



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΙΓΑΙΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

Παιδαγωγική Έρευνα στο Αιγαίο 6η Ημερίδα Υποψήφιων Διδακτόρων Τόμος Πρακτικών



Επιμέλεια:

Αλιβίζος Σοφός

Μαρία Χιονίδου-Μοσκοφόγλου

Μιχαήλ Σκουμιός

Εμμανουήλ Φωκίδης

Μαριάνθη Οικονομάκου

Επιστημονική Επιτροπή

Πρόεδρος: Αλιβίζος Σοφός, Καθηγητής, Πρόεδρος ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Μαρία Χιονίδου-Μοσκοφόγλου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Μιχαήλ Σκουμιός, Αναπληρωτής Καθηγητής, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Εμμανουήλ Φωκίδης, Επίκουρος Καθηγητής, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Μαριάνθη Οικονομάκου, Επίκουρη Καθηγήτρια, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Οργανωτική Επιτροπή

Πρόεδρος: Αλιβίζος Σοφός, Καθηγητής, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Απόστολος Κώστας, Μέλος ΕΔΙΠ, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Χρυσούλα Ζουμπά, Αναπληρώτρια Προϊσταμένη της Γραμματείας του ΠΤΔΕ
Δημήτριος Κολοκυθάς, Μέλος Γραμματείας του ΠΤΔΕ
Ελπινίκη Αλευροφά, Μέλος Γραμματείας του ΠΤΔΕ
Βασίλης Παράσχου, Εξωτερικός συνεργάτης ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Αιγαίου

Επικοινωνία

Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης
Δημοκρατίας 1, 85132 Ρόδος
Τηλ. 22410 99210-12 • Φαξ 2241099209 • E-mail: PTDE_Gramm@aegean.gr
www.pre.aegean.gr

Περιεχόμενα

Εισαγωγικό σημείωμα	6
Οι πρακτικές στη μη τυπική εκπαίδευση των ενήλικων προσφυγών στα κράτη της Ε.Ε., Άγγελος Αθανασόπουλος & Αλιβίζος (Λοΐζος) Σοφός	11
Η θεατρική παράσταση στο σχολείο: Διερεύνηση του παραστασιακού άγχους παιδιών ηλικίας 10-12 ετών, Κωνσταντίνος Μαστροθανάσης & Μαρία Κλαδάκη.....	20
Ο ρόλος των Νέων Τεχνολογιών για τη δικτύωση των ορεινών σχολείων στην περιοχή του Τροόδου: Σχεδιασμός και υλοποίηση πρακτικών συμπληρωματικής σχολικής εξ αποστάσεως εκπαίδευσης, Σπύρος Σπύρου & Αλιβίζος (Λοΐζος) Σοφός.....	40
Η Φιλοσοφική Σχολή του Πανεπιστημίου Αθηνών (1904-1940): Οι διδάσκοντες και η εποχή τους, Αγωγιάτης Κωνσταντίνος & Παναγιώτης Κιμουρτζής	54
Η θρησκευτικότητα κατά την εποχή της πανδημίας COVID-19. Μια βιβλιογραφική ανασκόπηση, Ανδρούλα Ιωάννου & Πολύκαρπος Καραμούζης.....	69
Παράγοντες που επηρεάζουν τη διαδικασία μάθησης στη δημοκρατική ιδιότητα του πολίτη και ο ρόλος της θρησκείας, Αργυρώ Ποταμούση & Πολύκαρπος Καραμούζης.....	87
Δημιουργία λογισμικού Επιτραπέζιας Εικονικής Πραγματικότητας για τη διδασκαλία στοιχείων της Αρχαίας Ελληνικής τεχνολογίας, Παναγιώτης Αντωνόπουλος & Εμμανουήλ Φωκίδης.....	99
Προς ένα μοντέλο προσδιορισμού της Πλήρως Εμβυθισμένης Ψηφιακής Μαθησιακής Εμπειρίας, Πηνελόπη Ατσικπάση & Εμμανουήλ Φωκίδης	114
Βασικές διαφορές στην κατανομή της ύλης των Πιθανοτήτων και στις δραστηριότητες των σχολικών βιβλίων του Δημοτικού της Ελλάδας και της Σιγκαπούρης, Μιχαήλ Ζώρζος & Ευγένιος Αυγερινός.....	137
Βιβλιογραφική ανασκόπηση για τη χρήση της Εικονικής Πραγματικότητας στην Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, Παύλος Κεφαλάκης & Εμμανουήλ Φωκίδης.....	147
Αξιολόγηση των Πλατφορμών Σύγχρονης επικοινωνίας για Εκπαιδευτικούς σκοπούς με την χρήση του Μαθηματικού Μοντέλου M.U.S.A., Νικόλαος Μανίκαρος & Ευγένιος Αυγερινός.....	171
Οι τρεις διαστάσεις της μάθησης στις αναφορές και τις δραστηριότητες των εγχειριδίων Φυσικής της Β΄ Γυμνασίου για τις δυνάμεις, Μαργαρίτα Παπακωνσταντίνου & Μιχάλης Σκουμιός.....	200
Ρομαντική ειρωνεία και ειρωνική γλώσσα στην ποίηση του Κυριάκου Χαραλαμπίδη με αφορμή το ποίημα: "Ρήγα Βελεστινλή Θετταλού σήμανση", Μαρία Αμοιρίδου & Λουίζα Χριστοδουλίδου	218
Η λειτουργία τής μνήμης στην ποίηση του Κυρ. Χαραλαμπίδη με τη συμβολή του λογισμικού AntConc: Η περίπτωση της Αιγιαλούσης Επίσκεψις, Χρυσούλα Γιαννίκη & Λουίζα Χριστοδουλίδου.....	232

Δημιουργία λογισμικού Επιτραπέζιας Εικονικής Πραγματικότητας για τη διδασκαλία στοιχείων της Αρχαίας Ελληνικής τεχνολογίας

Παναγιώτης Αντωνόπουλος, Εμμανουήλ Φωκίδης

Περίληψη

Οι τεχνολογίες της Εικονικής Πραγματικότητας βρίσκουν ένα ευρύ πεδίο εφαρμογών. Παράλληλα, η μελέτη στις Αρχαίες Ελληνικές τεχνολογίας, έχει αρχίσει να προσελκύει το ενδιαφέρον των ερευνητών. Ωστόσο, η βιβλιογραφία αναφορικά με τη χρήση εκπαιδευτικών εφαρμογών σχετικών με την Αρχαία Ελληνική τεχνολογία είναι φτωχή. Έτσι, η παρούσα εργασία έχει ως σκοπό την παρουσίαση του πλαισίου δημιουργίας ενός εκπαιδευτικού διαδραστικού λογισμικού Επιτραπέζιας Εικονικής Πραγματικότητας, το οποίο περιλαμβάνει τέσσερεις Αρχαίες Ελληνικές εφευρέσεις. Για τη δημιουργία του χρησιμοποιήθηκε ένα σύνολο προγραμμάτων τρισδιάστατης μοντελοποίησης, παραγωγής εφαρμογών και προγραμματισμού. Το τελικό προϊόν εκτελείται σε έναν συνηθισμένο ηλεκτρονικό υπολογιστή και δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη, να παρατηρήσει, να θέσει σε λειτουργία τα αρχαία τεχνουργήματα, καθώς επίσης και να ενημερωθεί για τη λειτουργία τους και το ιστορικό τους πλαίσιο μέσα από αφηγήσεις, εικόνες και κείμενα. Η κατασκευή του λογισμικού έγινε με βάση ένα καθιερωμένο μοντέλο ανάπτυξης εφαρμογών και η αξιολόγησή του έγινε με εργαλείο που αναπτύχθηκε για αυτό τον σκοπό. Τα αποτελέσματα από τη χορήγηση της εφαρμογής σε ομάδα χρηστών, έδειξαν ότι αυτή, από τη μία πέτυχε οι χρήστες να αποκομίσουν γνωστικά οφέλη και από την άλλη, χαρακτηρίστηκε ως εύχρηστη, διασκεδαστική και ότι αύξησε το ενδιαφέρον τους για τα γνωστικά αντικείμενα που περιλαμβάνει.

