



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ: Ηλεκτρονικής και Υπολογιστών (Η.Υ.)

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ: Διαδραστικών Τεχνολογιών

«Μελέτη και Σχεδίαση αλληλεπίδρασης με Εικονικούς Κόσμους Πολιτισμού»

«Research and Design of a system to interact with Virtual Cultural Spaces »

Διπλωματική Εργασία

της

Σωτηροπούλου Ειρήνη

Αριθμός Μητρώου: 1020508

Αριθμός Διπλωματικής Εργασίας: (1020508 / 2021)

Επιβλέπων : Νικόλαος Αβούρης

Πάτρα, Ιούλιος 2021

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

Πιστοποιείται ότι η Διπλωματική Εργασία με θέμα

**«Μελέτη και Σχεδίαση αλληλεπίδρασης με Εικονικούς Κόσμους
Πολιτισμού»**

**«Research and Design of a system to interact with Virtual Cultural
Spaces »**

Της φοιτήτριας του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας
Υπολογιστών

Σωτηροπούλου Ειρήνη

Αριθμός Μητρώου: 102058

Παρουσιάστηκε δημόσια και εξετάστηκε στο Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και
Τεχνολογίας Υπολογιστών στις

...../...../.....

Ο Επιβλέπων

Νικόλαος Αβούρης

Καθηγητής

Η φοιτήτρια

Σωτηροπούλου Ειρήνη

Ο Διευθυντής του Τομέα

Παλιουράς Βασίλης

Καθηγητής

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η εφαρμογή HoloMuseum υλοποιημένη για την συσκευή μικτής πραγματικότητας Hololens 1. Η εφαρμογή, εκπαιδευτικού χαρακτήρα, έχει ως στόχο να παροτρύνει τον χρήστη να περιηγηθεί ενσυνείδητα σε έναν χώρο πολιτισμού. Επιπλέον, στοχεύει στην εξοικείωση του με τις ιστορικές περιόδους στην Αρχαία Ελλάδα και την αισθητική των αντικειμένων τους. Η εφαρμογή προσανατολίζεται γύρω από τα εκθέματα του Αρχαιολογικού Μουσείου Πατρών, όπου είναι και το περιβάλλον χρήσης της.

Αρχικά παρουσιάζεται το θεωρητικό και τεχνολογικό υπόβαθρο. Γίνεται μια ειδική αναφορά στην τέχνη στην Αρχαία Ελλάδα και στο Αρχαιολογικό Μουσείο Πατρών. Επιπλέον γίνεται μία μελέτη για τις διάφορες κατηγορίες εκπαιδευτικών παιχνιδιών και για την σύνδεσή τους με την πολιτιστική κληρονομιά. Στην συνέχεια περιγράφονται οι τεχνολογίες της εικονικής, της επαυξημένης και της μικτής πραγματικότητας. Συγκεκριμένα, η τεχνολογία μικτής πραγματικότητας αποτελεί όλη την θεωρητική βάση για τα Hololens. Για το καινοτόμο αυτό εργαλείο παρουσιάζονται τα βασικά του χαρακτηριστικά αλλά και οι τεχνολογίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη ολογραφικών εφαρμογών.

Στην συνέχεια παρουσιάζεται λεπτομερώς ο σχεδιασμός και η υλοποίηση της εφαρμογής HoloMuseum. Παρέχει στον χρήστη γνώσεις "κλειδιά" προκειμένου να μπορεί μόνος του να κατηγοριοποιήσει εύκολα και γρήγορα τα αντικείμενα που του δίνονται, καθώς και να αναγνωρίσει χαρακτηριστικά μοτίβα. Έτσι, αξιοποιώντας την ολογραφική φύση της συσκευής Hololens, ο χρήστης αλληλεπιδρά πιο ενεργά με τα εκθέματα και η διαδικασία μάθησης διευκολύνεται με την ύπαρξη ενός τελικού quiz αξιολόγησης.

Το ζητούμενο φυσικά δεν είναι απλώς μία καλή τελική βαθμολογία, αλλά να δοθεί η δυνατότητα στον χρήστη να διορθώσει τα λάθη του και να μάθει από αυτά. Προς αυτή την κατεύθυνση του παρέχεται η δυνατότητα να κάνει επαναληπτικά το τελικό τεστ αξιολόγησης, μέχρι να νιώσει ο ίδιος ικανοποιημένος με το αποτέλεσμα. Προς την επίτευξη αυτού του στόχου, η εφαρμογή καθοδηγεί τον χρήστη με βέλη με σκοπό να μελετήσει μόνος του τα εκθέματα που κατηγοριοποίησε λάθος.

Η αξιολόγηση χρησιμοποιεί ένα δείγμα πέντε ατόμων και ξεινά με την συλλογή στοιχείων σχετικά με την προηγούμενη εμπειρία τους με αυτές τις τεχνολογίες. Στην συνέχεια, μετά την ολοκλήρωση όλων των φάσεων της εφαρμογής, ο επισκέπτης καλείται να απαντήσει σε δύο ερωτηματολόγια για να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με την εμπειρία του και με τα προβλήματα που πιθανώς να αντιμετώπισε. Με βάση αυτά τα ερωτηματολόγια, αλλά και μέσω συζήτησης με τον επισκέπτη, βγαίνουν συμπεράσματα για την εμπειρία χρήστη που παρέχει η εφαρμογή καθώς και για πιθανές διορθώσεις που μπορεί να χρειαστεί.

Στο τέλος θα τεθεί η βάση για μελλοντικές τροποποιήσεις της εφαρμογής σε σχέση με τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου, αλλά και τις τελευταίες τεχνολογικές εξελίξεις.

II

Λέξεις κλειδιά

Εκτεταμένη Πραγματικότητα, Επαυξημένη Πραγματικότητα, Μικτή Πραγματικότητα, Hololens, χωρική χαρτογράφηση, χωροευαίσθητα παιχνίδια, εκπαιδευτικά παιχνίδια, Unity, Microsoft Visual Studio, Αξιολόγηση, Μουσείο, Χωρικές Άγκυρες

Abstract

This thesis presents the HoloMuseum application, which is implemented on the Mixed Reality (M.R.) device Hololens 1. This application is for educational purposes and tries to familiarize the visitor of the Museum with the historical periods of Ancient Greece as well as their aesthetics. The preferred environment of use is the Archaeological Museum of Patras.

First, the theoretical and technological background is presented. There is a special mention about the art of Ancient Greece and the Archaeological Museum of Patras. The categories of educational games are next listed and special emphasis is given to their correlation with cultural heritage. Afterwards, virtual, augmented and mixed reality technologies are described. Specifically the latter is the theoretical basis of the Microsoft Hololens device. The basic features and development platforms are then presented for this revolutionary tool.

Next, there is a thorough presentation of the design and implementation process of the HoloMuseum application. The main goal of the application is to encourage the user to tour around the museum, while providing them "key" pieces of information. In that way, the visitor should be able to easily recognize distinctive patterns of art and classify the artifacts in the correct historical category.

The goal isn't of course to simply have a decent final result. The visitor is also given the opportunity to correct their own mistakes, since they can take the final test as many times as they want. To this end, there are guiding arrows that guide the user towards each artifact that they have misclassified.

Afterwards, the application is evaluated by the visitor. There is a sample of five people. They are first asked about their previous experience with similar technologies. Next, the users fill two questionnaires regarding their experience and whether they encountered any problems. Based on their answers, as well as a private talk, conclusions are drawn regarding the user experience and potential changes that should be made in the future.

At the end of this thesis, a basis is established regarding any future improvements based on the results of the questionnaires, as well as any current technological advancements.

Keywords

Extended Reality, Augmented Reality, Mixed Reality, Hololens, Spatial Mapping, Location-based Games, Educational Games, Unity, Microsoft Visual Studio, Evaluation, Museum, World Anchors

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω για την υποστηρίξη τους την οικογένειά μου και τους φίλους μου, χωρίς τους οποίους δεν θα μπορούσε να φτάσει στο τέλος αυτή η πολύμηνη προσπάθεια.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Αβούρη για την υποστηρίξη του αλλά και για την ευκαιρία που μου έδωσε να αναλάβω αυτό το τόσο ενδιαφέρον θέμα υπό την επίβλεψή του. Ευχαριστώ επίσης την κ. Γεωργία Μανωλοπούλου που με βοήθησε με το υλικό σχετικό με το Αρχαιολογικό Μουσείο Πατρών, αλλά και το ίδιο το μουσείο που μου έδωσε την ευκαιρία να προσανατολίσω την διπλωματική μου γύρω από αυτό.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά όλα τα άτομα που συμμετείχαν στο κομμάτι αξιολόγησης της εφαρμογής, χωρίς τα οποία δεν θα μπορούσε να ολοκληρωθεί αυτή η διπλωματική εργασία.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	I
ABSTRACT	III
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	V
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	VII
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	IX
ΟΡΟΛΟΓΙΑ	XII
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ.....	4
2.1 ΤΕΧΝΗ, ΑΝΘΡΩΠΟΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	4
2.1.1 Τέχνη και Τεχνολογία.....	4
2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	5
2.2.1 Αρχαιολογικό Μουσείο Πατρών.....	5
2.2.2 Ενότητα Ιδιωτικού Βίου.....	6
2.3 ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΑ ΠΑΙΧΝΙΔΙΑ	8
2.3.1 Ορισμός.....	8
2.3.2 Χωροεναίσθητα Εκπαιδευτικά Παιχνίδια	8
2.3.3 Παιχνίδια και πολιτισμική κληρονομιά	10
2.4 ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ	11
2.4.1 Εικονική Πραγματικότητα	11
2.4.2 Επαυξημένη Πραγματικότητα.....	12
2.4.3 Μικτή Πραγματικότητα	13
2.5 MICROSOFT HOLOLENS.....	15
2.5.1 Εισαγωγή.....	15
2.5.2 Εφαρμογές.....	16
2.5.3 Περιγραφή συσκευής	17
2.5.4 Αλληλεπίδραση Χρήστη.....	19
2.5.5 Εργαλεία Ανάπτυξης Εφαρμογών των HoloLens.....	23
2.5.6 Microsoft Visual Studio	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ.....	29
3.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ.....	29
3.1.1 Φάσεις Εφαρμογής.....	29
3.1.2 Μικτή πραγματικότητα και Περιορισμοί.....	35
3.1.3 Προετοιμασία από τον σχεδιαστή	36
3.1.4 Φωνητικές Εντολές.....	36
3.1.5 Σενάριο Εφαρμογής.....	37
3.2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	38
3.2.1 Εισαγωγή.....	38
3.2.2 Κεντρικός έλεγχος εφαρμογής (Manager)	39
3.2.3 Εκθέματα (Artifacts)	40
3.2.4 Εισαγωγικό παράθυρο (Intro).....	41
3.2.5 Παράθυρο Αξιολόγησης (Quiz).....	43
3.2.6 Δεδομένα και Population	44
3.2.7 Κατευθυντήριο βέλος (Guide Arrow).....	45
3.2.8 Σχεδιασμός Components	46

VIII

3.2.9 Solvers.....	49
3.2.10 Φωνητικές Εντολές.....	50
3.2.11 Μουσική.....	52
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ.....	53
4.1 ΜΕΘΟΔΟΣ.....	53
4.1.1 Συμμετέχοντες.....	53
4.1.2 Μετρικές και εργαλεία.....	54
4.1.3 Διαδικασία.....	55
4.1.4 Στόχοι – Tasks.....	55
4.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	56
4.2.1 Γενικές Παρατηρήσεις κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης.....	56
4.2.3 Απαντήσεις Ερωτηματολογίου.....	57
4.2.4 Ερωτήσεις Διερεύνησης Ερευνητικού Ερωτήματος και συνέντευξη.....	59
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΠΡΟΕΚΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΟΣ	61
5.1 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΕΚΤΑΣΕΙΣ.....	61
5.2 ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	62
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α'	64
ΚΩΔΙΚΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ.....	64
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β'	101
ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ.....	101
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	104

Κατάλογος σχημάτων

ΕΙΚΟΝΑ 1. ΖΩΓΡΑΦΙΑ ΣΕ ΠΕΤΡΑ, ΗΛΙΚΙΑΣ 73.000 ΕΤΩΝ.....	4
ΕΙΚΟΝΑ 2. ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΔΟΙ ΑΡΧΑΙΩΝ ΧΡΟΝΩΝ [8]	6
ΕΙΚΟΝΑ 3. ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΧΩΡΟΕΥΑΙΣΘΗΤΩΝ ΠΑΙΧΝΙΔΙΩΝ [10].....	10
ΕΙΚΟΝΑ 4. Η ΚΑΙΤΑΚΑ ΜΕΤΑΞΥ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΙΚΟΥ ΚΟΣΜΟΥ ΟΠΩΣ ΠΡΟΤΑΘΗΚΕ ΑΠΟ ΤΟΝ MILGRAM ΚΑΙ KISHINO.....	13
ΕΙΚΟΝΑ 5. ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ XR ΚΑΙ ΤΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΟΥΣ [33]	15
ΕΙΚΟΝΑ 6. ΤΟ MICROSOFT HOLOLENS HEADSET.....	15
ΕΙΚΟΝΑ 7. ΤΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΜΕΡΗ ΤΩΝ MICROSOFT HOLOLENS	17
ΕΙΚΟΝΑ 8. Η ΜΗΤΡΙΚΗ ΚΑΡΤΑ ΜΕ ΤΙΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ [34]	17
ΕΙΚΟΝΑ 9. ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕΣΩ GAZE [34]	20
ΕΙΚΟΝΑ 10. ΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΧΕΙΡΟΝΟΜΙΩΝ ΤΩΝ HOLOLENS [34].....	21
ΕΙΚΟΝΑ 11. Η ΑΡΧΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΧΕΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΟ BLOOM [34]	21
ΕΙΚΟΝΑ 12. Η ΤΕΛΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΧΕΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΟ BLOOM [34]	21
ΕΙΚΟΝΑ 13. ΤΟ ΔΑΧΤΥΛΟ ΣΤΗΝ ΘΕΣΗ ΕΤΟΙΜΟΤΗΤΑΣ [34]	22
ΕΙΚΟΝΑ 14. Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ AIR-TAP [34].....	22
ΕΙΚΟΝΑ 15. ΤΟ PREFAB ΤΟΥ ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟΥ ΠΑΡΑΘΥΡΟΥ	24
ΕΙΚΟΝΑ 16. ΒΑΣΙΚΗ ΔΙΕΠΑΦΗ UNITY	25
ΕΙΚΟΝΕΣ 17 & 17. ΑΡΧΙΚΕΣ ΔΙΑΦΑΝΕΙΕΣ ΤΟΥ ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟΥ ΠΑΡΑΘΥΡΟΥ ΜΕ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΤΟΥ ΜΟΥΣΕΙΟΥ.....	30
ΕΙΚΟΝΑ 18. Η ΠΡΩΤΗ ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ ΤΟΥ ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟΥ ΠΑΡΑΘΥΡΟΥ ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ ΤΟΥ ΜΟΥΣΕΙΟΥ.	30
ΕΙΚΟΝΑ 19. ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ ΤΟΥ ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟΥ ΠΑΡΑΘΥΡΟΥ. ΦΑΙΝΕΤΑΙ ΤΟ ΚΑΤΕΥΘΥΝΤΗΡΙΟ ΒΕΛΟΣ ΠΡΟΣ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟ ΈΚΘΕΜΑ ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ ΚΛΙΠΟΙ ΟΛΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΆΛΛΩΝ ΕΚΘΕΜΑΤΩΝ.....	31
ΕΙΚΟΝΑ 20. ΟΛΟΓΡΑΦΙΚΑ ΕΚΘΕΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ ΤΟΥ ΜΟΥΣΕΙΟΥ.....	31
ΕΙΚΟΝΑ 21. ΟΛΟΓΡΑΦΙΚΟ ΈΚΘΕΜΑ ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ ΤΟΥ ΜΟΥΣΕΙΟΥ, ΤΟΠΟΘΕΤΗΜΕΝΟ ΠΑΝΩ ΑΠΟ ΤΟ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟ ΦΥΣΙΚΟ ΈΚΘΕΜΑ	32
ΕΙΚΟΝΑ 22. ΚΟΝΤΙΝΗ ΛΗΨΗ ΠΑΡΑΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΟΛΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΕΚΘΕΜΑΤΩΝ, ΕΚΤΟΣ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ ΤΟΥ ΜΟΥΣΕΙΟΥ	32
ΕΙΚΟΝΑ 23. ΕΡΩΤΗΣΗ, ΜΕ ΤΙΣ ΠΙΘΑΝΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ, ΣΤΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ.	33
ΕΙΚΟΝΑ 24. ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΤΟΥ QUIZ ΚΑΙ ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΦΑΝΕΙΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΟΣ.....	34
ΕΙΚΟΝΑ 25. ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΤΗΣ ΣΩΣΤΗΣ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ ΣΤΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ QUIZ, ΜΑΖΙ ΜΕ ΤΟ ΒΕΛΟΣ ΠΟΥ ΔΕΙΧΝΕΙ ΠΡΟΣ ΤΟ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟ ΈΚΘΕΜΑ	34
ΕΙΚΟΝΑ 26. ΣΤΙΓΜΙΟΤΥΠΟ ΤΟΥ PLAY ΟΠΟΥ ΦΑΙΝΕΤΑΙ ΈΝΑ ΈΚΘΕΜΑ ΚΑΙ ΤΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ ΤΟΥ QUIZ.....	39
ΕΙΚΟΝΑ 27. ΤΑ COMPONENTS ΠΟΥ ΕΠΙΣΥΝΑΨΤΟΝΤΑΙ ΣΤΟ GAME OBJECT MANAGER	39
ΕΙΚΟΝΑ 28. ΤΑ ΕΚΘΕΜΑΤΑ ΠΟΥ ΕΙΣΑΓΟΝΤΑΙ ΣΤΟ GAME OBJECT ARTIFACTS ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ.....	40
ΕΙΚΟΝΑ 29. ΤΟ PREFAB ART ΤΩΝ ΕΚΘΕΜΑΤΩΝ.....	40
ΕΙΚΟΝΑ 30. ΤΑ COMPONENTS ΠΟΥ ΕΠΙΣΥΝΑΨΤΟΝΤΑΙ ΣΤΟ OBJECT INTERFACE, ΠΑΙΔΙ ΤΟΥ PREFAB ART	41
ΕΙΚΟΝΑ 31. PREVIEW ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΤΟΥ ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟΥ ΠΑΡΑΘΥΡΟΥ	41
ΕΙΚΟΝΑ 32. ΤΑ COMPONENTS ΠΟΥ ΕΠΙΣΥΝΑΨΤΟΝΤΑΙ ΣΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΤΟΥ ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟΥ ΠΑΡΑΘΥΡΟΥ.....	42
ΕΙΚΟΝΑ 33. PREVIEW ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΤΟΥ ΠΑΡΑΘΥΡΟΥ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ (QUIZ).....	43
ΕΙΚΟΝΑ 34. ΌΛΑ ΤΑ COMPONENTS ΤΟΥ PREFAB ΓΙΑ ΤΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ (QUIZ).....	44

X

ΕΙΚΟΝΑ 35. ΟΙ ΤΡΕΙΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΑΡΧΕΙΟΥ DATA.XML	44
ΕΙΚΟΝΑ 36. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΚΑΤΑΧΩΡΗΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΚΘΕΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΑΡΧΕΙΟ DATA.XML	45
ΕΙΚΟΝΑ 37. ΤΟ PREFAB ΤΟΥ ΚΑΤΕΥΘΥΝΤΗΡΙΟΥ ΒΕΛΟΥΣ (GUIDEARROW)	46
ΕΙΚΟΝΑ 38. ΤΟ SCRIPT ARROWHANDLER.CS, ΟΠΩΣ ΕΠΙΣΥΝΑΙΤΤΑΙ ΣΤΟ ΚΑΤΕΥΘΥΝΤΗΡΙΟ ΒΕΛΟΣ	46
ΕΙΚΟΝΑ 39. ΌΛΑ ΤΑ PREFABS ΤΟΥ HOLOMUSEUM	47
ΕΙΚΟΝΑ 40. ΤΟ BUTTON NEXT ΤΟΥ ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟΥ ΠΑΡΑΘΥΡΟΥ	47
ΕΙΚΟΝΑ 41. ΤΟ PREFAB INTROPAGEPREFAB ΤΟΥ ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟΥ ΠΑΡΑΘΥΡΟΥ	47
ΕΙΚΟΝΑ 42. ΤΟ PREFAB ANSWER ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΣΤΟ QUIZ	48
ΕΙΚΟΝΑ 43. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ COMPONENT INTERACTABLE	48
ΕΙΚΟΝΑ 44. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ COMPONENT INTERACTABLE	49
ΕΙΚΟΝΑ 45. ΤΑ COMPONENTS ΤΟΥ ΠΑΡΑΘΥΡΟΥ QUIZ.....	50
ΕΙΚΟΝΑ 46. ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΗΣΗ ΕΝΤΟΛΩΝ ΣΕ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙΣ ΣΤΟ COMPONENT SPEECHINPUTHANDLER	51
ΕΙΚΟΝΑ 47. ΟΡΙΣΜΟΣ SPEECH COMMANDS ΣΤΗΝ ΚΑΡΤΕΛΑ INPUT ΤΟΥ MIXEDREALITYTOOLKIT COMPONENT	52
ΕΙΚΟΝΑ 48. ΤΟ COMPONENT ΤΟΥ MANAGER ΠΟΥ ΕΙΣΑΓΕΙ ΜΟΥΣΙΚΗ ΣΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ	52
ΕΙΚΟΝΑ 49 & 50 & 51. ΧΡΗΣΤΕΣ ΠΟΥ ΔΟΚΙΜΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ HOLOMUSEUM.....	54
ΕΙΚΟΝΕΣ 50 & 51 & 52 & 53 & 54. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ NASA-TLX.....	58

Ορολογία

MR	Mixed Reality – Μικτή Πραγματικότητα
AR	Augmented Reality – Επαυξημένη Πραγματικότητα
VR	Virtual Reality – Εικονική Πραγματικότητα
Game Object	Αντικείμενο στο περιβάλλον Unity
Prefab	Προκατασκευασμένο αντικείμενο στο περιβάλλον Unity
API	Διεπαφή προγραμματισμού εφαρμογών
UI	User Inteface
UX	User Experience

Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή

Πολλά είναι εκείνα που διαφοροποιούν τον άνθρωπο από τα υπόλοιπα έμβια πλάσματα που κατοικούν σε αυτόν τον πλανήτη. Κάποιοι θα αναφερθούν στην ικανότητά του να συλλογίζεται, άλλοι στην διαρκή του ανάγκη για εξέλιξη και γνώση. Το σίγουρο είναι ότι ο άνθρωπος καθοδηγείται από κίνητρα που ξεφεύγουν από την απλή ανάγκη για επιβίωση, τουλάχιστον σε ένα πρώτο επίπεδο. Η αναγνωριση και ανάλυση των κινήτρων αυτών και η γνώση που μπορεί προέλθει από αυτή την διαδικασία δεν θα έπρεπε να είναι αντικείμενο μόνο των ανθρωπιστικών επιστημών καθώς και των τεχνολογικών.

Ο άνθρωπος ξεχωρίζει για την ικανότητά αλλά και ανάγκη του να παράγει τέχνη. Δεν αρκείται να τρώει σε ένα λευκό πιάτο ή να μένει σε ένα σπίτι μόνο με τα απαραίτητα. Εξελίχθηκε με έναν τρόπο που η καλλιτεχνική δημιουργία είναι αναγκαίο κομμάτι της ψυχικής του διάπλασης. Εύλογα λοιπόν δημιουργείται το ερώτημα γιατί ο άνθρωπος ξεκίνησε να δημιουργεί τέχνη και πως μπορεί αυτή η δεξιότητα να δράσει συμβιωτικά με τις διάφορες νέες τεχνολογίες.

Η δημιουργία πολιτισμού φαίνεται να είναι απόλυτα συνδεδεμένη με την δημιουργία τέχνης. Μάλιστα σύμφωνα με τον E.B. Tylor [\[2\]](#) η τέχνη είναι ένα από τα βασικά στοιχεία ενός πολιτισμού. Είναι λογικό λοιπόν να υποθέσουμε ότι αναλύοντας, αλλά και θαυμάζοντας την τέχνη ενός λαού, μπορούμε να μάθουμε πολλά για τον πολιτισμό του. Άλλωστε η τέχνη κάθε ιστορικής περιόδου είναι μια άμεση έκφραση των κοινωνικο-πολιτικών καταστάσεων και αναταραχών που επικρατούσαν και πολλές φορές η μελέτη της είναι ισάξια με την μελέτη ιστορικών γεγονότων.

Θα γίνει η υπόθεση ότι η ενασχόληση με θέματα ιστορίας, ακόμα και αν αυτά είναι καλλιτεχνικού περιεχομένου, συχνά γίνεται αφιλόξενη και φαινομενικά περιορισμένη μόνο σε άτομα με ακαδημαϊκό υπόβαθρο. Προκειμένου να ξεπεραστεί αυτή η τάση έχουν δημιουργηθεί πολλές προσεγγίσεις, αρκietές από τις οποίες βασίζονται σε νέες πρωτοπόρες τεχνολογίες, καθώς έχει παρατηρηθεί ότι πολύ συχνά εναλλακτικές, βιωματικές κατευθύνσεις, βασισμένες σε οπτικοακουστικό υλικό και διαδραστικές εκπαιδευτικές μεθόδους, μπορούν να συνδράμουν σημαντικά στην μαθησιακή διαδικασία.

Συγκεκριμένα όσο αφορά σε αρχαιολογικούς χώρους έχει παρατηρηθεί ένα φαινόμενο ονομαζόμενο μουσειακή κούραση (museum fatigue) η οποία προσεγγίζει το πως, σε πολλά πλαίσια, η πληροφορία που μπορεί να κατανοήσει και να καταχωρίσει ο επισκέπτης είναι περιορισμένη. Σε σχέση με αυτό έχει προταθεί η επανασχεδίαση των τρόπων αλληλεπίδρασης με τα εκθέματα αλλά και τον τρόπο παρουσίασης της πληροφορίας, αναθεωρώντας έτσι την όλη σχέση που δημιουργείται μεταξύ μουσείου και επισκέπτη και οδηγώντας ιδανικά σε μία εμπειρία προσανατολισμένη γύρω από την συμμετοχή [\[1\]](#). Στην παρούσα εργασία θα μελετηθεί το κατά πόσον μία μικρή ποσότητα καθοδηγούμενης και με

απεύθυνση προς τον επισκέπτη πληροφορίας, σε συνδιασμό με την ήδη υπάρχουσα μουσειακή έκθεση, μπορεί να οδηγήσει σε μία μαθησιακά ανώτερη εμπειρία.

Τα τελευταία χρόνια η εξέλιξη τεχνολογιών εικονικής πραγματικότητας και πιο πρόσφατα μικτής (Mixed Reality) έχουν οδηγήσει στην ενσωμάτωσή τους και στην εκπαιδευτική διαδικασία. Οι τεχνολογίες αυτές προσφέρουν εντυπωσιακές δυνατότητες ως προς τον συνδυασμό του πραγματικού και του ψηφιακού-εικονικού κόσμου. Οι σημαντικότερες εκφάνσεις αυτής της τεχνολογίας είναι η επαυξημένη (augmented) και η εικονική (virtual) πραγματικότητα. Όλο και περισσότερα μουσεία επιζητούν εφαρμογές, οι οποίες αξιοποιώντας το εμβυθιστικό τους χαρακτήρα, μπορούν να δημιουργήσουν στον επισκέπτη της αίσθηση ότι βιώνει εμπειρίες που μπορεί να ξεπερνάνε τον χρόνο και τον τόπο, μαγεύοντάς τον αλλά και ταυτόχρονα επιμορφώνοντάς τον πάνω σε θεματικές που συχνά δεν μπορούν να προσεγγιστούν χωρίς αυτή η προσπάθεια να γίνει στείρα.

