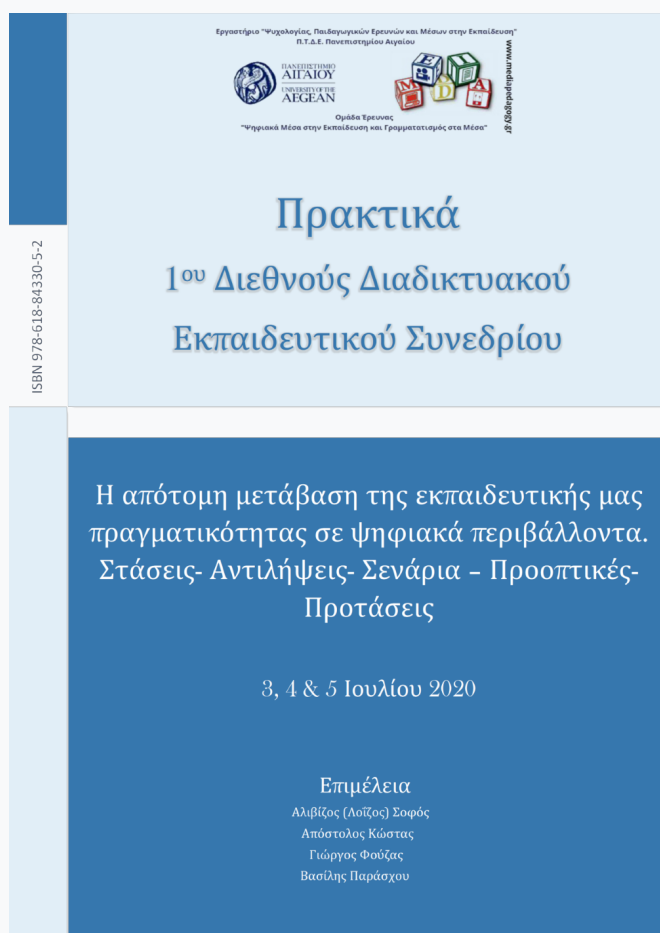


1ο Διεθνές Διαδικτυακό Εκπαιδευτικό Συνέδριο Από τον 20ο στον 21ο αιώνα μέσα σε 15 ημέρες

Αρ. 1 (2021)

Τόμος Πρακτικών 1ο Διαδικτυακό Εκπαιδευτικό Συνέδριο "Από τον 20ο στον 21ο αιώνα μέσα σε 15 ημέρες: Η απότομη μετάβαση της εκπαιδευτικής μας πραγματικότητας σε ψηφιακά περιβάλλοντα. Στάσεις – Αντιλήψεις – Σενάρια – Προοπτικές – Προτάσεις



**Δημιουργία εφαρμογής πλήρους εμπυθισμένης
εικονικής πραγματικότητας για τη διδασκαλία
στοιχείων της Αρχαίας Ελληνικής τεχνολογίας**

Παναγιώτης Αντωνόπουλος, Εμμανουήλ Φωκίδης

doi: [10.12681/online-edu.3273](https://doi.org/10.12681/online-edu.3273)

Δημιουργία εφαρμογής πλήρους εμβυθισμένης εικονικής πραγματικότητας για τη διδασκαλία στοιχείων της Αρχαίας Ελληνικής τεχνολογίας

Παναγιώτης Αντωνόπουλος¹, Εμμανουήλ Φωκίδης²

pred19003@aegean.gr, fokides@aegean.gr

¹ Υποψήφιος Διδάκτορας Πανεπιστημίου Αιγαίου

² Επίκουρος Καθηγητής Πανεπιστημίου Αιγαίου

Περίληψη

Σκοπός της εργασίας είναι να παρουσιάσει τη διαδικασία παραγωγής λογισμικού Πλήρως Εμβυθισμένης Εικονικής Πραγματικότητας (ΠΕΕΠ) για τη μουσειακή εκπαίδευση στην Αρχαία Ελληνική τεχνολογία. Το λογισμικό αυτό μπορεί να αξιοποιηθεί ως καινοτόμο ψηφιακό εργαλείο είτε σε κάποιον μουσειακό χώρο, είτε να ενταχθεί στα πλαίσια εξ' αποστάσεως εκπαίδευσης. Η κατασκευή του λογισμικού έγινε σε τέσσερα στάδια χρησιμοποιώντας τα λογισμικά Blender, Visual Studio Code και Unity. Στο στάδιο της σχεδίασης, κατασκευάστηκαν τα απαραίτητα τρισδιάστατα μοντέλα βάσει ιστορικών πηγών αλλά και φυσικών αναπαραστάσεων των εφευρέσεων σε μουσεια. Ακολούθησε το στάδιο της εκτέλεσης, κατά το οποίο ορίστηκαν τα animation και συγγράφηκαν scripts στην αντικειμενοστρεφή γλώσσα προγραμματισμού C#. Στο τελικό στάδιο, πραγματοποιήθηκαν δοκιμές οι οποίες οδήγησαν στον επανασχεδιασμό και επαναπρογραμματισμό κάποιων στοιχείων του λογισμικού. Επίσης, προστέθηκαν το γνωστικό υλικό με τη μορφή γραπτών πληροφοριακών στοιχείων και αφήγησης. Πέρα από την εκπαιδευτική του χρήση, το λογισμικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην διενέργεια εκπαιδευτικής έρευνας σε τεχνολογίες αιχμής.

