



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΑΙΓΑΙΟΥ

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΣΤΟ ΑΙΓΑΙΟ  
5<sup>η</sup> ΗΜΕΡΙΔΑ ΥΠΟΨΗΦΙΩΝ  
ΔΙΔΑΚΤΟΡΩΝ

Παιδαγωγικό  
Τμήμα  
Δημοτικής  
Εκπαίδευσης

Επιμέλεια: Αλιβίζος Σοφός, Γεωργία Λιαράκου, Μιχαήλ Σκουμιός, Εμμανουήλ Φωκίδης

### **Επιστημονική Επιτροπή**

Πρόεδρος: Αλιβίζος Σοφός, Καθηγητής, Πρόεδρος ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου  
Γεωργία Λιαράκου, Καθηγήτρια, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου  
Μιχαήλ Σκουμιάς, Αναπληρωτής Καθηγητής, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου  
Εμμανουήλ Φωκίδης, Επίκουρος Καθηγητής, 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](http://www.pre.aegean.gr)

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ .....	6
ΜΕΤΑΔΙΑΚΕΙΜΕΝΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΤΗΣ ΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΡΙΑΚΟΥ ΧΑΡΑΛΑΜΠΙΔΗ ΜΕ ΤΗ ΣΟΛΩΜΙΚΗ ΠΟΙΗΣΗ	
<i>Μαρία Αμοιρίδου, Λουίζα Χριστοδουλίδου</i> .....	10
ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΠΛΗΡΟΥΣ ΕΜΒΥΘΙΣΜΕΝΗΣ ΕΙΚΟΝΙΚΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΟΥΣΕΙΑΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΑ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	
<i>Παναγιώτης Αντωνόπουλος, Εμμανουήλ Φωκίδης</i> .....	23
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΤΗΣ ΑΥΤΟΡΡΥΘΜΙΣΗΣ ΕΦΑΡΜΟΖΟΝΤΑΣ ΤΗΝ ΑΥΤΟΡΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΜCΠ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΜΟΟC	
<i>Στέφανος Γιασιράνης, Αλιβίζος Σοφός</i> .....	39
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ: Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ ΤΗΣ "ΣΥΛΛΗΨΗΣ" ΣΧΗΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΛΥΣΕΩΝ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ	
<i>Παναγιώτης Γρίδος, Ευγένιος Αυγερινός</i> .....	59
Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΣΤΗ ΣΧΟΛΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ: ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	
<i>Ευρυδίκη-Μαρία Κανελλοπούλου, Μαρία Δάρρα</i> .....	75
ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΩΝ ΜΕ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΕΣ ΠΑΙΔΙΩΝ ΜΕ ΕΙΔΙΚΕΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ Η/ΚΑΙ ΑΝΑΠΗΡΙΕΣ	
<i>Μαρία-Ευαγγελία Λίσγου, Ασημίνα Τσιμπιδάκη</i> .....	102
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΙΚΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΜΙΑΣ ΝΕΑΣ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗΣ	
<i>Πάυλος Κεφαλάκης, Εμμανουήλ Φωκίδης</i> .....	117
ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΟΥ ΕΞΥΠΝΟΥ ΠΡΟΣΑΡΜΟΖΟΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΤΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΣΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΣΕ ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ	
<i>Αθανάσιος Καραγεωργιάδης, Ευγένιος Αυγερινός</i> .....	132
ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΙΚΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΘΕΑΤΡΟΥ ΑΝΑΓΝΩΣΤΩΝ ΣΤΗ ΣΧΟΛΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ, ΤΗΝ ΨΥΧΟΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΤΙΣ ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ ΔΙΓΛΩΣΣΩΝ ΑΝΑΓΝΩΣΤΩΝ	
<i>Κωνσταντίνος Μαστροθανάσης, Μαρία Κλαδάκη</i> .....	143
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ ΚΕΙΜΕΝΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ "ΣΥΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ" ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ LOUISE MICHELLE ROSENBLATT. Η ΑΙΣΘΗΣΗ ΤΟΥ ΘΑΝΑΤΟΥ ΣΤΗΝ ΠΟΙΗΣΗ ΓΙΑ ΠΑΙΔΙΑ ΤΩΝ ΓΙΑΝΝΗ ΡΙΤΣΟΥ ΚΑΙ ΚΩΣΤΑ ΜΟΝΤΗ	
<i>Τσαμπίκα Ντάκα, Λουίζα Χριστοδουλίδου</i> .....	166
ΕΜΒΥΘΙΣΗ, ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΚΑΙ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ. ΠΩΣ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΜΑΘΗΣΗ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΕΙΚΟΝΙΚΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ;	
<i>Πηνελόπη Ατσικπάση, Εμμανουήλ Φωκίδης</i> .....	179
Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΩΝ ΣΤΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΣΙΓΚΑΠΟΥΡΗΣ	
<i>Μιχαήλ Ζώρζος, Ευγένιος Αυγερινός</i> .....	196

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΕΡΕΥΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΥΤΟΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΜΑΘΗΤΗ  
ΣΤΗ ΣΧΟΛΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ: ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

*Αναστασία Παπανθύμιου, Μαρία Λάρρα*..... 207

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΥΤΟΑΝΑΦΟΡΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΖΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΚΩΣΤΑ ΜΟΝΤΗ

*Μιχαήλ Παπαδόπουλος, Λουίζα Χριστοδουλίδου*..... 219

ΔΙΑΓΛΩΣΣΙΚΟΤΗΤΑ, ΚΡΙΤΙΚΗ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗ ΚΑΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΓΛΩΣΣΑΣ ΣΤΟ  
ΓΥΜΝΑΣΙΟ: ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΠΡΑΞΗ ΣΕ  
ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΓΛΩΣΣΙΚΗΣ ΕΤΕΡΟΤΗΤΑΣ

*Αικατερίνη Μηλιαράκη, Ελένη Σκούρτου*..... 232

ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΜΠΛΟΚΗΣ ΤΩΝ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ  
ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΤΟ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΠΑΚΕΤΟ ΦΥΣΙΚΗΣ ΤΗΣ Β΄ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ

*Μαργαρίτα Παπακωνσταντίνου, Μιχάλης Σκουμιός*..... 246

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΓΕΝΕΤΙΚΩΝ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ ΣΤΟ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΜUSA ΓΙΑ ΤΗΝ  
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ. ΟΙ ΝΕΕΣ ΓΕΝΙΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΟΥ ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΥΝΤΑΙ ΚΑΙ  
Η ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΜUSA

*Νικόλαος Μανίκαρος, Ευγένιος Αυγερινός* ..... 262

ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΔΙΑΣΑΦΗΝΙΣΕΙΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ ΚΕΙΜΕΝΩΝ, ΤΩΝ ΣΥΜΦΡΑΣΤΙΚΩΝ  
ΠΙΝΑΚΩΝ ΛΕΞΕΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΠΟΙΗΤΙΚΩΝ ΕΚΦΑΝΣΕΩΝ ΤΩΝ ΜΟΤΙΒΩΝ ΤΟΥ ΤΟΠΟΥ ΚΑΙ  
ΤΗΣ ΜΝΗΜΗΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΚΥΡΙΑΚΟΥ ΧΑΡΑΛΑΜΠΙΔΗ

*Χρυσούλα Γιαννίκη, Λουίζα Χριστοδουλίδου* ..... 278

Η ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΓΧΡΟΝΗΣ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ. ΤΟ ΚΙΝΗΜΑ  
ΤΗΣ LOW BAR ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΟΙ ΕΠΙΡΡΟΕΣ ΤΟΥ ΣΕ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥΣ ΤΗΣ  
ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΟ290

*Γεώργιος Πασιόπουλος, Γεώργιος Κατσαδώρος*..... 290

# ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΠΛΗΡΟΥΣ ΕΜΒΥΘΙΣΜΕΝΗΣ ΕΙΚΟΝΙΚΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΟΥΣΕΙΑΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΑ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

*Παναγιώτης Αντωνόπουλος, Εμμανουήλ Φωκίδης*

## **Περίληψη**

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει αξιοσημείωτο ενδιαφέρον για την αρχαία ελληνική τεχνολογία, όπως φαίνεται από τις σχετικές δημοσιεύσεις, μουσεία και το οπτικοακουστικό υλικό που έχει παραχθεί. Παράλληλα, μια αναδυόμενη τεχνολογία, αυτή της Πλήρως Εμβυθισμένης Εικονικής Πραγματικότητας (ΠΕΕΠ), αρχίζει να χρησιμοποιείται ολοένα και περισσότερο σε πολλούς τομείς, όπως η ιατρική, η μηχανική, οι φυσικές επιστήμες, στην αναπαράσταση αρχαιολογικών και μουσειακών χώρων, αλλά και στην εκπαίδευση. Ωστόσο, παρότι έχουν κατασκευαστεί πολύ αξιόλογες εφαρμογές ΠΕΕΠ, σπάνια διερευνάται η γνωστική και συναισθηματική τους επίδραση. Επιπρόσθετα, παρά του ότι υπάρχουν ψηφιακές αναπαραστάσεις/προσομοιώσεις αρχαίων ελληνικών εφευρέσεων, δεν φαίνεται να υπάρχει κάποια που να υλοποιείται με τη χρήση ΠΕΕΠ. Έτσι, η παρούσα μελέτη έχει ως σκοπό να παρουσιάσει το πλαίσιο δημιουργίας ενός τέτοιου εκπαιδευτικού λογισμικού, που θα αξιοποιεί τις δυνατότητες εποπτείας, αλληλεπίδρασης και πληροφόρησης που προσφέρει η ΠΕΕΠ. Αρχικά, αναλύεται το θεωρητικό πλαίσιο και η υπάρχουσα βιβλιογραφία. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται, σε αδρές γραμμές, τα στάδια υλοποίησης του λογισμικού. Τέλος, παρουσιάζεται το ερευνητικό πλαίσιο, το οποίο αναμένεται να αποκαλύψει διαφοροποιήσεις στις γνώσεις, στάσεις και απόψεις των χρηστών συγκριτικά με άλλες τεχνολογίες και μέσα. Έτσι, αναμένεται να σχηματιστεί μια ολοκληρωμένη εικόνα για τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης υλικού ΠΕΕΠ στη μουσειακή εκπαίδευση στην Αρχαία Ελληνική τεχνολογία.