Οι δυνατότητες της επαυξημένης πραγματικότητας δεν θα μπορούσαν να μην αξιοποιηθούν από τον κλάδο των εκπαιδευτικών παιχνιδιών. Οι χρήστες έχουν την ευχέρεια να χρησιμοποιήσουν το φυσικό τους περιβάλλον και να το συνδυάσουν με τον εικονικό κόσμο, προσφέροντας στο εκάστοτε παιχνίδι τη δυνατότητα να πετύχει ακόμα πιο αποτελεσματικά του εκπαιδευτικούς του στόχους. Τίθενται λοιπόν τα εξής ερωτήματα:

- Είναι δυνατόν μια μινιμαλιστική προσέγγιση εκμάθησης να δώσει αποτελέσματα ισάξια με τις τετρημένες;
- Η προσέγγιση αυτή, σε συνδιασμό με την ανάπτυξη μίας εκπαιδευτικής εφαρμογής σε ένα περιβάλλον επαυξημένης πραγματικότητας, μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση του ενδιαφέροντος και καλύτερα προσλαμβανόμενη πληροφορία κατά την περιήγηση σε ένα μουσείο;

Η απάντηση στο ερώτημα αυτό μπορεί να δοθεί μέσω της χρήσης ενός εργαλείου που έχει αναδειχθεί ως το κορυφαίο στον κλάδο της επαυξημένης πραγματικότητας. Το εργαλείο αυτό είναι η φορητή συσκευή κεφαλής Microsoft HoloLens. Η παρούσα διπλωματική εργασία λοιπόν υλοποιεί και αξιολογεί μία εφαρμογή εκπαιδευτικού χαρακτήρα (HoloMuseum) προορισμένη για χρήση στο Αρχαιολογικό Μουσείο Πατρών.

Μέσω της παροχής πληροφορίας στην μορφή λέξεων κλειδιών, η εφαρμογή έχει ως σκοπό να βοηθήσει τον επισκέπτη να αποκτήσει κάποιες βασικές γνώσεις για τα καλλιτεχνικά μοτίβα στις κύριες ιστορικές περιόδους της αρχαίας Ελλάδας. Η διαδικασία αυτή διευκολύνεται με την ύπαρξη κατευθυντήριων βελών προς χαρακτηριστικά εκθέματα κάθε εποχής. Στο τέλος της περιήγησης ο χρήστης μπορεί να αξιολογήσει την προσπάθειά του και την γνώση που κατέκτησε μέσω ενός κουίζ. Η διαδικασία μπορεί να γίνεται επαναληπτικά καθώς η εφαρμογή, πάλι με κατευθυντήρια βέλη, παροτρύνει τον χρήστη να εξετάσει καλύτερα τα εκθέματα που μπορεί να κατηγοριοποίησε σε λάθος ιστορική περίοδο και να προσπαθήσει ξανά.

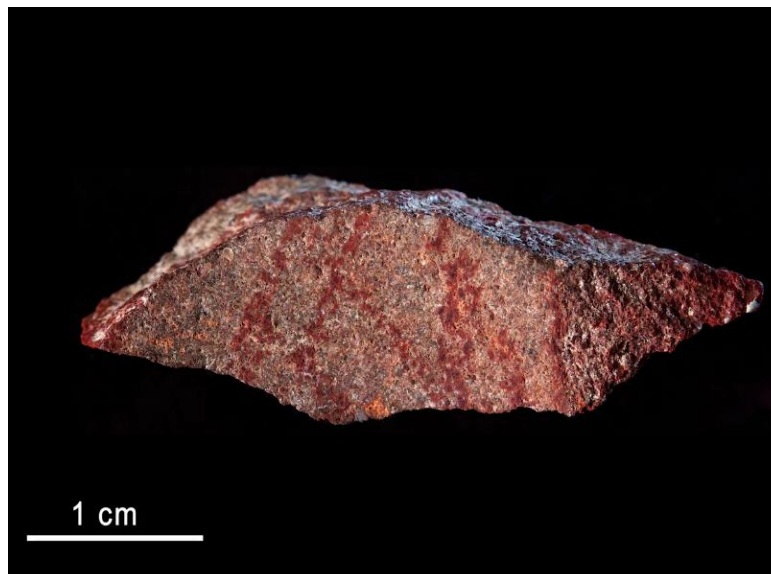
1.1 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας

Η διπλωματική εργασία είναι χωρισμένη σε πέντε κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάσαμε την εισαγωγή και το ερευνητικό ερώτημα της διπλωματικής εργασίας, στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζουμε το θεωρητικό και τεχνολογικό υπόβαθρο της διπλωματικής εργασίας, στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζουμε τη σχεδίαση και την υλοποίηση του παιχνιδιού HoloMuseum σε περιβάλλον επαυξημένης πραγματικότητας, στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζουμε την αξιολόγηση του παιχνιδιού, και στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζουμε τις μελλοντικές προεκτάσεις και τον επίλογο της διπλωματικής εργασίας.

Κεφάλαιο 2 - Θεωρητικό & Τεχνολογικό Υπόβαθρο

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουμε το θεωρητικό και τεχνολογικό πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας. Συγκεκριμένα θα γίνει μια γενική ανασκόπηση της σχέσης του ανθρώπου με την τέχνη και ποια η θέση της τεχνολογίας σε αυτή (Ενότητα 2.1) , θα παρουσιάσουμε το ιστορικό πλαίσιο στο οποίο επικεντρώνεται η εφαρμογή και θα πούμε λίγα λόγια για το Αρχαιολογικό Μουσείο Πατρών (Ενότητα 2.2), θα επικεντρωθούμε στα εκπαιδευτικά παιχνίδια και τον τρόπο που αυτά χρησιμοποιούνται στον τομέα της πολιτιστικής κληρονομιάς (Ενότητα 2.3), θα παρουσιάσουμε το πλαίσιο της εκτεταμένης πραγματικότητας και θα δώσουμε έμφαση στις έννοιες της εικονικής, επαυξημένης, και μικτής πραγματικότητας (Ενότητα 2.4), και τέλος θα παρουσιάσουμε τη συσκευή μικτής πραγματικότητας Microsoft HoloLens καθώς και τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη εφαρμογών για αυτή τη συσκευή (Ενότητα 2.5).

2.1 Τέχνη, Άνθρωπος και Τεχνολογία



Εικόνα 1. Ζωγραφιά σε πέτρα, ηλικίας 73.000 ετών

2.1.1 Τέχνη και Τεχνολογία

Τα τελευταία χρόνια η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας έχει οδηγήσει κλιμακούμενα στην δημιουργία νέων μορφών τέχνης και πλέον πολλοί υποστηρίζουν ότι η σχέση μεταξύ των δύο αυτών τομέων είναι αδιαμφισβήτητη. [\[6\]](#)

Βρισκόμαστε ίσως σε ένα σημείο της εξέλιξης της τέχνης και της τεχνολογίας που μπορούμε να τις βλέπουμε σαν αλληλένδετες οντότητες. Η τεχνολογία πλέον, μέσω των εργαλείων που προσφέρει, επηρεάζει και εμπνέει την δημιουργία νέων έργων τέχνης. Με κάθε νέα εξέλιξη της τεχνολογίας η τέχνη εξελίσσεται και αυτή.

Με την πρόοδο του διαδικτύου η τέχνη έχει γίνει σαφώς εύκολα προσβάσιμη σε όλους και η δημιουργία ψηφιακών έργων τέχνης είναι πλέον αδιαμφισβήτη. Δεν είναι λίγοι όσοι υποστηρίζουν ότι τα ηλεκτρονικά παιχνίδια αλλά και οι εφαρμογές εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας θα έπρεπε να κατηγοριοποιούνται ως μορφές τέχνης καθώς γεννιούνται από την συνεργασία τεχνολογίας και δημιουργικότητας.

Χρησιμοποιώντας γυαλιά εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας, όπως τα Oculus Rift και τα Microsoft Hololens, ιδρύματα και καλλιτέχνες πειραματίζονται με την πραγματικότητα καθώς δημιουργούν και μοιράζονται νέες εμπειρίες. Η ανάπτυξη αυτών των τρισδιάστατων περιβάλλοντων είναι πιθανώς μία από τις πιο ενδιαφέρουσες εξελίξεις στην τέχνη, ειδικά για τον καταναλωτή. Με πολλούς τρόπους, αυτό το είδος τεχνολογίας έχει μεταμορφώσει εντελώς την καλλιτεχνική εμπειρία. [7]

2.2 Ιστορικό Πλαίσιο

2.2.1 Αρχαιολογικό Μουσείο Πατρών [8]

Το ενδιαφέρον για τις αρχαιότητες της Πάτρας, και της ευρύτερης περιοχής της, είχε εκδηλωθεί πολύ νωρίς, πριν την δημιουργία του πρώτου ελεύθερου ελληνικού κράτους, όταν τον 17^ο, τον 18^ο και στις αρχές του 19^{ου} αιώνα πολλοί ξένοι περιηγητές επισκέπτονταν τον Ελλαδικό χώρο. Στο τέλος του 19^{ου} και στις αρχές του 20^{ου} αιώνα τα αρχαία φυλάσσονται σε διάφορα δημόσια κτήρια της πόλης, ενώ το έτος 1932 εκπονούνται σχέδια για την ανέγερση κτιρίου Μουσείου σε χώρο του Δήμου πίσω από το Αρχαίο Ωδείο. Η προσπάθεια αυτή δεν καρποφόρησε δυστυχώς και η πρόταση επαναλήφθηκε αργότερα το έτος 1947 με αρνητικό αποτέλεσμα. Εν τω μεταξύ, το έτος 1934 η αρχαιολογική συλλογή μεταφέρθηκε στο ισόγειο της οικίας του Ι.Καραμανδάνη, ευεργέτη των Πατρών, στην οδό Μαιζώνος 42 και πλατεία Όλγας, ένα μέρος της οποίας παραχωρήθηκε για το σκοπό αυτό στη μνήμη του υιού του Μπέμπη Καραμανδάνη. Αν και ολόκληρο το κτίριο είχε παραχωρηθεί στην αρχαιολογική υπηρεσία από το έτος 1942 μόλις το 1956 αποδίδεται σε αυτήν. Στο κτίριο αυτό λειτούργησε το μουσείο έως και το 2008.

Αφού μεσολάβησαν και άλλες τέτοιες προσπάθειες και προτάσεις για τη δημιουργία Μουσείου σε κτίριο που παραχώρησε ή θα μπορούσε να παραχωρήσει ο Δήμος Πατρέων, το έτος 1984 παραχωρείται έκταση επί της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Αθηνών. Κατόπιν αυτού εκπονήθηκε το απαιτούμενο κτιριολογικό πρόγραμμα του Μουσείου, στο οποίο προβλεπόταν η ανάπτυξη της έκθεσης των ευρημάτων σε τρεις ενότητες, Ιδιωτικός Βίος,

Δημόσιος Βίος, Νεκροταφεία. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν διαγωνισμοί τα έτη 1991 και 2000, από τους οποίους τελικά εγκρίθηκε και υλοποιήθηκε η μελέτη του έτους 2000, την οποία είχε συντάξει ο αρχιτέκτονας Θ.Μπομπότης. Σύμφωνα με την μελέτη αυτή, το συνολικό εμβαδόν του κτιρίου είναι 5997 τ.μ. και των εκθεσιακών χώρων 2600 τ.μ.

2.2.2 Ενότητα Ιδιωτικού Βίου [8]

Συνοπτικό Χρονολόγιο	
Νεολιθική περίοδος	6800-3300 π.Χ.
Πρωτοελλαδική περίοδος ή Πρώιμη Εποχή του Χαλκού (ΠΕ)	3300-2000 π.Χ.
Μεσοελλαδική περίοδος ή Μέση Εποχή του Χαλκού (ΜΕ)	2000-1600 π.Χ.
Μυκηναϊκή περίοδος ή Ύστερη Εποχή του Χαλκού (ΥΕ)	1600-1100 (ή 1050) π.Χ.
Υπομυκηναϊκή περίοδος (Υημ)	1100 (ή 1050)-1000 π.Χ.
Πρωτογεωμετρική περίοδος (ΠΓ)	1000 (ή 975)-900 (ή 850) π.Χ.
Γεωμετρική περίοδος	900 (ή 850)-700 π.Χ.
Αρχαϊκή περίοδος	700-500 π.Χ.
Κλασική περίοδος	500 (ή 450)-323 π.Χ.
Ελληνιστική περίοδος	323-31 π.Χ.
Ρωμαϊκή περίοδος	31 π.Χ.-4ος αι. μ.Χ.

Εικόνα 2. Χρονικές Περίοδοι Αρχαίων Χρόνων [8]

Η παρούσα διπλωματική εργασία αντλεί τα δεδομένα της από την ενότητα το ιδιωτικού βίου. Στην αίθουσα αυτή προβάλλεται ο ιδιωτικός βίος των κατοίκων της περιοχής διαχρονικά, με ευρήματα και πληροφορίες που αφορούν στις οικιστικές εγκαταστάσεις τους, στα επαγγέλματα και στις καθημερινές τους ασχολίες (την κεραμική παραγωγή, τη μεταλλοτεχνία, την υαλουργία, το ψάρεμα, το κυνήγι, τις ασχολίες των γυναικών, τον καλλωπισμό, την κοσμηματοτεχνία).

Ο επισκέπτης, πριν την περιήγηση του στην αίθουσα, έχει την ευκαιρία να πληροφορηθεί μέσα από το Χρονολόγιο, που βρίσκεται σε πίνακα στα δεξιά του, για τα σημαντικότερα στάδια της παρουσίας των ανθρώπων στην περιοχή αυτή, σε συνάρτηση με την ιστορική διαδρομή, όπως είναι γνωστή στον ελλαδικό χώρο από το 6800 π.χ. έως το 4ο αιώνα μ.Χ.

Η περιήγηση αρχίζει με την ενότητα των οικιστικών εγκαταστάσεων της προϊστορικής περιόδου και ειδικότερα της μυκηναϊκής εποχής, αριστερά του ερχόμενου. Ήδη από την νεολιθική εποχή, ο άνθρωπος οργανώνει μόνιμες οικιστικές εγκαταστάσεις, υπάρχουν μαρτυρίες της ανθρώπινης παρουσίας στην Αχαΐα. Όπως έδειξαν οι έρευνες, η μυκηναϊκή περίοδος υπήρξε εποχή ακμής για την περιοχή των Πατρών και τη Δυτική Αχαΐα η οποία, αν και άνηκε στην περιφέρεια του μυκηναϊκού κόσμου ωστόσο ανέπτυξε έναν αξιόλογο πολιτισμό με πολλά ιδιαίτερα τοπικά χαρακτηριστικά διατηρώντας συγχρόνως επαφές με πολλές περιοχές του τότε γνωστού κόσμου.

Στη συνέχεια έρχεται μία άλλη σχετικά σύντομη περίοδος, η πρωτογεωμετρική. Χαρακτηρίζεται από μετακινήσεις πληθυσμών και αλλαγές στα ήθη και τα έθιμά. Πολλά σχήματα αγγείων επιβιώνουν την εποχή αυτή και τα διακοσμητικά θέματα είναι ποικίλα γεωμετρικά μοτίβα. Κατά την επόμενη περίοδο, τη γεωμετρική, εισερχόμαστε σε μία νέα εποχή που χαρακτηρίζεται από γενικότερη αναβάθμιση της ζωής των ανθρώπων. Στην περιοχή διαπιστώνεται αύξηση του πληθυσμού και των εγκαταστάσεων ακόμα και των εμπορικών επαφών με άλλες περιοχές και αύξηση της ντόπιας κεραμικής παραγωγής.

Για την αρχαϊκή και κλασική περίοδο οι ανασκαφικές μαρτυρίες εξακολουθούν να είναι μάλλον περιορισμένες. Η περιοχή αυτή του ελληνικού χώρου δεν μετέχει στα μεγάλα ιστορικά γεγονότα (Μηδικά, Πελοποννησιακός πόλεμος) και βρίσκεται κατά κάποιον τρόπο στο περιθώριο των εξελίξεων. Ωστόσο ευρήματα στην Πάτρα αποτελούν μαρτυρίες της παρουσίας οικισμών. Οι φιλολογικές πηγές και ειδικότερα ο Παυσανίας, αναφερόμενος στο μυθικό παρελθόν της, μας πληροφορούν για την δημιουργία του συνοικισμού της Πάτρας από τις τρεις πολίχνες, Αρόη- Άνθεια-Μεσάτι, που στην πραγματικότητα ίσως έλαβε χώρα περί τα μέσα του 5ου αιώνα π.Χ. Σε αυτά τα χρόνια επικρατούσε ο ερυθρόμορφος και μελανόμορφος ρυθμός όπως φαίνεται από διάφορα ευρήματα.

Από το τέλος του 5ου αιώνα, ειδικότερα όμως από τον 4ο αιώνα και μάλιστα στο δεύτερο μισό του, η Πάτρα διέρχεται μία περίοδο ακμής όπως δείχνουν τα ανασκαφικά και τα ταφικά ευρήματα. Φανερώνεται και από την ντόπια κεραμική παραγωγή, η άνθηση της πόλης. Πέρα από τις επιρροές της κλασικής περιόδου στην ελληνιστική περίοδο εμφανίστηκαν και νέα σχήματα και παραλλαγές τους. Χαρακτηριστικό δοχείο της ελληνιστικής σε περίοδο ήταν ο λάγυνος, με το αμφικωνικό σώμα και την ωραία γραπτή διακόσμηση σχηματοποιημένων φυτικών κοσμημάτων. Είχε χρήση αντλήσεως και σερβιρίσματος του οίνου.

Κατά τον 2ο αι. π.Χ. η ανάπτυξη των Πατρών συνεχίζεται, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από τις ανασκαφές. Είναι πλέον η εποχή κατά την οποία η Ρώμη εκδηλώνει όλο και μεγαλύτερο ενδιαφέρον για την Αχαΐα. Μετά την καταστροφή της Κορίνθου το 146 π.χ. ο ρόλος των Πατρών δυναμώνεται. Αψευδείς μαρτυρίες της ανάπτυξης αυτής είναι τα αρχαιολογικά δεδομένα που έχουν έρθει στο φως κατά την πεντηκονταετία 1960-2010, σύμφωνα με τα οποία η πόλη επεκτείνεται σταδιακά προς τα νότια και τα δυτικά. Οι αρνητικές συνέπειες των εμφυλίων πολέμων του 1ου αιώνα π.Χ. γίνονται φανερές και στην περιοχή των Πατρών, η πόλη όμως ανθεί κυρίως χάρις στην παρουσία του λιμανιού της, στο οποίο η κίνηση παραμένει ζωηρή, όπως μας πληροφορούν οι επιστολές του ρωμαϊκού ρήτορα Κικέρωνα. Το σημαντικότερο γεγονός στην ιστορία της πόλης, το οποίο έπρεπε να αλλάξει ριζικά την τύχη της, είναι η ίδρυσή της ως αποικίας από τον Οκταβιανό Αύγουστο το 14 π.Χ. Οι κάτοικοί της απολαμβάνουν πολλών προνομίων, κυριότερο των οποίων είναι το δικαίωμα του Ρωμαίου πολίτη. Στο μουσείο υπάρχουν πολλά εντυπωσιακά ψηφιδωτά από τα Ρωμαϊκά χρόνια, καθώς επίσης και ανακατασκευές κτιρίων, όπως είναι το τμήμα αγροικίας και το τμήμα οικίας όπου μπορούμε να δούμε χαρακτηριστικά μιας ρωμαϊκής οικίας όπως είναι το αίθριο, το impluvium και το compluvium.

2.3 Εκπαιδευτικά Παιχνίδια

2.3.1 Ορισμός

Κατά την διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών έχουν γίνει τεράστια άλματα στους κλάδους της επιστήμης και της τεχνολογίας, ιδιαιτέρως με την εκτόξευση της δημοτικότητας του διαδικτύου. Μπορούμε όμως εύκολα να παρατηρήσουμε ότι δεν έχει συντελεστεί μία ανάλογη αναδιαμόρφωση της εκπαιδευτικής διαδικασίας, παρότι η διαθέσιμη πληροφορία έχει αυξηθεί δραματικά. Η γνώση, η οποία πρότερα μπορούσε να ανακτηθεί μόνο μέσω του σχολείου ή εγκυκλοπαιδιών, σήμερα είναι πιο διαθέσιμη από ποτέ. Ωστόσο δημιουργείται ένα παράδοξο, καθώς ενώ αυξάνεται η διαθέσιμη πληροφορία γύρω μας, δεν παρέχονται τα εργαλεία για την σωστή και εποικοδομητική αξιοποίησή τους. Επί του παρόντος, αντιμετωπίζουμε πολλές νέες προκλήσεις όσον αφορά στο εκπαιδευτικό σύστημα, ωστόσο διατηρούμε τα διλήμματα του παρελθόντος καθώς δεν φαίνεται, παρόλον τον καταιγισμό πληροφορίας, να την αφομοιώνουμε.[\[9\]](#)

Παραδοσιακά τα παιχνίδια συσχετίζονται με την έννοια της ψυχαγωγίας, ωστόσο δεν είναι αυτή η μόνη τους έκφραση. Εκτός από την ψυχαγωγική προσέγγιση, υπάρχουν η παιδαγωγική και η υβριδική. Η ψυχαγωγική προσέγγιση των παιχνιδιών έχει ως κύριο σκοπό την παροχή απόλαυσης, ενώ η αμιγώς παιδαγωγική εμπεριέχει εκπαιδευτικά παιχνίδια τα οποία παίζονται μέσα ή έξω του χώρου του σχολείου, με πολύ καλά ορισμένους γνωσιακούς στόχους. Η υβριδική προσέγγιση αφορά σε παιχνίδια χωρίς ξεκάθαρο στόχο. Σε αυτή την κατηγορία εμπεριέχονται τα παιχνίδια για χώρους πολιτιστικής κληρονομιάς, για παράδειγμα μουσεία ή ιστορικούς και αρχαιολογικούς χώρους που μεταμορφώνονται με την χρήση κάποιας φορητής συσκευής. [\[10\]](#)

Οι τεράστιες τεχνολογικές ανακαλύψεις των τελευταίων χρόνων προσφέρουν πλήθος νέων μεθόδων για την βελτίωση της διαδικασίας της μάθησης. Νέες τεχνολογίες επιτρέπουν την χρήση εννοιών, όπως αυτή της επαυξημένης πραγματικότητας, και έτσι συμβάλλουν στην αποτελεσματικότερη διάδοση της πολιτιστικής κληρονομιάς στο ευρύ κοινό. Ουσιαστικά, διευκολύνεται η επίτευξη των εκπαιδευτικών στόχων λόγω της χρήσης των γραφικών και των διαφόρων λειτουργιών που προσφέρονται από τις συσκευές επαυξημένης πραγματικότητας [\[11\]](#). Τα εκπαιδευτικά παιχνίδια πραγματώνουν αυτήν την ανάγκη για εναλλακτικές μεθόδους μάθησης και συνδυάζοντας την τεχνολογία δημιουργούν τις προϋποθέσεις για την βελτίωση των εκπαιδευτικών μοντέλων.

2.3.2 Χωροευαίσθητα Εκπαιδευτικά Παιχνίδια

Τα χωρο-ευαίσθητα παιχνίδια είναι παιχνίδια που τοποθετούνται σε έναν φυσικό χώρο ενώ ταυτόχρονα υποστηρίζονται από ενέργειες και γεγονότα σε ένα διασυνδεδεμένο ψηφιακό χώρο. Η μάθηση σε αυτά τα παιχνίδια σχετίζεται με θέματα όπως μία αφηγηματική δομή, τον φυσικό χώρο, τους κανόνες του παιχνιδιού και το περιεχόμενο το οποίο καθορίζει τον

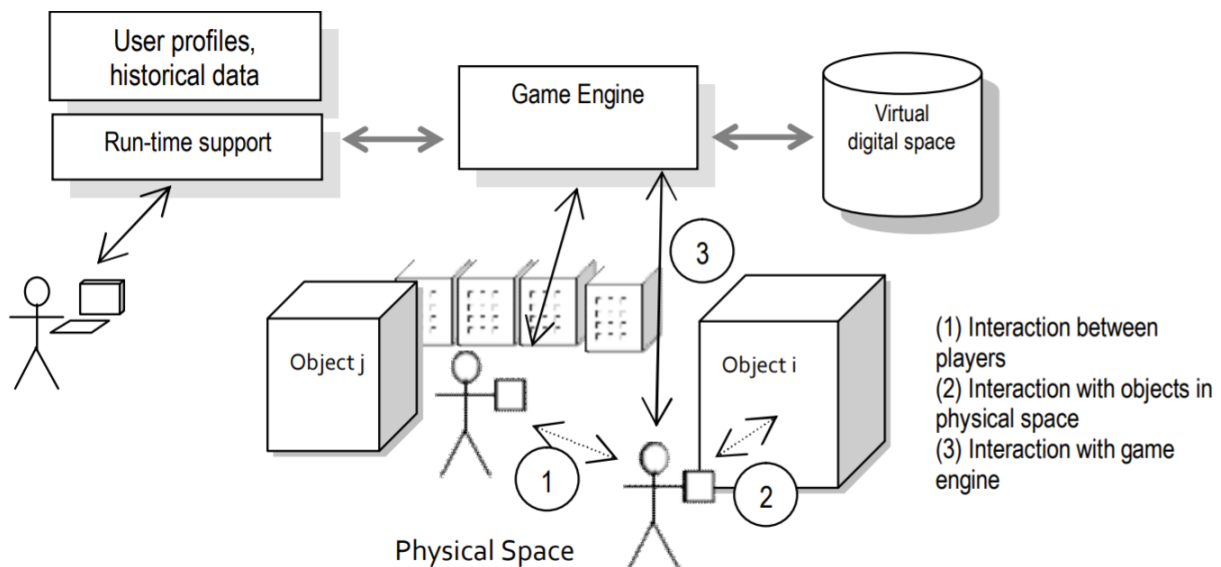
ψηφιακό χώρο του παιχνιδιού. Τα παιχνίδια αυτά θέτουν χωρικά και κοινωνικά όρια και μπορούν να αλληλεπιδράσουν με την καθημερινή ζωή και να παιχτούν οποιαδήποτε στιγμή, οποιαδήποτε ώρα. Κάποιοι σχεδιαστές θεωρούν ότι η διαδραστικότητα στα παιχνίδια έρχεται σε αντίθεση με την αφηγηματικότητα καθώς η αφηγηματικότητα καθορίζεται από τον δημιουργό και η διαδραστικότητα στηρίζεται στον χρήστη. [\[10\]](#)

Τεχνολογικά ενισχυμένοι χώροι στους οποίους έχουν ενσωματωθεί τεχνολογίες επαυξημένης πραγματικότητας, πιθανόν να υποστηρίζουν νέους τρόπους μάθησης. Ένα τυπικό παράδειγμα είναι μέσω χωρο-ευαίσθητων παιχνιδιών. Η κυρία ιδέα είναι ότι με αυτά τα παιχνίδια οι παίκτες συνδέουν γνώση με σωματική δραστηριότητα, συσχετισμένη με τον πραγματικό κόσμο, κυρίως σε μέρη πλούσια με ιστορική γνώση όπως ιστορικά κέντρα πόλεων και μουσεία.

Τα τελευταία χρόνια τέτοιου είδους παιχνίδια έχουν αποκτήσει μεγάλη δημοτικότητα και πολλά από αυτά υποστηρίζουν πολλαπλούς παίκτες. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των παιχνιδιών αυτών είναι η συνεργασία και ο ανταγωνισμός μεταξύ των παικτών. Συνήθως παίζονται σε συγκεκριμένες τοποθεσίες χρησιμοποιώντας κατάλληλες συσκευές και ως αποτέλεσμα μπορεί να σπάσουν τα όρια μεταξύ ψηφιακού και αστικού χώρου. Σε αυτά τα παιχνίδια η μάθηση βασίζεται σε μία νέα σχέση με τον χώρο. Η κυρία ιδέα είναι ότι σε αυτά τα παιχνίδια οι παίκτες συσχετίζουν την πληροφορία με σωματικές δραστηριότητες στον πραγματικό κόσμο, βιώνοντας έτσι εμπύθιση σε έναν φυσικό και κοινωνικό χώρο, επαυξημένο από ψηφιακά μέσα.

Το γόητρο αυτών των παιχνιδιών και η ενεργή συμμετοχή των παικτών μπορεί να αποδοθεί σε τέσσερα χαρακτηριστικά [\[12\]](#) :

- 1) σωματική εμπειρία
- 2) πνευματική πρόκληση
- 3) κοινωνική εμπειρία
- 4) εμβύθιση (immersion).