Abstract

Virtual Reality technologies find a wide range of applications. At the same time, the study of the Ancient Greek technology has begun to attract the interest of researchers. However, the literature on the use of educational applications related to ancient Greek technology is limited. The present work aims to present the framework for the development of an interactive desktop virtual reality application, which includes four ancient Greek inventions. A set of 3D modeling, production, and programming applications were used for its development. The final product runs on ordinary computers and enables users to observe, put into operation the ancient artifacts, and be informed about their function and their historical context through narratives, images, and texts. The software was built based on an established model of application development and its evaluation was done with a tool developed for this purpose. The results, after the use of the application by a group of users, demonstrated that, on the one hand the application managed to benefit users in terms of knowledge acquisition and, on the other hand, it was characterized as easy to use, fun, and that it increased their interest in the learning subjects it contains.

Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια, παρατηρείται μια αναζωπύρωση του ενδιαφέροντος για την Αρχαία Ελληνική τεχνολογία. Το ενδιαφέρον αυτό, ιδιαίτερα μετά την ανακάλυψη του μηχανισμού των Αντικυθήρων, κορυφώνεται και έχει ως αποτέλεσμα την έκδοση ερευνητικών εργασιών σε επιστημονικά περιοδικά, την έκδοση βιβλίων, την κινηματογράφηση ντοκιμαντέρ και τη δημιουργία εκθέσεων αλλά και ολόκληρων θεματικών μουσείων με θέμα την Αρχαία Ελληνική τεχνολογία.

Παράλληλα, η σημερινή εποχή θα μπορούσε να χαρακτηριστεί σαν μια εποχή μεγάλης ανάπτυξης της τεχνολογίας. Μέρος του συνόλου των τεχνολογιών που αναπτύσσονται αποτελούν και οι τεχνολογίες της Εικονικής Πραγματικότητας (ΕΠ). Οι τεχνολογίες της ΕΠ είναι μια αναδυόμενη μορφή τεχνολογιών που εξελίσσονται εδώ και δεκαετίες, όμως το τελευταίο χρονικό διάστημα έχουν επανέλθει δυναμικά στο προσκήνιο, λόγω της ευρείας διάδοσης εξελιγμένου υλικού το οποίο είναι ταυτόχρονα και οικονομικά προσιτό στον μέσο χρήστη. Οι τεχνολογίες της ΕΠ αποτελούν εδώ και χρόνια αναπόσπαστο κομμάτι των ειδικών εφέ που χρησιμοποιούνται από τη βιομηχανία του κινηματογράφου και από τους εταιρικούς κολοσσούς παραγωγής βιντεοπαιχνιδιών (Φωκίδης & Τσολακίδης, 2011). Επιπρόσθετα, η ΕΠ χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη πληθώρας εκπαιδευτικών εφαρμογών σε πολλούς επιστημονικούς τομείς (ενδεικτικά μηχανική, φυσικές επιστήμες, μαθηματικά, ιστορία/αρχαιολογία, διδασκαλία ξένων γλωσσών) (Αντωνόπουλος & Φωκίδης, 2021). Η Επιτραπέζια Εικονική Πραγματικότητα (ΕΠΕΠ) χρησιμοποιεί συμβατικά μέσα διεπαφής του χρήστη με τον εικονικό κόσμο (οθόνη υπολογιστή, πληκτρολόγιο, χειριστήρια, ποντίκι). Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά της ΕΠΕΠ είναι η ευρεία διάδοση της, λόγω του σχετικά μικρού οικονομικού κόστους του υλικού της (Φωκίδης & Τσολακίδης, 2011). Παρόλη την ευρεία διάδοση των τεχνολογιών της ΕΠΕΠ, δεν εντοπίζεται η χρησιμοποίησή τους στον χώρο της Αρχαίας Ελληνικής τεχνολογίας. Έτσι, σκοπός της παρούσας εργασίας είναι αφενός η περιγραφή της δημιουργίας ενός λογισμικού ΕΠΕΠ, για τη διδασκαλία στοιχείων της Αρχαίας Ελληνικής τεχνολογίας και αφετέρου η παρουσίαση της αξιολόγησης του από ομάδα χρηστών.

Επισκόπηση της βιβλιογραφίας

Η Αρχαία Ελληνική τεχνολογία είναι ένα εξαιρετικά σημαντικό πολιτισμικό κεφάλαιο, το οποίο δεν εξαντλείται μόνο στον εθνικό του χώρο, αλλά έχει παγκόσμιες διαστάσεις. Η Αρχαία Ελληνική τεχνολογία ίσως ήταν περισσότερο κοντά από ότι νομίζουμε σε μια βιομηχανική επανάσταση, γενόμενη στα ελληνιστικά χρόνια. Η ενασχόληση με αυτή, ρίχνει φως σε μια λιγότερο γνωστή πτυχή του Αρχαίου Ελληνικού και κατ' επέκταση Ευρωπαϊκού πολιτισμού.

Μιλώντας για τεχνολογία, σήμερα, η ΕΠ και η ΕΠΕΠ έχει χρησιμοποιηθεί ποικιλοτρόπως για τη δημιουργία εκπαιδευτικών λογισμικών σε πολλά γνωστικά αντικείμενα. Στον τομέα της μηχανικής για παράδειγμα, δημιουργήθηκε λογισμικό προσομοίωσης ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών κυκλωμάτων (Ogbuanya & Onele, 2018), φωτοβολταϊκών συστημάτων (Abichandani et al., 2019), ανεμογεννητριών (Rafiee et al., 2017), δομικών συστημάτων (Dinis et al., 2018), ρομποτικής (Perez et al., 2019), ψηφιακής τοπογραφίας (Dean et al., 2018), συστημάτων βιομηχανικής σχεδίασης (Chu et al., 2017) και ηλεκτρομηχανικού πνευματικού εργαστηρίου (Garcia et al., 2019). Για την εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες, έχει δημιουργηθεί εικονικό εργαστήριο βιολογίας (Zafeiropoulos & Kalles, 2018), προσομοίωση

κρυσταλλικής δομής στερεών σωμάτων (Caro et al., 2018) και εργαστήριο ηλεκτρικών πεδίων (Smith et al., 2017). Επιπρόσθετα έχουν δημιουργηθεί λογισμικά για την εκπαίδευση εντός των πλαισίων της ειδικής αγωγής (Checa et al., 2019), τα οποία χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη σημαντικών δεξιοτήτων. Ακόμη, η ΕΠ έχει χρησιμοποιηθεί για την εκπαίδευση στα μαθηματικά (Tatac, 2020), στην εκπαίδευση στις ξένες γλώσσες (Peixoto et al., 2019), στην προσομοίωση διαστημοπλοίων (Sedláček et al., 2019), στην εκπαίδευση πλοήγησης οχημάτων (Chin et al., 2018) και στην εκπαίδευση σε επιστήμες υγείας (McJunkin et al., 2018).