Λέξεις κλειδιά: Αρχαία Ελληνική τεχνολογία, εκπαιδευτικό λογισμικό, Πλήρως Εμβυθισμένη Εικονική Πραγματικότητα

Εισαγωγή

Η τεχνολογία αποτελεί μια καιρία δραστηριότητα του σημερινού πολιτισμού, η οποία επηρεάζει σχεδόν κάθε έκφανση της προσωπικής και κοινωνικής ζωής των ανθρώπων. Όπως και στους άλλους τομείς, έτσι και στην εκπαίδευση, η τεχνολογία ασκεί μεγάλη επιρροή μετασχηματίζοντας -πολλές φορές ριζικά- το εκπαιδευτικό υλικό. Μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία είναι η Εικονική Πραγματικότητα (ΕΠ). Η ΕΠ εξελίσσεται εδώ και αρκετά χρόνια και βρίσκει εφαρμογή σχεδόν σε όλους τους επιστημονικούς τομείς, όπως επίσης, στα ειδικά κινηματογραφικά εφέ και τα ηλεκτρονικά παιχνίδια (Φωκίδης & Τσολακίδης, 2011). Δύο, πολύ βασικές, κατηγορίες της ΕΠ είναι η επιτραπέζια ΕΠ και η Πλήρως Εμβυθισμένη Εικονική Πραγματικότητα (immersive virtual reality, ΠΕΕΠ). Η επιτραπέζια ΕΠ χρησιμοποιεί "απλά" μέσα διεπαφής (οθόνη υπολογιστή, ποντίκι, πληκτρολόγιο και χειριστήρια) ενώ η ΠΕΕΠ χρησιμοποιεί πολύ πιο εξελιγμένα μέσα, όπως κράνος/γυαλιά ΕΠ και απτικά χειριστήρια (Freina, & Ott, 2015). Ένα βασικό χαρακτηριστικό της ΕΠ είναι η εμβύθιση, που περιγράφει τον βαθμό απομόνωσης του χρήστη από το φυσικό περιβάλλον και "ύπαρξης" του μέσα στο εικονικό περιβάλλον (Fokides & Atsikrasi, 2018). Από τα είδη της ΕΠ, το είδος που επιτυγχάνει την πλήρη εμβύθιση του χρήστη είναι η ΠΕΕΠ (Desai et al., 2014). Παρόλα αυτά, η ανάπτυξη λογισμικού ΠΕΕΠ είναι μια σύνθετη διαδικασία. Έτσι, σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να περιγράψει τη διαδικασία ανάπτυξης ενός τέτοιου είδους λογισμικού, που αφορά τη μουσειακή εκπαίδευση στην Αρχαία Ελληνική τεχνολογία.

Από τον 20^ο στον 21^ο αιώνα μέσα σε 15 ημέρες Η απότομη μετάβαση της εκπαιδευτικής μας πραγματικότητας σε ψηφιακά περιβάλλοντα. Στάσεις-Αντιλήψεις-Σενάρια-Προοπτικές-Προτάσεις

Πιο συγκεκριμένα, αναπαραστάθηκαν τέσσερις αρχαίες εφευρέσεις, η αιολόσφαιρα του Ήρωνα, το φλογοβόλο των Βοιωτών, οι φρυκτωρίες και το αυτόματο άνοιγμα των θυρών ενός ναού. Το Oculus Quest επιλέχθηκε ως πλατφόρμα εκτέλεσης, διότι είναι μια από τις πιο διαδεδομένες συσκευές ΕΠ. Ακριβώς λόγω της ευρείας διάδοσής της είναι ίσως η ιδανικότερη συσκευή για την ανάπτυξη λογισμικού εξ' αποστάσεως εκπαίδευσης. Επιπρόσθετα, πλεονεκτεί έναντι των άλλων συσκευών γιατί είναι μια *all in one* συσκευή, εφόσον δεν χρειάζεται σύνδεση με ηλεκτρονικό υπολογιστή για να εκτελέσει τις εφαρμογές. Η ελεύθερη κίνηση του χρήστη, χωρίς να εμποδίζεται από καλώδια, είναι ένα στοιχείο το οποίο συμβάλει στην επιδωκόμενη εμπύθιση στο εικονικό περιβάλλον.

Επισκόπηση της Βιβλιογραφίας

Εφαρμογές της ΕΠ και της ΠΕΕΠ έχουν χρησιμοποιηθεί ευρύτατα για την ανάπτυξη εκπαιδευτικών εφαρμογών σε πληθώρα γνωστικών πεδίων όπως η μηχανική, η ιατρική, οι φυσικές επιστήμες, η ναυτιλία, η γεωπονική και η στρατιωτική εκπαίδευση. Για παράδειγμα, χρησιμοποιήθηκε στην προσομοίωση λειτουργίας ανεμογεννητριών και φωτοβολταϊκών διατάξεων (Chiluisa et al., 2018; Rafiee et al., 2017), στη ρομποτική (Crespo et al., 2015) και στην αναπαράσταση μηχανολογικού εργαστηρίου (Quevedo et al., 2017). Για την εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες έχει αναπτυχθεί εργαστήριο χημείας (Zafeiropoulos & Kalles, 2018) και εργαστήριο ηλεκτρομαγνητισμού (Chou & Shyu, 2017). Επίσης, η ΠΕΕΠ έχει χρησιμοποιηθεί για την εκπαίδευση στην γεωπονία (Ye et al., 2018), στην εκμάθηση πλοήγησης αεροπλάνων (Davison, 2016) και ελικοπτέρων (Dreier, 2007), στη ναυτιλία και ναυτική πλοήγηση (Zhang, 2018). Πολλές εκπαιδευτικές εφαρμογές της ΕΠ και της ΠΕΕΠ χρησιμοποιούνται και εντός των πλαισίων της εξ' αποστάσεως εκπαίδευσης καθώς δεν είναι απαραίτητο ο χρήστης να βρίσκεται στον φυσικό χώρο της εκπαίδευσης, ειδικά όταν το φυσικό εκπαιδευτικό περιβάλλον είναι δύσκολο προσβάσιμο ή επικίνδυνο (Fokides & Atsikrasi, 2018).