Εικόνα 3. Οργάνωση του σχεδιασμού χωροευαίσθητων παιχνιδιών [\[10\]](#)

2.3.3 Παιχνίδια και πολιτισμική κληρονομιά

Στην πάροδο των τελευταίων 20 χρόνων, το κοινό των μουσείων και των παραστατικών Τεχνών έχει μειωθεί, και το κοινό το οποίο παραμένει είναι ηλικιακά μεγαλύτερο από τον περισσότερο πληθυσμό. Οι άνθρωποι με την πάροδο του χρόνου έχουν στραφεί σε άλλες προσεγγίσεις για ψυχαγωγία και μάθηση. Επιπλέον, έχει εμφανιστεί ο όρος μουσειακή κούραση ο οποίος χρησιμοποιείται για να περιγράψει την περιορισμένη ικανότητα του επισκέπτη να θυμάται, να κατανοεί και να χρησιμοποιεί την παρεχόμενη πληροφορία.

Έτσι λαμβάνοντας υπόψη τα προηγούμενα, παρατηρούμε ότι τα τελευταία χρόνια η τεχνολογία χρησιμοποιείται από τα πολιτιστικά ιδρύματα ως ένα μέσο αλλαγής της πολιτιστικής εμπειρίας με σκοπό να την κάνει πιο ελκυστική στο κοινό. Προς αυτή την κατεύθυνση μπορούμε να αναγνωρίσουμε τρεις βασικούς κλάδους. [\[4\]](#)

- Επαναπροσέγγιση των τρόπων με τους οποίους ο επισκέπτης μπορεί να αλληλεπιδράσει με τα εκθέματα, αντί να τα παρατηρεί από μακριά τώρα, με τη χρήση της κατάλληλης τεχνολογίας, μπορεί να δημιουργηθεί μία εμπειρία αλληλεπίδρασης μεταξύ επισκέπτη και εκθέματος.
- Επανασχεδίαση και επαναπροσέγγιση της παρεχόμενης πληροφορίας και του τρόπου παρουσίας της.
- Επαναπροσέγγιση της σχέσης μεταξύ επίσκεψη και του Μουσείου (participatory experience).

Μπορούμε να θεωρήσουμε ότι τα εκθέματα είναι εμπειρίες. Τα εκθέματα δεν είναι απλώς εντυπωσιακοί τρόποι να μεταφέρεις μηνύματα. Μία από τις πιο ενδιαφέρουσες και χρήσιμες λειτουργίες τους είναι όχι μόνο το να παρέχουν απαντήσεις, αλλά να θέτουν ερωτήσεις τις οποίες πρέπει να απαντήσουμε μόνοι μας. Απαντώντας τις ερωτήσεις αυτές δεν προϋποθέτει να μαντέψουμε το κίνητρο του καλλιτέχνη. Αντίθετα προϋποθέτει να προσδώσουμε στην εμπειρία κάτι από τον εαυτό μας.

Αυτή η επαναπροσέγγιση της σχέσης επισκέπτη και πολιτισμικού χώρου έχει δημιουργήσει μία νέα τάση στην οποία ο μουσειακός χώρος δεν είναι πλέον ένα στεγνό περιβάλλον που 'κρατά' και μεταφέρει την πληροφορία και ο επισκέπτης δεν είναι πια ένας άβουλος δέκτης πληροφοριών. Πλέον η γνώση που διατηρείται σε ένα μουσείο είναι κάτι το οποίο μπορεί να συζητηθεί, να μοιραστεί και είναι διαπραγματεύσιμη. Το ζητούμενο είναι η πολιτισμική εμπειρία να δημιουργείται μέσω της της ανάπτυξης μιας διαλεκτικής σχέσης μεταξύ του επισκέπτη και το μουσείου. Σε αυτό το πλαίσιο, ο επισκέπτης έχει έναν ενεργό ρόλο στην διαδικασία της γέννησης πολιτισμού και είναι περισσότερο έναν συνεργάτη του μουσείου παρά ένας απλός παρατηρητής.

2.4 Εκτεταμένη Πραγματικότητα

2.4.1 Εικονική Πραγματικότητα

Τελευταία χρόνια ο όρος εικονική πραγματικότητα (Virtual Reality - VR) κατακλιζει το διαδίκτυο. Αφορά στην δημιουργία μιας νέας πραγματικότητας με τη χρήση των κατάλληλων τεχνολογικών μέσων (π.χ. Oculus Rift, HTC Vive). Από τη στιγμή που ο χρήστης φοράει τα γυαλιά εικονικής πραγματικότητας οι αισθήσεις του, του λένε ότι βρίσκεται σε ένα εντελώς διαφορετικό περιβάλλον, κυρίως όταν η εμπειρία έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε εκτός από τα οπτικά ερεθίσματα, να δίνονται και ακουστικά και ίσως και σωματικά. Κύριο χαρακτηριστικό της εικονικής πραγματικότητας είναι η σημασία του να

αποκοπεί ο χρήστης από το περιβάλλον και για όσο διαρκεί αυτή η εικονική εμπειρία να μην υπάρχει σύνδεση με τον πραγματικό κόσμο.

Η εικονική πραγματικότητα έχει εφαρμογές σε διάφορους τομείς :

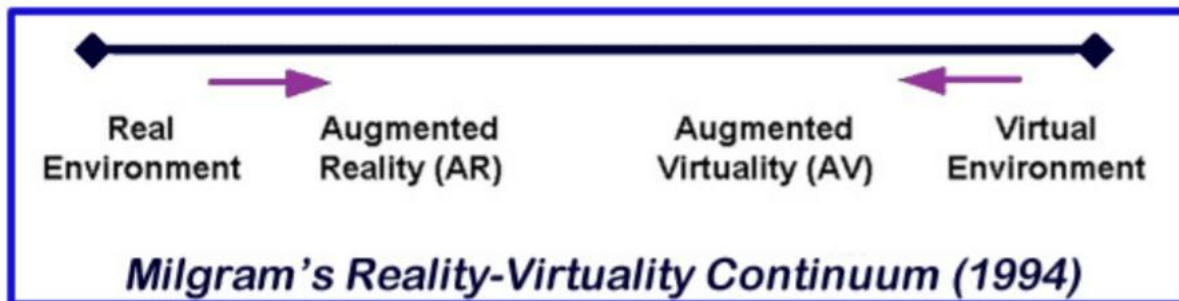
- Για την δημιουργία προσομοιωτικών περιβάλλοντων στον ιατρικό τομέα με σκοπό την κατάρτιση μελλοντικών ιατρών και την βοήθεια στην επανένταξη ασθενών. [\[13\]](#) [\[14\]](#)
- Στην διασκέδαση και ψυχαγωγία μέσω της δημιουργίας εικονικών κόσμων σε βιντεοπαιχνίδια [\[15\]](#) [\[16\]](#)
- Για εκπαιδευτικούς σκοπούς μπορεί να συνδράμει στην παιδαγωγική διαδικασία με την δημιουργία εφαρμογών στις οποίες ο χρήστης μπορεί να εξασκείται πριν την κανονική διαδικασία μάθησης αλλά και να έχει πρόσβαση σε εναλλακτικές τεχνικές μάθησης. [\[17\]](#) [\[18\]](#) [\[19\]](#)

2.4.2 Επαυξημένη Πραγματικότητα

Αντίθετα, η επαυξημένη πραγματικότητα (Augmented Reality - AR) διαφέρει σε μεγάλο βαθμό από την εικονική. Πρώτα απ' όλα, ο χρήστης μίας συσκευής επαυξημένης πραγματικότητας δε χάνει από τα μάτια του τον πραγματικό κόσμο και χρησιμοποιεί τις αισθήσεις του (όραση, ακοή, κλπ.) όπως θα έκανε υπό κανονικές συνθήκες. Τα αντικείμενα του εικονικού κόσμου προβάλλονται πάνω στον πραγματικό κόσμο από την εκάστοτε συσκευή, ενσωματωμένα πλήρως στο πραγματικό. Προκειμένου να γίνει η ενσωμάτωση αυτή χρησιμοποιούνται στρώματα (layers) που έχουν δημιουργηθεί από υπολογιστή (computer – generated).

- Εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας έχουν ήδη επεκταθεί σε αρκετούς κλάδους, από τα γραφικά των αθλητικών μεταδόσεων μέχρι τα δελτία καιρού .
- Στον κόσμο των παιχνιδιών ένα πολύ γνωστό παράδειγμα αποτελεί η γνωστή εφαρμογή Pokemon Go [\[20\]](#)
- Στον τομέα της πολιτισμικής κληρονομιάς έχουν δημιουργηθεί πολλές εφαρμογές για την βελτίωση της εμπειρίας του χρήστη και έτσι η επαυξημένη πραγματικότητα έχει προσφέρει στους μουσειακούς χώρους την δυνατότητα να ξεφύγουν από το στενό χωρικό τους πλαίσιο. [\[21\]](#)
- Έχει δημιουργήσει νέες εκπαιδευτικές εμπειρίες καθώς μπορεί να συμβάλει στην απεικόνιση εννοιών και εικόνων με έναν πολύ πιο παραστατικό και βιωματικό τρόπο. Ειδικά σε άτομα μικρότερης ηλικίας, τα οποία χάνουν και ευκολότερα το ενδιαφέρον τους και είναι πολύ καλύτερα εξοικειωμένα με την τεχνολογία, η επαυξημένη πραγματικότητα αποτελεί ιδανική επιλογή για μια εναλλακτική μαθησιακή προσέγγιση. [\[22\]](#)

- Η επαυξημένη πραγματικότητα έχει χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία καινοτόμων εφαρμογών σχεδίασης, όταν η διαδικασία δοκιμών στον πραγματικό χώρο δεν είναι εφικτές, για παράδειγμα εσωτερικός σχεδιασμός ενός σπιτιού. [\[23\]](#)



Εικόνα 4. Η κλίμακα μεταξύ πραγματικού και εικονικού κόσμου όπως προτάθηκε από τον Milgram και Kishino

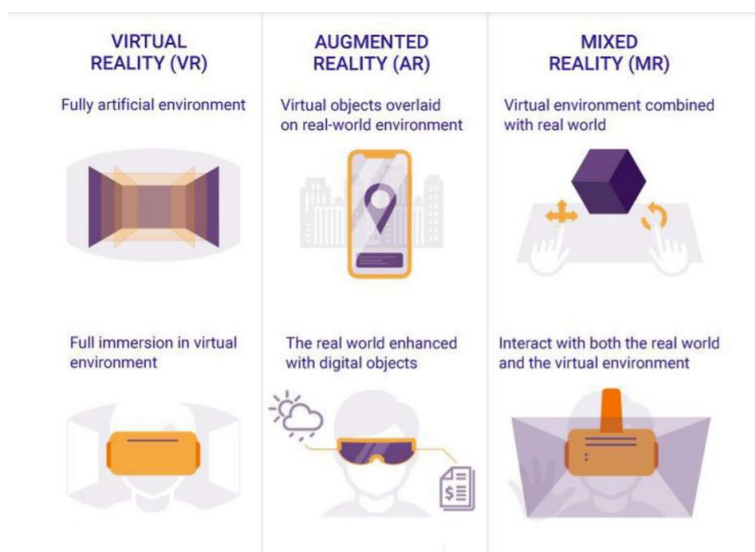
2.4.3 Μικτή Πραγματικότητα

Η μικτή πραγματικότητα (Mixed Reality - MR), γύρω από τον ορισμό της οποίας έχει δημιουργηθεί μία σχετική σύγχυση, αποτελεί τον χώρο με ίσως τις σπουδαιότερες εξελίξεις τα τελευταία χρόνια. Είναι εύλογο να πούμε ότι η μικτή πραγματικότητα αποτελεί μία μίξη των τεχνολογιών της εικονικής και της επαυξημένης. Μια χαρακτηριστική διαφορά σε σχέση με την επαυξημένη είναι ότι τα εικονικά αντικείμενα που επαυξάνουν την εμπειρία του χρήστη, μπορούν πλέον να αλληλεπιδρούν με τον πραγματικό κόσμο. Δηλαδή η εκάστοτε συσκευή προσφέρει λειτουργίες ανίχνευσης του περιβάλλοντος του χρήστη, για παράδειγμα στα Hololens αυτή η διαδικασία ονομάζεται spatial mapping. Μέσω αυτής της δυνατότητας σάρωσης του περιβάλλοντος μπορεί να υπάρξει ψηφιακή καταγραφή του περιβάλλοντα χώρου με βάση τα ληφθέντα δεδομένα. Με τον τρόπο αυτό, προσαρμόζεται όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματικά ο εικονικός κόσμος στον πραγματικό. Η μικτή πραγματικότητα όχι μόνο συγχωνεύει τον πραγματικό με τον ψηφιακό κόσμο σε ένα νέο περιβάλλον, αλλά επίσης επιτρέπει στους χρήστες να αλληλεπιδρούν με το ψηφιακό περιεχόμενο σε πραγματικό χρόνο. [\[22\]](#)

Προσφέρεται έτσι η δυνατότητα δημιουργίας ολόκληρων εικονικών κόσμων, όπως και στην εικονική πραγματικότητα, χωρίς όμως να χάνεται η επαφή με το περιβάλλον, γλυτώνοντας έτσι κάποια συχνά προβλήματα όπως είναι η σύγκρουση του χρήστη με αντικείμενα, ή ο αποπροσανατολισμός του, ζητήματα που προκύπτουν συχνά στις εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας. Καθίσταται λοιπόν προφανές ο σπουδαίος ρόλος που κατέχει το περιβάλλον του χρήστη για την τεχνολογία αυτή. Το πιο σημαντικό στοιχείο λοιπόν της επαυξημένης πραγματικότητας είναι η αλληλεπίδραση του εικονικού με τον πραγματικό κόσμο.

Οι συσκευές που λειτουργούν με αυτή την τεχνολογία είναι συνήθως φορητές διατάξεις κεφαλής (ή αλλιώς Headsets) με τα Microsoft HoloLens 1 και 2 και τα Magic Leap 1 να είναι από τα πιο δημοφιλή στην αγορά. Μερικές εφαρμογές την μικτής πραγματικότητας είναι :

- Στην εκπαίδευση, διευκολύνοντας την διαδικασία μάθησης δίνοντας στους μαθητές την δυνατότητα αλληλεπίδρασης με ολογράμματα. Οι καθηγητές μπορούν να διδάσκουν απομακρυσμένα τους μαθητές, χρησιμοποιώντας 3D προβολές και προσομοιώσεις. Ένα παράδειγμα είναι η εφαρμογή HoloAnatomy, η οποία κέρδισε το 2017 το βραβείο Digital Edge Award και είχε σκοπό να διδάξει σε φοιτητές ιατρικής, ανατομία. [\[24\]](#)
- Χρησιμοποιώντας τεχνολογίες επαυξημένης πραγματικότητας, η γεωμετρία τρισδιάστατων αντικειμένων μπορεί να οπτικοποιηθεί. Οι χρήστες μπορούν επίσης να αλληλεπιδράσουν με το ψηφιακό μοντέλο μέσω χειρονομιών και ηχητικών εντολών. Η μικτή πραγματικότητα μπορεί να βοηθήσει σχεδιαστές όχι μόνο να κατανοήσουν τον σχεδιασμό ψηφιακών μοντέλων, μέσω της οπτικοποίησης της 3D γεωμετρίας τους, αλλά επίσης να μάθουν για τις λειτουργίες του προϊόντος, και να εξερευνήσουν την δημιουργικότητά τους. [\[25\]](#)
- Στην ιατρική, η εξέλιξη της υποβοηθούμενης από υπολογιστή εγχείρηση, πρόκειται να αυξήσει την εγχειρητική ακρίβεια και να βελτιώσει την ασφάλεια των ασθενών, μειώνοντας τις επιπλοκές. Η μικτή πραγματικότητα βοηθάει τον γιατρό να διαμορφώσει το προεγχειρητικό πλάνο χωρίς την διενέργεια επεμβατικών διαδικασιών, καθώς και να έχει πρόσβαση σε τρισδιάστατες ανακατασκευές των εικονών τους ασθενή, καθώς επίσης και να αλληλεπιδρά απομακρυσμένα με συνάδελφους που βρίσκονται εκτός του θαλάμου. [\[26\]](#)
- Μεταξύ των ενδιαφερόμενων για την ενίσχυση των κλάδων AR και MR αναμένεται να είναι οι βιομηχανικοί κλάδοι παραγωγής. Οι τεχνολογίες AR χρησιμοποιούνται συνήθως για την υποστήριξη διαδικασιών συντήρησης.
- Στην βιομηχανία των παιχνιδιών, όπου οι πρωτότυπες οπτικοακουστικές εμπειρίες σε συνδυασμό με την συσχέτιση του ψηφιακού χώρου του παιχνιδιού με το φυσικό περιβάλλον του χρήστη, δημιουργούν μία εντυπωσιακή εμπειρία. [\[27\]](#)



Εικόνα 5. Συνοπτική απεικόνιση των τριών τεχνολογιών XR και των βασικών διαφορών τους [33]

2.5 Microsoft HoloLens



Εικόνα 6. Το Microsoft HoloLens Headset.

2.5.1 Εισαγωγή

Τα Microsoft HoloLens είναι ένα ζευγάρι έξυπνων γυαλιών μικτής πραγματικότητας, τα οποία σχεδιάζονται και παράγονται από την Microsoft. Τα HoloLens είναι η πρώτη απεικονιστική συσκευή κεφαλής που "τρέχει" την πλατφόρμα Windows Mixed Reality σε λειτουργικό σύστημα Windows 10.

Η τεχνολογία ανίχνευσης που εντοπίζεται στα Hololens έχει τις ρίζες της στο Kinect, ένα πρόσθετο για την κονσόλα Xbox, της Microsoft. Το εργαλείο αυτό είναι εξοπλισμένο με κάμερες, μικρόφωνα και υπέρυθρους αισθητήρες, καταφέροντας με την χρήση του κατάλληλου λογισμικού την αναγνώριση χειρονομιών, ομιλίας και των κινήσεων του σώματος έως τεσσάρων χρηστών ταυτόχρονα.

Τον Μάρτιο του 2016, η εταιρία προχώρησε στην κυκλοφορία των γυαλιών Hololens (σε Development Edition) στις ΗΠΑ και τον Καναδά. Λίγους μήνες αργότερα, τον Οκτώβριο του ίδιου έτους, το προϊόν κυκλοφόρησε και σε Ευρωπαϊκές χώρες. Με την έκδοση για κανονική χρήση τα Hololens κοστίζουν 3000 δολάρια ενώ φτάνει στα 5000 δολάρια για την εμπορική χρήση (Commercial Suite). Η Microsoft δίνει την δυνατότητα ενοικίασης σε περιπτώσεις που δεν είναι δυνατή η δέσμευση μόνιμης αγοράς.

Ανακοινώθηκε η κυκλοφορία των Hololens 2 στο Mobile World Congress (MWC) στην Βαρκελώνη στον Φεβρουάριο του 2019.

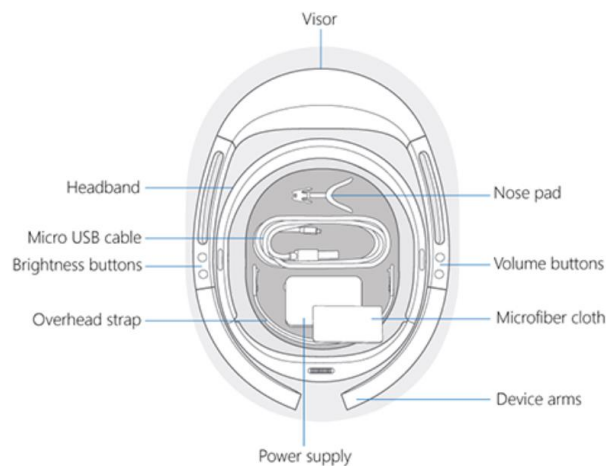
2.5.2 Εφαρμογές

Τα Hololens μπορούν να “τρέξουν” σχεδόν όλες τις εφαρμογές της πλατφόρμας Universal Windows. Αυτές οι εφαρμογές εμφανίζονται ως 2D προβολές.

Οι 3D εφαρμογές, ή ολογραφικές εφαρμογές, χρησιμοποιούν Ολογραφικά API των Windows (Windows Holographic APIs). Η Microsoft προτείνει την μηχανή Unity και Vuforia για την δημιουργία τρισδιάστατων εφαρμογών για Hololens, αλλά είναι επίσης δυνατό για ένα σχεδιαστή να χτίσει την δική του μηχανή χρησιμοποιώντας το DirectX και τα Windows APIs.

Ως μέρος του λογισμικού των Hololens, η Microsoft συμπεριλαμβάνει τα παιχνίδια Fragments, Young Conker, and RoboRaid. Το Fragments είναι ένα παιχνίδι μυστηρίου μικτής πραγματικότητας που ασχολείται με την διελεύανση εγκλημάτων και χρησιμοποιεί το σαλόνι του χρήστη. Οι χαρακτήρες εμφανίζονται και κάθονται στον καναπέ κάνοντας συζήτηση, αναδεικνύοντας τις δυνατότητες μικτής πραγματικότητας των Hololens. [\[28\]](#)

2.5.3 Περιγραφή συσκευής



Εικόνα 7. Τα διάφορα μέρη των Microsoft HoloLens

Στα Hololens μπορούμε να εντοπίσουμε τα ακόλουθα συστατικά μέλη: [\[29\]](#)

- Visor.** Η προσωπίδα είναι το κομμάτι των γυαλιών που βρίσκεται στο μπροστινό μέρος της συσκευής και περιέχει τους αισθητήρες και τις οθόνες. Μπορεί να περιστραφεί κατά την χρήση. Μέσα στην προσωπίδα βρίσκονται 2 φακοί όπου προβάλλονται τα ολογράμματα με συγκεκριμένη τεχνική που δημιουργεί την ψευδαίσθηση ότι υπάρχουν πράγματι αυτά τα τρισδιάστατα αντικείμενα στον χώρο του χρήστη. Η ανάλυση φτάνει τα 2.3 Mega Pixels και δίνεται η δυνατότητα καλιμπραρίσματος της απόστασης μεταξύ των ματιών (IPD or interpupillary distance) ώστε να προβάλλονται τα ολογράμματα καθαρά και να μπορεί να είναι εύκολη η αλληλεπίδραση μαζί τους. [\[30\]](#) Αν η απόσταση αυτή δεν είναι σωστή μπορεί τα ολογράμματα να φαίνονται ασταθή ή σε λάθος απόσταση, οπότε είναι σημαντικό να προσαρμόζεται, μέσω της κατάλληλης εφαρμογής, για τον κάθε χρήστη.



Εικόνα 8. Η μητρική κάρτα με τις μονάδες

επεξεργασίας [\[34\]](#)

- **Headband.** Η ζώνη (headband) περιβάλλει το κεφάλι, αλλά χωρίς να στηρίζεται στα αυτιά, επιτρέπει στα γυαλιά να βρίσκονται στο κεφάλι του χρήστη με άνεση χωρίς να τον βαραίνουν. Έχει ροδέλα που βοηθάει στο να προσαρμόζονται καλύτερα τα γυαλιά στο κεφάλι τους χρήστη. Εντός της ζώνης εντοπίζονται τα ηλεκτρονικά μέρη, δηλαδή οι επεξεργαστές, η μνήμη, οι κάμερες και τα ηχεία τα οποία βρίσκονται πάνω από το κάθε αυτί.
- **Buttons.** Στην αριστερή πλευρά των HoloLens υπάρχουν κουμπιά αυξομείωσης της φωτεινότητας, ενώ στην δεξιά υπάρχουν κουμπιά αυξομείωσης του ήχου. Επιπλέον υπάρχει και ένα κουμπί για την ενεργοποίηση και απενεργοποίηση του συστήματος, το οποίο εντοπίζεται στο πίσω και δεξιό μέρος των χερουλίων. Όπως είναι σαφές η συσκευή έχει πολύ λίγα κουμπιά. Η αλληλεπίδραση χρήστη με τις εφαρμογές γίνεται κατά κύριο λόγο μέσω των λεγόμενων χειρονομιών (gestures) και των φωνητικών εντολών.
- **Device arms.** Τα χερούλια της συσκευής χρησιμοποιούνται για την βάζει ή να βγάζει ο χρήστης τα γυαλιά με ασφάλεια.

Τα ηχεία έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να μπορούν να εφαρμόσουν την τεχνολογία χωρικού ήχου (Spatial Sound), δημιουργώντας έτσι μία σφαιρική και πιο ρεαλιστική ακουστική εμπειρία καθώς, συνδυαστικά με τα ολογραφικά ψηφιακά αντικείμενα δημιουργείται η ψευδαίσθηση πως ο ήχος έρχεται από διαφορετικά σημεία στον χώρο, για παράδειγμα από ένα συγκεκριμένο ολόγραμμα.

Τα HoloLens χρησιμοποιούν τρεις επεξεργαστές που βρίσκονται σε λειτουργία παράλληλα, στοχεύοντας στην δημιουργία μίας ρεαλιστικής, γρήγορης και τρισδιάστατης επεικόνισης ολογραμμάτων. Αναλυτικότερα έχουμε: την κεντρική μονάδα επεξεργασίας (central processing unit - CPU), την μονάδα επεξεργασίας γραφικών (graphics processing unit - GPU), και την μονάδα ολογραφικής επεξεργασίας (holographic processing unit - 2.3 Microsoft HoloLens 11 HPU). Η μονάδα ολογραφικής επεξεργασίας, η οποία αναπτύχθηκε αποκλειστικά για τα HoloLens, αναλαμβάνει την επεξεργασία όλων των δεδομένων που συλλέγει η συσκευή από τους αισθητήρες και στην συνέχεια τα στέλνει στην CPU. Στην συνέχεια η CPU αποστέλλει τις κατάλληλες πληροφορίες στις διεργασίες εν λειτουργία που απαιτούν τα δεδομένα αυτά. Επιπλέον, το ζευγάρι γυαλιών διαθέτει 2 Giga bytes RAM, 1 Giga byte RAM αποκλειστικά για την μονάδα ολογραφικής επεξεργασίας και μνήμη 64 Giga bytes .

Τα HoloLens χρησιμοποιούν 5 κάμερες ορατού μήκους κύματος, 2 στα δεξιά, 2 στα αριστερά και μία μπροστά. Οι πλαινές κάμερες χρησιμοποιούνται για την περιβαλλοντική αντίληψη, δηλαδή την κίνηση του χρήστη σε σχέση με τον περιβάλλοντα χώρο, ενώ η μπροστινή μπορεί να τραβήξει φωτογραφίες και βίντεο. Επιπλέον, για την αντίληψη βάθους και την χωρική χαρτοποίηση του χώρου τα HoloLens έχουν στο μπροστινό μέρος έναν προβολέα laser και μία υπέρυθρη κάμερα. Ο προβολέας στέλνει ακτίνες στον χώρο, στις υπέρυθρες συχνότητες, και αντανακλούνται στην συνέχεια πάνω στα αντικείμενα. Έτσι

επιστρέφουν πίσω στα γυαλιά και συλλέγονται από την υπέρυθρη κάμερα. Υπολογίζοντας τον χρόνο που έκανε να επιστρέψει η ακτίνα, τα γυαλιά μπορούν να γνωρίζουν την απόσταση των αντικειμένων από τον χρήστη. Φυσικά αυτή η διαδικασία πρέπει να γίνει επαναληπτικά, κοιτώντας προς όλες τις κατευθύνσεις και αλληλεπιδρώντας με το περιβάλλον, προκειμένου τα γυαλιά να έχουν μία ολοκληρωμένη εικόνα του περιβάλλοντος του χρήστη.

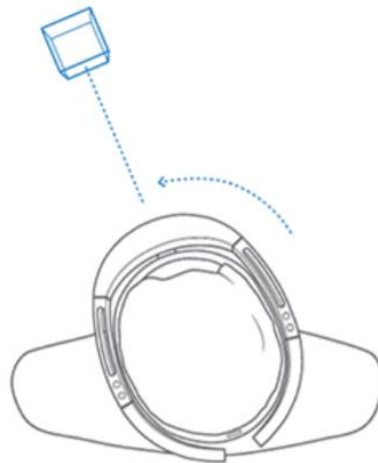
Ακόμα υπάρχουν τέσσερα ξεχωριστά μικρόφωνα τα οποία δίνουν την δυνατότητα στον σχεδιαστή να σχεδιάσει εφαρμογές που θα χρησιμοποιούν αναγνώριση ομιλίας και φωνητικές εντολές.