## **Abstract**

In recent years there is a growing interest in ancient Greek technology, as evidenced by the relevant publications, museums, and audiovisual material available to the public. At the same time, an emerging technology, that of Immersive Virtual Reality (IVR), is being utilized in many fields, such as health sciences, engineering, physics and chemistry, archeology and museums, but also in education. However, although noteworthy applications do exist, their cognitive and emotional impact is rarely examined. In addition, despite the fact that there are digital representations/simulations of ancient Greek inventions, none seems to have been implemented using IVR. Thus, the study's objective is to present the framework for the development of an IVR educational application presenting ancient Greek inventions, which will fully utilize the affordances and features of this technology has to offer. First, the theoretical framework and the existing literature are analyzed, followed by the implementation procedure. Finally, the research framework is presented, which is expected to reveal differences in users' knowledge, attitudes, and views, compared to other technologies and media. Thus, the advantages and disadvantages of using IVR in education might be revealed.

## Εισαγωγή

Ένα από τα χαρακτηριστικά στοιχεία της εποχής μας είναι η αλματώδης ανάπτυξη της τεχνολογίας. Η τεχνολογία προοδεύει με εκθετικούς ρυθμούς και η πρόοδος αυτή επηρεάζει σχεδόν κάθε έκφανση της ζωής, από τις επικοινωνίες και τη βιομηχανική παραγωγή, έως την ιατρική και τη γεωργική παραγωγή. Η τεχνολογία αναπτύσσεται παράλληλα με τον άνθρωπο, σχηματίζοντας ένα ιστορικό-χρονικό συνεχές, το οποίο ως αρχή έχει τις πρωτόγονες εφευρέσεις του Homo Neanderthalensis (όπως, πρωτόγονα εργαλεία και άναμμα φωτιάς), μέχρι τη σημερινή διαστημική τεχνολογία. Σε αυτό το συνεχές, ιδιαίτερα σημαντικές είναι περίοδοι και τοποθεσίες όπου, λόγω ιδιαίτερων κοινωνικοοικονομικών συνθηκών, παρατηρούνται μεγάλες πρόοδοι στον τομέα της τεχνολογίας. Για παράδειγμα, τέτοιες περίοδοι και τοποθεσίες είναι η αρχαία Κίνα, η αρχαία Μεσοποτάμια, η αρχαία Ελλάδα, η ισλαμική χρυσή εποχή και οι ΗΠΑ στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα (ενδεικτικά, Damerow 2012, Deng 2011, Freeth et al. 2006, Ganchy 2009).

Οι ρηξικέλευθες αλλαγές που συντελούνται, φυσικά και δεν άφησαν ανεπηρέαστη την εκπαίδευση (Φωκίδης & Τσολακίδης 2011). Η ανάπτυξη των ΤΠΕ οπλίζει τον σύγχρονο εκπαιδευτικό με πληθώρα εργαλείων και καινοτομιών από τον χώρο της εκπαιδευτικής τεχνολογίας, οι οποίες μπορούν να καταστήσουν την εκπαιδευτική διαδικασία περισσότερο αλληλεπιδραστική και να την αναβαθμίσουν από μια συμβατική διαδικασία σε "εμπειρία" (Fokides et al. 2017). Σε αυτή την προσπάθεια μετατροπής της εκπαιδευτικής διαδικασίας σε "εμπειρία", σημαντικό ρόλο μπορεί να παίξει η Εικονική Πραγματικότητα (ΕΠ). Παρότι αρχικά δεν αναπτύχθηκε για εκπαιδευτικούς σκοπούς, με την πάροδο των ετών δημιουργήθηκαν εκπαιδευτικές εφαρμογές και μελετήθηκε η επίδρασή της στην εκπαίδευση. Σχεδόν καθολικά, οι έρευνες που αφορούν τις εκπαιδευτικές χρήσεις της ΕΠ, αποκαλύπτουν θετική γνωστική και συναισθηματική επίδραση (ενδεικτικά, Edirisingha et al. 2009, Hew & Cheung 2010, Jestice & Kahai 2010, Lee & Wong 2014, Oliver & Carr 2009, Petrakou 2010, Salmon 2009). Επίσης η ΕΠ χρησιμοποιείται ποικιλοτρόπως ως μέσο παροχής μουσειακής εκπαίδευσης (ενδεικτικά, Foni et al. 2002). Μια παραλλαγή της ΕΠ, που έκανε δυναμικά την εμφάνισή της τα τελευταία χρόνια, είναι η Πλήρως Εμβυθισμένη Εικονική Πραγματικότητα (ΠΕΕΠ), η οποία χρησιμοποιεί ως μέσα διεπαφής συσκευές υψηλής τεχνολογίας όπως HMD (Head Mounted Devices) και χειριστήρια τα οποία επιτρέπουν την απτική διάδραση του χρήστη με το εικονικό περιβάλλον. Μέσω των εξελιγμένων της μέσων η ΠΕΕΠ προσδοκεί στην πλήρη εμβύθιση του χρήστη στο εικονικό περιβάλλον (Fokides & Atsikrasi 2018).

Ταυτόχρονα, τα τελευταία χρόνια έχει ανακύψει ενδιαφέρον για τις αρχαίες τεχνολογίες, το οποίο εκδηλώνεται με τη συγγραφή βιβλίων, την ίδρυση μουσείων και εκθέσεων αρχαίας τεχνολογίας, τη δημιουργία ντοκιμαντέρ. Ενδιαφέρον υπάρχει και σε εκπαιδευτικό επίπεδο, για παράδειγμα με τη δημιουργία MOOC (ενδεικτικά, <https://mathesis.cup.gr/courses/course-v1:GreekCivilization+GC+20B/course/>).

Με βάση όλα τα παραπάνω, θα είχε ενδιαφέρον να οριστεί το πλαίσιο στο οποίο θα μπορούσε η ΠΕΕΠ να συνεισφέρει στη διδασκαλία στοιχείων της αρχαίας τεχνολογίας μέσα στα πλαίσια της μουσειακής εκπαίδευσης, καθώς και το πλαίσιο ανάπτυξης σχετικών εφαρμογών. Έτσι, στις ενότητες που ακολουθούν, θα παρουσιαστεί αρχικά το επιστημονικό αλλά και το ευρύτερο ενδιαφέρον που έχει ανακύψει σε διεθνές επίπεδο για τις αρχαίες τεχνολογίες και, ειδικότερα, για την αρχαία ελληνική τεχνολογία. Στη συνέχεια, θα αναλυθεί η μουσειακή εκπαίδευση η

οποία μπορεί να πλαισιώσει θεωρητικά ένα τέτοιο εκπαιδευτικό λογισμικό. Επιπρόσθετα, θα αναλυθούν οι τεχνολογίες της ΕΠ και της ΠΕΕΠ και θα παρουσιαστεί μια σύντομη βιβλιογραφική επισκόπηση σχετικών εφαρμογών, εντοπίζοντας τυχόν ερευνητικά κενά. Τέλος, θα παρουσιαστεί το υλικό (software και hardware) που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη τέτοιων εφαρμογών καθώς επίσης και η δοκιμαστική έκδοση του λογισμικού που δημιουργήθηκε.

### **Το επιστημονικό και ευρύτερο ενδιαφέρον για την αρχαία και νεότερη τεχνολογία**

Είναι γεγονός ότι η αρχαία ή ακόμα και η "παλιά" τεχνολογία κεντρίζει το ενδιαφέρον, επιστημονικό και μη. Για παράδειγμα, μεγάλο ενδιαφέρον έχει παρατηρηθεί για τις εφευρέσεις του Leonardo Da Vinci. Έχουν δημοσιευτεί επιστημονικά άρθρα και βιβλία (ενδεικτικά, Ferguson 1978, Moon 2007, Scholz 2008). Επιπρόσθετα, με θέμα το έργο του (τεχνολογικό και καλλιτεχνικό) λειτουργούν μουσεία στη Ρώμη και στο Μιλάνο. Ακόμη, υπάρχουν αναρίθμητα βίντεο στο Διαδίκτυο τα οποία αναλύουν μηχανικές του εφευρέσεις, καθώς και αρκετά ντοκιμαντέρ. Για τις εφευρέσεις της ισλαμικής χρυσής εποχής έχουν δημοσιευθεί επιστημονικά άρθρα (ενδεικτικά, Charette 2006, Falagaset al. 2006, Safiai et al. 2016), υπάρχουν εκπομπές στο Διαδίκτυο, βιβλία (ενδεικτικά, Ganchy 2009), καθώς επίσης και ιδιαίτερο θεματικό μουσείο στην Κωνσταντινούπολη (Bektas & Sherman 2013). Κάτι αντίστοιχο ισχύει και για την αρχαία κινεζική τεχνολογία, με βιβλία (ενδεικτικά, Deng 2011), λειτουργία εκθέσεων και ντοκιμαντέρ. Ενδιαφέρον υπάρχει ακόμα για την τεχνολογία στην αρχαία Μεσοποταμία. Έχουν πραγματοποιηθεί δημοσιεύσεις επιστημονικών άρθρων (Damerow 2012), υπάρχουν διαδικτυακοί ισότοποι, καθώς και έκθεση στο Βρετανικό Μουσείο.

