akçayır (2017). Η χρησιμότητα του εικονικού υπολογιστή συμβαδίζει επίσης με ευρήματα των Dascalu et al. (2017) που ανέπτυξαν ένα εικονικό περιβάλλον με έμφαση στα εξωτερικά μέρη του υπολογιστή και στη συναρμολόγησή του. Η εμπλοκή των μαθητών με το εικονικό περιβάλλον, οι δυνατότητες του για μάθηση όπως αποτυπώθηκε από τους εκπαιδευτικούς, καθώς και η θετική μεταξύ τους συσχέτιση, συμβαδίζει με αντίστοιχα ευρήματα των Kay, Knaack & Petrarca (2009).

Ο κύριος περιορισμός της εργασίας αφορά στο δείγμα της εμπειρικής μελέτης. Παρότι ο σκοπός της μελέτης ήταν η ανάπτυξη του εικονικού περιβάλλοντος και η αξιολόγηση του ήταν πιλοτική, μεγαλύτερο δείγμα εκπαιδευτικών θα έδινε περισσότερο αξιόπιστα αποτελέσματα.

Μελλοντική εμπειρική μελέτη περιλαμβάνει μαθητές και αξιολογεί την παιδαγωγικά προστιθέμενη αξία του εικονικού υπολογιστή με το αντίστοιχο του LOES-T εργαλείο, LOES-S των Kay & Knaack (2007).

Αναφορές

Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1-11.

Bangor, A., Kortum, P., & Miller, J. (2009). Determining what individual SUS scores mean: Adding an adjective rating scale. *Journal of Usability Studies*, 4(3), 114-123.

Ben-Ari, M. (2001). Constructivism in Computer Science education. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 20(1), 45–73.

Boaler, J. (2000). Exploring situated insights into research and learning. *Journal for Research in Mathematics Education*, (31)1, 113-119.

Brorsson, M. (2002). MipsIt: a simulation and development environment using animation for computer architecture education. In E. F. Gehringer (ed.), *Proceedings of the 2002 Workshop on Computer Architecture Education: Held in conjunction with the 29th International Symposium on Computer Architecture* (p. 12). USA: ACM.

Chou, S. W., & Liu, C. H. (2005). Learning effectiveness in a Web-based virtual learning environment: a learner control perspective. *Journal of Computer Assisted Learning*, 21(1), 65-76.

Cuendet, S., Bonnard, Q., Do-Lenh, S., & Dillenbourg, P. (2013). Designing augmented reality for the classroom. *Computers & Education*, 68, 557-569.

Dascalu, M-I., Bagis, S., Nitu,M., Ferche, O-M., Moldoveanu, A.D.B. (2017). Experiential learning VR system for studying computer architecture. *Revista Romana de Interactiune Om-Calculator*, 10(3), 197-215.

Du Boulay, B. & Luckin, R. (2001). Modeling human teaching tactics and strategies for tutoring systems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 12(3), 235-256.

Kaczmarczyk, L. C., Petrick, E. R., East, J. P., & Herman, G. L. (2010). Identifying student misconceptions of programming. In G. Lewandowski & S. Wolfman (eds.), *Proceedings of the 41st ACM Technical Symposium on Computer Science Education* (pp. 107-111). USA: ACM.

Kay, R. H., & Knaack, L. (2007). A systematic evaluation of learning objects for secondary school students. *Journal of Educational Technology Systems*, 35 (4), 411-448.

Kay, R., Knaack, L., & Petrarca, D. (2009). Exploring teachers' perceptions of web-based learning tools. *Interdisciplinary Journal of E-Learning and Learning Objects*, 5(1), 27-50.

Kay, R. H., & Knaack, L. (2009). Assessing learning, quality and engagement in learning objects: the Learning Object Evaluation Scale for Students (LOES-T). *Educational Technology Research and Development*, 57(2), 147-168.

Katsanos, C., Tselios, N., & Xenos, M. (2012). Perceived usability evaluation of learning management systems: a first step towards standardization of the System Usability Scale in Greek. In S. Katsikas & Y. Theodoridis (eds.), *Proceedings of the 16th Panhellenic Conference on Informatics* (p. 302-307). Washington: IEEE.

Lang, R. R., & Beauboeuf, T. (2012). VN-Sim: A way to keep core concepts in a crowded computing curriculum systems. *Cybernetics and Informatics*, 10(1), 85-88.

Mantziou, O., Papachristos, N.M., & Mikropoulos, T.A. (2018). Learning activities as enactments of learning affordances in MUVEs: A review-based classification. *Education and Information Technologies*, 23(4), 1737–1765.

Meerbaum-Salant, O., Armoni, M., & Ben-Ari, M. (2013). Learning computer science concepts with scratch. *Computer Science Education*, 23(3), 239-264.