Η μουσειακή εκπαίδευση είναι μια μορφή άτυπης εκπαίδευσης η οποία λαμβάνει χώρα σε διάφορα μουσεία και στοχεύει στην επίτευξη της κοινωνικής συνοχής, στον σεβασμό των διαφορετικών πολιτισμών, στην ανάπτυξη της υπευθυνότητας και της κριτικής σκέψης των πολιτών και την ενεργό συμμετοχή στην κοινωνική ζωή (Filippoupoliti, & Sylaiou, 2015· Giampili, 2019). Όμως, τα τελευταία χρόνια αρκετοί οργανισμοί αναπτύσσουν εκπαιδευτικά μουσειακά προγράμματα τα οποία είναι διαθέσιμα και διαδικτυακά (ενδεικτικά, 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>). Έτσι, κατά κάποιο τρόπο, η μουσειακή εκπαίδευση "συναντά" την εξ' αποστάσεως εκπαίδευση. Η συμβολή της ΕΠ και σε αυτό το σημείο, είναι αξιοσημείωτη. Ενδεικτικά, μπορεί να αναφερθεί η τρισδιάστατη αναπαράσταση του τηλεκατευθυνόμενου πλοιαρίου του Νικολά Τέσλα (Vučković et al., 2017), η δημιουργία του μουσείου ΕΠ "Alt-Segeberger Bürgerhaus" (Kersten et al., 2017), η αναπαράσταση αρχαίας πόλης των Μάγια (Juckette, 2019) και η έκθεση ΕΠ "Viking VR" (Schofield et al., 2018). Παρόλη την παραπάνω πληθώρα εφαρμογών, λίγες αφορούν την αναπαράσταση Αρχαίων Ελληνικών εφευρέσεων (για παράδειγμα ο αστρολάβος των Αντικυθήρων, Diolatzis & Pavlogeorgatos, 2018). Επίσης, ενώ υπάρχουν δισδιάστατες εκπαιδευτικές εφαρμογές που σχετίζονται με την Αρχαία Ελληνική τεχνολογία (Anastasovitis & Roumeliotis, 2019), δεν βρέθηκε κάποια αντίστοιχη που να υλοποιείται με ΕΠ ή ΠΕΕΠ. Συνεπώς, θα είχε ιδιαίτερο ενδιαφέρον να επιχειρηθεί η υλοποίηση μιας εφαρμογής που θα αξιοποιεί την τεχνολογία της ΠΕΕΠ και, ταυτόχρονα, θα μπορεί να εφαρμοστεί τόσο στην μουσειακή όσο και στην εξ' αποστάσεως εκπαίδευση.

Από τον 20^ο στον 21^ο αιώνα μέσα σε 15 ημέρες Η απότομη μετάβαση της εκπαιδευτικής μας πραγματικότητας σε ψηφιακά περιβάλλοντα. Στάσεις-Αντιλήψεις-Σενάρια-Προοπτικές-Προτάσεις

Μέθοδος

Για την υλοποίηση της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο των Cuyos et al. (2019), που προβλέπει 4 στάδια ανάπτυξης λογισμικού (ταυτοποίηση, σχεδίαση, εκτέλεση και δοκιμή). Στο στάδιο της ταυτοποίησης αποφασίστηκαν όλες οι δυνατότητες που θα παρέχει το σύστημα. Έτσι, λόγω της εκπαιδευτικής στόχευσης, θεωρήθηκε σκόπιμο ο χρήστης να μπορεί να παρατηρεί τις εφευρέσεις από οποιαδήποτε γωνία και να μπορεί να αλληλεπιδρά με αυτές. Για αυτό το λόγο αποφασίστηκε η χρήση real time animation, δηλαδή η παρακολούθηση της λειτουργίας τους να μην γίνεται υπό προκαθορισμένες γωνίες λήψης (cutscene) αλλά, ενώ λειτουργεί το animation, ο χρήστης να μπορεί να κινηθεί ελεύθερα. Αυτό το στοιχείο της εφαρμογής είναι ιδιαίτερα σημαντικό, γιατί η χρήση cutscenes υποβαθμίζει την εμπειρία αφού πρόκειται για απλή παρακολούθηση ενός τρισδιάστατου animation. Εκτός αυτού, για να γίνει πλήρης αξιοποίηση των δυνατοτήτων της ΠΕΕΠ, θα πρέπει το λογισμικό να δίνει τη δυνατότητα διάδρασης του χρήστη με τις αρχαίες εφευρέσεις. Για τον λόγο αυτό, αποφασίστηκε ο χρήστης να τις θέτει απτικά σε λειτουργία. Επιπρόσθετα, για να υλοποιηθεί το εκπαιδευτικό κομμάτι, θα πρέπει, όπως και σε ένα μουσείο με φυσική υπόσταση, ο χρήστης να έχει πρόσβαση σε πληροφορίες αναφορικά με ιστορικά στοιχεία των εφευρέσεων αλλά και για τη λειτουργία τους. Για την εκπλήρωση αυτού του στόχου, αποφασίστηκε η δημιουργία ειδικών αντικειμένων που, όταν τα ενεργοποιεί ο χρήστης, να εμφανίζονται για ορισμένο χρονικό διάστημα πληροφορίες, αλλά και να υπάρχει ένα αφηγηματικό-ηχητικό μέρος.