Τέλος πρέπει να αναφερθεί η πολύ σημαντική μονάδα αδρανειακής μέτρησης (inertial measurement unit - IMU) αποτελούμενη από ένα επιταχυνσιόμετρο (accelerometer), ένα γυροσκόπιο (gyroscope), και ένα μαγνητόμετρο (magnetometer). Σε συνδιασμό με τα δεδομένα που συλλέγει η συσκευή από τις κάμερες, οι αισθητήρες αυτοί βοηθάν στην αντίληψη τους περιβάλλοντος και της κίνησης του χρήστη αλλά και την ορθή τοποθέτηση των ολογραμμάτων στον χώρο κατά την κίνηση του χρήστη.

2.5.4 Αλληλεπίδραση Χρήστη

Η αλληλεπίδραση με την συσκευή μοιάζει αρκετά με την χρήση κινητού τηλεφώνου. Ο χρήστης είναι δυνατόν να χρησιμοποιήσει τα χέρια του για να διαχειριστεί τα ολογραφικά παράθυρα, τα μενού και τα κουμπιά. Αντί για την χρήση του ποντικιού με τα αντίστοιχα κλικ ο χρήστης χρησιμοποιεί τις χειρονομίες, το βλέμμα και την φωνή του.

- **Βλέμμα ή Gaze.** Δεν αφορά στην πραγματικότητα το βλέμμα του χρήστη καθώς στα HoloLens 1 δεν υπάρχει η δυνατότητα ανίχνευσης της κίνησης των ματιών. Στην ουσία όταν λέμε gaze tracking, αναφερόμαστε στην ανίχνευση της κίνησης του κεφαλιού. Όταν ο χρήστης βλέπει μέσω της οθόνης των γυαλιών το περιβάλλον του, βλέπει και μία κουκίδα, η οποία καθώς κουνάει το κεφάλι του, κουνιέται και αυτή. Μπορούμε να φανταστούμε ότι η κουκίδα αυτή είναι ο αντίστοιχος κέρσορας που χρησιμοποιούμε σε έναν κλασσικό υπολογιστή. Βρίσκεται πάνω στο ευθύγραμμο τμήμα με αρχή ανάμεσα στα μάτια του χρήστη και ο χρήστης την χρησιμοποιεί για να δείξει στην εφαρμογή ποιο ολόγραμμα κοιτάει, έτσι ώστε να μπορεί να αλληλεπιδράσει στην συνέχεια μαζί του, με τους τρόπους που παραθέτονται ακολούθως.

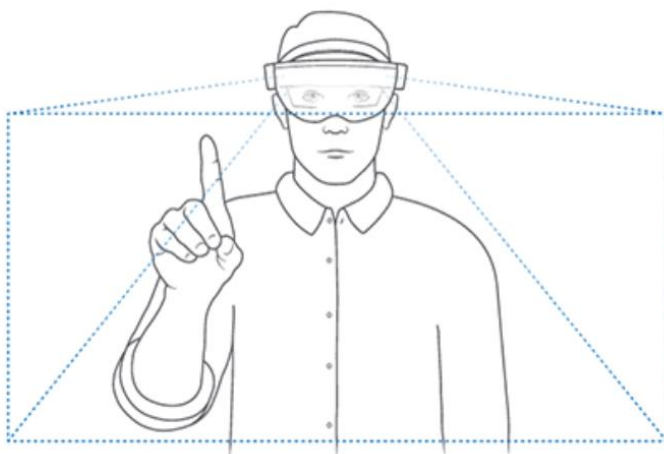


Εικόνα 9. Αλληλεπίδραση μέσω Gaze [34]

- Χειρονομίες ή Gestures.** Οι χειρονομίες είναι κινήσεις των χεριών του χρήστη, τις οποίες η συσκευή αναγνωρίζει και αντιστοιχούν σε κάποιες συγκεκριμένες δράσεις. Μπορούμε να φανταστούμε μία αντιστοιχία με το αριστερό κλικ και το πατημένο κλικ ενός ποντικιού. Είναι φυσικά απαραίτητο το χέρι του χρήστη να είναι μέσα στο πλαίσιο που μπορεί να ανιχνεύσει η συσκευή (Gesture Frame). Οι χειρονομίες θα αναλυθούν με μεγαλύτερη λεπτομέρεια παρακάτω.
- Ηχητικές εντολές.** Συχνά οι σχεδιαστές εφαρμογών Hololens, δίνουν στον χρήστη την δυνατότητα “see it, say it”. Όταν ο χρήστης φέρνει το βλέμμα του (gaze), δηλαδή την κουκίδα που αναφέραμε νωρίτερα, πάνω σε ένα στοιχείο διεπαφής χρήστη, για παράδειγμα ένα κουμπί, εμφανίζεται ένα αιωρούμενο κείμενο που ενημερώνει τον χρήστη για την φωνητική εντολή που θα πρέπει να χρησιμοποιήσει προκειμένου να αλληλεπιδράσει με αυτό το στοιχείο. Συχνά αντιστοιχούν στο air tap (το αντίστοιχο “click” του ποντικιού) που θα αναλυθεί παρακάτω.

Χειρονομίες (Gestures)

Τα HoloLens διαθέτουν αισθητήρες που μπορούν να ανιχνεύσουν κίνηση μέσα σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο. Τα χέρια του χρήστη πρέπει να παραμένουν μέσα στο πλαίσιο αυτό για να ανιχνευθούν. Όσο ο χρήστης κινείται, το πλαίσιο κινείται μαζί του.



Εικόνα 10. Το πλαίσιο χειρονομιών των HoloLens [34]

- Η χειρονομία “**bloom**” - άνθισμα. Χρησιμοποιείται από τα HoloLens για τον άνοιγμα του start menu. Ο χρήστης πρέπει πρώτα να φέρει όλα τα δάχτυλά του μαζί και στην συνέχεια να τα ανοίξει, ενώ το χέρι βρίσκεται στο πλαίσιο εντοπισμού των γυαλιών. Έτσι μπορεί επιπλέον να σταματήσει η λειτουργία της εφαρμογής που λειτουργεί.

Εικόνα 11. Η αρχική θέση του χεριού για το Bloom [34]

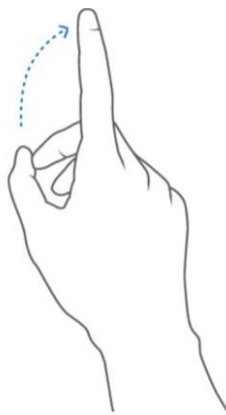


Εικόνα 12. Η τελική θέση του χεριού για το Bloom [34]



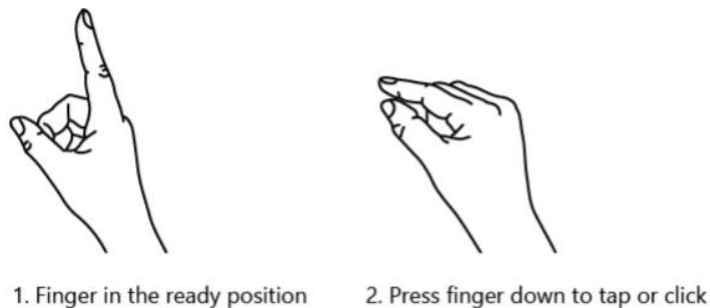
- Η θέση εκκίνησης. Το χέρι το χρήστη βρίσκεται σε θέση ετοιμότητας, όταν το χέρι βρίσκεται σε μία γροθιά και μόνο ο δείκτης είναι σηκωμένος. Τα HoloLens αναγνωρίζουν αυτή την θέση και στο σχήμα του gaze μεταβάλλεται από κουκίδα σε δαχτυλίδι για να ενημερωθεί ο χρήστης ότι η συσκευή είναι έτοιμη να αναγνωρίσει την επόμενη κίνηση.

Εικόνα 13. Το δάχτυλο στην θέση ετοιμότητας [34]



- **Air-tap.** Η χειρονομία αυτή αντιστοιχεί στο αριστερό κλικ του ποντικιού. Αρχικά το χέρι του χρήστη πρέπει να βρεθεί στην θέση ετοιμότητας και στην συνέχεια να αγγίζει με τον δείκτη του, τον αντιχειρά του, σηκώνοντάς τον πάλι κατευθείαν. Το σχήμα του gaze μεταβάλλεται σε γεμισμένο δαχτυλίδι. Όταν το gaze βρίσκεται πάνω σε ένα αντικείμενο το air-tap χρησιμοποιείται για να γίνει κλικ επάνω του.

Εικόνα 14. Η λειτουργία Air-Tap [34]



- **Tap and hold.** Αυτή η χειρονομία είναι σαν το air-tap με την διαφορά ότι ο δείκτης μένει πάνω στον αντίχειρα για την απαραίτητη διάρκεια. Μπορούμε να φανταστούμε ότι αντιστοιχεί στο πατημένο αριστερό κλικ του ποντικιού. Συνήθως χρησιμοποιείται για κύλιση - scroll και σύρσιμο - drag του δρομέα, zoom, (ξε)καρφίτσωμα - (un)pin, απεγκατάσταση εφαρμογών, αλλαγή μεγέθους, περιστροφή, μετακίνηση εφαρμογών και/ή ολογραμμάτων.

2.5.5 Εργαλεία Ανάπτυξης Εφαρμογών των HoloLens

Unity

Η σχεδίαση των γυαλιών HoloLens ήταν από μόνη της μία τεράστια επιτυχία για την Microsoft και τεράστια συνεισφορά στον κόσμο της μικτής πραγματικότητας. Το επόμενο βήμα ήταν να δοθεί η δυνατότητα στους προγραμματιστές να αναπτύσσουν εύκολα εφαρμογές για τα γυαλιά αυτά. Με την περίπτωση των HoloLens αποτέλεσε ζήτημα η απουσία εργαλείων προγραμματισμού μικτής πραγματικότητας. Ωστόσο, υπάρχουν εργαλεία στην αγορά τα οποία, αν και αναπτύχθηκαν για άλλους σκοπούς, μπορούν να προσαρμοστούν στις ανάγκες των εφαρμογών μικτής πραγματικότητας. Ο προγραμματισμός για τα HoloLens γίνεται μέσω της γλώσσας C# είτε μέσω της γλώσσας JavaScript.

Η Unity είναι μία πλατφόρμα για την δημιουργία 2D και 3D παιχνιδιών και χρησιμοποιεί ένα API σε C#. Διατίθεται από τον Ιούνιο του 2005 και πλέον αποτελεί ένα από τα πιο γνωστά εργαλεία για την ανάπτυξη βιντεοπαιχνιδιών (game engine) και εφαρμογών γενικότερα. Αποτελεί μία τόσο δημοφιλή πλατφόρμα καθώς διαθέτει πλήρη παρεχόμενη τεκμηρίωση (documentation) αλλά και διαφόρους χώρους συζήτησης online (forum) και τέλος μία μεγάλη ποικιλία διδακτικού υλικού (tutorial). Έτσι η πλατφόρμα αυτή είναι ένα εξαιρετικό εργαλείο για όποιον προγραμματιστή επιθυμεί να ασχοληθεί με την ανάπτυξη βιντεο-παιχνιδιών. Χρησιμοποιώντας την C#, που είναι μία αντικειμενοστραφή γλώσσα προγραμματισμού και προσφέρει ποικίλες δυνατότητες, σε συνδυασμό με μία πολύ αποτελεσματική διαδικασία αποσφαλμάτωσης, γίνεται πολύ πιο εύκολη η διαδικασία συγγραφής κώδικα.

Η συνεργασία λοιπόν των εταιριών Unity και Microsoft, σε συνδυασμό με την διευκόλυνση του προγραμματιστή συγκριτικά π.χ. με τη χρήση των APIs του DirectX, καθιστά την Unity σχεδόν μονόδρομο όσον αφορά την δημιουργία εφαρμογών για τα HoloLens.

Δομικά Στοιχεία (Unity Basics)

Η Unity, καθώς έχει σαν βασικό της στόχο την ανάπτυξη παιχνιδιών, παρέχει ένα περιβάλλον σχεδιασμού υψηλού επιπέδου. Δηλαδή αυτοματιοποιεί διαδικασίες και παρέχει έτοιμα εργαλεία, προκειμένου ο προγραμματιστής να μην χρειάζεται να

προγραμματίζει την κάθε μικρή λεπτομέρεια, αλλά να μπορεί να αφιερωθεί κυρίως στο κομμάτι του σχεδιασμού. Έτσι είναι αρκετά απλή η σχεδίαση απλών εφαρμογών και παιχνιδιών χωρίς εκτεταμένες γνώσεις προγραμματισμού ή κάποια εξαιρετική γνώση της γλώσσας προγραμματισμού C. Ωστόσο για την αποδοτική δημιουργία πιο πολύπλοκων εφαρμογών χρειάζεται πολύ καλή εξοικίωση με την πλατφόρμα και τα διάφορα χαρακτηριστικά της γλώσσας.

Ο χώρος που διαμορφώνεται το παιχνίδι ονομάζεται scene (σκηνή). Ένα παιχνίδι μπορεί να έχει διάφορες σκηνές, τις οποίες μπορούμε να φανταστούμε σαν διαφορετικά επίπεδα μέσα στην εφαρμογή μας.

Μία βασική έννοια σχεδιασμού της διαδικασίας ανάπτυξης παιχνιδιών στην Unity, είναι η έννοια των Game Objects. Ένα game object είναι οποιοδήποτε αντικείμενο εμφανίζεται στο παιχνίδι μας, είτε έχει κάποια λειτουργικότητα μέσω κώδικα ή και όχι. Για παράδειγμα ένα δέντρο, ένας παίκτης, μία σφαίρα κ.λ.π. Ένα game object συνήθως αποτελείται από άλλα game object σε μορφή δέντρου. Έτσι μπορούμε να διαχωρίσουμε τα διάφορα χαρακτηριστικά ενός αντικειμένου και στην συνέχεια να τους προσδώσουμε διαφορετική λειτουργικότητα μέσω κώδικα. Οι διάφορες ιδιότητες, οι οποίες κατευθύνουν την συμπεριφορά του αντικειμένου στην εφαρμογή ονομάζονται Components. Components είναι και τα κομμάτια κώδικα που προσδίδει ο προγραμματιστής στα GameObjects.

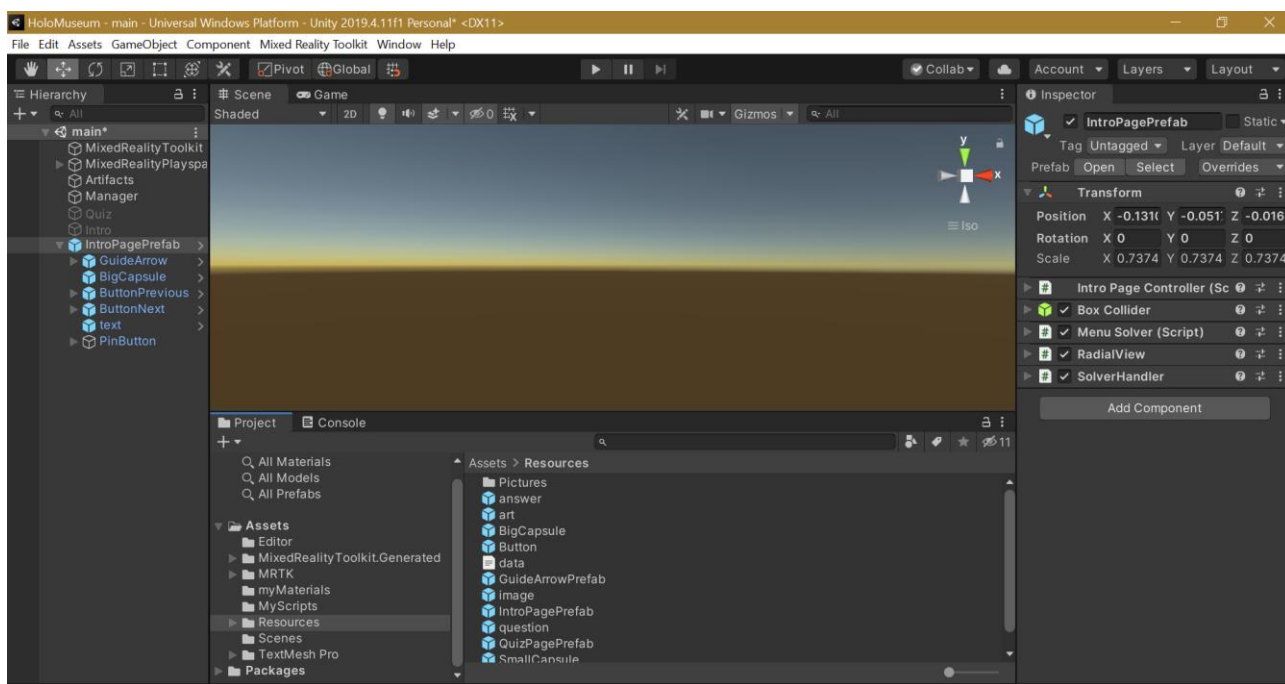


Εικόνα 15. Το prefab του εισαγωγικού παραθύρου

Τα game objects μπορούν να κατασκευαστούν από τον προγραμματιστή επί τόπου στο scene της Unity (η πλατφόρμα έχει έτοιμα κάποια βασικά σχήματα όπως σφαίρα, κύβος κ.α., με την χρήση των οποίων μπορούν να σχεδιαστούν και άλλα) ή να εισαχθούν από prefabs (απο το prefabricated - προκατασκευασμένος). Τα prefabs είναι προσχεδιασμένα αντικείμενα τα οποία είναι αποθηκευμένα στην πλατφόρμα και ο χρήστης μπορεί να τα χρησιμοποιήσει για την δημιουργία νέων αντικειμένων στην σκηνή. Μπορούμε να φανταστούμε ότι τα prefabs είναι τα καλούπια ενός αντικειμένου και την στιγμή που ο προγραμματιστής τα σέρνει στην σκηνή δημιουργείται ένα αντικείμενο (instance). Αυτή η διαδικασία μπορεί να γίνει πολλές φορές και έτσι να έχουμε πολλά instances του ίδιου prefab στην σκηνή μας.

Οποιοδήποτε αντικείμενο υπάρχει στην σκηνή μπορεί να γίνει prefab, σέρνοντάς το στο παράθυρο του Project στην Unity, που θα περιγραφεί στην συνέχεια. Το έργο (Project) περιλαμβάνει όλα τα αντικείμενα και γενικότερα στοιχεία που χρησιμοποιούνται στην εφαρμογή είτε αυτά είναι prefabs, είτε υλικά (Materials), είτε κομμάτια κώδικα (Scripts) κλπ. Όλα τα προηγούμενα ονομάζονται assets του έργου.

Βασική διεπαφή (Interface)



Εικόνα 16. Βασική Διεπαφή Unity

Η βασική διεπαφή του Unity παρουσιάζεται στην Εικόνα 16. Δίνεται η δυνατότητα στον σχεδιαστή να μετακινεί τα επιμέρους παράθυρα (windows) εκεί που τον βολεύει. Για την ανάπτυξη της εν λόγω διπλωματικής εργασίας χρησιμοποιήθηκε η έκδοση 2019.4.11f1 Personal.

Το περιβάλλον χωρίζεται στα επιμέρους παράθυρα (windows):

- **Project :** Η κάθε εφαρμογή που αναπτύσσουμε στο περιβάλλον Unity δημιουργεί ένα αρχείο project, μέσα στο οποίο βρίσκονται όλα τα αρχεία και δεδομένα που χρησιμοποιούμε για την ανάπτυξη της εφαρμογής. Αυτά τα αρχεία οπτικοποιούνται στο παράθυρο Project. Εδώ μπορούμε να βρούμε όλα τα assets μας (prefabs, scripts, materials, pictures, scenes, themes κ.α.) καθώς και τυχόν packages που έχουμε εισάγει στο project. Επίσης υπάρχει μία μπάρα αναζήτησης για τον ευκολότερο εντοπισμό του επιθυμητού asset, καθώς και η δυνατότητα κάποια assets να καταχωρηθούν ως 'αγαπημένα', πάλι για τον ίδιο λόγο.
- **Hierarchy :** Στο παράθυρο Hierarchy βρίσκονται όλα τα αντικείμενα που εντοπίζονται στην ενεργή σκηνή. Αυτά μπορούν να είναι είτε έτοιμα game objects

που διαθέτει η Unity, είτε instances κάποιων prefabs. Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, υπάρχει μία γονεϊκή σχέση σε αντικείμενα που εμπεριέχουν άλλα σε μορφή δέντρου. Έτσι τα παιδιά αντικείμενα κληρονομούν τις ιδιότητες του γονέα (θέση, λειτουργικότητα). Αυτός ο σχεδιασμός επίσης κάνει την δουλειά του προγραμματιστή πολύ πιο εύκολη γιατί είναι πολύ πιο εύκολη η οργάνωση των διαφόρων αντικειμένων στην σκηνή. Το παράθυρο λοιπόν αυτό προσφέρει έναν απλό τρόπο προβολής της δομής δέντρου των αντικειμένων της σκηνής καθώς και επιλογής του κάθε GameObject μεμονωμένα.

- **Inspector:** Το Inspector Window χρησιμοποιείται για την παρουσίαση των διαφόρων Components και μεταβλητών των αντικειμένων. Ο χρήστης μπορεί να προσθαφαιρέσει components (που είναι συνήθως scripts) αλλά και να μεταβάλλει τις ιδιότητες των components αυτών. Ένα πολύ βασικό component είναι το transform, το οποίο δηλώνει μεταξύ άλλων την θέση και την περιστροφή ενός αντικειμένου στο χώρο.
- **Scene View και Game View :** Το Scene View δίνει στον χρήστη την δυνατότητα να περιηγηθεί στο χώρο της σκηνής. Επιπλέον σε αυτό το παράθυρο απεικονίζεται ο χώρος της σκηνής περιέχοντας όλα τα GameObjects, τις κάμερες και τις πηγές φωτός. Ανάλογα με τον τύπο της εφαρμογής δίνεται η δυνατότητα τόσο για 2d όσο και για 3d προοπτική. Επιπλέον όλα τα αντικείμενα μπορούν να μετακινηθούν, να περιστραφούν και να αλλάξει το μέγεθός τους μέσω των κατάλληλων εργαλείων. Επίσης μπορεί να γίνει ζουμ. Παράλληλα, ο χρήστης μπορεί, επιλέγοντας το Game View, να δει μια εικόνα της εφαρμογής όπου η προοπτική είναι αποκλειστικά μέσω της κάμερας (που μπορεί να μην είναι μόνο μία). Επιλέγοντας το Play button ξεκινάει κανονικά η εφαρμογή στο Game View. Το Scene View είναι παράλληλα προσπελάσιμο για τυχόν αλλαγές που μπορεί να θέλει να κάνει ο σχεδιαστής στα αντικείμενα. Ό,τι αλλαγές γίνονται κατά την διάρκεια του game mode δεν αποθηκεύονται όταν σταματήσει το game mode.
- **Console :** Τέλος, το Console Window δείχνει τα διάφορα σφάλματα (errors), προειδοποιήσεις (warnings), και άλλα μηνύματα της Unity που μπορούν να βοηθήσουν τον σχεδιαστή να αποσφαλμάτωση την εφαρμογή.

Εργαλειοθήκη (Mixed Reality Toolkit)

Η Microsoft έχει αναπτύξει ένα low level API σε C#. [\[31\]](#). Πάνω σε αυτό έχει αναπτυχθεί η εργαλειοθήκη Mixed Reality Toolkit ή MRTK (και παλαιότερα HoloToolkit) η οποία όταν εισάγεται ως package σε ένα project διευκολύνει σημαντικά την ανάπτυξη εφαρμογών μικτής πραγματικότητας. Προσφέρει στον σχεδιαστή μία συλλογή από game objects και script components. Τα APIs που περιλαμβάνονται ανήκουν στις εξής κατηγορίες:

- **Build:** Αυτοματοποίηση της διαδικασίας ‘χτισίματος’ ενός Unity Project μέσω του Visual Studio.

- **Boundary:** Στοιχεία που διευκολύνουν την αναγνώριση του δαπέδου και χωρικών ‘συνόρων’ από τα HoloLens.
- **Input:** Αφορά στις μεθόδους αλληλεπίδρασης με τα HoloLens (gaze, hand gestures, voice).
- **Sharing:** Στοιχεία που επιτρέπουν τη συνεργασία μεταξύ διαφορετικών συσκευών HoloLens στην ίδια εφαρμογή.
- **Spatial Mapping:** Scripts που επιτρέπουν την εξαιρετικά σημαντική λειτουργία χωρικής χαρτογράφησης των HoloLens.
- **Spatial Sound:** Αντίστοιχη με το Spatial Mapping για τους χωρικούς ήχους.
- **Spatial Understanding:** Συλλογή από στοιχεία που επιτρέπουν στα HoloLens να αναγνωρίζουν, μετά από επεξεργασία του Spatial Mapping, επιφάνειες όπως τοίχους, τραπέζια, καρέκλες και άλλα, μέσα από το σχήμα και τη θέση τους στο χώρο. Βασίζεται πάνω στο spatial mapping για να δώσει την δυνατότητα στον σχεδιαστή να αξιοποιεί το περιβάλλον του χρήστη, που όπως είπαμε είναι χαρακτηριστικό στοιχείο της μικτής πραγματικότητας.
- **UX Controls:** Αφορούν την βελτίωση της εμπειρίας του χρήστη (user experience - UX) κατά τη διάρκεια χρήσης της εφαρμογής.
- **Utilities:** Οτιδήποτε δεν ανήκει στις υπόλοιπες κατηγορίες

2.5.6 Microsoft Visual Studio

Το Visual Studio είναι ένας από τους πιο δημοφιλείς editors για την ανάπτυξη εφαρμογών και χρησιμοποιείται για τη συγγραφή του κώδικα C# που απαιτείται από τα HoloLens. Για να περαστεί ένα Unity Project στα HoloLens, πρέπει να φορτωθεί σαν αρχείο στο Visual Studio και από εκεί με μια απλή διαδικασία να περαστεί σαν εφαρμογή στα HoloLens είτε μέσω ασύρματης σύνδεσης (Wi-fi) είτε μέσω σειριακής επικοινωνίας (π.χ., μέσω θύρας USB). Είναι χρήσιμο να αναφέρουμε ότι ακόμα και απλές εφαρμογές χρειάζονται αρκετό χρόνο για να φορτωθούν στα HoloLens, ιδιαίτερα όταν αυτό γίνεται μέσω του ασύρματου δικτύου.

Κεφάλαιο 3 - Σχεδιασμός και Υλοποίηση

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει η περιγραφή του ολογραφικού παιχνιδιού HoloMuseum. Το HoloMuseum είναι ένα πρωτότυπο παιχνίδι που έχει ως στόχο την εξοικίωση του χρήστη με τα εκθέματα του Αρχαιολογικού Μουσείου Πατρών. Συγκεκριμένα θα παρουσιαστεί η σχεδίαση του παιχνιδιού (3.1) και στην συνέχεια οι τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη του στο περιβάλλον ολογραφικής πραγματικότητας των Hololens (3.2).

3.1 Περιγραφή εφαρμογής

Το HoloMuseum είναι μία εκπαιδευτική εφαρμογή που αξιοποιεί το ολογραφικό περιβάλλον μικτής πραγματικότητας των Microsoft Hololens για να δημιουργήσει μία βιωματική διαδικασία μάθησης. Η εφαρμογή έχει τρεις φάσεις, μάθηση-περιήγηση-αξιολόγηση, οι οποίες θα αναλυθούν παρακάτω. (3.1.2) Σκοπός δεν είναι η κατάρκτηση ενός υψηλού τελικού αποτελέσματος, αλλά η βελτίωση των γνώσεων του χρήστη μέσω της επαναληπτικής διαδικασίας μάθησης-αξιολόγησης.