Τέλος, οι τεχνολογίες της ΕΠ και ΕΠΕΠ χρησιμοποιούνται ευρέως στην μουσειακή εκπαίδευση. Ιδιαίτερα τα τελευταία έτη, πολλά μουσεία χρησιμοποιούν τις τεχνολογίες της ΕΠ είτε εντός των μουσειακών χώρων, είτε διαδικτυακά (ενδεικτικά, το μουσείο Νικολά Τέσλα: <https://nikolateslamuseum.org/en/virtual/longisland/start.php>, το μουσείο του Λούβρου https://www.youtube.com/watch?v=Au_UpzhzHwk&t=74s, το εθνικό μουσείο φυσικής ιστορίας του Παρισιού <https://www.mnhn.fr/en/explore/virtual-reality/journey-into-the-heart-of-evolution>). Επιπρόσθετα, αξίζει να αναφερθεί η δημιουργία λογισμικού ΕΠ για την αναπαράσταση εφεύρεσης του Νικολά Τέσλα (Vučković et al., 2017) και αρχαίας πόλης των Μάγια (Naya & Ibáñez, 2015). Στον τομέα της Αρχαίας Ελληνικής τεχνολογίας εντοπίστηκαν μόνο δυο μελέτες, εκ των οποίων καμία δεν αφορά σε λογισμικό ΕΠΕΠ. Οι Anastasovitis και Roumeliotis (2018) παρουσίασαν ένα εικονικό περιβάλλον Αρχαίας Ελληνικής τεχνολογίας, το οποίο αφορούσε τον μηχανισμό των Αντικυθήρων και οι Αντωνόπουλος και Φωκίδης (2021) παρουσίασαν ένα λογισμικό ΕΠ το οποίο αφορούσε τέσσερις Αρχαίες Ελληνικές εφευρέσεις (αιολόσφαιρα του Ήρωνα, φλογοβόλο των Βοιωτών, φρυκτωρίες και αυτόματο άνοιγμα των θυρών ενός ναού). Και τα δυο αυτά λογισμικά αφορούσαν άλλη μορφή ΕΠ. Επομένως, θα είχε ενδιαφέρον η δημιουργία ενός εκπαιδευτικού λογισμικού ΕΠΕΠ, με θέμα την Αρχαία Ελληνική τεχνολογία και ακολούθως η αξιολόγηση του από ομάδα χρηστών.

Μέθοδος

Για τη δημιουργία του λογισμικού χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο των Cyros et al., (2019). Το μοντέλο προβλέπει τέσσερα στάδια, την ταυτοποίηση, την σχεδίαση, την εκτέλεση και τη δοκιμή.

Αρχικά, στο στάδιο της ταυτοποίησης προσδιορίστηκαν τα χαρακτηριστικά και οι δυνατότητες που θα πρέπει να έχει το λογισμικό, καθώς και το περιεχόμενο του. Μετά από έρευνα στην σχετική βιβλιογραφία και σε μουσεία (ενδεικτικά, μουσείο Αρχαίας Ελληνικής τεχνολογίας Κώστα Κοτσανά), αποφασίστηκε η δημιουργία τεσσάρων Αρχαίων Ελληνικών εφευρέσεων, της αιωρούμενης σφαίρας του Ήρωνα, του ατμοτηλεβόλου του Αρχιμήδη, του υδραυλικού τηλέγραφου του Αινεία και του αυτόματου σπονδείου με κερματοδέκτη του Ήρωνα. Οι εφευρέσεις επιλέχθηκαν έτσι ώστε να καλύπτουν ποικιλία χρήσεων και ως εκ τούτου, κάθε μια από αυτές ανήκει σε διαφορετική κατηγορία αναφορικά με τη χρήση της. Η αιωρούμενη σφαίρα του Ήρωνα ανήκει στις μηχανές που δεν πραγματοποιούσαν κάποιο συγκεκριμένο πρακτικό έργο, αλλά ήταν κατασκευασμένες με σκοπό την τέρψη και τον εντυπωσιασμό του θεατή. Το ατμοτηλεβόλο του Αρχιμήδη ανήκει στις πολεμικές μηχανές, ο υδραυλικός τηλέγραφος στις τηλεπικοινωνιακές μηχανές και τέλος το αυτόματο σπονδείο του Ήρωνα ανήκει στις αυτοματιστικές μηχανές.

Η μελέτη αυτών των Αρχαίων Ελληνικών τεχνουργημάτων αποκάλυψε την μηχανική τους λειτουργία, η οποία καθόρισε μεγάλο μέρος της ανάπτυξης του λογισμικού, μιας ένας από τους στόχους του λογισμικού είναι η προσομοίωση της λειτουργίας των εφευρέσεων και επιπρόσθετα η διάδραση του χρήστη με αυτές. Αξίζει να σημειωθεί σε αυτό το σημείο, ότι στόχος ήταν δυνατότητα οι χρήστες να μπορούν να "λειτουργήσουν" τις εφευρέσεις σε πραγματικό χρόνο. Αυτό είναι και ένα από τα συγκριτικά πλεονεκτήματα της ΕΠ, σε σχέση με άλλες απλούστερες τεχνολογίες (για παράδειγμα, την επίδειξη της λειτουργίας μέσω βίντεο). Στην ΕΠ, ο χρήστης μπορεί και κινείται στον εικονικό χώρο και αλληλεπιδρά με τα εικονικά αντικείμενα. Επιπρόσθετα, λόγω της εκπαιδευτικής στόχευσης του λογισμικού, αποφασίστηκε να παρέχει πληροφόρηση παρόμοια με αυτή που παρέχεται σε κάποιον φυσικό μουσειακό χώρο, δηλαδή ο χρήστης να μπορεί να ενεργοποιήσει πληροφοριακό κείμενο και αφήγηση. Αποφασίστηκε, το περιεχόμενο των πληροφοριακών κειμένων και της αφήγησης να αφορούν στην μηχανική λειτουργία της κάθε εφεύρεσης, στην χρησιμότητα της, καθώς επίσης και στο ιστορικό πλαίσιο. Ακόμα, αξιοποιήθηκαν πρόσθετες συγχρονισμένες εικόνες οι οποίες διανθίζουν την αφήγηση και αποφασιστική η έκθεση των μηχανικών μερών της κάθε εφεύρεσης.

Προκειμένου να ολοκληρωθεί το στάδιο της σχεδίασης αποκτήθηκε τεχνογνωσία και αξιοποιήθηκαν επαγγελματικά λογισμικά. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό τρισδιάστατης μοντελοποίησης Blender (<https://www.blender.org>) και η μηχανή παραγωγής βιντεοπαιχνιδιών Unity (<https://unity.com>). Το στάδιο της σχεδίασης χωρίζεται σε επιμέρους υπο-στάδια: την τρισδιάστατη μοντελοποίηση και το πέρασμα των υφών.

Είναι η πρώτη φορά που επιχειρείται οι συγκεκριμένες τέσσερις αρχαίες εφευρέσεις να υλοποιηθούν σε ένα περιβάλλον ΕΠ και έτσι τα μοντέλα τους δεν υπάρχουν έτοιμα σε κάποιο αποθετήριο. Γι' αυτόν τον λόγο σχεδιάστηκαν από την αρχή, με βάση τις αρχαίες αναφορές, βιβλία Αρχαίας Ελληνικής τεχνολογίας και τις φυσικές αναπαραστάσεις τους σε μουσεία. Τα τρισδιάστατα μοντέλα των εφευρέσεων δημιουργήθηκαν αποκλειστικά με χρήση του λογισμικού Blender.