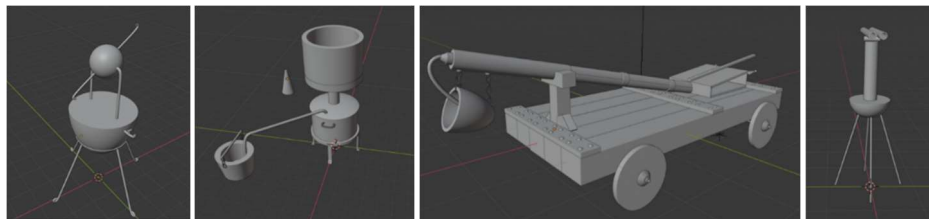
Σχεδίαση

Στο στάδιο της σχεδίασης χρησιμοποιήθηκε συνδυασμός λογισμικών. Η προσπάθεια ανακατασκευής των αρχαίων μηχανών δεν βασίστηκε σε αυστηρές προδιαγραφές, λόγω του ότι οι πηγές στις οποίες στηρίζονται οι ερευνητές είναι συνήθως αρχαίες περιγραφές που δεν είναι ιδιαίτερα αναλυτικές (για παράδειγμα, δεν αναφέρονται συγκεκριμένες διαστάσεις και υλικά). Καθώς η αιολόσφαιρα του Ήρωνα δεν υπήρχε έτοιμη σε κάποιο αποθετήριο τρισδιάστατων αντικειμένων, χρησιμοποιήθηκε λογισμικό κατασκευής τρισδιάστατων μοντέλων και, συγκεκριμένα, το Blender (<https://www.blender.org>), το οποίο, παρότι ανοικτού κώδικα, θεωρείται ένα από τα καλύτερα του χώρου. Ο σχεδιασμός της εφεύρεσης βασίστηκε, πρωτίστως, στο έργο του Ήρωνα του Αλεξανδρινού, όπως αποδίδεται από τον Woodcroft (1851), και δευτερευόντως σε φυσικές αναπαραστάσεις της εφεύρεσης του μουσείου αρχαίας ελληνικής τεχνολογίας Κοτσανά και στην αιολόσφαιρα που υπάρχει στο Τεχνολογικό Μουσείο Θεσσαλονίκης. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στη λεπτομερειακή σχεδίαση των επιμέρους μηχανικών μερών, όπως οι σωλήνες εξαγωγής ατμού.

Κατά παρόμοιο τρόπο, σχεδιάστηκε και μέρος του μηχανισμού ο οποίος ανοίγει αυτόματα την πόρτα ενός ναού, μετά από θυσία. Εκτός από το Blender, χρησιμοποιήθηκε ειδικό πρόσθετο του Unity για κάποια μέρη. Το Unity είναι μια από τις πιο διαδεδομένες μηχανές για τη δημιουργία ηλεκτρονικών παιχνιδιών. Ο σχεδιασμός της εφεύρεσης βασίστηκε και πάλι στον Woodcroft (1851) και στην αναπαράσταση της εφεύρεσης στο μουσείο Κοτσανά. Το φλογόβολο των Βοιωτών ήταν ιδιαίτερα απαιτητικό στη σχεδίαση γιατί περιλαμβάνει δεκάδες επιμέρους μηχανικά μέρη. Η σχεδίαση βασίστηκε στο έργο του Θουκυδίδη "Ιστορία" (Βλάχος, 1968) και δευτερευόντως στην αναπαράστασή της στο μουσείο Κοτσανά. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό, και μεγάλη πρόκληση, ήταν η δημιουργία των δερμάτων του φουσητήρα. Για την ρεαλιστική κίνησή τους χρησιμοποιήθηκε η τεχνική Rigging, κατά την οποία εφαρμόζεται ειδικός σκελετός στο μοντέλο, έτσι ώστε αυτό να κινείται ρεαλιστικά.

Τέλος, για τη σχεδίαση των φρυκτωριών, που ήταν σχετικά εύκολη, χρησιμοποιήθηκαν και πάλι το Blender και το Unity. Επιπρόσθετα, στο Blender πραγματοποιήθηκε και το modeling

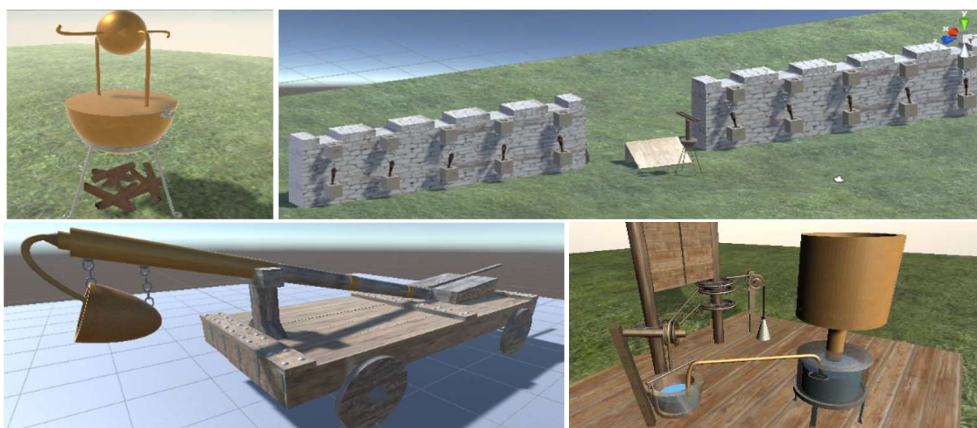
των διοπτρών. Η σχεδίαση των φρυκτωριών βασίστηκε πρωτίστως στις περιγραφές του Λάζου (1997). Η Εικόνα 1 παρουσιάζει τα μοντέλα όπως αυτά κατασκευάστηκαν στο Blender.



Εικόνα 1. Τα μοντέλα των 4 εφευρέσεων

Πέρασμα υφών

Επόμενο στάδιο της σχεδίασης ήταν το πέρασμα υφών (texturing) στα μοντέλα. Χρησιμοποιήθηκαν υφές χαλκού, σιδήρου και ξύλου. Για την αιολόσφαιρα, μετά την εισαγωγή των υφών έγιναν ειδικές ρυθμίσεις με στόχο αυτή να αποκτήσει μεταλλική-γυαλιστερή όψη. Στη μηχανή ανοίγματος θυρών, λόγω της αυξημένης πολυπλοκότητας της λειτουργίας της, χρησιμοποιήθηκαν διάφανες υφές σε μηχανικά μέρη, ώστε οι χρήστες να μπορούν να παρατηρήσουν την αυξομειώση της στάθμης του νερού κατά τη λειτουργία της (Εικόνα 2).