Είναι αλήθεια ότι ανάλογο επιστημονικό ενδιαφέρον υπάρχει και για την αρχαία ελληνική τεχνολογία γενικά (Antonίου 2010, Cuomo 2007, Hahn 2001, Hodges 1992, Tassios 2007, Tuplin et al. 2002), αλλά και για συγκεκριμένα αντικείμενα ή θέματα, όπως η μεταφορά νερού (De Feo et al. 2010), η αρχαία στρατιωτική τεχνολογία (Bryant 1990, Papadopoulos 2007) και ο μηχανισμός των Αντικυθήρων (De Solla Price 1959, De Solla Price 1974, Edmunds & Morgan 2000, Freeth et al. 2006, Freeth & Jones 2012, Wright 2007). Το ενδιαφέρον που υπάρχει για τα αρχαία τεχνουργήματα αντανakλάται και στην ίδρυση και λειτουργία μουσείων με θέμα την αρχαία ελληνική τεχνολογία, όπως το μουσείο Κοτσανά (<http://kotsanas.com>), το μουσείο Ηρακλειδών (<https://herakleidon-art.gr>), το μουσείο Αρχιμήδη (<https://archimedesmuseum.gr>) και το μουσείο αρχαίας ελληνικής τεχνολογίας Ζεφυρίου. Επιπρόσθετα, με σκοπό την έρευνα της αρχαίας ελληνικής τεχνολογίας έχει ιδρυθεί και η Εταιρεία Διερεύνησης Αρχαιοελληνικής και Βυζαντινής Τεχνολογίας. Λόγω του ενδιαφέροντος που υπάρχει, έχουν γίνει κάποιες προσπάθειες ανάπτυξης λογισμικών που περιγράφουν αρχαίες ελληνικές τεχνολογικές εφευρέσεις (ενδεικτικά, μηχανισμός των Αντικυθήρων, αυτοματισμός των θυρών του ναού).

### **Άτυπη εκπαίδευση και μουσειακή αγωγή**

Η άτυπη εκπαίδευση είναι μια μορφή εκπαίδευσης η οποία λαμβάνει χώρα σε ποικίλους χώρους και με ποικίλους τρόπους, μεταξύ των οποίων στο σπίτι, στην εργασία, στο παιχνίδι, στα ταξίδια, στις εφημερίδες, στα ΜΜΕ και στο Διαδίκτυο. Η άτυπη εκπαίδευση αφορά σημαντικό

μέρος της δια βίου μάθησης και έχει αρκετές διαφορές από την τυπική εκπαίδευση και αρκετές ομοιότητες με τη μη-τυπική εκπαίδευση. Κύριο χαρακτηριστικό της είναι ότι αποτελεί μια δια βίου διαδικασία που δεν περιορίζεται χρονικά και χωρικά όπως η τυπική εκπαίδευση (η οποία λαμβάνει χώρα στο εκπαιδευτικό σύστημα) και η μη-τυπική εκπαίδευση (η οποία λειτουργεί εντός συγκεκριμένων δομών) (Salmi 1993).

Η μουσειακή εκπαίδευση συμβάλλει στην εμπέδωση της ιδιαίτερης σημασίας των ιστορικών αντικειμένων, αναπτύσσει τον σεβασμό του πολίτη σε διαφορετικούς πολιτισμούς και συμβάλλει στην αποδοχή της πολιπολιτισμικότητας (Sheppard 2001). Επιπρόσθετα η μουσειακή εκπαίδευση με την παροχή αυθεντικής αλληλεπίδρασης με τα μουσειακά εκθέματα έχει ευεργετικά γνωστικά οφέλη συγκριτικά με την εκμάθηση των ίδιων εκθεμάτων μέσω συμβατικών μεθόδων (Romanek & Lynch 2008).

Ενώ η μουσειακή εκπαίδευση αποτελεί κλάδο της άτυπης εκπαίδευσης, παρόλα αυτά παρατηρείται ότι αρκετές φορές σχετίζεται με την τυπική εκπαίδευση, λόγω του ότι καλείται να αποτελέσει μέρος της σχολικής εκπαίδευσης, διαμέσου της επίσκεψης των σχολείων στα μουσεία. Το γεγονός αυτό αποτελεί (ή οφείλει να αποτελεί) συνηθισμένη πρακτική του τυπικού εκπαιδευτικού συστήματος (Armoni 2017).

Τα τελευταία χρόνια αρκετά μουσεία τα οποία ασχολούνται με τον πολιτισμό και την κουλτούρα, έχουν προσπαθήσει να αναπτύξουν εκπαιδευτικές εφαρμογές οι οποίες κάποιες φορές είναι προσβάσιμες και διαδικτυακά. Πράγματι, τόσο σε διεθνές όσο και σε εθνικό επίπεδο ιδιαίτερα τα μεγάλα και καταξιωμένα μουσεία, είθισται να αναπτύσσουν και αυτά εκπαιδευτικά προγράμματα. Μερικά παραδείγματα τέτοιων προγραμμάτων είναι το Μουσείο Μοντέρνας τέχνης Νέας Υόρκης (<http://www.moma.org>), το Μουσείο Μπενάκη (<http://www.benaki.gr>) και το Κρατικό Μουσείο Σύγχρονης Τέχνης (<http://www.greekstatemuseum.com>).

## **Οι τεχνολογίες της Εικονικής Πραγματικότητας και της Πλήρως Εμβυθισμένης Εικονικής Πραγματικότητας**

Η ΕΠ και, γενικότερα, η τεχνολογία των τρισδιάστατων γραφικών, αναπτύσσεται εδώ και δεκαετίες και χρησιμοποιείται σε πολλούς τομείς και εκτός της εκπαίδευσης, όπως τα κινηματογραφικά εφέ και τα ηλεκτρονικά παιχνίδια (Φωκίδης & Τσολακίδης 2011). Η ΕΠ καλύπτει ένα μεγάλο φάσμα εργαλείων υλικού και λογισμικού, στα άκρα του οποίου τοποθετούνται η επιτραπέζια ΕΠ και η ΠΕΕΠ. Η επιτραπέζια ΕΠ χρησιμοποιεί "συμβατική τεχνολογία" διεπαφής (οθόνη υπολογιστή, ποντίκι, πληκτρολόγιο και χειριστήρια). Στο έτερο άκρο τοποθετείται η ΠΕΕΠ, η οποία χρησιμοποιεί συσκευές διεπαφής υψηλής τεχνολογίας (κράνος/γυαλιά ΕΠ, απτικά χειριστήρια) (Freina & Ott 2015). Ένα από τα χαρακτηριστικά της ΕΠ είναι η "εμβύθιση" η οποία περιγράφει τον βαθμό απομόνωσης του χρήστη από το φυσικό περιβάλλον και "ύπαρξής" του μέσα στο εικονικό περιβάλλον (Fokides & Atsikrasi 2018). Το είδος της ΕΠ που πραγματώνει τον στόχο της πλήρους εμβύθισης του χρήστη είναι η ΠΕΕΠ (Desai et al. 2014, Moorefield-Lang 2015).

Οι κύριες συσκευές που χρησιμοποιεί η ΠΕΕΠ για να προσδώσει την αίσθηση της εμβύθισης στο εικονικό περιβάλλον είναι τα Head Mounted Displays (HMDs). Τα HMDs είναι κράνη τα



οποία φέρουν δυο οθόνες (μια για κάθε μάτι) μπροστά ακριβώς στα μάτια του χρήστη, αποκόπτοντας όλο το φυσικό περιβάλλον. Κάποια HMDs έχουν ενσωματωμένα και ηχεία. Τα HMDs χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες, αυτά που συνδέονται με ηλεκτρονικό υπολογιστή και τα αυτόνομα. Τα HMDs συστήματα που συνδέονται με υπολογιστή πλεονεκτούν έναντι των αυτόνομων συσκευών στο ότι έχουν πολύ περισσότερες δυνατότητες γραφικών και υπολογιστικής ισχύος, γιατί χρησιμοποιούνται μόνο για προβολή της εικόνας στον χρήστη. Σε αυτή την περίπτωση την όλη επεξεργασία και τα γραφικά αναλαμβάνει ο Η/Υ στον οποίο έχει συνδεθεί ενσύρματα η συσκευή (ενδεικτικά, Oculus Rift). Το πλεονέκτημα των αυτόνομων συστημάτων (ενδεικτικά, Oculus Quest) είναι ότι δεν χρησιμοποιούν ενσύρματη σύνδεση με υπολογιστή. Το πλεονέκτημα αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στην ΠΕΕΠ, γιατί χωρίς την ενσύρματη σύνδεση, επιτρέπονται οι απολύτως ελεύθερες κινήσεις και έτσι επιτυγχάνεται υψηλή αίσθηση παρουσίας στο εικονικό περιβάλλον χωρίς την αίσθηση του καλωδίου. Από την άλλη όμως, όλη η επεξεργασία και η δημιουργία γραφικών συμβαίνει στη συσκευή που, εξ ορισμού, έχει λιγότερες δυνατότητες από τα ενσύρματα HMDs.

Σε εκπαιδευτικό επίπεδο, στόχος της ΠΕΕΠ είναι να μετασχηματίσει τη μαθησιακή διαδικασία από μια διαδικασία "τρίτου προσώπου" σε μια διαδικασία "πρώτου προσώπου" (Τσολακίδης & Φωκίδης 2011). Λόγω των τρισδιάστατων γραφικών της, αλλά και λόγω των συσκευών που χρησιμοποιεί, αυτό καθίσταται εφικτό, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνονται καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα (Fokides 2017). Από την άλλη, οι έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί αναφορικά με την αίσθηση εμπύθισης έχουν καταλήξει σε αντικρουόμενα συμπεράσματα. Κάποιες φορές φαίνεται να ασκεί θετική γνωστική επίδραση και άλλες φορές να μην επηρεάζει τη γνωστική απόδοση του χρήστη (Bulu 2012, Lee et al. 2010).