Μετά την ολοκλήρωση της μοντελοποίησης, τα μοντέλα εισάχθηκαν στην μηχανή Unity όπου και περάστηκαν οι υφές. Οι υφές ανακτήθηκαν από διαδικτυακά αποθετήρια. Δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στη ρεαλιστική απεικόνιση των υφών, γι' αυτόν τον λόγο και παραμετροποιήθηκαν αναλόγως του είδους τους, με στόχο την εποπτικότητα. Για παράδειγμα, οι μεταλλικές υφές παραμετροποιήθηκαν έτσι ώστε να γυαλίζουν και διαφανοποιήθηκαν υφές με στόχο να γίνεται περισσότερο εποπτική η λειτουργία, όπου αυτό κρίθηκε απαραίτητο.

Στο στάδιο της εκτέλεσης, πραγματοποιήθηκε προγραμματισμός των animation των εφευρέσεων. Τα animation των εφευρέσεων προσομοιώνουν τη λειτουργία της κάθε εφεύρεσης. Στην αιωρούμενη σφαίρα, όταν ο χρήστης πυροδοτήσει την εφεύρεση, ανάβει φωτιά, η οποία μεγαλώνει σταδιακά και μετά από ένα χρονικό σημείο η σφαίρα αρχίζει να αιωρείται, καθώς εξέρχεται ατμός από την εξάτμιση της μηχανής. Ακολουθεί η γραμμική ελάττωση της φωτιάς και στο σταμάτημα της μηχανής. Στο ατμοηλεβόλο του Αρχιμήδη, ο χρήστης "κάνοντας κλικ", γυρίζει τη στρόφιγγα και το ατμοηλεβόλο εκτοξεύει λίθινη σφαίρα. Στον υδραυλικό τηλεγράφο του Αινεία, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ανοίξει και να κλείσει τη βάνα, στέλνοντας το επιθυμητό μήνυμα και ταυτόχρονα εμφανίζεται μπροστά του και ο μηχανισμός του δέκτη. Τέλος, στο αυτόματο σπονδείο του Ήρωνα, ο χρήστης μπορεί να ενεργοποιήσει τη ρίψη του νομίσματος και να παρακολουθήσει σε πραγματικό χρόνο τη

λειτουργία του μηχανισμού με αντίβαρο, ο οποίος γεμίζει το ποτήρι με αγιασμό. Αξίζει να σημειωθεί ότι τη λειτουργία των εφευρέσεων συνοδεύουν τα αντίστοιχα ηχητικά εφέ, τα οποία ανακτήθηκαν από διαδικτυακά αποθετήρια.

Μετά τον προγραμματισμό των animation, εισάχθηκαν και παραμετροποιήθηκαν τα δευτερεύοντα στοιχεία του περιβάλλοντα χώρου (ενδεικτικά, κτήρια, δέντρα, τραπέζια, αρχαία νομίσματα, δαυλοί). Κάποια από αυτά ανακτήθηκαν από αποθετήρια και άλλα σχεδιάστηκαν με τη βοήθεια του λογισμικού Blender. Επίσης έγινε εισαγωγή και παραμετροποίηση του avatar, το οποίο ανακτήθηκε από το αποθετήριο Unity Store.

Τέλος, στο τελευταίο μέρος του σταδίου της εκτέλεσης εμπλέκεται η χρήση αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού. Συγγράφηκε πληθώρα custom scripts, τα οποία ορίζουν πολλές λειτουργίες του λογισμικού (ενδεικτικά, τηλεμεταφορά, εκτέλεση κειμένου, ενεργοποίηση αφήγησης, θέση λειτουργίας εφεύρεσης, λειτουργία υδραυλικού τηλεγράφου, έξοδος από την εφαρμογή). Για τη συγγραφή των scripts χρησιμοποιήθηκε το περιβάλλον προγραμματισμού Visual Studio Code (<https://code.visualstudio.com>).

Εν κατακλείδι, στο στάδιο της δοκιμής, έγινε εξονυχιστικός έλεγχος για bugs και με βάση την ανατροφοδότηση, πραγματοποιήθηκαν αισθητικές μικροβελτιώσεις. Μια άποψη του τελικού αποτελέσματος, της δημιουργίας των αρχαίων εφευρέσεων παρουσιάζεται στην Εικόνα 1.



Εικόνα 1: Τελικό αποτέλεσμα της δημιουργίας των Αρχαίων Ελληνικών εφευρέσεων. Από πάνω αριστερά προς τα δεξιά: αιωλόσφαιρα του Ήρωνα, ατμοηλεβόλο του Αρχιμήδη. Από κάτω αριστερά προς τα δεξιά: υδραυλικός τηλεγράφος του Αινεία, αυτόματο σπονδείο με κερατοδέκτη του Ήρωνα.

Αξιολόγηση λογισμικού

Μετά το πέρας της δημιουργίας του λογισμικού, κρίθηκε απαραίτητη η αξιολόγηση του λογισμικού από ομάδα χρηστών. Σκοπός της αξιολόγησης του λογισμικού ήταν η παροχή ανατροφοδότησης αναφορικά με την συνολική εμπειρία (experience) που προσφέρει, προκειμένου να πραγματοποιηθούν τυχόν αλλαγές, έτσι ώστε το λογισμικό να χρησιμοποιηθεί σε περαιτέρω έρευνα. Λόγω της εκπαιδευτικής φύσης του λογισμικού, κρίθηκε ότι θα πρέπει να διερευνηθεί η επίδραση μιας σειράς παραγόντων, οι οποίοι, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, αφενός επιδρούν στο φαινόμενο της μάθησης και αφετέρου χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση λογισμικών ΕΠ.

Η εμπειρία χρήσης του λογισμικού φαίνεται να είναι μια πολύπλευρη έννοια, μιας και σε αυτή εμπλέκονται πολλοί παράγοντες. Ως ερευνητικό εργαλείο συγκροτήθηκε ερωτηματολόγιο, στο οποίο οι ερωτήσεις του ανίχνευαν την επίδραση των παραγόντων στην εμπειρία χρήσης του λογισμικού. Πιο συγκεκριμένα, για τη διερεύνηση των παραγόντων που σχετίζονται με τεχνικά θέματα, χρησιμοποιήθηκαν 5 ερωτήσεις, οι οποίες ανιχνεύουν τον παράγοντα αισθητική/εμφάνιση (aesthetics/appeal), 3 ερωτήσεις που αφορούν τον παράγοντα έλεγχος (control), 5 ερωτήσεις που αφορούν τον παράγοντα ευκολία χρήσης (ease of use/ usability), 4 ερωτήσεις που αφορούν τον παράγοντα διάδραση (interaction) και 4 ερωτήσεις που αφορούν τον παράγοντα καθοδήγηση/παροχή ανατροφοδότησης guidance/feedback (Abeele et al., 2019· Agarwal & Karahanna, 2000· Baños et al., 2000· Fang et al., 2013· Hassenzahl et al., 2003· IJsselsteijn et al., 2013· Nijs et al., 2012· Parnell et al., 2009· Phan et al., 2016· Slater, 1999· Wiebe et al., 2014). Για τη διερεύνηση παραγόντων που σχετίζονται με συναισθήματα, χρησιμοποιήθηκαν 3 ερωτήσεις που αφορούν την απόλαυση (app enjoyment) του λογισμικού και 4 ερωτήσεις που αφορούν την απόλαυση της μάθησης (learning enjoyment) (Fang et al., 2013· IJsselsteijn et al., 2013). Επιπρόσθετα, για τη διερεύνηση παραγόντων σχετιζόμενων με τη μαθησιακή εμπειρία, χρησιμοποιήθηκαν 6 ερωτήσεις που αφορούν υποκειμενικό γνωστικό κέρδος/συναφές γνωστικό φορτίο (subjective knowledge gains/germane cognitive load), 4 ερωτήσεις που αφορούν τα κίνητρα μάθησης (motivation to learn), 4 ερωτήσεις που αφορούν το γνωστικό φορτίο (cognitive load), 4 ερωτήσεις που αφορούν το ενδιαφέρον για το θέμα (domain specific interest) και 3 ερωτήσεις που αφορούν τα κίνητρα της χρήσης του λογισμικού (motivation to use) (Chen et al., 2011· Chou & Liu, 2005· Fu et al., 2009· Gunawardena & Zittle, 1997· Ibili & Billinghamurst, 2019· Jennett et al., 2008· Keller, 2006· Parnell et al., 2009· Vorderer et al., 2004· Wiebe, 2014). Το ερωτηματολόγιο περιλάμβανε στο σύνολο του 49 ερωτήσεις κλίμακας Likert και συγκροτήθηκε με τη βοήθεια του εργαλείου Google Forms.