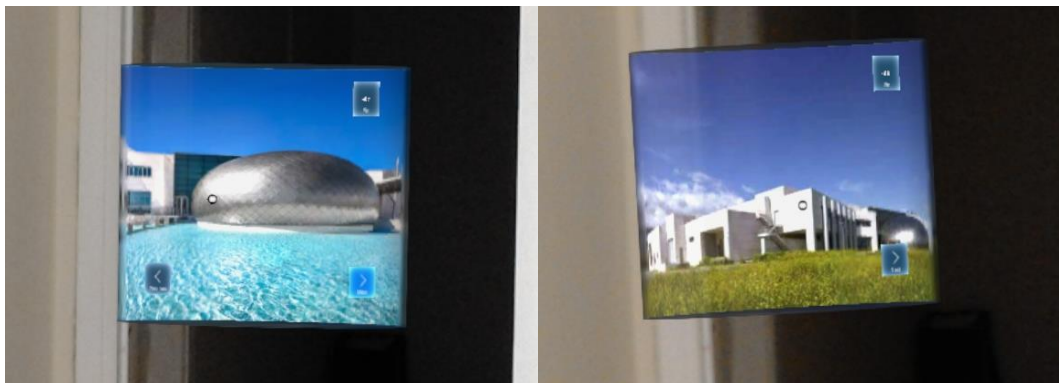
3.1.1 Φάσεις Εφαρμογής

Πρώτη Φάση – Μάθηση

Στο πρώτο αυτό στάδιο η εφαρμογή στοχεύει στην παροχή κάποιων βασικών πληροφοριών στον χρήστη. Συγκεκριμένα δίνονται πληροφορίες για τις 5 βασικές χρονικές περιόδους της Αρχαίας Πάτρας (Μυκηναϊκοί, Γεωμετρικοί, Κλασικοί, Ελληνιστικοί και Ρωμαϊκοί χρόνοι).

Δίνεται προσοχή στο να μην δωθεί υπερβολικά πολλή πληροφορία καθώς θα κουράσει τον χρήστη και δεν θα μπορέσει να την ενσωματώσει σε έναν τόσο μικρό χρονικό διάστημα. Οι πληροφορίες που δίνονται αφορούν κυρίως χαρακτηριστικά στοιχεία διακόσμησης των αντικειμένων της κάθε περιοχής. Τα στοιχεία αυτά, μπορούν πιθανώς στην συνέχεια, να βοηθήσουν τον χρήστη να προσδιορίσει την χρονική περίοδο που κατασκευάστηκε ένα αντικείμενο.

Συμπληρωματικά, εισάγοντας έτσι και την επόμενη φάση, έχει επιλεγθεί η χρήση βέλων. Τα βέλη δείχνουν προς συγκεκριμένα εκθέματα του μουσείου, αναλόγως την χρονική περίοδο που αναλύεται την εκάστοτε στιγμή. Έτσι, ο χρήστης μπορεί να ακολουθήσει τα βέλη αυτά προκειμένου να εντοπίσει ο ίδιος στα εκθέματα τα χαρακτηριστικά που μόλις διδάχθηκε.



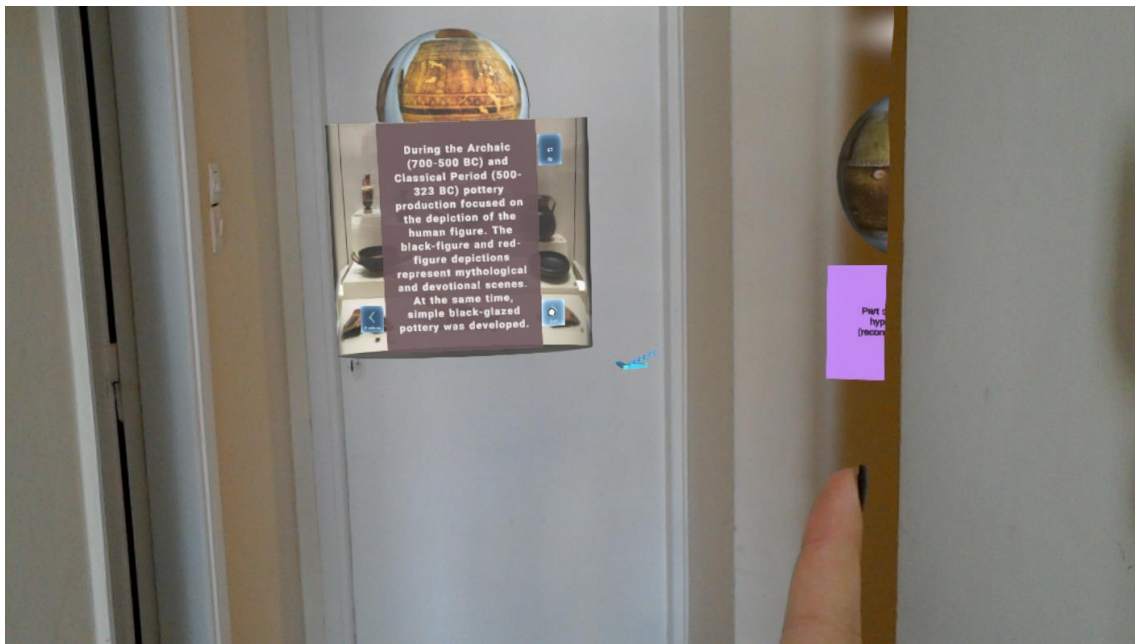
Εικόνες 17 & 17. Αρχικές διαφάνειες του εισαγωγικού παραθύρου με φωτογραφίες του μουσείου.

Η δομή της εισαγωγικής παρουσίασης είναι στην μορφή ενός ολογραφικού παραθύρου διαφανειών, συνολικά 14. Οι πρώτες 5 διαφάνειες έχουν απλώς φωτογραφίες του μουσείου (εικόνες 17 & 18) και οι επόμενες παρέχουν διάφορες πληροφορίες στον χρήστη. Δίνεται η δυνατότητα περιήγησης ανάμεσα στις διαφάνειες, με τα κουμπιά *previous* και *next*. Καθώς το παράθυρο αυτό είναι έτσι προγραμματισμένο ώστε να ακολουθεί τον χρήστη, δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη, μέσω ενός κουμπιού *pin*, να το καρφιτσώσει σε ένα σημείο του χώρου. Τέλος το παράθυρο αυτό εμφανίζεται όποτε το επιθυμεί ο χρήστης με την φωνητική εντολή *“Intro”*.

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 20 το ολογραφικό παράθυρο της εισαγωγικής παρουσίασης συνοδεύεται από ένα βέλος, που όπως αναφέραμε προσανατολίζει τον χρήστη προς συγκεκριμένα εκθέματα.



Εικόνα 18. Η πρώτη διαφάνεια του εισαγωγικού παραθύρου στον χώρο του μουσείου.



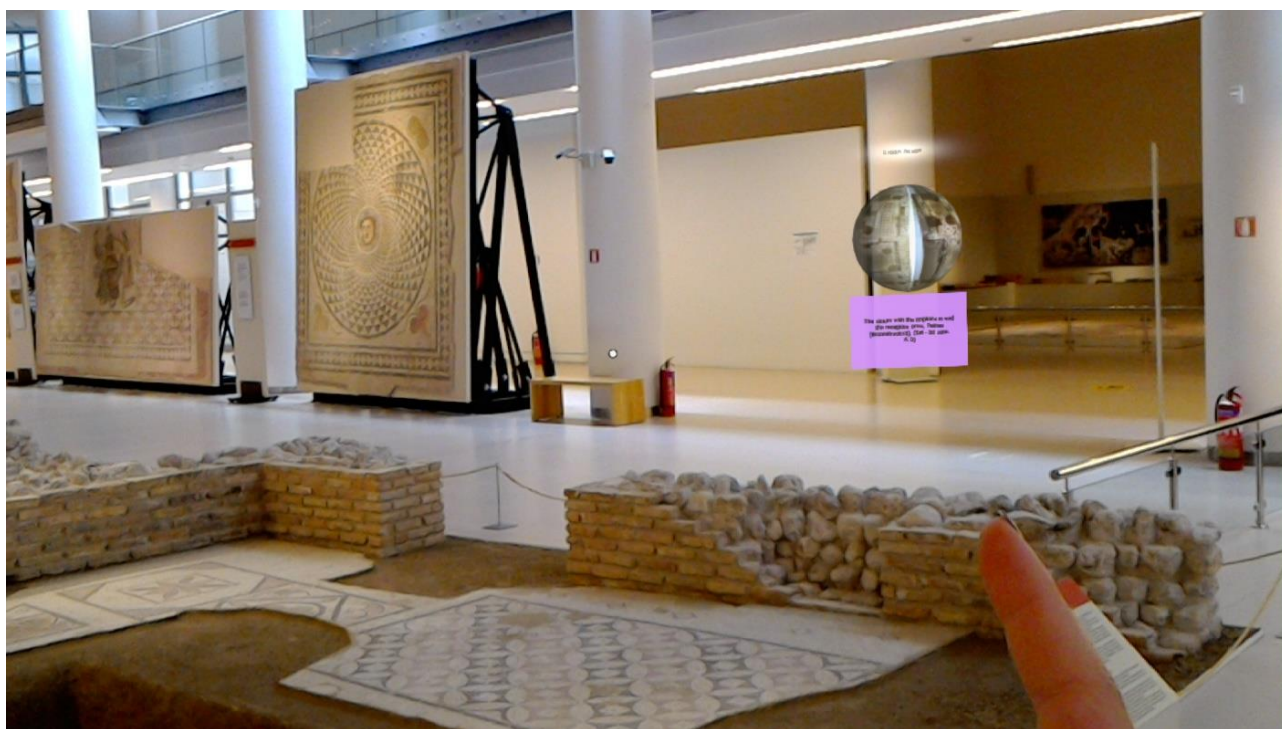
Εικόνα 19. Διαφάνεια του εισαγωγικού παραθύρου. Φαίνεται το κατευθυντήριο βέλος προς αντίστοιχο έκθεμα καθώς και κάποια ολογράμματα άλλων εκθεμάτων.

Δεύτερη Φάση – Περιήγηση

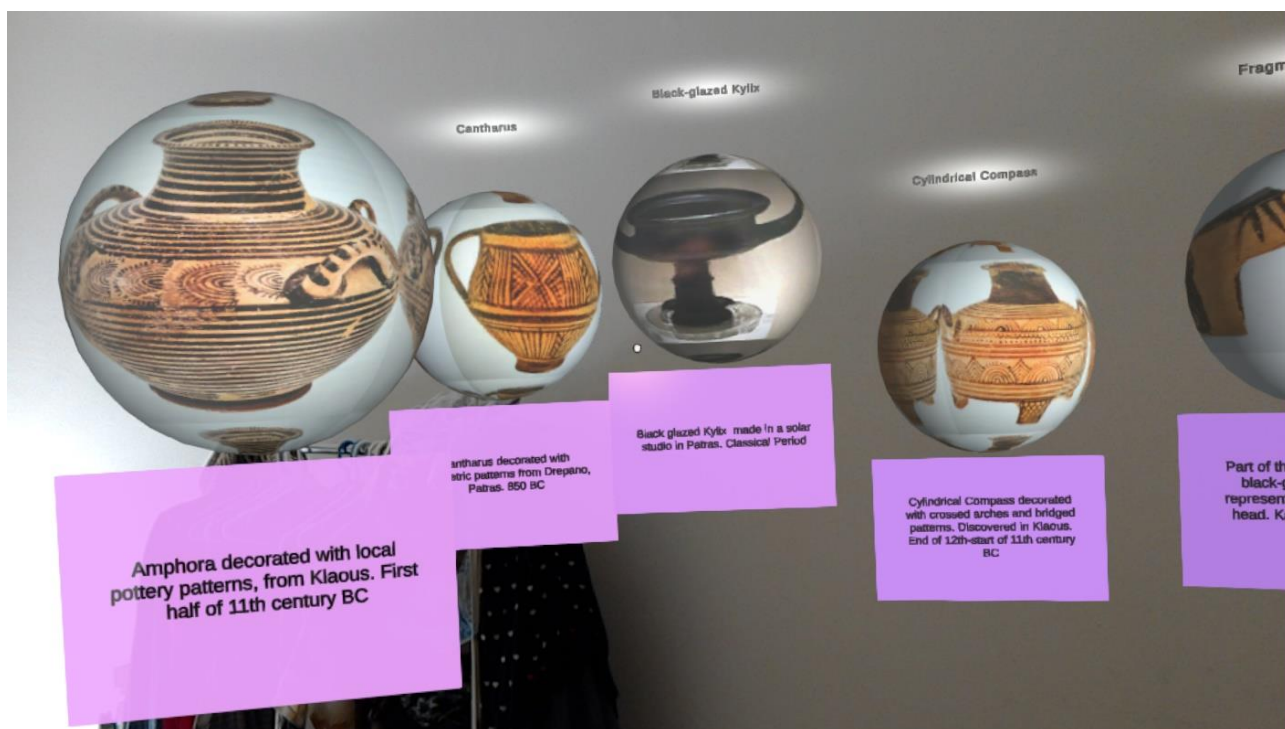
Η δεύτερη φάση της εφαρμογής αφορά στην περιήγηση στο μουσείο. Έχουν επιλεγθεί συγκεκριμένα εκθέματα, 2-3 για κάθε χρονική περίοδο, και αναπαραστώνται ολογραφικά, κοντά στα υλικά εκθέματα. Σκοπός είναι ο χρήστης να περιηγηθεί στο μουσείο, έχοντας τα ολογραφικά εκθέματα σαν ένα αρχικό σημείο, και στην συνέχεια να περιεργαστεί και τα υπόλοιπα εκθέματα. Επιπλέον τα ολογραφικά εκθέματα σε μορφή σφαίρας χρησιμεύουν και στην δημιουργία ενός εικονικού μουσείου, στην περίπτωση που δεν είναι δυνατή η χρήση της εφαρμογής στο μουσείο.



Εικόνα 20. Ολογραφικά εκθέματα στον χώρο του μουσείου



Εικόνα 21. Ολογραφικό έκθεμα στον χώρο του μουσείου, τοποθετημένο πάνω από το αντίστοιχο φυσικό έκθεμα



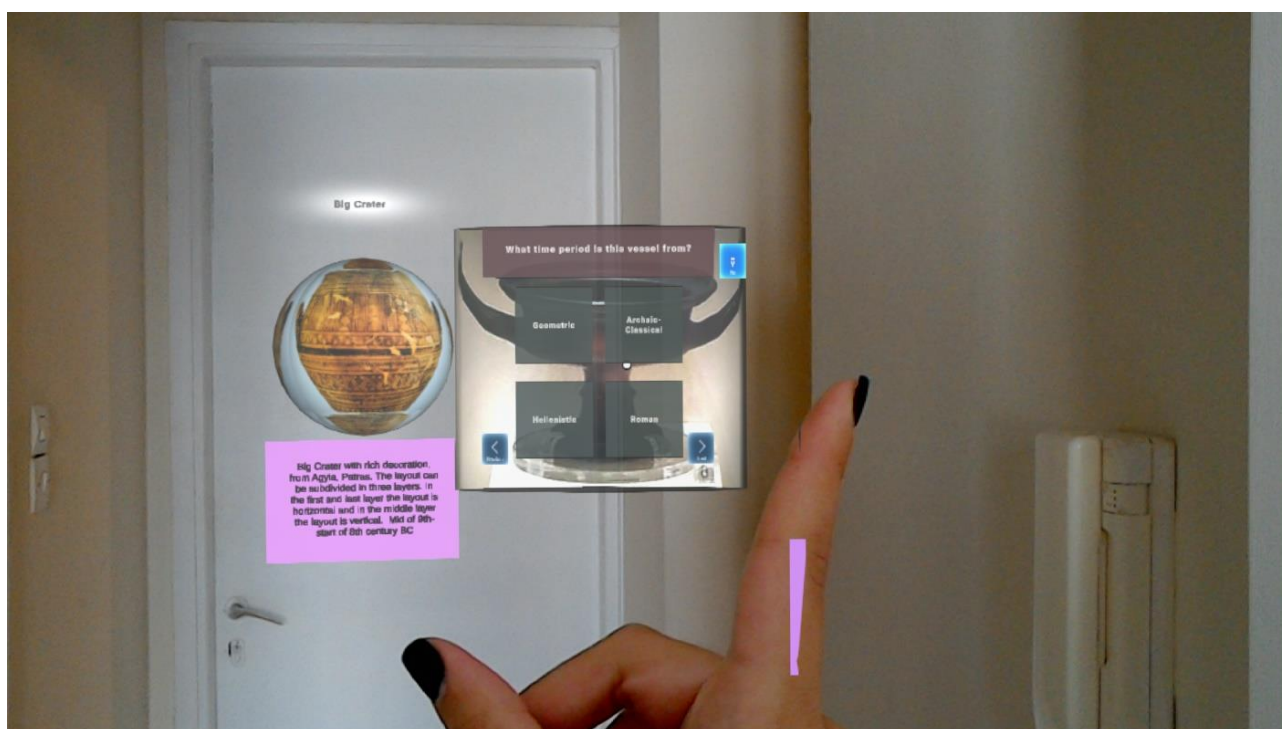
Εικόνα 22. Κοντινή λήψη παρατεταγμένων ολογραφικών εκθεμάτων, εκτός του χώρου του μουσείου

Τρίτη Φάση – Αξιολόγηση

Γίνεται η υπόθεση πως ο χρήστης έχει ολοκληρώσει την περιήγησή του στο μουσείο και είναι έτοιμος να περάσει στο στάδιο της αξιολόγησης, όταν δώσει την φωνητική εντολή “Quiz”.

Έτσι εμφανίζεται το παράθυρο του quiz, που έχει παρόμοια δομή με το παράθυρο της εισαγωγικής παρουσίασης, με κάποιες διαφορές. Σε κάθε διαφάνεια έχει μία ερώτηση και 4 δυνατές απαντήσεις, από τις οποίες ο χρήστης πρέπει να επιλέξει. Η περιήγηση ανάμεσα στις διαφάνειες γίνεται πάλι με τα κουμπιά *next* και *previous*. Όταν ολοκληρωθούν οι ερωτήσεις εμφανίζεται ένα ποσοστό επιτυχίας και στην συνέχεια εμφανίζονται οι σωστές απαντήσεις σε όσες απάντησε λάθος. Υπάρχει η δυνατότητα επανάληψης της διαδικασίας αυτής δίνοντας ξανά την φωνητική εντολή “Quiz”.

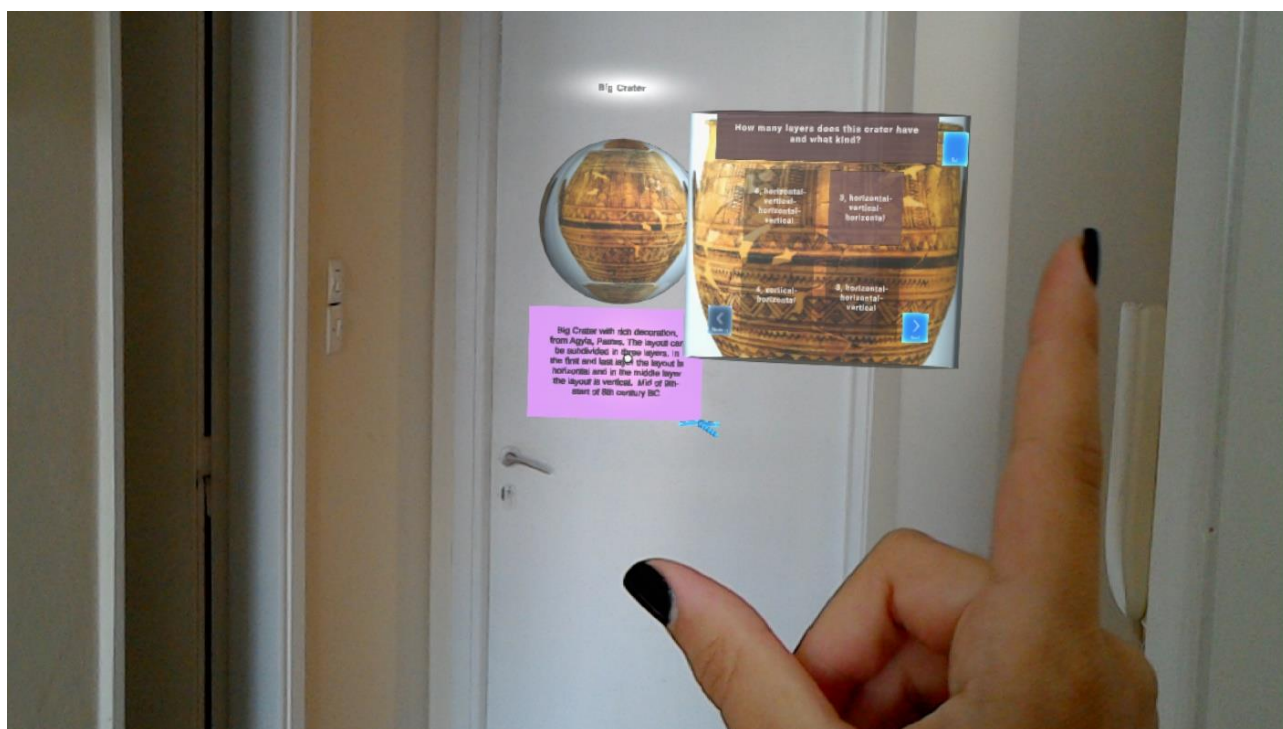
Να σημειωθεί ότι όταν εμφανίζονται οι σωστές απαντήσεις μπαίνει ξανά σε λειτουργία το βέλος καθοδήγησης (Εικόνα 26), που προσανατολίζει τον χρήστη προς το έκθεμα για το οποίο απάντησε λάθος.



Εικόνα 23. Ερώτηση, με τις πιθανές απαντήσεις, στο παράθυρο αξιολόγησης.



Εικόνα 24. Ολοκλήρωση του quiz και εμφάνιση της διαφάνειας αποτελέσματος



Εικόνα 25. Εμφάνιση της σωστής απάντησης στο παράθυρο quiz, μαζί με το βέλος που δείχνει προς το αντίστοιχο έγχθεμα

3.1.2 Μικτή πραγματικότητα και Περιορισμοί

Η χρήση τεχνικών και εξοπλισμού μικτής ή επαυξημένης πραγματικότητας προσφέρει εντυπωσιακές δυνατότητες σε κάθε είδους εφαρμογή. Δίνει την δυνατότητα στο προγραμματιστή να αναπτύξει μια εφαρμογή πλήρως ενσωματωμένη στο φυσικό περιβάλλον του χρήστη, σε αντίθεση με τις εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας που αποκόβουν τον χρήστη από τον περιβάλλοντα χώρο του. Έτσι η εμπειρία αυτή είναι δυνητικά πλήρως εμβυθιστική (*immersed experience*), τραβώντας ολοκληρωτικά την προσοχή του χρήστη. Επιπλέον οι εφαρμογές που αναπτύσσονται για τα γυαλιά *Hololens* λαμβάνουν μηνύματα από τα χέρια του χρήστη (χειρονομίες *air tap*, *bloom* κλπ) ενώ ταυτόχρονα μπορεί να κινηθεί απρόσκοπτα στον χώρο, δίνοντάς του έτσι μία ελευθερία κινήσεων χωρίς προηγούμενο.

Ωστόσο η ανάπτυξη εφαρμογών μικτής πραγματικότητας, παρόλες τις δυνατότητες τους, δεν έρχεται χωρίς κάποιους περιορισμούς, που πρέπει να βρίσκονται πάντα στο μυαλό του εκάστοτε σχεδιαστή.

Αρχικά είναι εξαιρετικά σημαντικό να αξιοποιούνται ουσιαστικά οι δυνατότητες της μικτής πραγματικότητας και να μην γίνεται η χρήση της μόνο για τον παράγοντα του εντυπωσιασμού. Η μικτή πραγματικότητα έχει διαφορά από την επαυξημένη. Δεν αρκεί ο χρήστης να έχει οπτική επαφή με τον περιβάλλοντα χώρο και μέσα σε αυτόν να βλέπει ολογράμματα, καθώς αυτός είναι ο ορισμός της επαυξημένης πραγματικότητας. Στην μικτή πραγματικότητα η εφαρμογή πρέπει να έχει μία ουσιαστική αλληλεπίδραση με τον χώρο του χρήστη, να ενσωματώνεται δηλαδή πλήρως το ψηφιακό με το πραγματικό. Αυτό μπορεί να γίνει, σε ένα πρώτο επίπεδο, με την αναγνώριση επιφανειών στον χώρο (για παράδειγμα *καναπέδες*, *τοίχους*, *δάπεδο* κλπ) και να προσαρμοστεί η τοποθέτηση των ολογραμμάτων κατ'άλληλα. Αν δηλαδή μία εφαρμογή εμπεριέχει ψηφιακούς χαρακτήρες που κάθονται, το επιθυμητό είναι να κάθονται σε πραγματικές καρέκλες και *καναπέδες*.

Σε ένα επόμενο στάδιο, και το επιθυμητό για την παρούσα εφαρμογή, είναι η αναγνώριση των επιθυμητών αντικειμένων στον χώρο από την εφαρμογή και η χρήση της μικτής πραγματικότητας για την καλύτερη κατανόηση του χώρου. Στο *HoloMuseum* η εφαρμογή έχει γνώση για την θέση των εκθεμάτων στον χώρο και βοηθάει τον χρήστη με κατευθυντήρια βάλη να περιηγηθεί στο μουσείο. Επίσης όταν ο επισκέπτης απαντάει μία ερώτηση για ένα έκθεμα λανθασμένα, η εφαρμογή τον προσανατολίζει εύκολα προς αυτό για να το μελετήσει περαιτέρω. Τα παράθυρα εισαγωγικής παρουσίασης (*intro*) και το παράθυρο της αξιολόγησης (*quiz*) αυτόνομα, χωρίς της ύπαρξη των κατευθυντήριων βελών, θα κατηγοριοποιούνταν στον κόσμο της επαυξημένης πραγματικότητας καθώς θα επαυζάναν τον χώρο, χωρίς να λαμβάνουν μηνύματα από αυτόν.

Τα τεχνικά προβλήματα που έπρεπε να ξεπεραστούν για την ανάπτυξη του *HoloMuseum* αφορούν κυρίως στην εμπειρία χρήστη (UX). Δεδομένου ότι η μικτή πραγματικότητα είναι ένας σχετικά νέος κλάδος ανάπτυξης εφαρμογών, δεδομένα για το πως η εφαρμογή θα προσφέρει την καλύτερη εμπειρία χρήστη είναι ακόμα ελλιπή.

Ένας κύριος προβληματισμός είναι η άνεση. Τα ολογραφικά αυτά γυαλιά μπορούν εύκολα, με λανθασμένους σχεδιασμούς, να προσφέρουν μία δυσάρεστη εμπειρία. Τα ολογράμματα πρέπει να εμφανίζονται με συγκεκριμένο τρόπο για να μην δημιουργούν ζαλάδα στον χρήστη. Μία τεχνική σχεδιασμού, που χρησιμοποιήθηκε και στο HoloMuseum, είναι να μην παραμένουν τα ολογράμματα, ειδικά τα ολογράμματα σε μορφή παραθύρου (intro και quiz) ‘καρφωμένα’ στο οπτικό πεδίο του χρήστη. Το βέλτιστο είναι καθώς ο χρήστης κινεί το κεφάλι του τα ολογράμματα να κυλάνε λίγη ώρα πριν βρουν την τελική τους θέση διότι διαφορετικά μπορεί να δημιουργηθεί ναυτία.

Τέλος, κάποια ακόμα ζητήματα που αντιμετωπίστηκαν ήταν να βρεθεί το ιδανικό μέγεθος των παραθύρων και των ολογραμμάτων των εκθεμάτων προκειμένου ο χρήστης να τα βλέπει εύκολα χωρίς να κουνάει έντονα το κεφάλι τους. Επιπλέον δώθηκε έμφαση τα γράμματα να είναι ευαναγνωστα μέσω κατάλληλης γραμματοσειράς και τοποθέτηση background.

3.1.3 Προετοιμασία από τον σχεδιαστή

Προκειμένου να αναγνωρίζεται η θέση των επιλεγμένων εκθεμάτων στο μουσείο αλλά και να γίνει η σωστή τοποθέτηση των ψηφιακών ολογραμμάτων χρειάζεται μία προεργασία από τον σχεδιαστή.