### **Εφαρμογές της ΕΠ και της ΠΕΕΠ στη Μηχανική**

Η ΕΠ και η ΠΕΕΠ έχουν χρησιμοποιηθεί ευρύτατα στην ανάπτυξη εφαρμογών με αντικείμενα που αφορούν τις φυσικές επιστήμες, την ιατρική, τη γεωπονική, τη ναυτιλία, τη μηχανική και στρατιωτικές εφαρμογές. Ενδεικτικά, μπορεί να αναφερθούν προσομοιώσεις ανεμογεννητριών (Rafiee et al. 2017), φωτοβολταϊκών πάρκων (Chiluisa 2018), περιβάλλοντα ρομποτικής (Crespo et al. 2015), ροής αέρα (Rietzler et al. 2017) και μηχανολογικό εργαστήριο (Quevedo et al. 2017). Στον χώρο των φυσικών επιστημών έχει αναπτυχθεί χημικό εργαστήριο υγρών (Zafeiropoulos & Kalles 2018) και εργαστήριο ηλεκτρομαγνητισμού (Chou & Shyu 2017). Στον χώρο της γεωπονικής έχουν αναπτυχθεί εικονικά περιβάλλοντα που προσομοιώνουν την παραδοσιακή γεωργία (Ye et al. 2018). Στη ναυτιλία έχουν κατασκευαστεί περιβάλλοντα προσομοίωσης της πλοήγησης πλοίων τα οποία χρησιμοποιούνται για την ασφαλή εκμάθηση πλοήγησης (Zhang 2018). Παρόμοιου σκοπού εφαρμογές έχουν αναπτυχθεί για την εκμάθηση πλοήγησης αεροπλάνων (Davison 2016, De Winter Dodou & Mulder 2012) και ελικοπτέρων (Dreier 2007).

Στην παρούσα μελέτη το ενδιαφέρον επικεντρώνεται σε εφαρμογές της Μηχανικής τεχνολογίας, γιατί και οι εφευρέσεις των Αρχαίων Ελλήνων που δημιουργήθηκαν εμπίπτουν στις Επιστήμες του Μηχανικού και πιο συγκεκριμένα περισσότερο άπτονται της Μηχανολογικής Μηχανικής. Φαίνεται ότι τα συστήματα ΠΕΕΠ έχουν ιδιαίτερη χρησιμότητα όπου απαιτείται η προσομοίωση συστημάτων ηλεκτρομηχανικής τεχνολογίας. Ένας ραγδαία αναπτυσσόμενος κλάδος της ηλεκτρομηχανικής τεχνολογίας είναι σήμερα οι Ανανεώσιμες

Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ). Μέσα σε αυτό το πλαίσιο, οι Do et al. (2013) δημιούργησαν δύο τρισδιάστατους εικονικούς προσομοιωτές οι οποίοι προσομοίωναν αιολικά ενεργειακά συστήματα ανεμογεννητριών. Οι εφαρμογές αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο ως επιτραπέζια ΕΠ, όσο και εντός των πλαισίων της ΠΕΕΠ. Στόχος ήταν να εφαρμοστούν αυτές οι δυο προσομοιώσεις στη μεταδευτεροβάθμια εκπαίδευση σπουδαστών και επαγγελματιών στον χώρο της αιολικής βιομηχανίας. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν θετική στάση των σπουδαστών απέναντι στην εκπαιδευτική διαδικασία και γνωστική βελτίωση. Στο ίδιο μήκος κύματος βρίσκεται και η εφαρμογή των Manyoky et al. (2012), οι οποίοι δημιούργησαν ένα λογισμικό το οποίο αφορούσε την οπτική και ακουστική προσομοίωση αιολικών πάρκων, με σκοπό τη συνεργατική σχεδιάσή τους. Μια ακόμα εφαρμογή που αφορά τον χώρο των ΑΠΕ είναι και αυτή του Ritter III (2016), ο οποίος δημιούργησε ένα λογισμικό το οποίο προσομοιάζει ένα φωτοβολταϊκό πάρκο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η εφαρμογή στόχευε στην επεξήγηση του ηλεκτρομηχανικού εξοπλισμού, αλλά και των διαδικασιών που χρησιμοποιούνται για τη συγκέντρωση και μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Η εφαρμογή δοκιμάστηκε αρχικά σε εικονικό περιβάλλον CAVE. Τα αποτελέσματα αποκάλυψαν στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση της επίδοσης.

Εκτός από τον χώρο των ΑΠΕ, εφαρμογές ΠΕΕΠ έχουν χρησιμοποιηθεί και στον συγγενικό χώρο της μεταφοράς και διανομής ενέργειας. Έτσι, οι Chiluisa et al. (2018), δημιούργησαν ένα λογισμικό που αφορά τους επαγγελματίες που εργάζονται στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας. Η εφαρμογή προσομοίωνε τα ηλεκτρομηχανικά συστήματα σε τρεις καταστάσεις λειτουργίας. Σκοπός της εφαρμογής ήταν, μέσω της πολυδιάστατης προσομοίωσης, να ενισχυθούν οι δεξιότητες των επαγγελματιών. Στον ίδιο χώρο βρίσκεται και η εφαρμογή των Tanaka et al. (2015), οι οποίοι κατασκεύασαν ένα λογισμικό το οποίο προσομοιάζει έναν ηλεκτρικό υποσταθμό υποβιβασμού τάσης. Το περιβάλλον παρείχε τη δυνατότητα πραγματοποίησης χειρισμών των ηλεκτρομηχανικών εξαρτημάτων με μεταβαλλόμενο τον βαθμό πολυπλοκότητας. Κάποια από τα σχόλια των τεχνικών επεσήμαναν δυσκολίες στην αναγνώριση κάποιων μηχανικών μερών και γι' αυτόν τον λόγο, ορισμένα μέρη επανασχεδιάστηκαν.

Εκτός από τον χώρο της ηλεκτρικής ενέργειας, η ΠΕΕΠ βρίσκει πρόσφορο έδαφος στον επίσης ραγδαία αναπτυσσόμενο κλάδο της ρομποτικής και του αυτοματισμού. Οι Andaluz et al. (2017) δημιούργησαν ένα τρισδιάστατο λογισμικό προσομοίωσης ρομποτικών εφαρμογών. Το λογισμικό επέτρεπε την ανάλυση των δυνατοτήτων ρομποτικών εφαρμογών οι οποίες βρίσκονται ακόμα στο στάδιο της κατασκευής ή ακόμα στο στάδιο της σχεδίασης. Η εφαρμογή ανήκει στον χώρο της ΠΕΕΠ και ως μέσα διεπαφής χρησιμοποιεί το Oculus Rift και το Falcon ως απτική συσκευή. Κινούμενοι στον ίδιο χώρο της ηλεκτρομηχανικής τεχνολογίας, οι Crespo et al. (2015) δημιούργησαν ένα περιβάλλον ΕΠ που προσομοιάζει τον ρομποτικό βραχίονα Mitsubishi Movemaster RV-M1. Στόχος του εγχειρήματος ήταν η βελτίωση των μεθόδων κατάρτισης που αφορούν την χρήση και λειτουργία του βραχίονα.

Άλλος ένας χώρος στον οποίο εφαρμόζονται τεχνολογίες ΠΕΕΠ είναι ο χώρος της μηχανικής συντήρησης συστημάτων. Οι Quevedo et al. (2017), δημιούργησαν ένα περιβάλλον ΕΠ που προσομοίωνε ένα συνεργείο οχημάτων. Στόχος του εν λόγω λογισμικού ήταν οι χρήστες να αναγνωρίζουν και να συναρμολογούν εξαρτήματα αυτοκινήτου. Επιπρόσθετα, ο Cano (2018) δημιούργησε ένα τρισδιάστατο εργαστήριο συντήρησης ηλεκτρικών μηχανών. Στόχος ήταν ο έλεγχος καλής λειτουργίας και η συντήρηση των ηλεκτρικών μηχανών (κινητήρες DC). Ο

χρήστης είχε τη δυνατότητα διάδρασης με τον κινητήρα, μέσω της χρήσης εργαλείων χειρός και ηλεκτρικών εργαλείων.

Μια εφαρμογή η οποία αφορά τον χώρο της βιομηχανίας είναι αυτή των Hoerpfner et al. (2017). Δημιούργησαν μια εφαρμογή ΕΠ, η οποία αφορά το πεδίο της μηχανικής και προσομοιώνει τη λειτουργία βιομηχανικών πάρκων. Η ανάπτυξη του εν λόγω λογισμικού είχε ως στόχο την παροχή υποστήριξης αναφορικά με τον υπολογισμό της χρήσης γης και ενέργειας από τα βιομηχανικά πάρκα. Η πλατφόρμα προσομοιώνει ολοκληρωμένα τον σχεδιασμό ενός βιομηχανικού πάρκου. Εδραζόμενοι σε ένα διαφορετικό πλαίσιο -των φυσικών επιστημών, οι Rietzler et al. (2017), δημιούργησαν ένα σύστημα ΕΠ το οποίο προσομοιώνει ροές αέρα και είχε ως σκοπό την ενίσχυση της αίσθησης της παρουσίας του χρήστη στον εικονικό κόσμο. Τα αποτελέσματα έδειξαν στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση τόσο στην αίσθηση της παρουσίας όσο και στην ικανοποίηση των χρηστών.