Οι συμμετέχοντες ήταν 41 ενήλικες ηλικίας 26 – 45, με μικρή ή χωρίς πρότερη εμπειρία σε λογισμικά ΕΠ. Πραγματοποιήθηκε προφορική ενημέρωση πριν την διενέργεια έρευνας, αναφορικά με τη φύση της και τους σκοπούς της. Επιπρόσθετα οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν προφορικά για τη φύση του λογισμικού, τις δυνατότητες του και τον χειρισμό του. Μετά το πέρας της ολιγόλεπτης ενημέρωσης, οι συμμετέχοντες χρησιμοποίησαν το λογισμικό στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές για 40 λεπτά. Αφού εξαντλήθηκε ο χρόνος δοκιμής του λογισμικού, οι μαθητές συμπλήρωσαν το ηλεκτρονικό ερωτηματολόγιο.

Αποτελέσματα

Αρχικά, το ερωτηματολόγιο ελέγχθηκε με τον δείκτη συνοχής συνάφειας Cronback's alpha, ο οποίος βρέθηκε να είναι ικανοποιητικός ($\alpha = 0,81$). Επιπρόσθετα, υπολογίστηκε ο Μέσος Όρος των απαντήσεων (πενταβάθμια κλίμακα Likert) και η Τυπική Απόκλιση, όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Μέσος Όρος και Τυπική Απόκλιση

Παράγοντες	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση
Αισθητική	4,33	0,44
Γνωστικό φορτίο	4,25	0,67
Έλεγχος	4,45	0,71
Ενδιαφέρον για το γνωστικό αντικείμενο	3,84	0,91
Ευχρηστία	4,65	0,40
Απόλαυση εφαρμογής	4,60	0,52
Απόλαυση μάθησης	4,44	0,60
Ανατροφοδότηση	4,62	0,39
Αλληλεπίδραση	4,35	0,61
Κίνητρα μάθησης	4,50	0,61
Κίνητρα χρήσης	4,60	0,53
Γνωστικό όφελος (αυτοαναφερόμενο)	4,74	0,34

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 1, οι χρήστες είχαν θετική άποψη για την αισθητική του λογισμικού ($M = 4,33$, $SD = 0,44$). Επιπρόσθετα, διατύπωσαν θετική άποψη αναφορικά με το γνωστικό φορτίο της εφαρμογής ($M = 4,25$, $SD = 0,67$) και τον έλεγχο ($M = 4,45$, $SD = 0,71$). Το ενδιαφέρον των χρηστών για το γνωστικό αντικείμενο του λογισμικού αξιολογήθηκε ως ουδέτερο ($M = 3,84$, $SD = 0,91$). Πολύ θετική άποψη διατυπώθηκε αναφορικά με την ευχρηστία ($M = 4,65$, $SD = 0,40$) και την απόλαυση της εφαρμογής ($M = 4,60$, $SD = 0,52$). Η απόλαυση μάθησης αξιολογήθηκε ως θετική ($M = 4,44$, $SD = 0,60$) και η ανατροφοδότηση που παρείχε το λογισμικό ως πολύ θετική ($M = 4,62$, $SD = 0,39$). Οι χρήστες είχαν θετική άποψη αναφορικά με την αλληλεπίδραση του λογισμικού ($M = 4,35$, $SD = 0,61$) και πολύ θετική άποψη για τα κίνητρα μάθησης ($M = 4,50$, $SD = 0,61$), τα κίνητρα χρήσης ($M = 4,60$, $SD = 0,53$) και το γνωστικό όφελος του λογισμικού ($M = 4,74$, $SD = 0,34$).

Τέλος, υπολογίστηκαν οι συσχετίσεις μεταξύ των παραγόντων με το Pearson's test. Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις ($p < 0,05$).

Πίνακας 2: Συσχετίσεις μεταξύ παραγόντων

		Απόλαυση εφαρμογής	Απόλαυση μάθησης	Ανατροφοδότηση	Αλληλεπίδραση	Κίνητρα μάθησης	Κίνητρα χρήσης	Γνωστικό όφελος
Έλεγχος	Συσχέτιση	0,436	0,311	0,320	0,511	0,455	0,513	0,349
	p	0,04	0,048	0,041	0,001	0,003	0,001	0,025
Ενδιαφέρον για το γνωστικό αντικείμενο	Συσχέτιση	0,319	0,329	-	-	0,416	0,329	-
	p	0,042	0,036	-	-	0,007	0,036	-
Απόλαυση εφαρμογής	Συσχέτιση	-	0,048	0,410	-	-	-	0,542
	p	-	0,008	0,008	-	-	-	0,000
Απόλαυση μάθησης	Συσχέτιση	-	-	-	-	0,520	0,392	-
	p	-	-	-	-	0,000	0,011	-
Ανατροφοδότηση	Συσχέτιση	-	-	-	0,471	0,362	0,489	0,554
	p	-	-	-	0,002	0,020	0,001	0,000
Αλληλεπίδραση	Συσχέτιση	-	-	-	-	0,495	0,653	0,328
	p	-	-	-	-	0,001	0,000	0,036
Κίνητρα μάθησης	Συσχέτιση	-	-	-	-	-	0,681	-
	p	-	-	-	-	-	0,000	-
Κίνητρα χρήσης	Συσχέτιση	-	-	-	-	-	-	0,439
	p	-	-	-	-	-	-	0,004

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 2, ανιχνεύονται στατιστικά σημαντικές θετικές συσχετίσεις μεταξύ των παρακάτω παραγόντων:

- Έλεγχος- απόλαυση εφαρμογής: Μεγάλη συσχέτιση: $r(39) = 0,436, p = 0,04$
- Έλεγχος- απόλαυση μάθησης: Μεσαία συσχέτιση: $r(39) = 0,311, p = 0,048$
- Έλεγχος- ανατροφοδότηση: Μεσαία συσχέτιση: $r(39) = 0,320, p = 0,041$
- Έλεγχος- αλληλεπίδραση: Μεγάλη συσχέτιση: $r(39) = 0,511, p = 0,001$
- Έλεγχος- κίνητρα μάθησης: Μεγάλη συσχέτιση: $r(39) = 0,455, p = 0,003$
- Έλεγχος- κίνητρα χρήσης: Μεγάλη συσχέτιση: $r(39) = 0,513, p = 0,001$
- Έλεγχος- γνωστικό όφελος: Μεσαία συσχέτιση: $r(39) = 0,349, p = 0,025$
- Ενδιαφέρον για το γνωστικό αντικείμενο - απόλαυση εφαρμογής: Μεσαία συσχέτιση: $r(39) = 0,319, p = 0,042$
- Ενδιαφέρον για το γνωστικό αντικείμενο - απόλαυση μάθησης: Μεσαία συσχέτιση: $r(39) = 0,329, p = 0,036$
- Ενδιαφέρον για το γνωστικό αντικείμενο - κίνητρα μάθησης: Μεγάλη συσχέτιση: $r(39) = 0,416, p = 0,007$
- Ενδιαφέρον για το γνωστικό αντικείμενο - κίνητρα χρήσης: Μεσαία συσχέτιση: $r(39) = 0,329, p = 0,036$
- Απόλαυση εφαρμογής- απόλαυση μάθησης: Μεγάλη συσχέτιση: $r(39) = 0,605, p < 0,001$
- Απόλαυση εφαρμογής - ανατροφοδότηση: Μεγάλη συσχέτιση: $r(39) = 0,410, p = 0,008$
- Απόλαυση εφαρμογής - γνωστικό όφελος: Μεγάλη συσχέτιση: $r(39) = 0,542, p < 0,001$
- Απόλαυση μάθησης- κίνητρα μάθησης: Μεγάλη συσχέτιση: $r(39) = 0,520, p < 0,001$
- Απόλαυση μάθησης- κίνητρα χρήσης: Μεσαία συσχέτιση: $r(39) = 0,392, p = 0,011$
- Ανατροφοδότηση- αλληλεπίδραση: Μεγάλη συσχέτιση: $r(39) = 0,471, p = 0,002$
- Ανατροφοδότηση- κίνητρα μάθησης: Μεσαία συσχέτιση: $r(39) = 0,362, p = 0,020$
- Ανατροφοδότηση- κίνητρα χρήσης: Μεγάλη συσχέτιση: $r(39) = 0,489, p = 0,001$
- Ανατροφοδότηση- γνωστικό όφελος: Μεγάλη συσχέτιση: $r(39) = 0,554, p < 0,001$
- Αλληλεπίδραση- κίνητρα μάθησης: Μεγάλη συσχέτιση: $r(39) = 0,495, p = 0,001$
- Αλληλεπίδραση- κίνητρα χρήσης: Μεγάλη συσχέτιση: $r(39) = 0,681, p < 0,001$
- Κίνητρα χρήσης- γνωστικό όφελος: Μεγάλη συσχέτιση: $r(39) = 0,439, p = 0,004$

Αξίζει να σημειωθεί ότι η αξιολόγηση του λογισμικού, εκτός από το ερωτηματολόγιο, έλαβε χώρα και μέσω προφορικού διαλόγου και σχολίων μεταξύ των ερευνητών και των χρηστών, κατά τη διάρκεια της χρήσης του λογισμικού. Καρπός του σχολιασμού ήταν η δημιουργία μιας έκδοσης του λογισμικού, η οποία είχε λιγότερο ευαίσθητο mouse, μετά από προτροπή κάποιων χρηστών. Όντως, η ευαισθησία χειρισμού του mouse ήταν πολύ υψηλή, λόγω της εμπειρίας των ερευνητών σε ηλεκτρονικά παιχνίδια πρώτου προσώπου. Αυτή όμως η μεγάλη ευαισθησία και ακρίβεια στις κινήσεις του χρήστη, αρχικά δυσκόλεψε μια μερίδα χρηστών, οι οποίοι ανέφεραν το γεγονός στους ερευνητές, με αποτέλεσμα την άμεση επανέκδοση του λογισμικού με νέες ρυθμίσεις ευαισθησίας. Επιπρόσθετα, τα προφορικά σχόλια των χρηστών συγκλίνουν με τα ευρήματα του ερωτηματολογίου, με τους χρήστες να δηλώνουν ικανοποιημένοι και πολλές φορές μάλιστα εντυπωσιασμένοι με το λογισμικό.

Συζήτηση

Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης καταδεικνύουν τη δημιουργία ενός αξιόλογου εκπαιδευτικού λογισμικού ΕΠΕΠ. Το λογισμικό αυτό αξιολογήθηκε θετικά από τους χρήστες διότι αφενός σε τεχνικό επίπεδο ήταν ικανοποιητικό, με ρεαλιστικά γραφικά και αφετέρου, διότι ήταν πολύ αλληλεπιδραστικό και περιλάμβανε πολυδιάστατη και στοχευμένη ενημέρωση του χρήστη. Επιπρόσθετα, η θετική αξιολόγηση πιθανόν να οφείλεται και στην πρωτοτυπία του, καθώς αποτελεί την πρώτη προσπάθεια δημιουργίας λογισμικού ΕΠΕΠ με θέμα την Αρχαία Ελληνική τεχνολογία και μάλιστα οι τέσσερις εφευρέσεις που παρουσιάζονται, δεν έχουν ξαναπροσομοιωθεί ποτέ, σε κανένα είδος ΕΠ. Επιπρόσθετα, λόγω καινοτομίας της αξιολόγησης, αυτή δεν μπορεί να συγκριθεί με παρόμοιες προσπάθειες. Εκτός από το εν λόγω λογισμικό ΕΠΕΠ, στον χώρο των τεχνολογιών της ΕΠ έχουν εντοπιστεί μόνο άλλα δυο λογισμικά, τα οποία αφορούν την ΠΕΕΠ. Πρόκειται για το παρόμοιο λογισμικό των Αντωνόπουλου και Φωκίδη (2021), το οποίο αφορά σε τέσσερις διαφορετικές Αρχαίες Ελληνικές εφευρέσεις, για την πλατφόρμα Oculus Quest και για την προσπάθεια των Anastasovitis και Roumeliotis (2018), η οποία αφορά τον μηχανισμό των Αντικυθήρων και χρησιμοποιεί την πλατφόρμα Oculus Rift. Και τα δυο αυτά λογισμικά, μέχρι στιγμής, δεν έχουν εκτεθεί σε αξιολόγηση χρηστών.

Ωστόσο, τα ευρήματα αυτής της προκαταρκτικής έρευνας συγκλίνουν με ευρήματα ερευνών που αφορούν στο ευρύτερο πεδίο της χρήσης τεχνολογιών ΕΠ, για τη δημιουργία serious games για την εκπαίδευση στον πολιτισμό. Η έρευνα των Andreoli et al. (2016), που αφορά σε serious game για τον πολιτισμό, αποκαλύπτει ευεργετική γνωστική επίδραση, θετική αξιολόγηση των χρηστών στον έλεγχο, στην αισθητική και στα κίνητρα εμπλοκής με την εφαρμογή. Επιπρόσθετα η έρευνα που διεξήχθη αναφορικά με τη χρήση του λογισμικού thIATRO των Froschauer et al. (2012) αποκαλύπτει δημιουργία κινήτρων στους μαθητές, που αφορούν στην ενασχόληση τους με την ιστορία της τέχνης. Στο ίδιο μήκος κύματος κινείται και η έρευνα των Mortara et al. (2013), που αφορά τη χρήση του λογισμικού Icuira, ενός λογισμικού για την εκπαίδευση στον Ιαπωνικό πολιτισμό. Η έρευνα αποκαλύπτει ότι το λογισμικό αξιολογήθηκε θετικά από τους χρήστες -μεταξύ άλλων- στον τομέα της ευχρηστίας και της δημιουργίας κινήτρων. Ακόμη μια έρευνα η οποία κινείται στον ευρύτερο χώρο των τεχνολογιών της ΕΠ, είναι αυτή των Christofi et al. (2018). Η έρευνα αφορά τη χρήση ενός λογισμικού ΕΠ για την προσομοίωση του αρχαιολογικού χώρου της Χοιροκοιτίας στην Κύπρο. Αποκαλύπτεται ότι το λογισμικό ΕΠ είχε ευεργετική γνωστική επίδραση.