Πριν την εκκίνηση της εφαρμογής, ο σχεδιαστής καλείται να περιηγηθεί στον χώρο του μουσείου προκειμένου η εφαρμογή να κάνει μία καλή χαρτογράφηση του χώρου έτσι ώστε κατά την χρήση της από τον χρήστη να μην υπάρχει αθέμιτη μετακίνηση των ολογραμμάτων.

Κατά την εκκίνηση της εφαρμογής όλα τα ολογράμματα σε μορφής σφαίρας, των επιλεγμένων εκθεμάτων, βρίσκονται παρατεταγμένα σε μορφή κύκλου γύρω από την θέση εκκίνησης της εφαρμογής, εκεί δηλαδή που βρίσκονταν τα γυαλιά κατά την εκκίνησή της. Ο σχεδιαστής κάνοντας air-tap σε αυτά καλείται να τα τοποθετήσει στο σημείο που βρίσκεται το πραγματικό έκθεμα. Η εφαρμογή έτσι μπορεί να γνωρίζει την θέση των αντίστοιχων εκθεμάτων. Προκειμένου να μην γίνει κάποιο λανθασμένο air-tap από τον χρήστη πάνω σε έκθεμα, με αποτέλεσμα την μη προγραμματισμένη μετακίνησή του, μέσω της φωνητικής εντολής *pin* ο σχεδιαστής μπορεί να κάνει τα εκθέματα να μην μετακινούνται με *air-tap*.

3.1.4 Φωνητικές Εντολές

- **Intro** – Φέρνει στην ευθεία του gaze του χρήστη το εισαγωγικό παράθυρο
- **Quiz** – Φέρνει στην ευθεία του gaze του χρήστη το παράθυρο αξιολόγησης
- **Pin** (γνωστή μόνο στον σχεδιαστή) – Καρφίτσωει στο χώρο τις σφαίρες των εκθεμάτων. Αν ειπωθεί ξανά τα εκθέματα μπορούν να μετακινηθούν ξανά από τον σχεδιαστή με *air-tap*.

- **Hide** - Εξαφάνιση εκθεμάτων

- **Show** - Εμφάνιση εκθεμάτων

3.1.5 Σενάριο Εφαρμογής

Η εφαρμογή HoloMuseum αναπτύχθηκε με σκοπό την χρήση της από έναν επισκέπτη του αρχαιολογικού μουσείου Πατρών. Ο επισκέπτης φοράει τα γυαλιά Hololens και οδηγείται στην αίθουσα του Ιδιωτικού Βίου.

Η εφαρμογή αρχικά του παρέχει κάποιες βασικές πληροφορίες για τα εκθέματα γύρω του με σκοπό την στοχευμένη του περιήγηση στον χώρο, αναζητώντας τα χαρακτηριστικά για τα οποία μόλις έμαθε. Στην συνέχεια το κομμάτι αξιολόγησης μέσω τεστ έχει σκοπό στην δημιουργία ενός κύκλου μάθησης μέσω του οποίου επιτυγχάνεται καλύτερη ενσωμάτωση της πληροφορίας. Έτσι ο επισκέπτης κατανοώντας τα λάθη που έχει κάνει και ξανακάνοντας το quiz έχει μεγαλύτερη πιθανότητα να θυμάται και μελλοντικά τις προσλαμβανόμενες πληροφορίες.

Αρχικά ο χρήστης φορώντας τα γυαλιά μικτής πραγματικότητας βλέπει τον περιβάλλοντα χώρο του. Η εφαρμογή αναγνωρίζει τον χώρο του μουσείου καθώς έχει γίνει πρότερη χαρτογράφηση. Επιπλέον τα γυαλιά συνδέονται στο wi-fi του μουσείου, οδηγώντας σε περαιτέρω ακρίβεια ως προς την τοποθέτηση των ολογραμμάτων.

Για την εκκίνηση του παραθύρου intro ο χρήστης πρέπει να χρησιμοποιήσει την φωνητική εντολή *intro*. Στην συνέχεια έρχεται μπροστά του το παράθυρο της εισαγωγής. Οι πρώτες πέντε διαφάνειες είναι εικόνες του μουσείου και η έκτη είναι η εισαγωγική που τον παροτρύνει να ακολουθήσει τα βέλη ενώ διαβάζει τις πληροφορίες των επόμενων διαφανειών.

Το παράθυρο της εισαγωγής εκτός από το κείμενο έχει και τα κουμπιά *previous* και *next* με τα οποία ο χρήστης μπορεί να αλληλεπιδράσει κάνοντας *air tap*. Καθώς ο χρήστης κινείται στον χώρο το παράθυρο της εισαγωγής έρχεται μαζί του κυλώντας στο οπτικό πεδίο του χρήστη. Αυτό είναι χρήσιμο γιατί ο χώρος στον οποίο κινείται είναι μεγάλος και θα ήταν αρκετά χρονοβόρο το παράθυρο να ήταν τοποθετημένο σε ένα συγκεκριμένο σημείο στον χώρο και ο επισκέπτης να πρέπει να γυρνάει συνέχεια σε αυτό. Ωστόσο στην περίπτωση που θέλει ο επισκέπτης να καρφιτσώσει το παράθυρο σε ένα σημείο του χώρου αρκεί να κάνει *air-tap* στο κουμπί *pin*, στην πάνω δεξιά μεριά του παραθύρου.

Οι σελίδες του παραθύρου που δίνουν πληροφορίες για τις ιστορικές περιόδους συνοδεύονται πάντα από ένα βέλος που δείχνει προς ένα αντίστοιχο έκθεμα. Ο χρήστης καλείται να το ακολουθήσει και να παρατηρήσει το έκθεμα από κοντά. Αυτά τα εκθέματα που έχουν επιλεγεί υπάρχουν και σε μορφή ολογράμματος, συγκεκριμένα σφαίρας για τον καλύτερο εντοπισμό τους. Όταν φτάσει στην τελευταία σελίδα και πατήσει το κουμπί *finish* τότε το παράθυρο intro εξαφανίζεται και μένουν στον χώρο μόνο τα ολογράμματα των

εκθεμάτων. Επίσης ενημερώνεται στην τελευταία σελίδα για το ότι μπορεί να χρησιμοποιήσει την φωνητική εντολή *intro* όποτε θελήσει.

Όταν ο χρήστης είναι έτοιμος, χρησιμοποιεί την φωνητική εντολή *quiz* για να φέρει στο οπτικό του πεδίο το παράθυρο της αξιολόγησης. Έχει ενημερωθεί για την ύπαρξη αυτής της φωνητικής εντολής από την τελευταία σελίδα του *quiz*. Στο παράθυρο αυτό εμφανίζονται ερωτήσεις και ο επισκέπτης καλείται να επιλέξει μία από τις 4 προτεινόμενες απαντήσεις, μέσω *air-tap*. Μπορεί να επιλεγεί μόνο μία απάντηση, αν επιλεγεί δεύτερη τότε η πρώτη αναιρείται. Όταν είναι έτοιμος πατάει *next* και οδηγείται στην επόμενη ερώτηση. Μπορεί κάνοντας *air-tap* στο κουμπί *previous* να αλλάξει μία προηγούμενή του απάντηση.

Όταν ο χρήστης απαντήσει σε όλες τις ερωτήσεις και πατήσει *next* οδηγείται στην σελίδα που φαίνεται το ποσοστό επιτυχίας. Πατώντας ξανά *next* του εμφανίζονται με την σειρά οι ερωτήσεις στις οποίες απάντησε λάθος, με την σωστή επιλογή χρωματισμένη. Ταυτόχρονα εμφανίζεται ξανά το βέλος που τον καθοδηγεί προς το αντίστοιχο έκθεμα. Στην τελευταία σελίδα του δίνονται οι οδηγίες για την συνέχεια της διαδικασίας.

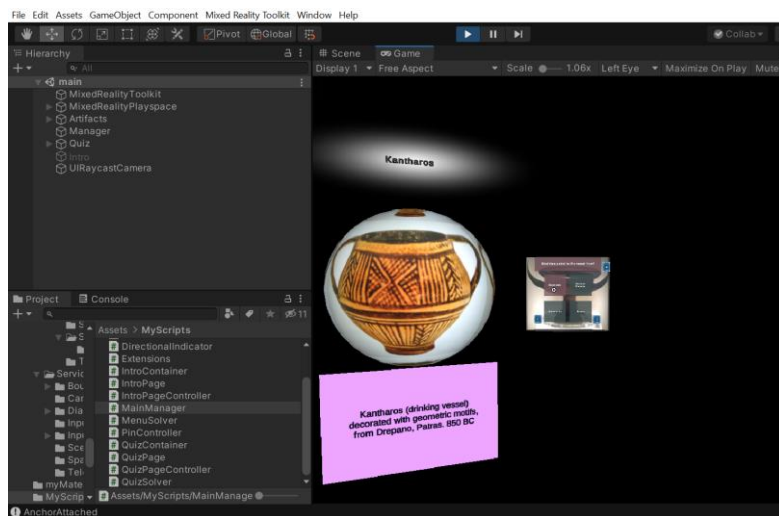
3.2 Ανάπτυξη εφαρμογής

3.2.1 Εισαγωγή

Ο κώδικας της εφαρμογής βρίσκεται ολόκληρος στο Παράρτημα Α'.

Η ανάπτυξη έγινε στο περιβάλλον της Unity και συγκεκριμένα με την χρήση του *mixed reality toolkit*. Πέρα από τις διευκολύνσεις που παρέχει αναφορικά με τον κώδικα το *toolkit* αυτό δίνει την δυνατότητα εύκολου *testing* της εφαρμογής ακόμα και χωρίς την χρήση του *emulator*. Πατώντας το *play* ξεκινάει η εφαρμογή και παρέχεται η δυνατότητα προσομοίωσης του *air-tap* με το αριστερό κλικ, της κίνησης στον χώρο με τα βέλη, της περιστροφής της κάμερας με το δεξί κλικ και των φωνητικών εντολών με συντομεύσεις στο πληκτρολόγιο.

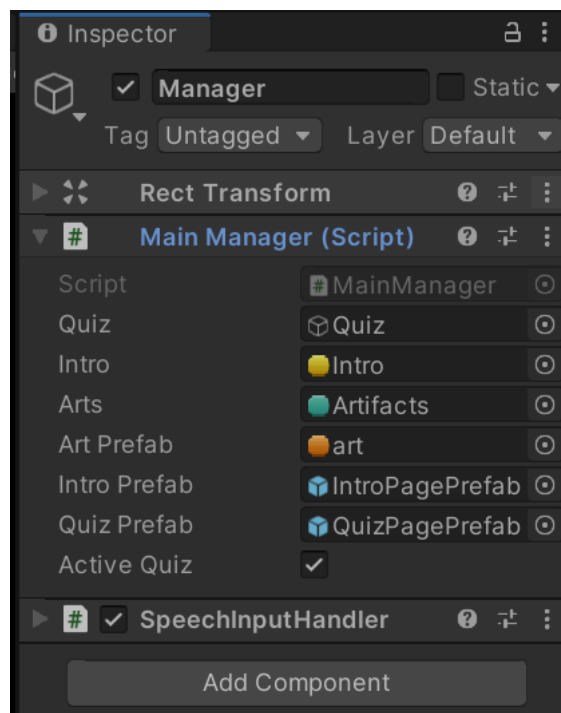
Οι δύο βασικοί φάκελοι στο περιβάλλον της Unity που πρέπει να αναφερθούν είναι ο φάκελος *Scripts*, που περιέχει όλα τα αρχεία κώδικα τα οποία επισυνάπτονται στα διάφορα αντικείμενα και τους δίνουν την λειτουργικότητά τους καθώς και ο φάκελος *Resources*. Στον φάκελο αυτόν βρίσκονται όλα τα *prefabs* που χρησιμοποιεί η εφαρμογή. Τα *prefabs* είναι στην ουσία έτοιμα αντικείμενα, κατασκευασμένα από τον σχεδιαστή που η εφαρμογή μπορεί να χρησιμοποιήσει για να δημιουργήσει στην σκηνή της εφαρμογής πολλά αντίγραφα του αρχικού αντικειμένου. Στην συνέχεια τα αντίγραφα αυτά μπορούν να εξατομικευτούν, αλλά έχουν όλα ένα αρχικό καλούπι.



Εικόνα 26. Στιγμιότυπο του Play όπου φαίνεται ένα έκθεμα και το παράθυρο του quiz

3.2.2 Κεντρικός έλεγχος εφαρμογής (Manager)

Τον κεντρικό έλεγχο της εφαρμογής τον έχει το αντικείμενο Manager στο Hierarchy, την λειτουργικότητα του οποίου δίνει το script `MainManager.cs` το οποίο του επισυνάπτεται σαν component.



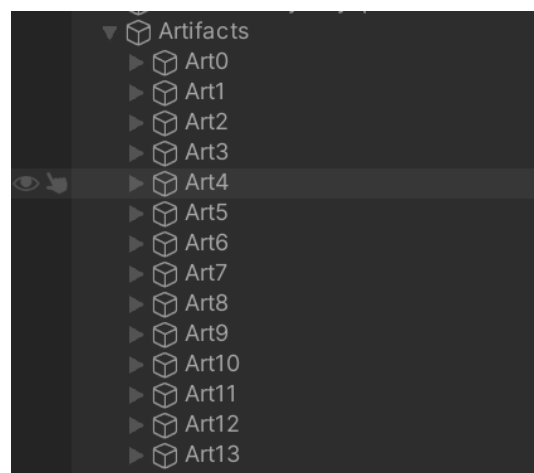
Εικόνα 27. Τα components που επισυνάπτονται στο Game Object Manager

Τα τρία βασικά αντικείμενα στο hierarchy, εκτός από τον Manager, είναι τα Artifacts, το Intro και το Quiz. Και τα τρία αυτά αντικείμενα χρησιμεύουν σαν γονεϊκά αντικείμενα και ξεκινάνε χωρίς να έχουν 'παιδιά'. Ο Manager διαχειρίζεται το population τους, δηλαδή το

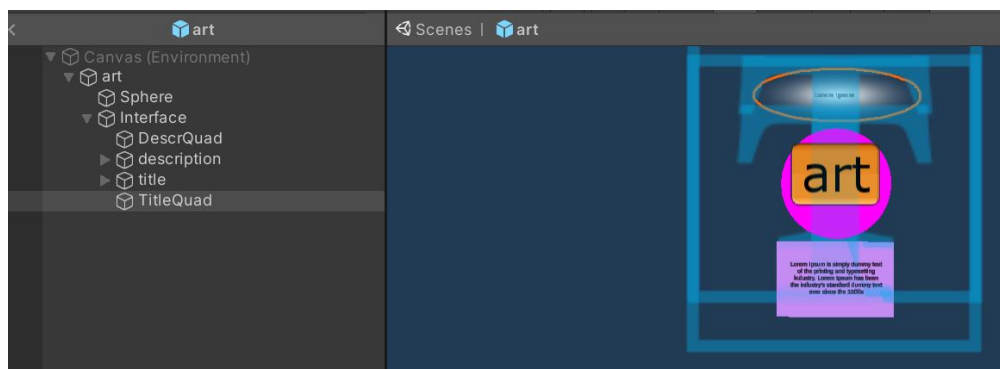
πως η εφαρμογή διαβάζει τα δεδομένα για να τα γεμίσει με άλλα αντικείμενα (στιγμιότυπα των διαφόρων prefabs), καθώς και κάποια άλλα στοιχεία αναφορικά με την λειτουργικότητα της εφαρμογής. Επιπλέον διαχειρίζεται την λειτουργία των φωνητικών εντολών.

3.2.3 Εκθέματα (Artifacts)

Το object Artifacts είναι ένα κενό container object χωρίς κάποιο script. Ο Main Manager διαβάζει δεδομένα των διαφόρων εκθεμάτων από το αρχείο `data.xml` και το γεμίζει με αντικείμενα artifacts. Συγκεκριμένα χρησιμοποιώντας το prefab art δημιουργεί τόσα αντίγραφα του όσα και τα artifacts που έχουν καταχωρηθεί στο αρχείο `data.xml`. Το prefab art φαίνεται παρακάτω. (Εικόνα 30)



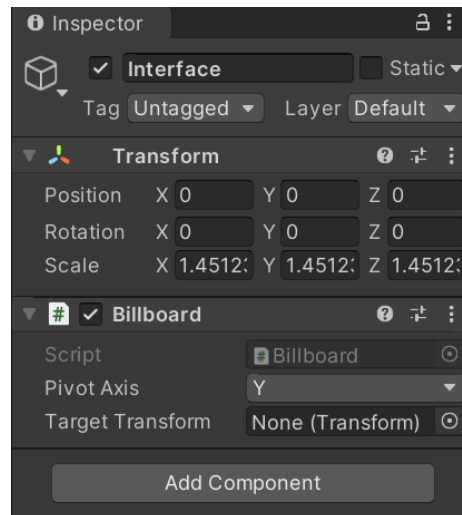
Εικόνα 28. Τα εκθέματα που εισάγονται στο Game Object Artifacts μετά την εκκίνηση της εφαρμογής



Εικόνα 29. Το prefab art των εκθεμάτων

Αποτελείται από μία σφαίρα στην οποία προστίθενται από τον κώδικα ως texture η φωτογραφία του αντίστοιχου εκθέματος (sphere), από έναν τίτλο και μία περιγραφή (interface). Να σημειωθεί ότι στον τίτλο (title) και στη περιγραφή (description) έχει προστεθεί το έτοιμο component Billboard του mixed reality toolkit, προκειμένου το interface να κοιτάει πάντα προς τον χρήστη, από όποια οπτική και να το κοιτάζει.

Στο prefab art υπάρχει επίσης και το component TapToPlace το οποίο το αξιοποιεί ο σχεδιαστής στην αρχή της εφαρμογής για να τοποθετήσει τα εκθέματα στο σωστό σημείο. Αυτό το component απενεργοποιεί ο Manager μέσω της κατάλληλης φωνητικής εντολής (*Pin*).



Εικόνα 30. Τα components που επισυνάπτονται στο object Interface, παιδί του prefab art

3.2.4 Εισαγωγικό παράθυρο (Intro)

Το prefab που χρησιμοποιεί ο Manager για να γεμίσει το εισαγωγικό παράθυρο με διαφάνειες είναι το IntroPagePrefab.

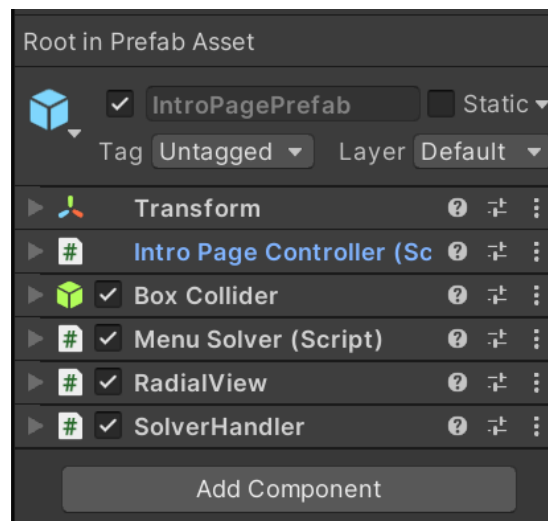


Εικόνα 31. Preview του προτύπου του εισαγωγικού παραθύρου

Το περιβάλλον τρισδιάστατο στοιχείο είναι μία κάψουλα (BigCapsule), η οποία δημιουργεί ένα δοχείο για τα υπόλοιπα στοιχεία των διαφανειών. Στο πίσω μέρος της κάψουλας αυτής εμφανίζεται η εικόνα της κάθε διαφάνειας. Πιο μπροστά βρίσκεται το επίπεδο που εμφανίζεται το κείμενο (text) και ακόμα πιο μπροστά τα κουμπιά previous (ButtonPrevious), next (ButtonPrevious), pin (PinButton). Επιπλέον ένα στοιχείο που έχει κάθε διαφάνεια του παραθύρου είναι το κατευθυντήριο βέλος (GuideArrow). Στις περιπτώσεις που δεν χρειάζεται να εμφανίζεται, απενεργοποιείται από τον κώδικα.

Το πιο βασικό script που έχει προστεθεί στο IntroPagePrefab είναι το IntroPageController. Το component αυτό παρέχει στα κουμπιά next και previous τις λειτουργικότητές τους. Για παράδειγμα πρέπει, όταν γίνεται air-tap στο κουμπί next να εξαφανίζεται η παρούσα σελίδα και να ενεργοποιείται η επόμενη, ενώ παράλληλα να έχει ακριβώς την ίδια θέση και περιστροφή με την προηγούμενη. Επιπλέον το component αυτό αναλαμβάνει την τοποθέτηση των βελών κάθε σελίδας στην ίδια θέση με αυτό της προηγούμενης.

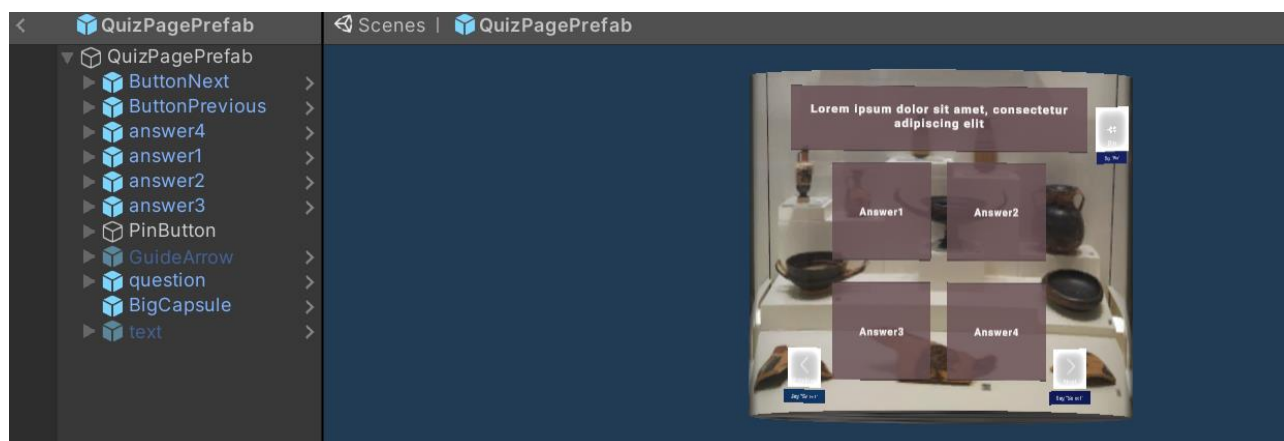
Έχουν προστεθεί επίσης οι Solvers MenuSolver και RadialView προκειμένου να εξασφαλιστεί η ομαλή κύλιση του παραθύρου στον χώρο. Πιο συγκεκριμένα το παράθυρο τοποθετείται για αρχή στην ευθεία του βλέμματος του χρήστη και καθώς αυτός κινείται, το παράθυρο έρχεται μαζί του σαν να είναι συνδεδεμένο με μαγνήτη στο οπτικό πεδίο του χρήστη. (RadialView). Δεν επιθυμούμε το παράθυρο να ακολουθεί την κάθε κίνηση του χρήστη, να είναι δηλαδή καρφωμένο στο οπτικό του πεδίο καθώς αυτός συχνά δημιουργεί ζαλάδα. Ο MenuSolver απενεργοποιεί τον RadialView Solver όταν ο χρήστης έχει το gaze πάνω στο παράθυρο έτσι ώστε να μην κουνιέται το παράθυρο ενώ διαβάζει τις διαφάνειες.



Εικόνα 32. Τα components που επισυνάπτονται στο πρότυπο του εισαγωγικού παραθύρου

3.2.5 Παράθυρο Αξιολόγησης (Quiz)

Το prefab που χρησιμοποιεί ο Manager για να γεμίσει το εισαγωγικό παράθυρο με διαφάνειες είναι το QuizPagePrefab.



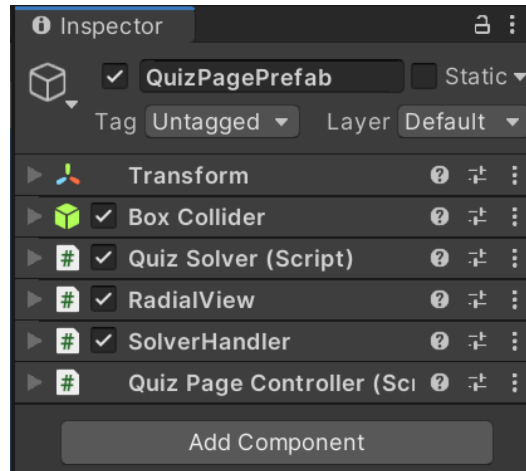
Εικόνα 33. Preview του προτύπου του παραθύρου αξιολόγησης (quiz)

Το περιβάλλον τρισδιάστατο στοιχείο είναι μία κάψουλα (BigCapsule), η οποία δημιουργεί ένα δοχείο για τα υπόλοιπα στοιχεία των διαφανειών. Στο πίσω μέρος της κάψουλας αυτής εμφανίζεται η εικόνα της κάθε διαφάνειας. Πιο μπροστά βρίσκεται το επίπεδο που εμφανίζεται η ερώτηση (question) και ακόμα πιο μπροστά τα κουμπιά previous (ButtonPrevious), next (ButtonPrevious), pin (PinButton). Επιπλέον ένα στοιχείο που έχει κάθε διαφάνεια του παραθύρου είναι το κατευθυντήριο βέλος (GuideArrow) το οποίο είναι απενεργοποιημένο. Στις περιπτώσεις που χρειάζεται να εμφανίζεται, ενεργοποιείται από τον κώδικα. Επιπλέον υπάρχουν 4 στοιχεία που εμφανίζονται οι 4 απαντήσεις στην ερώτηση που έχει τεθεί. Τέλος υπάρχει ένα τελευταίο απενεργοποιημένο στοιχείο (text) το οποίο ενεργοποιείται μόνο στις διαφάνειες που χρειάζεται να εμφανιστεί κείμενο και όχι ερωτοαπαντήσεις.

Το πιο βασικό script που έχει προστεθεί στο QuizPagePrefab είναι το QuizPageController. Το component αυτό παρέχει στα κουμπιά next και previous τις λειτουργικότητές τους. Για παράδειγμα πρέπει, όταν γίνεται air-tap στο κουμπί next να εξαφανίζεται η παρούσα σελίδα και να ενεργοποιείται η επόμενη, ενώ παράλληλα να έχει ακριβώς την ίδια θέση και περιστροφή με την προηγούμενη. Επιπλέον το component αυτό αναλαμβάνει την τοποθέτηση των βελών κάθε σελίδας στην ίδια θέση με αυτό της προηγούμενης. Επίσης το script αυτό είναι υπεύθυνο για την διαχείριση της καταχώρησης των απαντήσεων του χρήστη μετά από κάθε αλλαγή σελίδας. Τέλος κάνει έλεγχο προκειμένου να μπορεί να επιλέγει μόνο μία απάντηση κάθε φορά.

Έχουν προστεθεί επίσης οι Solvers, QuizSolver και RadialView προκειμένου να εξασφαλιστεί η ομαλή κύλιση του παραθύρου στον χώρο. Πιο συγκεκριμένα το παράθυρο τοποθετείται για αρχή στην ευθεία του βλέμματος του χρήστη και καθώς αυτός κινείται, το

παράθυρο έρχεται μαζί του σαν να είναι συνδεδεμένο με μαγνήτη στο οπτικό πεδίο του χρήστη. (RadialView). Δεν επιθυμούμε το παράθυρο να ακολουθεί την κάθε κίνηση του χρήστη, να είναι δηλαδή καρφωμένο στο οπτικό του πεδίο καθώς αυτός συχνά δημιουργεί ζαλάδα. Ο Quiz Solver απενεργοποιεί τον Radial View Solver όταν ο χρήστης έχει το gaze πάνω στο παράθυρο έτσι ώστε να μην κουνιέται το παράθυρο ενώ διαβάζει τις διαφάνειες.