Τέλος, από τον χώρο της αρχαίας ελληνικής μηχανικής τεχνολογίας οι Anastasovitis και Roumeliotis (2017) πρότειναν κάποια λογισμικά τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάλυση, την οπτικοποίηση και την αναπαράσταση της λειτουργίας του μηχανισμού των Αντικυθήρων και άλλων παρόμοιων αρχαιολογικών ευρημάτων. Η εργασία αυτή αποτελεί ερευνητικό καρπό του Πανεπιστημίου Μακεδονίας. Ως επέκταση της έρευνάς τους, οι ερευνητές προτείνουν την κατασκευή λογισμικού ΕΠ το οποίο να είναι σε θέση να αναπαριστά και τη λειτουργία του μηχανισμού των Αντικυθήρων.

### **Εφαρμογές της ΕΠ και της ΠΕΕΠ στη μουσειακή εκπαίδευση και στην εκπαίδευση στον πολιτισμό και την κουλτούρα**

Αναφορικά με τη χρήση της ΠΕΕΠ στην αναπαράσταση μουσειακών εκθεμάτων, αξίζει να αναφερθεί ότι ενώ έχουν υπάρχουν αρκετές τέτοιες, αυτές αναπτύχθηκαν για εμπορικούς σκοπούς και, ως εκ τούτου, τα αποτελέσματα από τη χρήση δεν έχουν εξεταστεί επιστημονικά. Αντίθετα, υπάρχουν αρκετές εφαρμογές ΕΠ που αποτέλεσαν μέρος ερευνητικών προγραμμάτων. Οι Foni et al. (2002), παρουσίασαν μια τρισδιάστατη προσομοίωση του ναού της του Θεού Σοφίας (Αγία Σοφία) στην Κωνσταντινούπολη. Σκοπός ήταν να επιτευχθεί μια φωτο-ρεαλιστική προσομοίωση του ναού αλλά και των χαρακτήρων, καθώς η προσομοίωση περιλάμβανε και ιστορικούς χαρακτήρες. Στα πλαίσια της εικονικής αρχαιολογίας, οι Bogdanovych et al. (2012) παρουσίασαν τη δημιουργία ενός τρισδιάστατου εικονικού περιβάλλοντος που προσομοίωσε την αρχαία πόλη Ουρούκ. Σκοπός του εγχειρήματος ήταν η παροχή βοήθειας στη διδασκαλία του μαθήματος της Ιστορίας. Παρομοίου σκοπού εφαρμογή, κατασκεύασαν και οι Jacobson και Holden (2005), η οποία προσομοίωσε έναν αρχαίο αιγυπτιακό ναό, τον "οίκο του θείου". Στόχος ήταν να αποτελέσει εκπαιδευτικό υλικό στη διδασκαλία των αντικειμένων της Ιστορίας, της Αρχαιολογίας, της Θρησκευσιολογίας και της Τέχνης-Πολιτισμού. Μια ακόμα εφαρμογή, η οποία αφορά την εικονική αρχαιολογία, παρουσίασαν οι Maïm et al. (2007) οι οποίοι δημιούργησαν ένα τρισδιάστατο εικονικό περιβάλλον το οποίο προσομοίωσε την αρχαία πόλη της Πομπηίας και τους κατοίκους της, βασισμένη σε αρχαιολογικά δεδομένα.

Οι Heïgeas et al. (2010) παρουσίασαν ένα τρισδιάστατο εικονικό περιβάλλον το οποίο προσομοίωσε την αρχαία αγορά του Άργους. Στόχος της εφαρμογής ήταν να προσομοιάσει την

αρχαία αγορά αλλά και να αποδώσει την συμπεριφορά του πλήθους. Καρπό του τεχνολογικού Πανεπιστημίου της Λεμεσού αποτελεί η εφαρμογή που δημιούργησαν οι Christofi et al. (2018). Δημιούργησαν ένα τρισδιάστατο εικονικό περιβάλλον το οποίο αναπαριστούσε τον αρχαιολογικό χώρο της Χοιροκοιτίας. Σκοπός του εγχειρήματος ήταν να διερευνηθεί η γνωστική επίδραση και το ενδιαφέρον των χρηστών για τον συγκεκριμένο αρχαιολογικό χώρο. Τα αποτελέσματα της έρευνας αποκάλυψαν σημαντική γνωστική βελτίωση, καθώς και βελτίωση του ενδιαφέροντος για μάθηση. Οι Naya και Ibáñez (2015) παρουσίασαν μια έρευνα η οποία βασιζόταν σε λογισμικό που είχε αναπτυχθεί στο περιβάλλον Opensimulator και αφορούσε τη μουσειακή εκπαίδευση. Ο εικονικός κόσμος που αναπτύχθηκε είχε σχέση με τον πολιτισμό των Μάγια και τα αποτελέσματα της έρευνας κάνουν λόγο για καταλληλότητα του εικονικού κόσμου ως μέσου μουσειακής εκπαίδευσης.

### **Κριτική θεώρηση προηγούμενων ερευνών**

Όπως φαίνεται από τις έρευνες που παρατέθηκαν, η ΕΠ και, ιδιαίτερα, η ΠΕΕΠ χρησιμοποιείται ευρύτατα για να επιτευχθεί προσομοίωση σύνθετων μηχανικών συστημάτων και τεχνολογιών. Ιδιαίτερα διαδεδομένη είναι η χρήση τους για την προσομοίωση και την εκμάθηση λειτουργιών τεχνολογιών αιχμής όπως ο βιομηχανικός αυτοματισμός-ρομποτική και ο χώρος των ΑΠΕ και της ενέργειας γενικότερα (παραγωγή/μεταφορά/διανομή ηλεκτρικής ενέργειας). Μια μόνο εφαρμογή αφορούσε τον χώρο της αρχαίας τεχνολογίας (Anastasovitis & Roumeliotis 2017). Όμως, στη συγκεκριμένη εργασία δεν δημιουργήθηκε κάποιο εκπαιδευτικό λειτουργικό εικονικό περιβάλλον, αλλά απλώς προτάθηκαν κάποια λογισμικά τρισδιάστατης οπτικοποίησης. Οι περισσότερες από τις εφαρμογές ΕΠ που παρουσιάστηκαν αποτελούν δημιουργήματα ομάδων διαφόρων τεχνολογικών Πανεπιστημίων (κυρίως των ΗΠΑ) και είναι ιδιαίτερα εντυπωσιακές και εξαιρετικά απαιτητικές τεχνικά. Αξιοσημείωτη είναι η χρήση εργαλείων που απαιτούν υψηλή τεχνογνωσία, αλλά και η συνεργασία ομάδων ειδικών επιστημόνων της Πληροφορικής και της Μηχανικής για την δημιουργία τους. Όμως, παρόλο που τεχνικά είναι αξιόλογες, απουσιάζει σχεδόν καθολικά η έρευνα της επίδρασης τους στους χρήστες.

Ερχόμενοι στις ανάλογες εφαρμογές για μουσειακή εκπαίδευση, την εκπαίδευση στον πολιτισμό και την κουλτούρα, παρατηρείται ότι οι τεχνολογίες τις ΕΠ χρησιμοποιούνται ευρύτατα για την αναπαράσταση αρχαίων τοποθεσιών, μουσείων και προϊόντων πολιτισμού. Οι εφαρμογές που παρουσιάστηκαν θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν τεχνικά άρτιες. Παρόλη όμως την τεχνική τους αρτιότητα, οι περισσότερες περιορίζονται σε παλαιότερα τεχνολογικά μέσα κινούμενες στον χώρο της επιτραπέζιας ΕΠ και δεν αξιοποιούν τα προηγμένα χαρακτηριστικά της ΠΕΕΠ. Η στόχευσή τους είναι εκπαιδευτική, προσδοκούν στη διάδραση και γνωριμία του χρήστη με το εικονικό περιβάλλον, όμως δεν χρησιμοποιούν τεχνολογίες απτικών συσκευών και γυαλιών ΕΠ με αποτέλεσμα να μην επιτυγχάνουν τη μέγιστη αίσθηση εμπύθισης του χρήστη στον εικονικό κόσμο.

Το σύνολο των εφαρμογών που παρατέθηκαν, αλλά και της τρισδιάστατης οπτικοποίησης και προσομοίωσης ως δραστηριότητας γενικά είναι σε κάθε περίπτωση η μάθηση. Όμως, παρά το διδακτικό προορισμό των εξαιρετικά αξιολόγων τεχνικά λογισμικών -τα οποία κατ' ουσία αποτελούν εκπαιδευτικό υλικό- στη συντριπτική πλειοψηφία τους δεν ερευνάται με κανένα τρόπο η διδακτική τους επίδραση. Στις σπάνιες περιπτώσεις στις οποίες γίνεται κάποια -κατά

κάποιον τρόπο- εκπαιδευτική έρευνα, αυτές παρουσιάζουν μεθοδολογικές αδυναμίες (μικρά δείγματα, περιορισμένη διάρκεια, περιορισμένα και μη σταθμισμένα εργαλεία) και δεν επιτρέπουν τη γενίκευση των αποτελεσμάτων.