Εικόνα 2. Τα μοντέλα των 4 εφευρέσεων μετά το texturing

Εισαγωγή animation

Αφού ολοκληρώθηκε το πέρασμα των υφών, εισάχθηκαν κάποια επιπλέον αντικείμενα στην σκηνή ώστε αυτή να εμπλουτιστεί, όπως, ένα αρχαίο σπίτι και ένα υπόστεγο το οποίο φιλοξενεί τη μηχανή. Μετά την εισαγωγή τους έγιναν αρκετές παραμετροποιήσεις, ειδικά στο υπόστεγο, για ταιριάξουν στην υπόλοιπη σκηνή. Τα αντικείμενα επιλέχθηκαν έτσι ώστε να είναι καλαίσθητα, ιστορικά ακριβή, αλλά και με γνώμονα τον χαμηλό αριθμό πολυγώνων, έτσι ώστε να γίνει λογική διαχείριση των πόρων του συστήματος. Στη συνέχεια, έγινε ο

Από τον 20^ο στον 21^ο αιώνα μέσα σε 15 ημέρες Η απότομη μετάβαση της εκπαιδευτικής μας πραγματικότητας σε ψηφιακά περιβάλλοντα. Στάσεις-Αντιλήψεις-Σενάρια-Προοπτικές-Προτάσεις

ορισμός του animation μέσω του εργαλείου Animator του Unity. Για παράδειγμα, το animation της αιολόσφαιρας αρχίζει με το άναμμα της φωτιάς στον χώρο κάτω από τον στάτορα της μηχανής. Μετά από μερικά δευτερόλεπτα εξέρχεται ατμός (λόγω του βρασμού του νερού) από τις δυο εξατμίσεις του ρότορα. Μόλις αρχίσει να βγαίνει ατμός, ακολουθεί αρχικά αργή περιστροφή του ρότορα και βαθμιαία υπάρχει αύξηση της ταχύτητας, μέχρι αυτή να φτάσει την μέγιστη τιμή της. Μετά από μερικά δευτερόλεπτα η φωτιά σβήνει, ο ρότορας συνεχίζει να περιστρέφεται και ο ατμός συνεχίζει να εξέρχεται από τις εξατμίσεις του ρότορα. Ο ρότορας περιστρέφεται με συνεχώς μειούμενη ταχύτητα μέχρι να σταματήσει και να πάψει να βγαίνει ατμός.

Δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην λεπτομέρεια του κάθε animation, έτσι ώστε να αναδεικνύεται η λειτουργία της εφεύρεσης. Όλες οι μεταβάσεις γίνονται σταδιακά και ομαλά. Η φωτιά δεν ανάβει και δεν σβήνει απότομα αλλά σταδιακά. Το ίδιο ισχύει και για τον ατμό που εξέρχεται από τις εξατμίσεις. Το animation θα μπορούσε να χαρακτηριστεί σύνθετο καθώς περιέχει την διαχείριση ατμού και φωτιάς, τα οποία χρησιμοποιούν σύστημα σωματιδίων (particle system). Δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην εξαγωγή του ατμού για εποπτικούς λόγους, έτσι ώστε να αναδεικνύεται η αρχή λειτουργίας της μηχανής. Για αυτό το λόγο το ίχνος του ατμού παραμένει ορατό στον χώρο για λίγο περισσότερο χρόνο από ότι στην πραγματικότητα. Μετά από τις κινήσεις εισάχθηκαν στα animations οι ήχοι που τα συνοδεύουν.

Ανάλογη διαδικασία ακολουθήθηκε και για το animation ανοίγματος των θυρών ενός ναού. Εν συντομία, η λειτουργία του animation είναι η εξής. Ο χρήστης ανάβει τη φωτιά στο θυσιαστήριο και λόγω διαστολής του αέρα ελαττώνεται η στάθμη του νερού στο δοχείο κάτω από το θυσιαστήριο. Μέσω ενός σωλήνα, το νερό μεταφέρεται στο δεύτερο δοχείο όπου η στάθμη του αυξάνεται. Με την αύξηση της στάθμης του νερού, το δευτερεύον δοχείο βαραίνει και τραβάει προς τα κάτω το σχοινί που είναι συνδεδεμένο με τον υπόλοιπο μηχανισμό, ο οποίος ανοίγει τις πόρτες. Όταν σβήσει η φωτιά, τότε ο αέρας συστέλλεται και ακολουθείται η αντίστροφη διαδικασία με αποτέλεσμα να κλείνουν οι θύρες του ναού. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό αποτελεί η εξαφάνιση του πατώματος και του κλιμακοστασίου, για όσο χρόνο λειτουργεί το animation, με αποτέλεσμα ο χρήστης να είναι σε θέση να παρακολουθεί τη διαδικασία.

Η λειτουργία του animation του φλογοβόλου των Βοιωτών είναι η εξής. Όταν ο μοχλός του φουσητήρα κινηθεί προς τα κάτω, από το μπροστινό μέρος του φλογοβόλου εξέρχεται φωτιά. Προστέθηκαν επίσης ηχητικά εφέ στο animation ώστε να γίνει πιο ρεαλιστικό. Επιπρόσθετα, για τον περιορισμό της κίνησης του μοχλού χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο Configurable Joint της Unity. Τέλος, οι φρυκτωρίες δεν είχαν κάποιο animation, αλλά ιδιαίτερα αλληλεπιδραστικά στοιχεία που θα αναφερθούν στη συνέχεια.