Εικόνα 34. Όλα τα components του prefab για το παράθυρο αξιολόγησης (quiz)

3.2.6 Δεδομένα και Population

Έχει επιλεγεί τα δεδομένα της εφαρμογής να βρίσκονται σε φορματ XML στο αρχείο data.xml. Συγκεκριμένα χωρίζεται σε 3 κατηγορίες δεδομένων. Η πρώτη αφορά στο Intro, η δεύτερη στο Quiz και η τρίτη στα εκθέματα.

```
<?xml version='1.0'
  encoding='utf-8'
  standalone="yes"?>

<App>
  <intro>...</intro>
  <arts>...</arts>
  <quiz>...</quiz>
</App>
```

Εικόνα 35. Οι τρεις ενότητες του αρχείου data.xml

```

<arts>

  <art number="0" category="Mycenaean">

    <description>Cylindrical Pyxis decorated with fringed s
    <title>Cylindrical Compass</title>
    <image>Pictures/Materials/Mycenaean1</image>
  </art>
</arts>

```

Εικόνα 36. Παράδειγμα καταχώρησης δεδομένων εκθέματος στο αρχείο data.xml

Τα tags που έχουν δημιουργηθεί αντιστοιχούν ένα προς ένα στα διάφορα στοιχεία που απαρτίζουν τα αντίστοιχα prefabs.

Η αντιστοίχιση των δεδομένων σε αντίγραφα των prefabs γίνεται από το script του MainManager με την βοήθεια των scripts IntroContainer και IntroPage. [\[37\]](#)

Στο script IntroPage στην ουσία ορίζεται μία κλάση IntroPage και όλες τις μεταβλητές που περιέχει. Για παράδειγμα στην μεταβλητή image καταχωρείται το string του path της εικόνας που θα φανεί στο πίσω μέρος του παραθύρου.

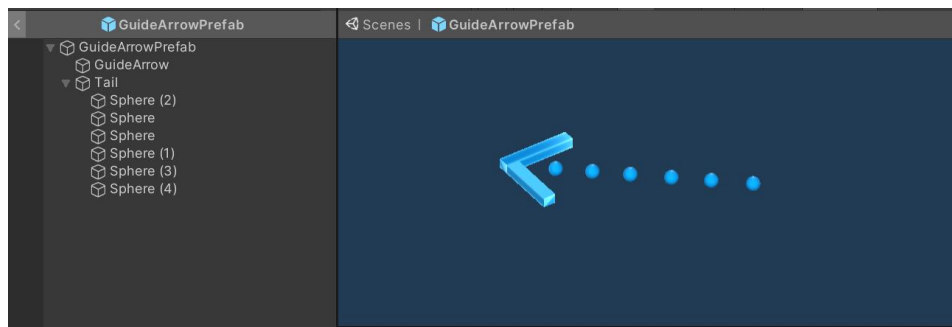
Στο script IntroContainer γίνεται η φόρτωση δεδομένων από το αρχείο xml στην μεταβλητή Intro Pages της κλάσης Intro Container. Δίνεται ιδιαίτερη προσοχή διότι όταν η εφαρμογή τρέχει στα γυαλιά το αρχείο data.xml δεν διαβάζεται τοπικά από το build αλλά από μέσα από τα ίδια τα Hololens. Εκεί έχει μεταφορτωθεί μέσω του Windows Device Portal στον φάκελο LocalCache του HoloMuseum. Έτσι λοιπόν στον κώδικα υπάρχει ειδικό σκέλος που ανιχνεύει αν η εφαρμογή τρέχει μέσα από τα Hololens για να προσπελάσει τα δεδομένα από διαφορετικό σημείο. [\[38\]](#)

3.2.7 Κατευθυντήριο βέλος (Guide Arrow)

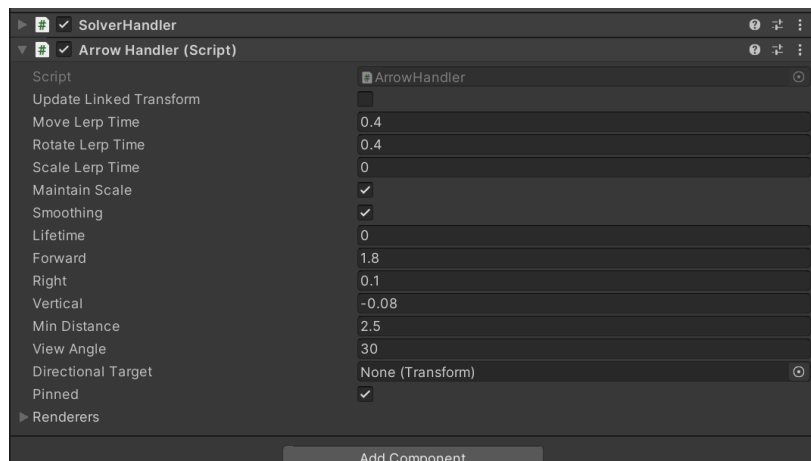
Το prefab GuideArrow χρησιμοποιείται στα prefab QuizPagePrefab και IntroPagePrefab. Η σημαντικότερη παράμετρος τους, που πρέπει να οριστεί είναι το directional target δηλαδή το αντικείμενο προς το οποίο θα πρέπει να δείχνει.

Το script που εμπεριέχει σαν μεταβλητή το directional target και δίνει λειτουργικότητα στο βέλος είναι το ArrowHandler.

Αρχικά ανιχνεύει πότε το ζητούμενο έκθεμα είναι στο οπτικό πεδίο του χρήστη (field of view FOV) με βάση μία γωνία αναφοράς και αν ο χρήστης βρίσκεται αρκετά κοντά στο αντικείμενο προκειμένου το βέλος να εξαφανιστεί. Αυτό συμβαίνει όταν το βέλος έχει καθοδηγήσει επιτυχώς τον χρήστη στο έκθεμα. Σε κάθε άλλη περίπτωση το βέλος είναι ορατό και περιστρέφεται στο επίπεδο x-z, γύρω από τον άξονα y.



Εικόνα 37. Το prefab του κατευθυντήριου βέλους (GuideArrow)

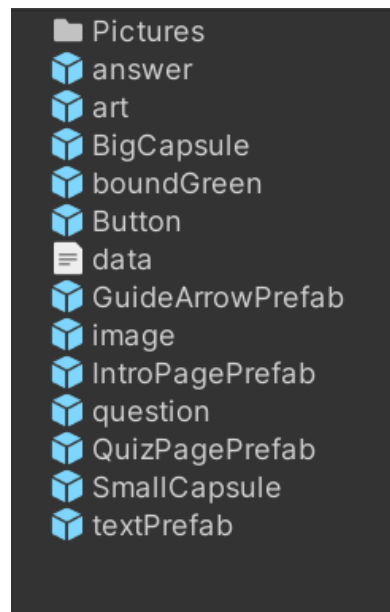


Εικόνα 38. Το script ArrowHandler.cs, όπως επισυνάπτεται στο κατευθυντήριο βέλος

Το script SolverHandler είναι ένας Solver που καθορίζει την θέση του βέλους στο χώρο. Όπως και προηγουμένως δεν θέλουμε το βέλος να είναι καρφωμένο στο οπτικό πεδίο του χρήστη, αλλά να κυλάει στο χώρο καθώς αυτός κινείται.

3.2.8 Σχεδιασμός Components

Ο σχεδιασμός των περισσότερων components της εφαρμογής έγινε ειδικά για το HoloMuseum και δεν χρησιμοποιήθηκαν πολλά έτοιμα components. Όλα τα στοιχεία που σχεδιάστηκαν, αποθηκεύτηκαν στον φάκελο Resources (Εικόνα 40) ως prefabs.



Εικόνα 39. Όλα τα prefabs του HoloMuseum

Έτσι για παράδειγμα το prefab Button χρησιμοποιήθηκε σε κάθε σχεδιασμό που χρειαζόταν ένα κουμπί όπως είναι τα previous και next. Στην συνέχεια τοποθετήθηκαν ειδικά βέλη πάνω στο κάθε κουμπί (σε μορφή mesh) που να αντιστοιχεί στην λειτουργία του. (Εικόνα 31). Στα κουμπιά previous το βέλος αυτό περιστράφηκε κατά 180 μοίρες.



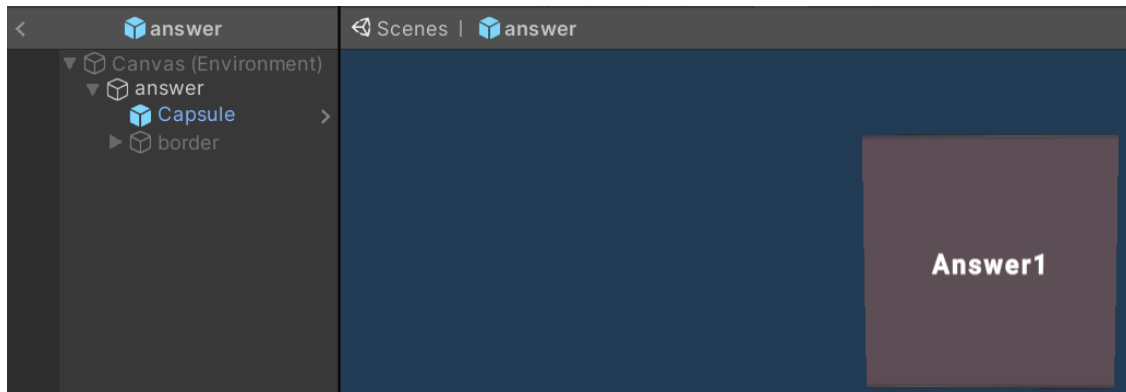
Εικόνα 40. Το button Next του εισαγωγικού παραθύρου

Πρέπει να σημειωθεί ότι κάθε αντικείμενο το οποίο πρέπει να δέχεται air tap και γενικά να εντοπίζεται η συγκρουση του με το gaze του χρήστη, πρέπει να έχει κάποιου είδους collider component. Έτσι το IntroPagePrefab έχει έναν ορθογώνιο collider ο οποίος χρησιμεύει στην ανίχνευση του gaze με σκοπό την παύση της κίνησής του (Radial View Solver). Επιπλέον όλα τα κουμπιά έχουν colliders για να μπορεί να ανιχνευτεί το air tap. Είναι σημαντικό οι colliders των κουμπιών να βρίσκονται μπροστά από τον ορθογώνιο collider όλου του παραθύρου, καθώς διαφορετικά δεν θα ανιχνευτεί το air tap.



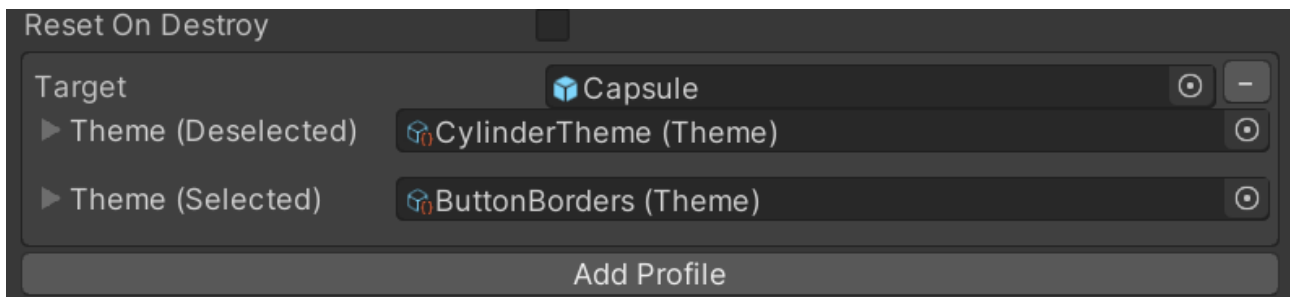
Εικόνα 41. Το prefab IntroPagePrefab του εισαγωγικού παραθύρου

Το prefab answer χρησιμοποιήθηκε για κάθε απάντηση στο quiz. (Εικόνα 43). Το border ενεργοποιείται από τον κώδικα μόνο στην δεύτερη φάση του quiz που φαίνονται οι σωστές απαντήσεις.

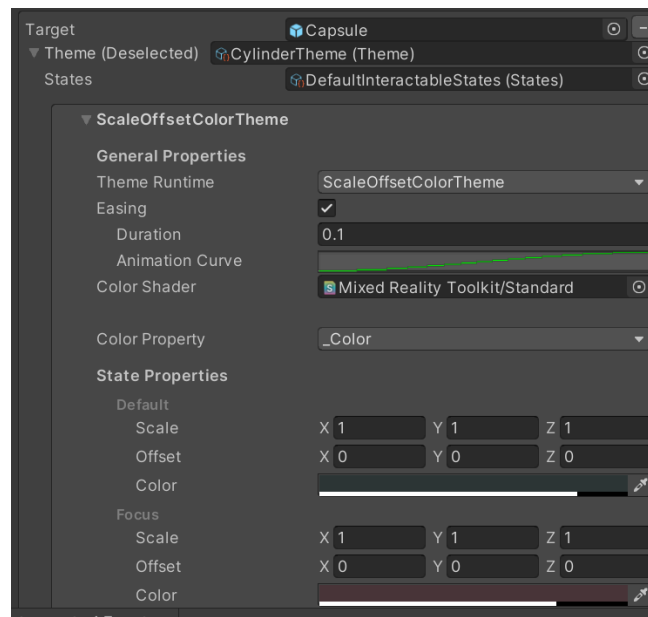


Εικόνα 42. Το prefab answer για τις απαντήσεις στο quiz

Σε πολλά από τα στοιχεία διεπαφής χρήστη έχει προστεθεί το component του Mixed Reality Toolkit, Interactable. Μέσω αυτού μπορεί να δοθεί η κατάλληλη αισθητική στην αλληλεπίδραση με το στοιχείο. Για παράδειγμα καθορίζονται τα χρώματα τα οποία θα έχει το στοιχείο όταν είναι ανενεργό, πατημένο, όταν το gaze βρίσκεται πάνω του κτλ, καθώς και διάφορες μεταβάσεις. Ένα παράδειγμα είναι το Interactable component του στοιχείου answer.



Εικόνα 43. Στοιχεία του Component Interactable



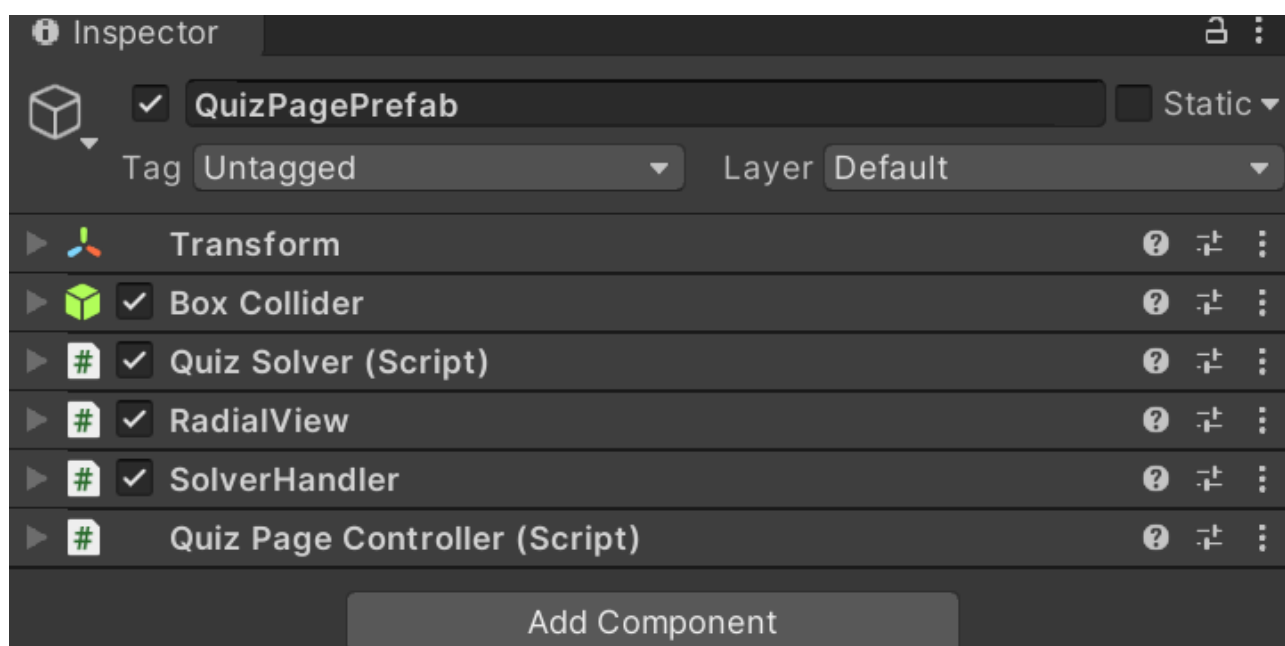
Εικόνα 44. Στοιχεία του Component Interactable

3.2.9 Solvers

Οι Solvers στο mixed reality toolkit είναι στοιχεία που διευκολύνουν τον υπολογισμό της θέσης και του προσανατολισμού ενός αντικειμένου με βάση έναν προκαθορισμένο αλγόριθμο. Ένα παράδειγμα είναι να τοποθετηθεί ένα αντικείμενο στην επιφάνεια, στην οποία δείχνει την εκάστοτε στιγμή το gaze του χρήστη. [\[32\]](#)

Το mixed reality toolkit έχει έτοιμους solvers (Radial View, Billboard, TapToPlace κ.α.) αλλά δίνει και την δυνατότητα να σχεδιαστούν πρωτότυποι αναλόγως τις απαιτήσεις του προβλήματος. Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής έχουν σχεδιαστεί οι solvers ArrowHandler (προσδιορίζει την θέση του βέλους), MenuSolver και QuizSolver.

Ένα ενδιαφέρον στοιχείο των solver είναι ότι δίνεται η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί ο ένας μετά των άλλων. Έτσι αναλόγως το πως τοποθετούνται οι solvers ο ένας στέλνει τα ενδιάμεσα αποτελέσματα στον άλλον με τον τελευταίο να υπολογίζει την τελική θέση και περιστροφή του αντικειμένου. [\[32\]](#)



Εικόνα 45 . Τα components του παραθύρου quiz

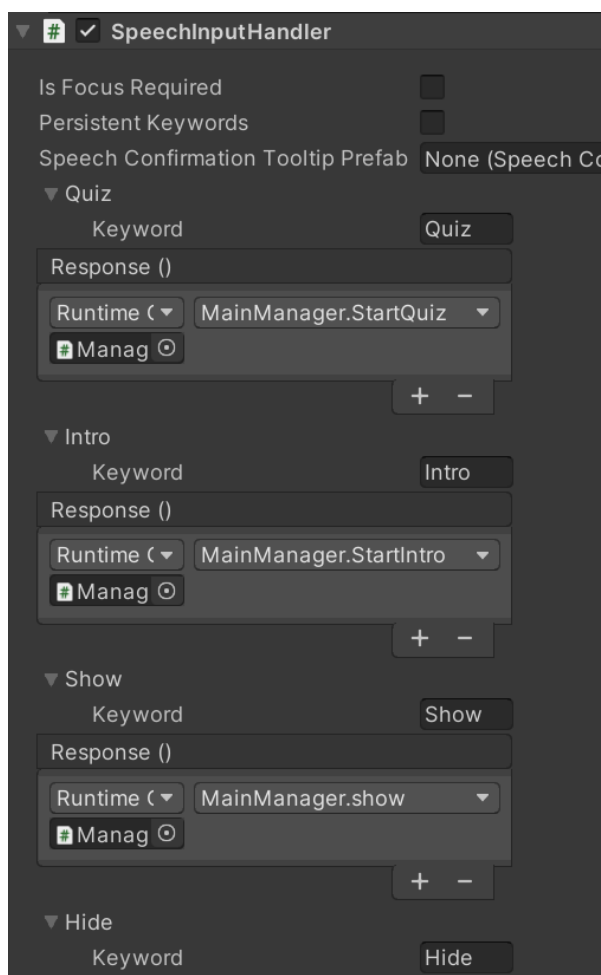
Στην Εικόνα 46 φαίνονται τα components για το prefab της σελίδας του quiz. Βλέπουμε τρεις solvers σε σειρά. Ο quiz solver απενεργοποιεί το radial view όταν ο χρήστης έχει το gaze πάνω στο quiz. Ο radial view, όταν είναι ενεργοποιημένος, κάνει το αντικείμενο να έρχεται μαζί με τον χρήστη σε μία τροχιά γύρω του και ο Solver Handler είναι ο χειριστής που δημιουργείται πάντα όταν προστίθεται κάποιος solver σε ένα αντικείμενο.

3.2.10 Φωνητικές Εντολές

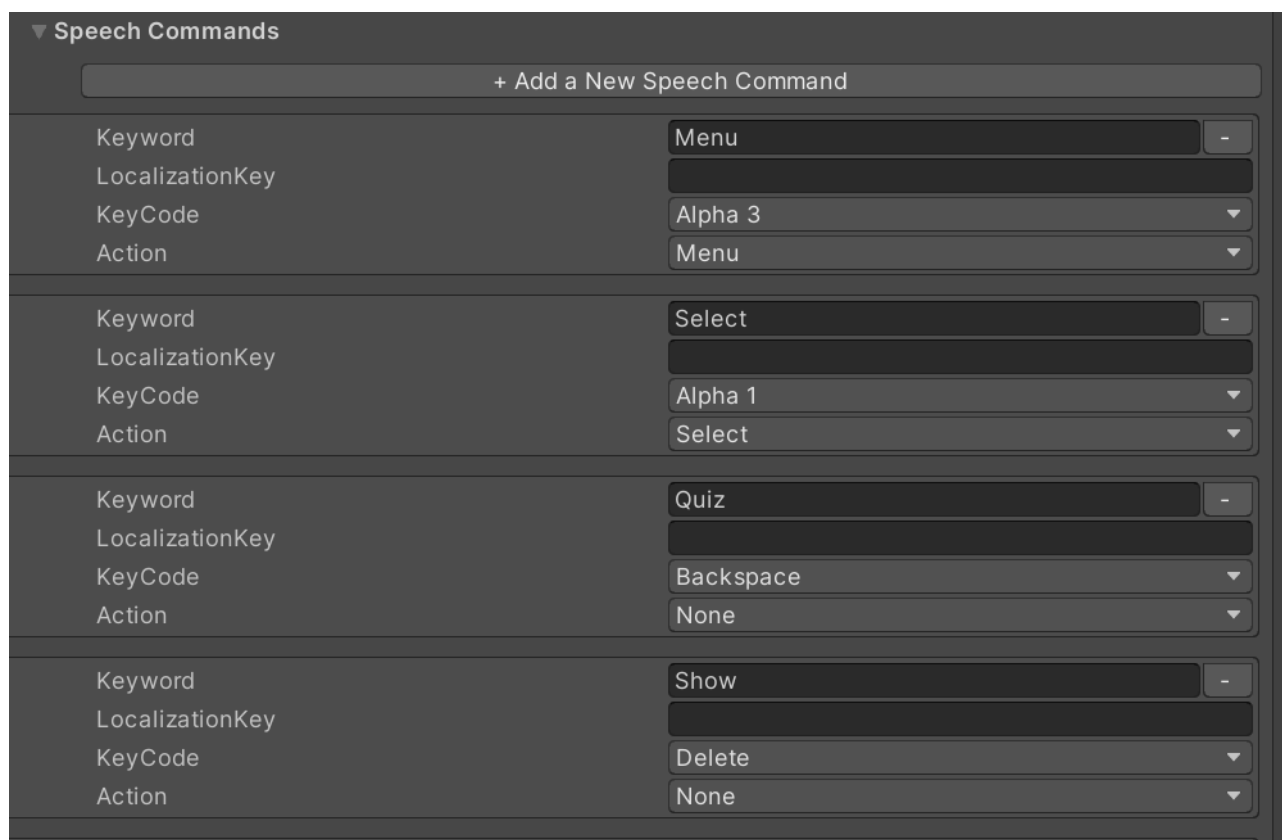
Τα Hololens δίνουν στον χρήστη την δυνατότητα χειρισμού της εφαρμογής μέσω ηχητικών εντολών.

Οι λέξεις κλειδιά πρέπει αρχικά να οριστούν. Αυτό γίνεται στο αντικείμενο MixedRealityToolkit το οποίο βρίσκεται μόνιμα στο hierarchy. Συγκεκριμένα στην καρτέλα input και στην υποκαρτέλα speech ορίζεις όσες λέξεις κλειδιά χρειάζονται και τα shortcuts του πληκτρολογίου που χρειάζονται για να μπορεί να γίνει η μίμηση αυτής της συμπεριφοράς στον editor. (Εικόνα 48)

Οι εντολές αυτές αναγνωρίζονται από την εφαρμογή μέσω του component `SpeechInputHandler`, το οποίο έχει προστεθεί στο αντικείμενο `Manager` όπως φαίνεται και στην Εικόνα 47. Εκεί γίνεται αντιστοίχιση μεταξύ λέξεων-κλειδιών και συναρτήσεων στο script του `MainManager`.



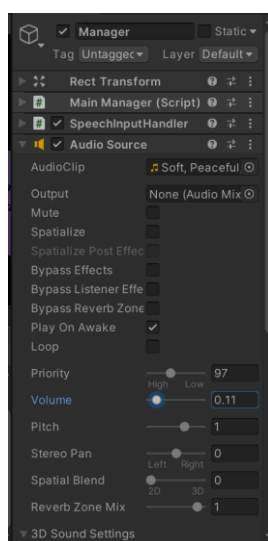
Εικόνα 46. Αντιστοίχιση εντολών σε συναρτήσεις στο component `SpeechInputHandler`



Εικόνα 47. Ορισμός speech commands στην καρτέλα input του MixedRealityToolkit component

3.2.11 Μουσική

Προκειμένου ο χρήστης να νιώσει πιο άνετα στο περιβάλλον της εφαρμογής προστέθηκε background ήχος. Στην ουσία απλώς προστέθηκε ένα Audio Source στον Manager της εφαρμογής.



Εικόνα 48. Το component του Manager που εισαγεί μουσική στην εφαρμογή

Κεφάλαιο 4 – Αξιολόγηση

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστεί αναλυτικά η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση της εφαρμογής HoloMuseum (4.1), καθώς και τα αποτελέσματα που προέκυψαν από αυτή την διαδικασία (4.2)

4.1 Μέθοδος

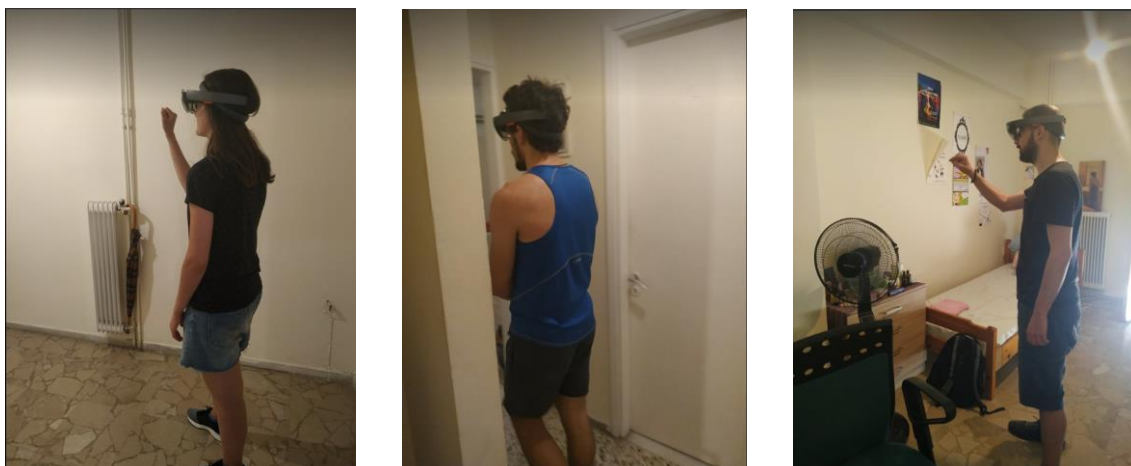
Όπως έχει ήδη αναφερθεί ο χώρος για την χρήση της εφαρμογής HoloMuseum είναι ο χώρος του Αρχαιολογικού Μουσείου Πατρών. Έτσι η ιδανική εξαγωγή πειράματος σχετικά με την χρησιμότητα της εφαρμογής θα ήταν στον χώρο αυτό με την συμμετοχή τουλάχιστον 10 χρηστών. Ωστόσο η πανδημία του Covid-19 δεν επέτρεψε την μαζική προσέλευση τόσων χρηστών στον χώρο του μουσείου. Έτσι, η τελική έρευνα διεξάχθηκε σε οικία με την συμμετοχή 5 συμμετεχόντων. Να σημειωθεί ότι αν και το δείγμα αυτό είναι μικρό, η έρευνα μπορεί να δώσει κάποια χρήσιμα πρώτα συμπεράσματα όπως θα φανεί και ακολούθως.