## **Ερευνητικό κενό**

Η προσφορά της αρχαίας Ελλάδας είναι ιδιαίτερα αναγνωρισμένη στους τομείς της Φιλοσοφίας, των Φυσικών Επιστημών, των Μαθηματικών και των Καλών Τεχνών. Ενώ λοιπόν είναι αναγνωρισμένη η προσφορά της στους παραπάνω τομείς, δεν υπάρχει η ίδια αναγνώριση της προσφοράς της στον τομέα της τεχνολογίας. Από τη γνώση που έχουμε σήμερα, καθίσταται εμφανές ότι οι αρχαίες μηχανές ήταν αρκετά προηγμένες και ότι οι αρχαίοι Έλληνες ίσως απείχαν λιγότερο από όσο νομίζουμε από τη βιομηχανική επανάσταση, καθώς βλέπουμε ότι από τα ελληνιστικά χρόνια αναπτύχθηκαν ατμομηχανές από τον Ήρωνα τον Αλεξανδρινό. Από τα όσα αναφέρθηκαν στην εισαγωγή, φαίνεται ότι τα τελευταία έτη έχει αναπτυχθεί ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την αρχαία τεχνολογία, το οποίο εκδηλώνεται με την ίδρυση μουσείων, την ανάπτυξη στο Διαδίκτυο διαφόρων παρουσιάσεων αρχαίων μηχανών, με την παραγωγή θεματικών ντοκιμαντέρ και με δημοσιεύσεις σε πληθώρα επιστημονικών περιοδικών.

Ταυτόχρονα, από τη βιβλιογραφική επισκόπηση που παρουσιάστηκε, φαίνεται ότι η τεχνολογία της ΕΠ και κυρίως της ΠΕΕΠ χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε διεθνές επίπεδο, με στόχο τη διδασκαλία και την εκπαίδευση σε διάφορα μηχανικά και τεχνολογικά συστήματα, καθώς επίσης και την προσομοίωση αρχαίων τοποθεσιών και μουσείων. Τα περισσότερα εκπαιδευτικά λογισμικά ΠΕΕΠ δημιουργήθηκαν κυρίως από τεχνολογικά Πανεπιστήμια, μπορούν να χαρακτηριστούν ως εξαιρετικά αξιόλογα και άρτια τεχνικά, καθώς για την ανάπτυξή τους γίνεται χρήση ιδιαίτερα απαιτητικών και εξειδικευμένων επαγγελματικών εργαλείων 3D μοντελοποίησης, rendering και animation, καθώς και χρήση επαγγελματικών μηχανών δημιουργίας ΕΠ εφαρμογών όπως η Unity.

Ενώ λοιπόν παρατηρείται αυξημένο ενδιαφέρον για τα αρχαία τεχνουργήματα και ταυτόχρονα το σύνολο των τεχνολογιών της ΠΕΕΠ χρησιμοποιείται ευρύτατα από Πανεπιστήμια και ερευνητικούς φορείς ανά τον κόσμο για την προσομοίωση τεχνολογικών και μηχανικών συστημάτων και αρχαίων τοποθεσιών, δεν στάθηκε δυνατό να εντοπιστεί κάποια προσπάθεια χρησιμοποίησης της ΠΕΕΠ για την οπτικοποίηση και προσομοίωση των αρχαίων ελληνικών εφευρέσεων. Ακόμη, δεν εντοπίστηκαν μελέτες εκπαιδευτικών εφαρμογών ΠΕΕΠ αναφορικά με τα συγκριτικά πλεονεκτήματα της ΠΕΕΠ, έναντι της χρήσης άλλων εκπαιδευτικών μέσων/εργαλείων.

Για τους παραπάνω λόγους αναπτύσσεται μια εκπαιδευτική εφαρμογή ΠΕΕΠ με θέμα την αρχαία ελληνική τεχνολογία, ώστε να καλυφθεί αυτό το κενό. Κάτι τέτοιο, επιτρέπει τη, σε βάθος, μελέτη της γνωστικής και συναισθηματικής της επίδρασης της στους χρήστες, καθώς και τη μελέτη των συγκριτικών πλεονεκτημάτων της (τόσο σε τεχνικό όσο και σε διδακτικό επίπεδο)

## Πλαίσιο υλοποίησης-Δοκιμαστική φάση

Η υλοποίηση του συγκεκριμένου λογισμικού είναι μια εξαιρετικά σύνθετη διαδικασία, η οποία απαιτεί υψηλή τεχνογνωσία σε επαγγελματικά προγράμματα δημιουργίας 3D γραφικών. Επίσης η υλοποίηση απαιτεί σχετικό υπόβαθρο στον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό. Από πλευράς υλικού, χρησιμοποιήθηκαν Η/Υ, σύστημα Oculus Quest, το οποίο περιλαμβάνει γυαλιά ΕΠ (HMD) και απτικά χειριστήρια. Αυτό γιατί ο συγκεκριμένος εξοπλισμός, όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη ενότητα, επιτρέπει υψηλό βαθμό εμβύθισης, αλλά, ταυτόχρονα, δίνει περισσότερη ελευθερία κίνησης στους χρήστες (σε σχέση με τις ανάλογες ενσύρματες συσκευές).

Αναφορικά με το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για κατασκευή της εφαρμογής, αξιοποιήθηκε το λογισμικό δημιουργίας τρισδιάστατων εφαρμογών ΕΠ Unity (<https://unity.com>). Το Unity χρησιμοποιήθηκε γιατί είναι ίσως η πιο διαδεδομένη επαγγελματική μηχανή παραγωγής 3D εφαρμογών παγκόσμια και γιατί επιτρέπει την εξαγωγή του τελικού αποτελέσματος σε συμβατό αρχείο με την πλατφόρμα εκτέλεσης. Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν και λογισμικά τα οποία προσδίδουν επιπλέον λειτουργίες στο Unity, όπως το πρόσθετο το Oculus Integration και το FILO. Επιπρόσθετα, έγινε χρήση και του εξειδικευμένου προγράμματος τρισδιάστατης σχεδίασης και τρισδιάστατης μοντελοποίησης Blender (<https://www.blender.org>) και του προγράμματος συγγραφής κώδικα σε γλώσσα C# Visual Studio Code (<https://code.visualstudio.com>).

Όσον αφορά τον εικονικό κόσμο, αυτός δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να περιηγείται σε ένα περιβάλλον στο οποίο έχει τη δυνατότητα να παρατηρήσει υπό οποιαδήποτε γωνία ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα των αρχαίων ελληνικών εφευρέσεων. Τα μηχανήματα αυτά είναι δημιουργημένα με στόχο την άμεση εποπτεία των μερών τους. Χρησιμοποιήθηκαν ρεαλιστικές υφές έτσι ώστε ο χρήστης να είναι σε θέση να παρατηρεί το σύνολο των μηχανικών μερών. Η κατασκευή τους βασίστηκε πρωτίστως σε περιγραφές της αρχαίας βιβλιογραφίας και δευτερευόντως σε φυσικές αναπαραστάσεις τους σε διάφορα μουσεία, αλλά και στο Διαδίκτυο.

Εκτός από τη θέαση των μηχανών ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να τις θέσει σε λειτουργία και να βλέπει την κίνηση των μηχανικών μερών (μοχλοί, μάντες, βάρη, νερό) με απώτερο σκοπό την κατανόηση της λειτουργίας τους. Για παράδειγμα στον αυτοματισμό των θυρών του ναού μετά από προσφορά θυσίας, ο χρήστης μπορεί να βλέπει μέσα από το πάτωμα τις αυξομειώσεις των υγρών μέσα στα δοχεία, την περιέλιξη και αποπεριέλιξη των σχοινιών στις τροχαλίες και το άνοιγμα και κλείσιμο των θυρών αυτόματα. Ο χρήστης μπορεί να λαμβάνει μεγάλο εύρος πληροφοριών, όπως ιστορικά στοιχεία, πηγές, χρήσεις, αρχές της Μηχανικής. Δηλαδή από την όλη τους αλληλεπίδραση με τις μηχανές και τα πληροφοριακά στοιχεία οι χρήστες θα αποκομίσουν γνώσεις σε πολλά επίπεδα μιας και το θέμα της αρχαίας τεχνολογίας είναι διεπιστημονικό. Τα πληροφοριακά στοιχεία δίνονται με τη μορφή γραπτού κειμένου και με αφήγηση η οποία είναι διανθισμένη με εικόνες. Η αφήγηση και τα κείμενα είναι σύντομα σε χρονική διάρκεια ώστε να μην κουράζουν τον χρήστη και ενεργοποιούνται μετά από διάδραση του χρήστη με ειδικά σύμβολα που υπάρχουν στον εικονικό κόσμο. Η ανάπτυξη περιλαμβάνει αρχικά το στάδιο της ταυτοποίησης, δηλαδή τον βιβλιογραφικό καθορισμό των κατασκευαστικών χαρακτηριστικών. Μετά την ταυτοποίηση έπεται η σχεδίαση, όπου σχεδιάζονται στο Blender τα μηχανικά μέρη και κατόπιν εισάγονται στο Unity για τον καθορισμό των υφών. Μετά το στάδιο της σχεδίασης ακολουθεί το στάδιο της εκτέλεσης όπου

ορίζεται το animation και συγγράφεται ο κώδικας σε C# στο λογισμικό Visual Studio Code. Το τελευταίο στάδιο είναι αυτό του ελέγχου (quality check) όπου γίνεται το rendering και η εφαρμογή εισάγεται στο Oculus Quest για έλεγχο.