Προγραμματισμός σε C#

Μετά τον ορισμό των animation, προστέθηκαν στην εφαρμογή τα αναγκαία προγραμματιστικά στοιχεία. Για τον προγραμματισμό χρησιμοποιήθηκε το Visual Studio Code και η συγγραφή των προγραμμάτων έγινε σε γλώσσα προγραμματισμού C#. Συγγράφηκαν custom scripts για την ενεργοποίηση των λειτουργιών των εφευρέσεων, την ενεργοποίηση του πληροφοριακού κειμένου και την ενεργοποίηση της αφήγησης. Μικρό δείγμα τις σύνταξης των scripts σε γλώσσα προγραμματισμού C# φαίνεται στην Εικόνα 3. Με το συγκεκριμένο παράδειγμα, ελέγχεται η θέση των πυρσών στις φρυκτωρίες, προκειμένου να εμφανιστεί το γράμμα "Γ" και να εξαφανιστεί κάποιο πιθανώς προηγούμενο προβαλλόμενο γράμμα.

```

}

else if(t1.One && t6.Eksi && t7.Epta && t8.Okto && !t5.Pente && !t2.Dio
&& !t3.Tria && !t4.Tessera && !t5.Pente && !t9.Ennia && !t10.Deka){

Debug.Log ("Gamma");
A.active=false;
B.active=false;
G.active=true;
D.active=false;
E.active=false;
Z.active=false;
H.active=false;
Thita.active=false;
I.active=false;

```

Εικόνα 3. Παράδειγμα κώδικα σε C#

Λόγω του ότι η λειτουργία των Φρυκτωριών είναι πολύ διαφορετική από τις άλλες τρεις εφευρέσεις, η διαδικασία προγραμματισμού διαφοροποιήθηκε ριζικά. Η επιδίωξη ήταν να επιτευχθεί η ακόλουθη λειτουργία, που αναπαριστά την πραγματική λειτουργία των φρυκτωριών. Στα τείχη υπάρχουν 20 θέσεις τοποθέτησης δαυλών. Οι 10 θέσεις βρίσκονται στο πάνω μέρος και οι υπόλοιπες 10 στο κάτω μέρος, που λειτουργούν ως θέσεις αναμονής των δαυλών. Εάν ο δαυλός είναι τοποθετημένος στην κάτω βάση δεν είναι ορατός από τον αγγελιοφόρο που λαμβάνει το μήνυμα στην απέναντι βουνοκορυφή. Ο δαυλός γίνεται ορατός όταν ο χρήστης του αλλάζει θέση και από τη κάτω θέση τον τοποθετήσει στην επάνω θέση. Επομένως, οι επάνω θέσεις συμβολίζουν λογικές μεταβλητές, οι οποίες μπορούν να λάβουν την τιμή 0 ή 1 (ή εναλλακτικά, true=false). Αυτό είναι και το πρωτόκολλο επικοινωνίας της εφεύρεσης, το οποίο μοιάζει πολύ με την λογική των σύγχρονων πρωτοκόλλων επικοινωνίας (ενδεικτικά, Modbus). Η σειρά των 10 επάνω θέσεων αντιστοιχεί σε μια σειρά από 10 bits τα οποία ανάλογα με τη τιμή που λαμβάνουν αντιστοιχούν σε ένα από τα γράμματα του ελληνικού αλφαβήτου. Για την εκπομπή του σήματος χρησιμοποιείται η διάταξη της Εικόνας 4, στην οποία ο αριθμός της στήλης αντιστοιχεί στον αριθμό των αναμμένων δαυλών στο αριστερό τοίχιο και ο αριθμός της γραμμής αντιστοιχεί στον αριθμό των δαυλών του δεξιού τοίχιο. Έτσι, εάν για παράδειγμα, ο χρήστης θέλει να εκπέμψει το γράμμα "Θ", θα πρέπει να εντοπίσει ότι το γράμμα αυτό βρίσκεται στη δεύτερη στήλη και στην τρίτη γραμμή. Επομένως ο χρήστης θα πρέπει να τοποθετήσει 2 δαυλούς στο αριστερό τοίχιο και τρεις δαυλούς στο δεξί τοίχιο. Για να υλοποιηθεί αυτή η λειτουργία, έγινε συγγραφή custom scripts. Το τελικό αποτέλεσμα της όλης διαδικασίας είναι η δημιουργία μιας πλήρως αλληλεπιδραστικής εφεύρεσης, στην οποία, σε αντίθεση με τα μοντέλα που εκτίθενται στα κατά τόπους μουσεία, προβάλλει το εκπνεμένο γράμμα.



Εικόνα 4. Η διάταξη των γραμμάτων στις φρυκτωρίες

Εισαγωγή τελικών στοιχείων και εκπαιδευτικού υλικού

Μετά την δημιουργία του animation και των προγραμματιστικών στοιχείων που έκαναν τις εφευρέσεις λειτουργικές, έγινε προσθήκη των τελικών στοιχείων της εφαρμογής. Έτσι, έγινε εισαγωγή της αναπαράστασης του χρήστη (avatar) και έτοιμων scripts ώστε το περιβάλλον να γίνει διαδραστικό. Για παράδειγμα, τέτοια scripts χρησιμοποιήθηκαν στους δαυλούς και στον μοχλό του φλογοβόλου έτσι ώστε να μπορεί να τα πιάσει και να τα κινήσει ο χρήστης (grabbable).

Επιπρόσθετα εισάχθηκαν πληροφοριακά στοιχεία με τη μορφή γραπτού κειμένου και αφήγησης. Το γραπτό κείμενο και η αφήγηση ενεργοποιούνται μετά από απτική διάδραση του χρήστη με ειδικά σύμβολα της εφαρμογής που βρίσκονται δίπλα στις εφευρέσεις. Για τις ανάγκες της αφήγησης συγγράφηκαν κείμενα και κατόπιν έγινε ηχογράφηση. Αξίζει να σημειωθεί ότι η αφήγηση με ειδική χρήση του εργαλείου animator είναι διανθισμένη με συγχρονισμένες εικόνες.