Τέλος στο μεγαλύτερο μέρος των παραγόντων που αποκαλύπτεται στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση, αυτή είναι λογικά αναμενόμενη (ενδεικτικά απόλαυση εφαρμογής – απόλαυση μάθησης) και αναδεικνύονται περιπτώσεις συσχετίσεων, οι οποίες χρήζουν περαιτέρω μελέτης.

Συμπεράσματα

Σκοπός της εργασίας ήταν η δημιουργία και η προκαταρκτική αξιολόγηση ενός εκπαιδευτικού λογισμικού ΕΠΕΠ για την Αρχαία Ελληνική τεχνολογία, έτσι ώστε να είναι έτοιμο για δοκιμή σε ικανό δείγμα. Καρπός της προσπάθειών ανάπτυξης ήταν η δημιουργία ενός ποικιλοτρόπως αλληλεπιδραστικού εκπαιδευτικού λογισμικού ΕΠΕΠ, για την Αρχαία Ελληνική τεχνολογία, το οποίο περιλαμβάνει -για πρώτη φορά- τις ακόλουθες εφευρέσεις: Την αιολόσφαιρα του

Ήρωνα, το ατμοτηλεβόλο του Αρχιμήδη, τον υδραυλικό τηλεγράφο του Αινεία και το αυτόματο σπονδείο με κερματοδέκτη του Ήρωνα.

Το λογισμικό αξιολογήθηκε από ομάδα χρηστών (N=41) και βρέθηκε ικανοποιητικό από όλες τις απόψεις με το Μέσο Όρο να κυμαίνεται από 3,84 έως 4,7. Επίσης αποκαλύφθηκε χαμηλή Τυπική Απόκλιση, με την πλειοψηφία των απαντήσεων κοντά στον Μέσο Όρο.

Επιπρόσθετα, με τον έλεγχο Pearson, αποκαλύφθηκαν 23 στατιστικά σημαντικές θετικές συσχετίσεις παραγόντων που αφορούν τη χρήση του λογισμικού ΕΠΕΠ. Ορισμένες από τις συσχετίσεις των παραγόντων παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον και θα πρέπει να μελετηθούν σε βάθος.

Το μέγεθος του δείγματος των χρηστών που έλαβαν μέρος στην αξιολόγηση του λογισμικού δεν είναι ικανό έτσι ώστε να είναι δυνατή η γενίκευση συμπερασμάτων. Στην παρούσα φάση στόχος της αξιολόγησης ήταν ο έλεγχος του παραχθέντος λογισμικού, έτσι ώστε αυτό, σε επόμενη φάση να αξιολογηθεί από μεγαλύτερο δείγμα χρηστών.

Βιβλιογραφία

- Αντωνόπουλος, Π., & Φωκίδης, Ε. (2021). Δημιουργία εφαρμογής πλήρους εμβυθισμένης εικονικής πραγματικότητας για τη διδασκαλία στοιχείων της Αρχαίας Ελληνικής τεχνολογίας. *1ο Διεθνές Διαδικτυακό Εκπαιδευτικό Συνέδριο Από τον 20ο στον 21ο αιώνα μέσα σε 15 ημέρες*, (1), 618-627. <https://dx.doi.org/10.12681/online-edu.3273>
- Φωκίδης, Ε, Τσολακίδης Κ., &. (2011). *Η εικονική πραγματικότητα στην εκπαίδευση θεωρία και πράξη*. Εκδόσεις Διάδραση.
- Abeele, V. V., Spiel, K., Nacke, L., Johnson, D., & Gerling, K. (2020). Development and validation of the player experience inventory: A scale to measure player experiences at the level of functional and psychosocial consequences. *International Journal of Human-Computer Studies*, 135, 102370. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2019.102370>
- Abichandani, P., Mcintyre, W., Fligor, W., & Lobo, D. (2019). Solar Energy Education Through a Cloud-Based Desktop Virtual Reality System. *IEEE Access*, 7, 147081-147093.
- Agarwal, R., & Karahanna, E. (2000). Time flies when you're having fun: Cognitive absorption and beliefs about information technology usage. *MIS quarterly*, 665-694.
- Anastasovitis, E., & Roumeliotis, M. (2018). Virtual Museum for the Antikythera Mechanism: Designing an immersive cultural exhibition. In *2018 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct)* (pp. 310-313). IEEE. [doi:10.1109/ismar-adjunct.2018.00092](https://doi.org/10.1109/ismar-adjunct.2018.00092)
- Andreoli, R., Corolla, A., Faggiano, A., Malandrino, D., Pirozzi, D., Ranaldi, M., ... Scarano, V. (2016). Immersivity and Playability Evaluation of a Game Experience in Cultural Heritage. *Lecture Notes in Computer Science*, 814-824.

- Baños, R. M., Botella, C., Garcia-Palacios, A., Villa, H., Perpiñá, C., & Alcaniz, M. (2000). Presence and reality judgment in virtual environments: a unitary construct?. *CyberPsychology & Behavior*, 3(3), 327-335.
- Caro, V., Carter, B., Dagli, S., Schissler, M., & Millunchick, J. (2018). Can virtual reality enhance learning: A case study in materials science. In *2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. 1-4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/fie.2018.8659267>
- Checa, D., Ramon, L., & Bustillo, A. (2019). Virtual Reality Travel Training Simulator for People with Intellectual Disabilities. In *International Conference on Augmented Reality, Virtual Reality and Computer Graphics* (pp. 385-393). Springer, Cham
- Chen, M., Kolko, B. E., Cuddihy, E., & Medina, E. (2011). Modeling but NOT measuring engagement in computer games. In *Proceedings of the 7th international conference on Games+ Learning+ Society Conference* (pp. 55-63).
- Chin, C. S., Kamsani, N. B., Zhong, X., Cui, R., & Yang, C. (2018). Unity3D serious game engine for high fidelity virtual reality training of remotely-operated vehicle pilot. In *2018 10th international Conference on Modelling, identification and Control (iCMiC)* (pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICMIC.2018.8529900>
- 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.
- Christofi, M., Kyrlitsias, C., Michael-Grigoriou, D., Anastasiadou, Z., Michaelidou, M., Papamichael, I., & Pieri, K. (2018). A tour in the archaeological site of choirokoitia using virtual reality: a learning performance and interest generation assessment. In *Advances in digital cultural heritage* (pp. 208-217). Springer, Cham.
- Chu, P. Y., Chen, L. C., Kung, H. W., & Su, S. J. (2017). A study on the differences among M3D, S3D and HMD for students with different degrees of spatial ability in design education. In *International Conference on Human-Computer Interaction* (pp. 293-299). Springer, Cham.
- Cuyos, K. G., Ubanan, D. R., & Ceniza, A. M. (2019). Computer simulation model for traffic enforcement using unity engine. *Proceedings of the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 482(1), 012018). <https://doi:10.1088/1757-899X/482/1/012018>
- Dean, D., Millward, J., Mulligan, L., Saleh, I., Wise, C., & Higgins, G. (2018). Evaluating alternative input techniques for building and construction VR training. In *2018 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)* (pp. 1001-1004). IEEE. <https://doi.org/10.1109/TALE.2018.8615236>
- Dinis, F. M., Martins, J. P., Carvalho, B. R., & Guimarães, A. S. (2018). Disseminating civil engineering through virtual reality: An immersive interface.
- Fang, X., Zhang, J., & Chan, S. S. (2013). Development of an instrument for studying flow in computer game play. *International journal of human-computer interaction*, 29(7), 456-470. <https://doi.org/10.1080/10447318.2012.715991>