Σκοπός των παραπάνω, είναι η κατασκευή ενός τεχνικά και παιδαγωγικά άρτιου εκπαιδευτικού λογισμικού ΠΕΕΠ το οποίο είναι ταυτόχρονα ρεαλιστικό, εποπτικό και επιτρέπει τη διάδραση χρήστη-περιβάλλοντος. Μέχρι στιγμής έχει αναπτυχθεί και δοκιμάζεται η πειραματική έκδοση του λογισμικού η οποία περιλαμβάνει τέσσερις αρχαίες εφευρέσεις: την αιολόσφαιρα του Ήρωνα του Αλεξανδρινού, το φλογοβόλο των Βοιωτών, τις Φρυκτωρίες και το αυτόματο άνοιγμα των θυρών ενός ναού. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να θέσει με απτικό τρόπο (με πυρσό ή με τράβηγμα μοχλού) την εκάστοτε εφεύρεση σε λειτουργία. Μετά τη θέση της εφεύρεσης σε λειτουργία, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να παρακολουθήσει τη λειτουργία της υπό οποιαδήποτε γωνία και επαναλαμβανόμενα. Επιπρόσθετα δίνεται στον χρήστη η δυνατότητα της απτικής διάδρασης με μηχανικά μέρη των συσκευών καθώς αυτός μπορεί να τα πιάσει, να τα σηκώσει, να τα περιστρέψει, ακόμα και να τα εξφενδονίσει. Εκτός των υπολοίπων, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να πυροδοτεί απτικά πληροφοριακά στοιχεία για την κάθε εφεύρεση τα οποία δίνονται σε γραπτά κείμενα, αλλά και μέσω αφηγήσεων οι οποίες είναι διανθισμένες με εικόνες. Επίσης ο χρήστης μπορεί να τηλεμεταφερθεί σε οποιαδήποτε από τις εφευρέσεις απτικά, απλώς αγγίζοντας τον κατάλληλο εικονικό πάπυρο. Αξίζει να σημειωθεί ότι το λογισμικό προσφέρει εκτός των άλλων και ιδιαίτερα αυξημένη εποπτεία των αρχαίων εφευρέσεων και εποπτικές δυνατότητες που δεν είναι δυνατόν να προσφέρει ο φυσικός κόσμος, όπως την αυτόματη εξαφάνιση στοιχείων περιβάλλοντος τα οποία εμποδίζουν τη θέαση των εφευρέσεων κατά τη λειτουργία τους, την οπτική εκπομπή των γραμμάτων στις φρυκτωρίες, τη χρησιμοποίηση διάφανων υφών για την παρακολούθηση της εσωτερικής λειτουργίας κ.α. Το λογισμικό στην πειραματική του έκδοση φαίνονται στην Εικόνα 1.

**Εικόνα 1:** Η πειραματική έκδοση του λογισμικού





## Συμπεράσματα

Από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε φάνηκε ότι τα τελευταία έτη έχει προκύψει επιστημονικό ενδιαφέρον για την αρχαία ελληνική τεχνολογία. Επίσης στην εκπαίδευση και πιο συγκεκριμένα σε εκπαιδευτικές εφαρμογές που αφορούν τη Μηχανική και τη Μουσειακή Εκπαίδευση χρησιμοποιούνται οι τεχνολογίες της ΠΕΕΠ για την προσομοίωση ηλεκτρομηχανικών συστημάτων και μουσειακών και αρχαιολογικών χώρων. Παρά τη δημιουργία εξαιρετικών τεχνικά εκπαιδευτικών λογισμικών ΠΕΕΠ στους παραπάνω τομείς στην πλειοψηφία τους δεν μελετώνται ως προς τη γνωστική και συναισθηματική τους επίδραση στους χρήστες. Επιπρόσθετα δεν κατέστη δυνατό να εντοπιστεί χρήση της ΠΕΕΠ στην αναπαράσταση και προσομοίωση στοιχείων της αρχαίας ελληνικής τεχνολογίας. Είναι λοιπόν ενδιαφέρουσα και καινοτόμος η δημιουργία ενός λογισμικού ΠΕΕΠ για τη διδασκαλία στοιχείων της αρχαίας ελληνικής τεχνολογίας μέσα σε ένα πλαίσιο μουσειακής εκπαίδευσης και επιπρόσθετα η διεξαγωγή εκπαιδευτικής έρευνας για τη γνωστική και συναισθηματική του επίδραση στους χρήστες.

## Βιβλιογραφία

- Φωκίδης, Ε., & Τσολακίδης Κ., &. (2011). Η εικονική πραγματικότητα στην εκπαίδευση θεωρία και πράξη. Εκδόσεις Διάδραση.
- Anastasovitis, E., & Roumeliotis, M. (2017, June). Software tools for analysis and visualization of the antikythera mechanism. Proceedings of the 2017 3DTV Conference: The True Vision-Capture, Transmission and Display of 3D Video (3DTV-CON), 1-4. IEEE. <https://doi.org/10.1109/3DTV.2017.8280425>
- Andaluz, V. H., Castillo-Carrión, D., Miranda, R. J., & Alulema, J. C. (2017). Virtual reality applied to industrial processes. Proceedings of the International Conference on Augmented Reality, Virtual Reality and Computer Graphics, 59-74. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-60922-5\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-60922-5_5)
- Antoniou, G. P. (2010). Ancient Greek lavatories: Operation with reused water. Ancient water technologies (pp. 67-86). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-90-481-8632-7\\_4](https://doi.org/10.1007/978-90-481-8632-7_4)
- Armoni, M. (2017). Computing in schools. Non-formal education in K-12 CS--: the case of museums. ACM Inroads, 8(3), 24-26.
- Bektas, Y., & Sherman, R. (2013). A bold new enterprise: The Istanbul museum of the history of science and technology in Islam. Retrieved from [https://www.jstor.org/stable/pdf/24467980.pdf?casa\\_token=WLnQyoeigSYAAAAA:SHmNL9JRd3LxfLcgCW7KS8hBK8tKyBVBj02ssYT1KOernvDvnyJkqmQvq-4h\\_4e8B5hur6Z7m0z4ND\\_nS5ydo9wIHsNURHsL7omB3YtbW51Otf6Cnt0](https://www.jstor.org/stable/pdf/24467980.pdf?casa_token=WLnQyoeigSYAAAAA:SHmNL9JRd3LxfLcgCW7KS8hBK8tKyBVBj02ssYT1KOernvDvnyJkqmQvq-4h_4e8B5hur6Z7m0z4ND_nS5ydo9wIHsNURHsL7omB3YtbW51Otf6Cnt0)
- Bogdanovych, A., Ijaz, K., & Simoff, S. (2012). The city of Uruk: teaching ancient history in a virtual world. Proceedings of the International Conference on Intelligent Virtual Agents, 28-35. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-33197-8\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-642-33197-8_3)
- Bryant, J. M. (1990). Military technology and socio-cultural change in the ancient Greek city. The Sociological Review, 38(3), 484-516. <https://doi.org/10.1111/j.1467-954X.1990.tb00921.x>
- Bulu, S. T. (2012). Place presence, social presence, co-presence, and satisfaction in virtual worlds. Computers & Education, 58(1), 154-161. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.08.024>



- Cano, A. E. S. (2018). Design and implementation of a virtual reality laboratory for mechanical maintenance. Retrieved from [https://scholarworks.moreheadstate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1140&context=msu\\_theses\\_dissertations](https://scholarworks.moreheadstate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1140&context=msu_theses_dissertations)
- Charette, F. (2006). The locales of Islamic astronomical instrumentation. *History of Science*, 44(2), 123-138. <https://doi.org/10.1177/007327530604400201>
- Charness, G., Gneezy, U., & Kuhn, M. A. (2012). Experimental methods: Between-subject and within-subject design. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 81(1), 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2011.08.009>
- Chiluisa, M. G., Mullo, R. D., & Andaluz, V. H. (2018, November). Training in Virtual Environments for Hybrid Power Plant. *Proceedings of the International Symposium on Visual Computing*, 193-204. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-03801-4\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-030-03801-4_18)
- Chou, Y. H., & Shyu, H. Y. (2017, March). Virtual laboratory of the magnetic field due to a current element. *Proceedings of the Society for Information Technology & Teacher Education International Conference*, 1484-1489. Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- 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. *Advances in digital cultural heritage* (pp. 208-217). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-75789-6\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-319-75789-6_15)
- Crespo, R., García, R., & Quiroz, S. (2015). Virtual reality application for simulation and off-line programming of the Mitsubishi Movemaster RV-M1 robot integrated with the oculus rift to improve students training. *Procedia Computer Science*, 75, 107-112. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.12.226>
- Cuomo, S. (2007). *Technology and culture in Greek and Roman antiquity*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Damerow, P. (2012). Sumerian beer: the origins of brewing technology in ancient Mesopotamia. *Cuneiform Digital Library Journal*, 2, 1-20.
- Davison, P. J. (2016). A summary of studies conducted on the effect of motion in flight simulator pilot training. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/b5ec/eedc36e5fb254d60db1f2a245582fb34f2db.pdf>
- De Feo, G., Mays, L. W., & Angelakis, A. N. (2010). Water and wastewater management technologies in the ancient Greek and Roman civilizations. *Water-Quality Engineering*, 4, 3-22. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53199-5.00071-3>
- De Solla Price, D. (1974). Gears from the Greeks. The Antikythera mechanism: a calendar computer from ca. 80 BC. *Transactions of the American Philosophical Society*, 1-70. <https://doi.org/10.2307/1006146>
- De Solla Price, D. J. (1959). An ancient Greek computer. *Scientific American*, 200(6), 60-67.
- De Winter, J. C., Dodou, D., & Mulder, M. (2012). Training effectiveness of whole body flight simulator motion: A comprehensive meta-analysis. *The International Journal of Aviation Psychology*, 22(2), 164-183. <https://doi.org/10.1080/10508414.2012.663247>
- Deng, Y. (2011). *Ancient Chinese Inventions*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Desai, P. R., Desai, P. N., Ajmera, K. D., & Mehta, K. (2014). A review paper on oculus rift-a virtual reality headset. *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*, 13, 175-179.
- Do, P. T., Moreland, J. R., Delgado, C., Wilson, K., Wang, X., Zhou, C., & Ice, P. (2013). Effects of 3D virtual simulators in the introductory wind energy course: a tool for teaching engineering concepts. *Comprehensive Psychology*, 2, 04-07. <https://doi.org/10.2466/04.07.IT.2.7>