Mikropoulos, T. A., & Strouboulis, V. (2004). Factors that influence presence in educational virtual environments. *Cyberpsychology & Behavior*, 7(5), 582-591.

Rosenfeld, P., Cooper-Balis, & Jacob, B. (2011). DRAM Sim2: A cycle accurate memory system simulator. *IEEE Computer Architecture Letters*, 10(1), 16-19.

Simeonov, S., & Schneider, G. M. (1995). MSIM: an improved microcode simulator. *ACM SIGCSE Bulletin*, 27(2), 13-17.

Sun, S., Xu, T., & Zhou, J. (2018). The design and implementation of computer hardware assembling virtual laboratory in the VR environment. In Y. Wang (ed.), *2nd International Conference on Electronic Information Technology and Computer Engineering (EITCE 2018)* (pp. 1-6). Shanghai: MATEC.

Wolffe, G. S., Yurcik, W., Osborne, H., & Holliday, M. A. (2002). Teaching computer organization/architecture with limited resources using simulators. *ACM SIGCSE Bulletin,* 34(1),176-180.

Yehezkel, C., Yurcik, W., Pearson, M., & Armstrong, D. (2001). Three simulator tools for teaching computer architecture: Little man computer, and RTLSim. *Journal of Educational Resources in Computing*, 1(4), 60–80.

Yehezkel, C., Ben-Ari, M., & Dreyfus, T. (2005). Computer architecture and mental models. *ACM SIGCSE Bulletin*, 37(1), 101-105.

Παράρτημα Α. Ερωτηματολόγιο ευχρηστίας SUS

Ερωτήσεις ευχρηστίας SUS **Κλίμακα: 1: διαφωνώ απόλυτα – 5: συμφωνώ απόλυτα**	
1	Νομίζω ότι θα ήθελα να χρησιμοποιήσω αυτό το εικονικό περιβάλλον συχνά.
2	Βρήκα αυτό το εικονικό περιβάλλον αδικαιολόγητα περίπλοκο.
3	Σκέφτηκα ότι αυτό το εικονικό περιβάλλον ήταν εύκολο στη χρήση.
4	Νομίζω ότι θα χρειαστώ βοήθεια από κάποιον τεχνικό για να είμαι σε θέση να χρησιμοποιήσω αυτό το εικονικό περιβάλλον.
5	Βρήκα τις διάφορες λειτουργίες σε αυτό το εικονικό περιβάλλον καλά ολοκληρωμένες.
6	Σκέφτηκα ότι υπήρχε μεγάλη ασυνέπεια σε αυτό το εικονικό περιβάλλον.
7	Φαντάζομαι ότι οι περισσότεροι άνθρωποι θα μάθουν να χρησιμοποιούν αυτό το εικονικό περιβάλλον πολύ γρήγορα.
8	Βρήκα αυτό το εικονικό περιβάλλον πολύ περίπλοκο/δύσκολο στη χρήση.
9	Ένιωσα πολύ σίγουρος/η χρησιμοποιώντας αυτό το εικονικό περιβάλλον.
10	Χρειάστηκε να μάθω πολλά πράγματα πριν μπορέσω να ξεκινήσω με αυτό το εικονικό περιβάλλον.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β. Ερωτηματολόγιο LOES-T

Ερωτήσεις LOES-T

Κλίμακα: 1: διαφωνώ απόλυτα – 7: συμφωνώ απόλυτα

Μάθηση

1. Τα γραφικά και οι σχεδιοκινήσεις του εικονικού περιβάλλοντος βοήθησαν τους μαθητές να μάθουν.
2. Οι μαθητές μπορούσαν να μάθουν από το εικονικό περιβάλλον.

Ευχρηστία

3. Το εικονικό περιβάλλον ήταν εύκολο να χρησιμοποιηθεί από τους μαθητές.
4. Οι μαθητές μπόρεσαν εύκολα να μάθουν το εικονικό περιβάλλον.
5. Οι μαθητές βρήκαν τις οδηγίες του εικονικού περιβάλλοντος σαφείς.

Εμπλοκή

6. Στους μαθητές άρεσε η αλληλεπίδραση με το εικονικό περιβάλλον.
7. Οι μαθητές ήταν συγκεντρωμένοι όσο χρησιμοποιούσαν το εικονικό περιβάλλον.
8. Οι μαθητές είχαν κίνητρο όσο χρησιμοποιούσαν το εικονικό περιβάλλον.

Αναφορά στο άρθρο ως: Λούφη, Μ. Ιορδανίδου, Σ., & Μικρόπουλος Τ. Α. (2021). Ένα εκπαιδευτικό εικονικό περιβάλλον για την αρχιτεκτονική του υπολογιστή. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 14, 109-118.

http://earthlab.uoi.gr/thete/index.php/thete