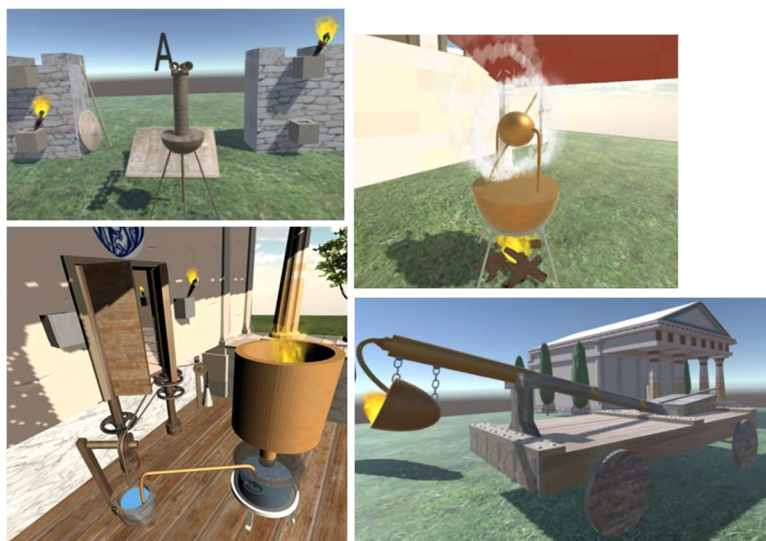
Δοκιμή

Έγινε εξαγωγή της εφαρμογής και στη συνέχεια εγκαταστάθηκε στο Oculus Quest μέσω του λογισμικού SideQuest. Έγιναν αλληπάλληλες δοκιμές της λειτουργίας των scripts και ελέγχθηκε η λειτουργία των αντικειμένων. Οι δοκιμές αποκάλυψαν σειρά προβλημάτων τα οποία δεν ήταν δυνατόν να φανούν κατά τα προηγούμενα στάδια και ακολούθησαν οι απαραίτητες διορθώσεις. Το γενικό συμπέρασμα το οποίο εξάγεται από το στάδιο των δοκιμών είναι ότι η δημιουργία εφαρμογών στο Oculus Quest είναι μια διαδικασία αρκετά πιο απαιτητική από ότι η δημιουργία εφαρμογών στα πλαίσια της επιτραπέζιας ΕΠ. Αυτό συμβαίνει γιατί, αφενός υπάρχουν ασυμβατότητες μεταξύ του Unity και της συσκευής και, αφετέρου, η δημιουργία εφαρμογών για το Oculus Quest, λόγω περιορισμών στις δυνατότητές του, εμπεριέχει και την αναγκαιότητα της ορθής διαχείρισης των πόρων του συστήματος.

Τελικό αποτέλεσμα- Ανάλυση

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 5, το τελικό αποτέλεσμα είναι ένα λογισμικό το οποίο δεν υστερεί σε σχεδίαση συγκρινόμενο με εμπορικές εφαρμογές (ενδεικτικά Dino Encounters, Creed). Επιπρόσθετα, πληρούνται όλες οι λειτουργίες που ορίστηκαν στο στάδιο της ταυτοποίησης. Σημαντικό πλεονέκτημα του λογισμικού είναι ότι προσφέρει ασφάλεια στο χρήστη. Το σύνολο των εφευρέσεων που δημιουργήθηκαν είναι εξαιρετικά επικίνδυνες. Χρησιμοποιούν

φωτιά, ατμό, έχουν μηχανικά μέρη τα οποία αναπτύσσουν πολύ υψηλές θερμοκρασίες και εμπεριέχουν κινούμενα μηχανικά μέρη. Αυτός είναι και ο λόγος που οι μηχανές αυτές, όταν εκτίθενται στα κατά τόπους μουσεία, προσφέρονται μόνο για παρατήρηση και δεν τίθενται σε λειτουργία. Με τις δυνατότητες που προσφέρει η ΠΕΕΠ, καταργείται η επικινδυνότητα και ο χρήστης μπορεί να παρακολουθήσει τη λειτουργία τους. Επιπρόσθετα, γίνεται χρήση των διαδραστικών δυνατοτήτων της ΠΕΕΠ και ο χρήστης αλληλεπιδρά απτικά με την εφεύρεση και με άλλα αντικείμενα του εικονικού περιβάλλοντος, μπορεί να τα θέσει σε λειτουργία κατά το δοκούν, αλλά και να πάρει πληροφοριακά στοιχεία. Επίσης η εφαρμογή χρησιμοποιεί ειδικές υφές, διαφάνειες, παροδική εξαφάνιση αντικειμένων σκηνής, ηχητικά εφέ και πληροφοριακά στοιχεία τα οποία εξυπηρετούν την εκπαιδευτική της διάσταση και στόχευση.



Εικόνα 5. Στιγμιότυπα από την τελική εφαρμογή

Συμπεράσματα

Παρουσιάστηκε ένα καινοτόμο λογισμικό ΠΕΕΠ για την εκπαίδευση σε 4 αρχαίες ελληνικές εφευρέσεις. Με τη βοήθεια αυτού του λογισμικού, ο χρήστης μπορεί να παρατηρήσει και να διαδράσει με αρχαίες μηχανές, να λάβει πληροφοριακά στοιχεία τόσο για τη λειτουργία τους όσο και για το ιστορικό τους πλαίσιο, χωρίς απαραίτητα να βρίσκεται στον φυσικό χώρο του μουσείου και ωφελούμενος από τα πολλά συγκριτικά πλεονεκτήματα που του παρέχει η ΠΕΕΠ, έναντι των φυσικών αναπαραστάσεων που εκτίθενται στα μουσεία τεχνολογίας. Το λογισμικό κινείται στα όρια της αιχμής της σημερινής τεχνολογίας, καθώς εξαντλεί τις δυνατότητες που παρέχει το υλικό.

Το λογισμικό που παρουσιάστηκε μπορεί να αξιοποιηθεί ποικιλοτρόπως στην εκπαιδευτική διαδικασία. Είναι κατάλληλο για τη διδασκαλία της αρχαίας ελληνικής τεχνολογίας, αλλά συνάμα, εξαιτίας της αξιοποίησης πολλών εποπτικών δυνατοτήτων, οι οποίες αναδεικνύουν τις αρχές λειτουργίας των εφευρέσεων, ενδείκνυται για τη διδασκαλία Μηχανικής και Φυσικής. Επιπρόσθετα, λόγω του θέματος του, αλλά και διότι αρκετά στοιχεία των αρχαίων εφευρέσεων χρησιμοποιούνται ακόμα και σήμερα, το λογισμικό θα μπορούσε να αξιοποιηθεί για τη διδασκαλία του μαθήματος της Τεχνολογίας στο Γυμνάσιο.