- Froschauer, J., Arends, M., Goldfarb, D., & Merkl, D. (2012). A serious heritage game for art history: Design and evaluation of ThIATRO. In *2012 18th International Conference on Virtual Systems and Multimedia* (pp. 283-290). IEEE.
- Fu, F. L., Su, R. C., & Yu, S. C. (2009). EGameFlow: A scale to measure learners' enjoyment of e-learning games. *Computers & Education*, 52(1), 101-112. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.07.004>
- Garcia, C. A., Naranjo, J. E., Alvarez-M, E., & Garcia, M. V. (2019). Training virtual environment for teaching simulation and control of pneumatic systems. In *International Conference on Augmented Reality, Virtual Reality and Computer Graphics* (pp. 91-104). Springer, Cham.
- Gunawardena, C. N., & Zittle, F. J. (1997). Social presence as a predictor of satisfaction within a computer-mediated conferencing environment. *American journal of distance education*, 11(3), 8-26.
- Hassenzahl, M., Burmester, M., & Koller, F. (2003). AttrakDiff: Ein Fragebogen zur Messung wahrgenommener hedonischer und pragmatischer Qualität. In *Mensch & computer 2003* (pp. 187-196). Vieweg+ Teubner Verlag.
- Ibili, E., & Billingham, M. (2019). Assessing the Relationship between Cognitive Load and the Usability of a Mobile Augmented Reality Tutorial System: A Study of Gender Effects. *International Journal of Assessment Tools in Education*, 6(3), 378-395. <https://doi.org/10.21449/ijate.594749>
- IJsselsteijn, W. A., de Kort, Y. A., & Poels, K. (2013). *The Game Experience Questionnaire*. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven.
- Jennett, C., Cox, A. L., Cairns, P., Dhoparee, S., Epps, A., Tijs, T., & Walton, A. (2008). Measuring and defining the experience of immersion in games. *International journal of human-computer studies*, 66(9), 641-661.
- Keller, J. M. (2006). Development of two measures of learner motivation. *Unpublished Manuscript in progress*. Florida State University.
- McJunkin, J. L., Jiramongkolchai, P., Chung, W., Southworth, M., Durakovic, N., Buchman, C. A., & Silva, J. R. (2018). Development of a mixed reality platform for lateral skull base anatomy. *Otology & Neurotology: Official Publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*, 39(10), e1137. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000001995>
- Mortara, M., Catalano, C. E., Fiucci, G., & Derntl, M. (2013, October). Evaluating the effectiveness of serious games for cultural awareness: the Icura user study. In *International Conference on Games and Learning Alliance* (pp. 276-289). Springer, Cham.
- Naya, V. B., & Ibáñez, L. A. H. (2015). Evaluating user experience in joint activities between schools and museums in virtual worlds. *Universal Access in the Information Society*, 14(3), 389-398. <https://doi.org/10.1007/s10209-014-0367-y>

- Nijs, L., Coussement, P., Moens, B., Amelinck, D., Lesaffre, M., & Leman, M. (2012). Interacting with the Music Paint Machine: Relating the constructs of flow experience and presence. *Interacting with Computers*, 24(4), 237-250. <https://doi.org/10.1016/j.intcom.2012.05.002>
- Ogbuanya, T. C., & Onele, N. O. (2018). Investigating the effectiveness of desktop virtual reality for teaching and learning of electrical/electronics technology in universities. *Computers in the Schools*, 35(3), 226-248. <https://doi.org/10.1080/07380569.2018.1492283>
- Parnell, M. J., Berthouze, N., & Brumby, D. (2009). *Playing with scales: Creating a measurement scale to assess the experience of video games*. University College London, London, UK.
- Pavlas, D., Jentsch, F., Salas, E., Fiore, S. M., & Sims, V. (2012). The play experience scale: development and validation of a measure of play. *Human factors*, 54(2), 214-225.
- Peixoto, B., Pinto, D., Krassmann, A., Melo, M., Cabral, L., & Bessa, M. (2019). Using virtual reality tools for teaching foreign languages. In *World Conference on Information Systems and Technologies* (pp. 581-588). Springer, Cham.
- Pérez, L., Diez, E., Usamentiaga, R., & García, D. F. (2019). Industrial robot control and operator training using virtual reality interfaces. *Computers in Industry*, 109, 114-120. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.05.001>
- Phan, M. H., Keebler, J. R., & Chaparro, B. S. (2016). The development and validation of the game user experience satisfaction scale (GUESS). *Human Factors*, 58(8), 1217-1247. <https://doi.org/10.1177/0018720816669646>
- Rafiee, A., Van der Male, P., Dias, E., & Scholten, H. (2017). Developing a wind turbine planning platform: Integration of "sound propagation model-GIS-game engine" triplet. *Environmental Modelling & Software*, 95, 326-343. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.06.019>
- Sedláček, D., Okluský, O., & Zara, J. (2019). Moon base: A serious game for education. In *2019 11th International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications (VS-Games)* (pp. 1-4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/VS-Games.2019.8864540>
- Slater, M. (1999). Measuring presence: A response to the Witmer and Singer presence questionnaire. *Presence*, 8(5), 560-565.
- Smith, J. R., Byrum, A., McCormick, T. M., Young, N., Orban, C., & Porter, C. D. (2017). A controlled study of stereoscopic virtual reality in freshman electrostatics. *arXiv preprint arXiv:1707.01544*.
- Takac, M. (2020). Application of Web-based Immersive Virtual Reality in Mathematics Education. In *2020 21th International Carpathian Control Conference (ICCC)* (pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCC49264.2020.9257276>
- Vorderer, P., Wirth, W., Gouveia, F. R., Biocca, F., Saari, T., Jäncke, F., ... & Jäncke, P. (2004). MEC spatial presence questionnaire (MEC-SPQ): Short documentation and

instructions for application. *Report to the European community, project presence: MEC (IST-2001-37661)*, 3, 5-3.

- Vučković, V., Stanišić, A., & Le Blond, S. (2017, October). Virtual reality modelling and simulation of the Tesla's radio controlled boat. In *2017 13th International Conference on Advanced Technologies, Systems and Services in Telecommunications (TELSIKS)* (pp. 61-64). IEEE.
- Wiebe, E. N., Lamb, A., Hardy, M., & Sharek, D. (2014). Measuring engagement in video game-based environments: Investigation of the User Engagement Scale. *Computers in Human Behavior*, 32, 123-132. <https://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2013.12.001>
- Zafeiropoulos, V., & Kalles, D. (2018). Quantitative liquid simulation in an interactive 3D virtual laboratory. In *Proceedings of the 22nd Pan-Hellenic Conference on Informatics* (pp. 219-224). <https://doi.org/10.1145/3291533.3291545>