- Dreier, M. E. (2007). Introduction to helicopter and tiltrotor flight simulation. Retrieved from <https://doi.org/10.2514/4.862083>
- Edirisingha, P., Nie, M., Pluciennik, M., & Young, R. (2009). Socialisation for learning at a distance in a 3-D multi-user virtual environment. *British Journal of Educational Technology*, 40(3), 458-479. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.00962.x>
- Edmunds, M. G., & Morgan, P. (2000). The Antikythera mechanism: still a mystery of Greek astronomy? *Astronomy & Geophysics*, 41(6), 6-10. <https://doi.org/10.1046/j.1468-4004.2000.41610.x>
- Falagas, M. E., Zarkadoulia, E. A., & Samonis, G. (2006). Arab science in the golden age (750–1258 CE) and today. *The FASEB Journal*, 20(10), 1581-1586. <https://doi.org/10.1096/fj.06-0803ufm>
- Ferguson, E. S. (1978). Elegant inventions: The artistic component of technology. *Technology and Culture*, 19(3), 450-460. <https://doi.org/10.2307/3103374>
- Fokides, E. (2017). A model for explaining primary school students' learning outcomes when they use multi-user virtual environments. *Journal of Computers in Education*, 4(3), 225-250. <https://doi.org/10.1007/s40692-017-0080-y>
- Fokides, E., & Atsikpasi, P. (2018). Development of a model for explaining the learning outcomes when using 3D virtual environments in informal learning settings. *Education and Information Technologies*, 23(5), 2265-2287. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9719-1>
- Fokides, E., Mastrokourou, A., & Atsikpasi, P. (2017). Teaching basic astronomy concepts to pre-service teachers using 3D virtual environments: Results of a study in Greece. *Handbook of research on technology-centric strategies for higher education administration*, 175-194. IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-2548-6.ch011>
- Foni, A., Papagiannakis, G., & Magnenat-Thalmann, N. (2002). Virtual Hagia Sophia: Restitution, visualization and virtual life simulation. *UNESCO World Heritage Congress (Vol. 2)*.
- Freeth, T., & Jones, A. (2012). The cosmos in the Antikythera mechanism. Retrieved from <http://dlib.nyu.edu/awdl/isaw/isaw-papers/4/>
- Freeth, T., Bitsakis, Y., Moussas, X., Seiradakis, J. H., Tselikas, A., Mangou, H., .. & Allen, M. (2006). Decoding the ancient Greek astronomical calculator known as the Antikythera Mechanism. *Nature*, 444(7119), 587. <https://doi.org/10.1038/nature05357>
- Freina, L., & Ott, M. (2015, April). A literature review on immersive virtual reality in education: state of the art and perspectives. *Proceedings of the International Scientific Conference eLearning and Software for Education (Vol. 1)*, 133-141. " Carol I" National Defence University.
- Ganchy, S. (2009). *Islam and science, medicine, and technology*. New York: The Rosen Publishing Group, Inc.
- Hahn, R. (2001). *Anaximander and the architects: the contributions of Egyptian and Greek architectural technologies to the origins of Greek philosophy*. New York: Suny Press.
- Heïgeas, L., Luciani, A., Thollot, J., & Castagné, N. (2010). A physically-based particle model of emergent crowd behaviors. Retrieved from <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1005/1005.4405.pdf>
- Hew, K. F., & Cheung, W. S. (2010). Use of three-dimensional (3-D) immersive virtual worlds in K-12 and higher education settings: A review of the research. *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 33-55. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2008.00900.x>
- Hodges, H. (1992). *Technology in the ancient world*. New York: Barnes & Noble Publishing.
- Hoepfner, A., Menckel, N., Lombardi, P., Franke, R., & Komarnicki, P. (2017). A virtual reality platform that supports integrated design of energy and land-use plans in Brownfield Industrial Parks. *Journal of Energy Challenges and Mechanics* 2017, 4.

- Jacobson, J., & Holden, L. (2005, June). The virtual Egyptian temple. Retrieved from <http://publicvr.info/downloads/Jacobson2005e.pdf>
- Jestice, R., & Kahai, S. S. (2010). The Effectiveness of Virtual Worlds for Education: An Empirical Study. *Proceedings of the Americas Conference on Information Systems AMCIS*, 512-522.
- Lee, E. A. L., & Wong, K. W. (2014). Learning with desktop virtual reality: Low spatial ability learners are more positively affected. *Computers & Education*, 79, 49-58. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.07.010>
- Lee, E. A. L., Wong, K. W., & Fung, C. C. (2010). How does desktop virtual reality enhance learning outcomes? A structural equation modeling approach. *Computers & Education*, 55(4), 1424-1442. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.06.006>
- Maïm, J., Haegler, S., Yersin, B., Mueller, P., Thalmann, D., & Van Gool, L. (2007). Populating ancient pompeii with crowds of virtual romans. *Proceedings of the 8th International Symposium on Virtual Reality, Archeology and Cultural Heritage-VAST (No. CONF)*.
- Manyoky, M., Hayek, U. W., Klein, T. M., Pieren, R., Heutschi, K., & Grêt-Regamey, A. (2012). Concept for collaborative design of wind farms facilitated by an interactive GIS-based visual-acoustic 3D simulation. *Proceedings of Digital Landscape Architecture*.
- Moon, F. C. (2007). *The machines of Leonardo Da Vinci and Franz Reuleaux: kinematics of machines from the Renaissance to the 20th Century (Vol. 2)*. Berlin: Springer Science & Business Media.
- Moorefield-Lang, H. (2015). Libraries and the Rift: Oculus Rift and 4D devices in libraries. *Knowledge Quest*, 43(5), 76-77.
- 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>
- Oliver, M., & Carr, D. (2009). Learning in virtual worlds: Using communities of practice to explain how people learn from play. *British Journal of Educational Technology*, 40(3), 444-457. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.00948.x>
- Papadopoulos, E. (2007). Heron of Alexandria (c. 10–85 AD). *Distinguished figures in mechanism and machine science*, 217-245. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6366-4\\_9](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6366-4_9)
- Petrakou, A. (2010). Interacting through avatars: Virtual worlds as a context for online education. *Computers & Education*, 54(4), 1020-1027. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.10.007>
- Quevedo, W. X., Sánchez, J. S., Arteaga, O., Álvarez, M., Zambrano, V. D., Sánchez, C. R., & Andaluz, V. H. (2017, June). Virtual reality system for training in automotive mechanics. *Proceedings of the International Conference on Augmented Reality, Virtual Reality and Computer Graphics* (pp. 185-198). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-60922-5\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-319-60922-5_14)
- 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.
- Rietzler, M., Plaumann, K., Kränzle, T., Erath, M., Stahl, A., & Rukzio, E. (2017). VaiR: Simulating 3D Airflows in virtual reality. *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 5669-5677). ACM. <https://doi.org/10.1145/3025453.3026009>
- Ritter III, K. A. (2016). *Virtual solar energy Center: A case study of the use of advanced visualization techniques for the comprehension of complex engineering products and processes* (Doctoral dissertation, University of Louisiana at Lafayette). <https://search.proquest.com/openview/91a560ab092d8612f61f09b87648a125/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>

- Romanek, D., & Lynch, B. (2008). Touch and the value of object handling: Final conclusions for a new sensory museology. In *Touch in museums: Policy and practice in object handling*, 275-86.
- Safiai, M. H., Ibrahim, I. A., Jamsari, E. A., Ahmad, M. Y., & Nasir, B. M. (2016). The continuity of astrolabe as a multipurpose astroflight instrument. *International Journal of Applied Engineering Research*, 11(9), 6081-6086.
- Salmi, H. (1993). *Science Centre Education. Motivation and learning in informal education*. Research report 119. Department of Teacher Education, University of Helsinki, Helsinki, Finland.
- Salmon, G. (2009). The future for (second) life and learning. *British Journal of Educational Technology*, 40(3), 526-538. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.00967.x>
- Scholz, M. P. (2008). *Advanced NXT: The Da Vinci inventions book*. New York: Apress.
- Sheppard, B. (2000). The 21st century learner. Retrieved from <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED448788.pdf>
- Tanaka, E. H., Paludo, J. A., Cordeiro, C. S., Domingues, L. R., Gadbem, E. V., & Euflausino, A. (2015). Using immersive virtual reality for electrical substation training. *International Association for Development of the Information Society*. Retrieved from <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED562456.pdf>
- Tassios, T. P. (2007). Water supply of ancient Greek cities. *Water Supply*, 7(1), 165-172. <https://doi.org/10.2166/ws.2007.019>
- Tuplin, C., Rihll, T. E., & Wolpert, L. (2002). *Science and mathematics in ancient Greek culture*. Oxford: Oxford University Press on Demand.
- Wright, M. T. (2007). The Antikythera mechanism reconsidered. *Interdisciplinary Science Reviews*, 32(1), 27-43. <https://doi.org/10.1179/030801807X163670>
- Ye, Z., JianQin, W., & ZhiHong, L. (2018). An intelligent display platform of traditional farming myth's virtual scene based on Unity3D. *IFAC-PapersOnLine*, 51(17), 678-682. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.118>
- Zhang, R. (2018, May). Construction of Virtual Ship Simulation Practical Training Platform. *Proceedings of the 2018 3rd International Conference on Automation, Mechanical Control and Computational Engineering (AMCCE 2018)*. Atlantis Press. <https://doi.org/10.2991/amcce-18.2018.47>
- Zafeiropoulos, V., & Kalles, D. (2018). Quantitative liquid simulation in an interactive 3D virtual laboratory. *Proceedings of the 22nd Pan-Hellenic Conference on Informatics*, 219-224. ACM. <https://doi.org/10.1145/3291533.3291545>