Από τον 20^ο στον 21^ο αιώνα μέσα σε 15 ημέρες Η απότομη μετάβαση της εκπαιδευτικής μας πραγματικότητας σε ψηφιακά περιβάλλοντα. Στάσεις-Αντιλήψεις-Σενάρια-Προοπτικές-Προτάσεις

Εκτός της χρησιμοποίησης του λογισμικού στη διδασκαλία κάποιου μεμονωμένου γνωστικού αντικειμένου, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε διαθεματική διδασκαλία, ιδιαίτερα του μαθήματος της Ιστορίας σε συνδυασμό με Φυσική ή Μηχανική ή να χρησιμοποιηθεί σε σενάριο διδασκαλίας της προσέγγισης STEM. Οι ερευνητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν την διαδικασία με τα στάδια δημιουργίας του λογισμικού που αναφέρθηκαν, προκειμένου να δημιουργήσουν ανάλογο εκπαιδευτικό λογισμικό ΠΕΕΠ.

Επιπρόσθετα, μπορούν να αξιοποιήσουν το λογισμικό για την διενέργεια εκπαιδευτικής έρευνας σε τεχνολογίες αιχμής. Τέλος, λόγω της ψηφιακής φύσης των εφευρέσεων, αυτές μπορούν να προσφερθούν σε προγράμματα εξ' αποστάσεως μουσειακής εκπαίδευσης. Αυτή η διάσταση αναδεικνύεται ιδιαίτερα χρήσιμη, ειδικά σε περιόδους έκτακτων φαινομένων κατά τα οποία περιορίζεται σημαντικά η πρόσβαση των πολιτών σε μουσειακούς χώρους.

Αναφορές

- Βλάχος, Α. (1968). *Θουκιδίδου Ιστορία του Πελοποννησιακού Πολέμου*. Εκδόσεις Γαλαξίας
- Λάζος, Χ. (1997). *Τηλεπικοινωνίες των Αρχαίων Ελλήνων*. Εκδόσεις Αίολος.
- Φωκίδης, Ε, Τσολακίδης Κ., &. (2011). *Η εικονική πραγματικότητα στην εκπαίδευση θεωρία και πράξη*. Εκδόσεις Διάδραση.
- Anastasovitis, E., & Roumeliotis, M. (2019). *Designing an edutainment serious game for the Antikythera Mechanism in virtual reality*. Ανακτήθηκε από https://www.researchgate.net/profile/Eleftherios-Anastasovitis/publication/340429137_Designing_an_edutainment_serious_game_for_the_Antikythera_Mechanism_in_virtual_reality/links/5e88496a92851c2f527bcb1f/Designing-an-edutainment-serious-game-for-the-Antikythera-Mechanism-in-virtual-reality.pdf
- Chiluisa, M. G., Mullo, R. D., & Andaluz, V. H. (2018). Training in Virtual Environments for Hybrid Power Plant. *Proceedings of the International Symposium on Visual Computing*, 193-204. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03801-4_18
- Chou, Y. H., & Shyu, H. Y. (2017). Virtual laboratory of the magnetic field due to a current element. *Proceedings of the Society for Information Technology & Teacher Education International Conference*, 1484-1489. AACE.
- 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.
- 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>
- Davison, P. J. (2016). *A summary of studies conducted on the effect of motion in flight simulator pilot training*. Ανακτήθηκε από <https://pdfs.semanticscholar.org/b5ec/eedc36e5fb254d60db1f2a245582fb34f2db.pdf>
- 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.
- Diolatzis, I. S., & Pavlogeorgatos, G. (2018). Deepening to Antikythera mechanism via its interactivity. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 8, 10-26.
- Filippopoliti, A., & Sylaiou, S. (2015). Museum education today: creative synergies and pedagogic innovations in multicultural contexts. *Museum and Society*, 13(2), 119-122.

- 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>
- Freina, L., & Ott, M. (2015). 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, p. 133-141. " Carol I" National Defense University.
- Giampili, I. D. (2019). Exploring the use of participatory practices in Greek museum education through the prism of identity [unpublished doctoral dissertation]. University of Cambridge. <https://doi.org/10.17863/CAM.27651>
- Juckette, C. F. (2019). Using virtual reality and remotely sensed data to explore object identity and embodiment in a virtual Mayan city [unpublished master's thesis]. University of Nebraska.
- Kersten, T. P., Tschirschwitz, F., & Deggim, S. (2017). Development of a virtual museum including a 4D presentation of building history in virtual reality. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, 361.
- 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>
- Quevedo, W. X., Sánchez, J. S., Arteaga, O., Álvarez, M., Zambrano, V. D., Sánchez, C. R., & Andaluz, V. H. (2017). Virtual reality system for training in automotive mechanics. *Proceedings of the International Conference on Augmented Reality, Virtual Reality and Computer Graphics*, 185-198. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-60922-5_14
- Schofield, G., Beale, G., Beale, N., Fell, M., Hadley, D., Hook, J., ... & Thresh, L. (2018). Viking VR: Designing a virtual reality experience for a museum. *Proceedings of the 2018 Designing Interactive Systems Conference*, 805-815. Association for Computing Machinery
- Vučković, V., Stanišić, A., & Le Blond, S. (2017). Virtual reality modelling and simulation of the Tesla's radio controlled boat. *Proceedings of the 2017 13th International Conference on Advanced Technologies, Systems and Services in Telecommunications (TELSIKS)*, 61-64. IEEE.
- Woodcroft, B. (Ed.). (1851). *The pneumatics of hero of Alexandria: From the original Greek*. Charles Whittingham.
- 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.
- Zafeiropoulos, V., & Kalles, D. (2018, November). 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>
- 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>