Τα ψηφιακά εκθέματα τοποθετήθηκαν σε δύο δωμάτια και έτσι ο χρήστης θα έπρεπε να ακολουθεί τα βέλη για να μετακινείται μεταξύ των δωματίων αυτών.

Για την αξιολόγηση χρησιμοποιήθηκαν ερωτηματολόγια, ερωτήσεις και ηχογραφημένες συζητήσεις με τους χρήστες.

4.1.1 Συμμετέχοντες

Από τους πέντε συμμετέχοντες οι τρεις ήταν αγόρια και οι δύο κορίτσια, με μέσο όρο ηλικίας 26 χρονών. Να παρατηρηθεί ότι όλοι σχεδόν είχαν μία σχετικά καλή και τακτική επαφή με την τεχνολογία και όλοι είχαν μία γνώση σχετικά με το τι είναι η Μικτή Πραγματικότητα. Έτσι τα αποτελέσματα που θα παρουσιαστούν, και οι αλλαγές που θα προταθούν αναφορικά με αυτά, σχετίζονται με το συγκεκριμένο τάργκετ γκρουπ.



Εικόνα 49 & 50 & 51. Χρήστες που δοκιμάζουν την εφαρμογή HoloMuseum

4.1.2 Μετρικές και εργαλεία

Τα ερωτηματολόγια που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα :

- NASA-TLX (task load index) [\[36\]](#) , που αξιολογεί τον εκλαμβανόμενο φόρτο εργασίας που είναι απαραίτητος για την διεκπεραίωση μιας εργασίας ή για τη χρήση ενός συστήματος
- Το UES (User Engagement Scale) [\[35\]](#) έχει σχεδιαστεί για την μέτρηση της εμπλοκής (engagement) των χρηστών και προσανατολίζεται σε έξι βασικούς άξονες: αισθητική ελκυστικότητα, εστιασμένη προσοχή, καινοτομία, εκλαμβανόμενη χρηστικότητα, αισθητή ανάμειξη, και ανθεκτικότητα.

Συμπληρωματικά με την χρήση των ερωτηματολογίων έγινε συζήτηση με τους χρήστες και ερωτήθηκαν δύο συμπληρωματικές ερωτήσεις, των οποίων οι απαντήσεις ηχογραφήθηκαν. Οι ερωτήσεις των ερωτηματολογίων μπορούν να βρεθούν στο παράρτημα Β'. Οι συμπληρωματικές ερωτήσεις είναι οι εξής.

1. Έπειτα από την εμπειρία σας, πόσο πιθανό θεωρείτε εφαρμογές Mixed Reality να χρησιμοποιηθούν για να βελτιώσουν την εμπειρία σε χώρους πολιτισμού;
2. Προς ποια κατεύθυνση θεωρείτε ότι συνέβαλε η εμπειρία αυτή για την παραπάνω άποψή σας;

Φυσικά κατά την διάρκεια του πειράματος οι χρήστες παρατηρούνταν προσεχτικά με την χρήση της εφαρμογής Live Streaming στο Windows Device Portal που παρέχεται για τα HoloLens. Έτσι παρατηρήθηκαν διάφορα δυσκολίες κατά την διεκπεραίωση των tasks και με αυτή την μέθοδο.

4.1.3 Διαδικασία

Για την διεξαγωγή του πειράματος οι χρήστες κλήθηκαν να έρθουν σε διαφορετικές ώρες. Αρχικά τους περιγράφηκε η συσκευή Hololens και γενικότερα η τεχνολογία μικτής πραγματικότητας. Στην συνέχεια τους περιγράφηκε η εφαρμογή HoloMuseum και οι στόχοι της. Να σημειωθεί ότι έγινε ειδική αναφορά στους περιορισμούς που δημιουργήθηκαν από την μη διεξαγωγή της έρευνας στον χώρο του μουσείου. Μερικούς από τους οποίους είναι:

1. Η εφαρμογή έχει σαν σκοπό την παρότρυνση προς περιήγηση στον χώρο του μουσείου. Αυτή η ανάγκη προς περιήγηση, που θα ήταν ιδιαίτερα αυξημένη στον φυσικό χώρο του μουσείου, μειώνεται στον χώρο ενός σπιτιού.
2. Στα ψηφιακά εκθέματα δεν περιλαμβάνονται όλες οι πληροφορίες αναφορικά με το έκθεμα. Στον χώρο του μουσείου ο χρήστης θα λάμβανε τις συμπληρωματικές πληροφορίες από το φυσικό έκθεμα.

Στην συνέχεια, οι χρήστες ενημερώθηκαν σχετικά με τα διάφορα στάδια της εφαρμογής και τις φωνητικές εντολές που θα χρησιμοποιούσαν στο κάθε στάδιο.

Η συσκευή προσαρμόστηκε στο κεφάλι του κάθε χρήστη και δώθηκε ιδιαίτερη προσοχή στην άνεσή του καθώς μπορεί να δημιουργηθεί εύκολα πονοκέφαλος αν η συσκευή δεν τοποθετηθεί σωστά. Ακολούθως άρχισε η χρήση της εφαρμογής, η οποία κατά μέσο όρο διήρκησε 40 λεπτά. Τέλος ακολούθησε η συζήτηση με τους χρήστες και η συμπλήρωση των ερωτηματολογίων.

Πολλές φορές χρειάστηκαν να γίνουν κάποια διαλλείματα μεταξύ των φάσεων της εφαρμογής, καθώς η συσκευή Hololens μπορεί να γίνει κουραστική αν η χρήση γίνεται για πολλή ώρα. Έτσι οι χρήστες παροτρύνθηκαν να ενημερώσουν για οποιαδήποτε δυσφορία και στην περίπτωση αυτή είτε έγινε επαναπροσαρμογή της συσκευής στο κεφάλι ή μία μικρή παύση της χρήσης της.

4.1.4 Στόχοι – Tasks

Κατά την διάρκεια της χρήσης του HoloMuseum ο χρήστης που κάνει την αξιολόγηση θα πρέπει να εκτελέσει κάποιους μικρούς στόχους προκειμένου να προχωρήσουν οι φάσεις της εφαρμογής. Οι στόχοι αυτοί του εξηγούνται συνοπτικά στην αρχή.

Αρχικά του εμφανίζονται μόνο τα ψηφιακά εκθέματα και είναι στην ευχέρειά του να περιηγηθεί στον χώρο, όπως θα έκανε στο μουσείο. Στην συνέχεια είχε ενημερωθεί για την ύπαρξη της φωνητικής εντολής *Intro* και γνώριζε ότι έπρεπε να την προφέρει για να ξεκινήσει η πρώτη φάση.

Το δεύτερο task, και ίσως πιο σημαντικό, ήταν να μπορέσει να ακολουθήσει τα βέλη που συνόδευαν τις διαφάνειες της εισαγωγικής παρουσίασης. Τέλος, με την ηχητική εντολή *Quiz*, θα ξεκινούσε την τρίτη και τελική φάση.

4.2 Αποτελέσματα

4.2.1 Γενικές Παρατηρήσεις κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης

Μέσω παρατήρησης των χρηστών κατά την διεξαγωγή του πειράματος μπορούν να εντοπιστούν εξ αρχής κάποια προβλήματα που έκαναν του χρήστες να μην μπορέσουν να πραγματοποιήσουν όλους τους επιμέρους στόχους.

Η χρήση των φωνητικών εντολών ήταν αρκετά επιτυχημένη, αν και πολλές φορές καθυστέρουσαν να ανταποκριθούν, με αποτέλεσμα ο χρήστης να τις επαναλαμβάνει και να ενοχλείται. Ένα άλλο σημείο ενδιαφέροντος ήταν ότι καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος ο χρήστης συχνά σχολίαζε πράγματα και έτσι η εφαρμογή ανίχνευε μερικές φορές μη σχετικές φωνητικές εντολές. Αξιοσημείωτο είναι επίσης ότι οι εντολές ήταν στα αγγλικά αλλά ο χρήστης μίλαγε στα ελληνικά. Αυτό φυσικά διέκοπτε την φυσική ροή της διαδικασίας.

Αναφορικά με το UI (user interface) μπορούν να εντοπιστούν κάποια ζητήματα που επιδέχονται διόρθωση σε μελλοντική έκδοση της εφαρμογής. Συγκεκριμένα στο quiz οι χρήστες είχαν δυσκολία στο να επιλέξουν τις απαντήσεις, καθώς το χρώμα της απάντησης όταν επιλεγόταν ήταν το ίδιο με όταν ήταν το gaze επάνω της, με αποτέλεσμα ο χρήστης να μην γνωρίζει αν έχει κάνει επιτυχημένα air-tap. Κάποιοι χρήστες παραπονέθηκαν ότι τα ψηφιακά εκθέματα ήταν πιο μεγάλα και έπρεπε να κουνάνε το κεφάλι τους για να τα βλέπουν ολόκληρα ωστόσο αυτό πιθανόν να συνέβη γιατί το μέγεθος είχε σχεδιαστεί για να τοποθετηθούν στον χώρο του μουσείου όπου οι χρήστες θα στέκονταν πιο μακριά.

Η χρήση των βελών ήταν αρκετά επιτυχημένη παρόλο του περιορισμένου χώρου. Όλοι οι χρήστες κατάφεραν να ακολουθήσουν το βέλος και να βρουν το σωστό έκθεμα που τους παρέπεμπε το εισαγωγικό παράθυρο. Μάλιστα παρατηρήθηκε ενθουσιασμός όταν έβρισκαν το σωστό έκθεμα.

Τέλος παρατηρήθηκαν προβλήματα σχετικά με την χρήση των χειρονομιών και ειδικότερα του air-tap. Πριν την έναρξη της εφαρμογής είχε εξηγηθεί αναλυτικά το gaze και η θέση του χεριού για την πραγματοποίηση του air-tap. Ωστόσο πιθανώς οι χρήστες να χρειάζονταν λίγο παραπάνω χρόνο εξοικίωσης με τους διάφορους μηχανισμούς της συσκευής, καθώς είναι εντελώς καινούργιο περιβάλλον για πολλούς.

Οι χρήστες είχαν πολύ θετική αντίδραση σχετικά με την χρήση μουσικής, καθώς τους χαλάρωνε και τους επέτρεπε να συγκεντρωθούν πιο εύκολα.

4.2.3 Απαντήσεις Ερωτηματολογίου

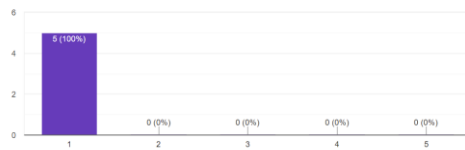
•Task Load Index (NASA – TLX) - Εμπειρία παιχνιδιού

Οι πέντε ερωτήσεις του ερωτηματολογίου αφορούν σε πέντε μετริกές, σχετικές με την συνολική εμπειρία του παιχνιδιού για τον χρήστη. Μπορούν να μας δώσουν πληροφορίες για τα γενικότερα αισθήματα των χρηστών αλλά όχι λεπτομέρειες σχετικά με την αιτιολόγηση των απαντήσεών τους. Το 1 σαν απάντηση είναι το μικρότερο μέγεθος και αναφέρεται σε μηδενική αντίστοιχη εμπειρία, ενώ το 5 αναφέρεται σε απολυτή αντίστοιχη εμπειρία.

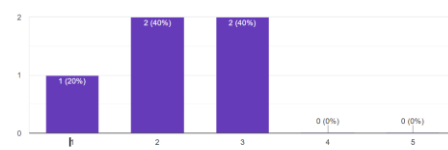
Παρατηρώντας το μέγεθος επιτυχία, με μέσο όρο 4,4, οι χρήστες θεώρησαν γενικά επιτυχημένη την εμπειρία τους σχετικά με την επίτευξη των στόχων που τους είχαν δοθεί. Μπορούμε να παρατηρήσουμε επίσης ότι με την απαιτούμενη αντιληπτική δραστηριότητα στο 3,6 και τον κόπο που νιώσαν να είναι στο 3,4, οι χρήστες δεν θεώρησαν την διαδικασία ιδιαίτερα ξεκούραστη. Αυτό μπορεί να οφείλεται μεμονωμένα στην χρήση των γυαλιών, τα οποία δημιουργούν έναν ακόμα παράγοντα κόπωσης, αλλά πιθανότατα να είναι ένδειξη ότι η εφαρμογή, σε μελλοντικές τροποποιήσεις, θα πρέπει να δώσει περισσότερη έμφαση στην απλούστευση της, για την μείωση της κόπωσης του χρήστη.

Μέγεθος	Μέση Τιμή
αντιληπτική δραστηριότητα	3,6
σωματική δραστηριότητα	2,2
χρονική πίεση	1
κόπος	3,4
ανασφάλεια/ενόχληση	2
επιτυχία	4,4

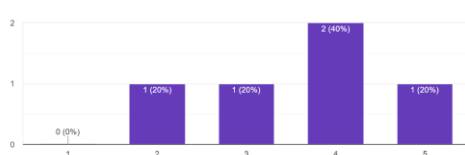
Πόση χρονική πίεση έναισιες λόγω του ρυθμού που συνέβαινε η εργασία;
5 απαντήσεις



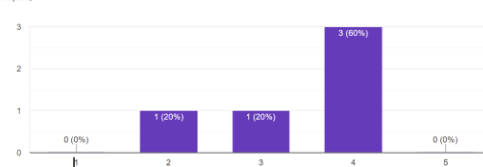
Πόση σωματική δραστηριότητα απαιτούσε (π.χ. σπρώξιμο, τράβηγμα, στρίψιμο, έλεγχο κουμπιών, ενεργοποίηση κουμπιών κλπ);
5 απαντήσεις



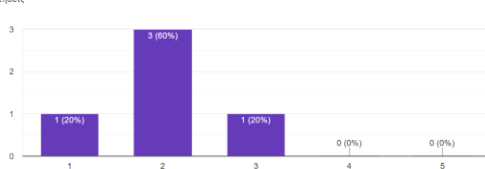
Πόση νοητική και αντιληπτική δραστηριότητα απαιτείτο (π.χ. σκέψη, λήψη αποφάσεων, υπολογισμό, να θυμάστε, αναζήτηση, ψάξιμο, κλπ);
5 απαντήσεις



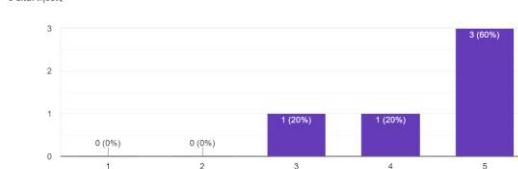
Πόσο σκληρά έπρεπε να εργαστείς (διανοητικά και σωματικά) για να επιτύχεις αυτό το επίπεδο απόδοσης;
5 απαντήσεις



Πόσο ανασφαλής, αποθαρρυνμένος/η, εκνευρισμένος/η, αγχωμένος/η και ενσκημένος/η έναισιες κατά τη διάρκεια της εργασίας που εκτελούσες;
5 απαντήσεις



Πόσο επιτυχημένος/η θεωρείς ότι ήσουν στο να επιτύχεις τους στόχους της εργασίας που σου δόθηκε από τον υπεύθυνο του πειράματος;
5 απαντήσεις



Εικόνες 50 & 51 & 52 & 53 & 54. Αποτελέσματα ερωτηματολογίου NASA-TLX

•Εμβύθιση των παικτών (IEQ)

Το ερωτηματολόγιο αυτό αξιολογεί την γενικότερη εμπειρία χρήστη και αποτελείται από 28 ερωτήσεις. Κάθε μία από αυτές τις ερωτήσεις εμπίπτουν στις ακόλουθες κατηγορίες οπότε τα αποτελέσματα δίνονται ανά κατηγορία. Ακολούθως θα αναλυθούν οι τέσσερις κατηγορίες και οι τιμές που προέκυψαν για την κάθε μία.

Μέγεθος	Μέση Τιμή
Εστιασμένη Προσοχή - Focused Attention	3,62
Εκλαμβανόμενη Χρησιμότητα - Perceived Usability	2,15
Αισθητική Ελκυστικότητα - Aesthetic Appeal	4,2
Ανταμοιβή - Reward	4,38

Εστιασμένη Προσοχή - Focused Attention

Η κατηγορία αυτή αναλύει το κατά πόσον ο χρήστης αφέθηκε στην εμπειρία και έχασε την αίσθηση του χρόνου και του χώρου. Ένα υψηλό αποτέλεσμα σημαίνει ότι η εφαρμογή κράτησε την προσοχή του χρήστη και το ενδιαφέρον του. Η τιμή 3,62 είναι αρκετά καλή ωστόσο πρέπει να λάβουμε υπόψιν ότι το πείραμα έγινε σε έναν οικιακό χώρο που είναι πιο δύσκολο να αφηθεί πλήρως ο χρήστης, καθώς ο χώρος και τα ερεθίσματα είναι πιο περιορισμένα. Επιπλέον το αποτέλεσμα μπορεί να δικαιολογηθεί από το ότι μερικές φορές έπρεπε να διακοπεί το πείραμα για να ξεκουραστούν τα μάτια του χρήστη.

Εκλαμβανόμενη Χρηστικότητα - Perceived Usability

Το κομμάτι αυτό του ερωτηματολογίου διερευνά αρνητικά συναισθήματα που μπορεί να είχε ο χρήστης κατά την διάρκεια της διενέργειας του πειράματος. Εδώ είναι θετική η χαμηλή τιμή που εμφανίζεται, η οποία όμως δεν είναι και μηδαμινή. Το αποτέλεσμα αυτό έρχεται σε συμφωνία με το ερωτηματολόγιο NASA-TLX και πιθανόν να σχετίζεται με τεχνικά ζητήματα της συσκευής, προγραμματιστικά σφάλματα, καθώς και ίσως μεγαλύτερη πολυπλοκότητα από όσο θα ήταν απαραίτητη, με αποτέλεσμα να μην είναι εύκολη η επίτευξη όλων των στόχων.

Αισθητική Ελκυστικότητα - Aesthetic Appeal

Το κομμάτι αυτό του ερωτηματολογίου σχετίζεται με το κατά πόσον άρεσε αισθητικά η εφαρμογή στους χρήστες. Φυσικά εδώ το αποτέλεσμα είναι αρκετά θετικό ωστόσο πιθανότατα να παίζει και ρόλο η εντυπωσιακή φύση της συσκευής. Δεδομένου ότι οι χρήστες δεν βρίσκονταν στον φυσικό χώρο του μουσείου, η ύπαρξη ψηφιακών εκθεμάτων τράβηξε την προσοχή και δώσανε πολύ προσοχή σε αυτά, κατά την διάρκεια του πειράματος.

Ανταμοιβή – Reward

Η υψηλή τιμή σε αυτό το κομμάτι του ερωτηματολογίου σημαίνει ότι οι χρήστες ένιωσαν ότι ήταν επιτυχημένοι αναφορικά με τους στόχους που έπρεπε να επιτευχθούν.

4.2.4 Ερωτήσεις Διερεύνησης Ερευνητικού Ερωτήματος και συνέντευξη

Κατά την διάρκεια της συνέντευξης υπήρξε ομόφωνη συμφωνία για την χρησιμότητα εκπαιδευτικών εφαρμογών μικτής πραγματικότητας σε χώρους πολιτισμού. Συγκεκριμένα κάποιες από τις παρατηρήσεις που έγιναν ήταν οι εξής:

- Η εφαρμογή HoloMuseum προσφέρει έναν εναλλακτικό διαδραστικό τρόπο αλληλεπίδρασης με τον χώρο του μουσείου και τα εκθέματα, ο οποίος έχει σίγουρα σαν αποτέλεσμα το αυξημένο ενδιαφέρον του χρήστη και την μεγαλύτερη εμπλοκή του, ειδικά νεώτερων ηλικιών που εξ'αρχής δυσκολεύονται να βρουν ενδιαφέρον στην κλασική περιήγηση ενός μουσειακού χώρου.

- Οι χρήστες, στο μικρό χρονικό διάστημα που χρησιμοποίησαν την εφαρμογή, φαίνεται να αποκόμισαν αρκετές πληροφορίες, ακόμα και αν δεν κατάφεραν να ολοκληρώσουν την διαδικασία του quiz. Έτσι κάνανε την παρατήρηση ότι στο φυσικό χώρο του μουσείου σίγουρα θα δίνουν περισσότερη προσοχή στα ίδια τα εκθέματα, με κίνητρο την επίτευξη των στόχων της εφαρμογής.

Κεφάλαιο 5 - Προεκτασεις και Επίλογος

5.1 Μελλοντικές Προεκτάσεις

Η τεχνολογία της μικτής πραγματικότητας δεν είναι ακόμα ευρέως διαδεδομένη, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει μεγάλη εξοικίωση μαζί της. Συγκεκριμένα τα γυαλιά Hololens 1 ενώ προσφέρουν πολλές και εντυπωσιακές δυνατότητες, έχουν ένα υπολογίσιμο βάρος και κάποιους περιορισμούς. Με την έλευση των Hololens 2, πολλά από τα ζητήματα αυτά λύθηκαν καθώς η καινούργια συσκευή έχει μικρότερο βάθος και μεγαλύτερη υπολογιστική ισχύ. Επίσης, δίνουν την δυνατότητα στον σχεδιαστή να ενσωματώσει την ανίχνευση της κίνησης των ματιών με αποτελέσματα να είναι πολύ πιο εύκολος ο χειρισμός του gaze και της αλληλεπίδρασης του χρήστη με την εφαρμογή.

Μελλοντικά, θα μπορούσαν να ενσωματωθούν περισσότερα κομμάτια που να εκμεταλεύονται την χωρική χαρτογράφηση που παρέχουν τα Hololens. Ιδανικά η εφαρμογή θα έχει εσωτερικά τα δεδομένα των διαφόρων μονοπατιών που μπορεί να ακολουθήσει κάποιος στο μουσείο και θα μπορούσε να παρέχει διάφορες διαδρομές περιήγησης με διαφορετικά checkpoints.

Με την εκμετάλλευση των διαφόρων δυνατοτήτων της μικτής πραγματικότητας, ο χρήστης δείχνει αυξημένο ενδιαφέρον στην εφαρμογή και έτσι είναι μία εξαιρετικά κατάλληλη τεχνολογία για εκπαιδευτικές εφαρμογές. Πρέπει ωστόσο να δωθεί προσοχή έτσι ώστε το τεχνολογικό κομμάτι να μην επισκιάσει το εκπαιδευτικό. Όσο το ευρύ κοινό εξοικιώνεται περισσότερο με τις νέες τεχνολογίες εκτεταμένης πραγματικότητας, ο κίνδυνος αυτό θα μειώνεται. Θα βοηθούσε, ωστόσο, να εισαγόταν στην εφαρμογή ένα εισαγωγικό κομμάτι για να συνηθίσει ο χρήστης το περιβάλλον, πριν ξεκινήσει η πρώτη φάση. Αυτό θα βελτίωνε την απόδοση των χρηστών αναφορικά και με τον χειρισμό της συσκευής.

Για να εμπλουτιστεί η μουσειακή εμπειρία θα ήταν να βοηθητικό να υπήρχε υλικό, σε μορφή βίντεο ή και συμπληρωματικών φωτογραφιών, που να αντιστοιχεί στα εκθέματα και έτσι να "επαυξάνεται" ακόμα περισσότερη η εμπειρία. Να δωθούν δηλαδή κάποια στοιχεία στα εκθέματα που δεν είναι πολύ εύκολο να ενσωματωθούν στον χώρο του μουσείου, αλλά μπορούν εύκολα να προσβαστούν μέσω ενός ψηφιακού μέσου.

Επιπλέον, σε έναν δεύτερο σχεδιασμό της εφαρμογής HoloMuseum, θα έπρεπε να γίνει ένα εκτενέστερο user testing προσανατολισμένο αποκλειστικά γύρω από την εμπειρία χρήστη, προκειμένου να διαμορφωθούν κάποια guidelines. Θα έπρεπε να προσαρμοστούν οι γραμματοσειρές, το μέγεθος των γραμμών, η διαφάνειά τους, καθώς και η απόσταση των κειμένων από τον χρήστη, μεταξύ άλλων.

Τέλος, να σημειωθεί ότι η κίνηση των παραθύρων γύρω από τον χρήστη, αλλά και των βελών αντίστοιχα, σχεδιάστηκε ώστε να βρίσκεται στην τροχιά ενός κύκλου με σταθερή ακτίνα, η οποία λαμβάνει μία ελάχιστη και μία μέγιστη τιμή. Αυτή η σχεδίαση ανταποκρίνεται πολύ καλά στον χώρο του μουσείου, που οι τοίχοι βρίσκονται μακριά από τον χρήστη. Ωστόσο στον χώρο ενός σπιτιού αυτό έχει αποτέλεσμα συχνά τα κινούμενα ολογράμματα να μπαίνουν μέσα στους τοίχους και να χάνονται από το οπτικό πεδίο του χρήστη, δημιουργώντας στιγμιαία σύγχυση. Ιδανικά, σε ένα επόμενο στάδιο, η εφαρμογή θα ενσωματώνει την ύπαρξη των τοίχων μέσα στην σχεδίασή της.

Τέλος, προκειμένου να είναι πιο ξεκάθαρη η ροή της εφαρμογής θα μπορούσε να παίζει διαφορετικό ηχητικό κλιπ σε κάθε φάση της εφαρμογής.

5.2 Επίλογος

Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάστηκε πλήρως ο σχεδιασμός και το θεωρητικό υπόβαθρο μίας εκπαιδευτικής εφαρμογής μικτής πραγματικότητας, προσανατολισμένη γύρω από ένα μουσειακό περιβάλλον. Μπορούμε εύκολα να συμπεράνουμε ότι μία τέτοια τεχνολογική προσθήκη στον χώρο ενός μουσείου, ή και σε οποιοδήποτε άλλο πολιτιστικό ή ιστορικό χώρο, μόνο θετικά αποτελέσματα έχει. Επιπλέον αν συνδιαστούν οι τεχνολογίες εκτεταμένης πραγματικότητας με μία καινοτόμα προσέγγιση αναφορικά με την διαδικασία της μάθησης, όπως είναι η δημιουργία μίας σύντομης και ανατροφοδοτούμενης εκπαιδευτικής διαδικασίας, το ενδιαφέρον για τους πολιτιστικούς χώρους μπορεί να αυξηθεί δραματικά.

Παράρτημα Α'

Κώδικας Εφαρμογής

Παρατίθενται αλφαβητικά τα scripts και κάποια από τα objects στα οποία επισυνάπτονται.

ArrowHandler.cs [\[32\]](#)

Επισυνάπτεται στο prefab **GuideArrow** για να δώσει την επιθυμητή λειτουργία στο κατευθυντήριο βέλος.

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using Microsoft.MixedReality.Toolkit;
using Microsoft.MixedReality.Toolkit.Utilities.Solvers;
public class ArrowHandler : Solver
{
    // Start is called before the first frame update

    // Update is called once per frame

    public float forward = 2.0f;
    public float right = 1.0f;
    public float vertical = 1.0f;

    [Tooltip("the min distance between camera and target that the arrow
disappears.")]
    public float MinDistance = 2f;
    [Tooltip("the max view angle that defines if target is in FOV")]
    public float viewAngle = 45; //

    [Tooltip("The GameObject transform to point the indicator towards when this object
is not in view.\n\nThe frame of reference for viewing is defined by the Solver Handler
Tracked Target Type")]
    public Transform DirectionalTarget;
    public bool pinned = false;
    public Component[] renderers;
```

```

public override void SolverUpdate()
{
    var referenceParent = gameObject.transform.parent.transform; //parent slide
    var referenceCamera = SolverHandler.TransformTarget;
    float cameraToTargetDistance = (referenceCamera.position
DirectionalTarget.position).magnitude;
    if (DirectionalTarget is null) return;

    if (cameraToTargetDistance < MinDistance && IsInFOV
(DirectionalTarget.gameObject) )

    {
        MakeInvisible(gameObject); //if camera is close to target and target in in field
of view
    }
    else
    {
        MakeVisible(gameObject);
    }

    GoalPosition = referenceCamera.position + referenceCamera.forward * forward +
referenceCamera.right * right + referenceCamera.up * vertical;

    /**Calculating Rotation**/
    Vector3 trackerToTargetDirection = (DirectionalTarget.position -
GoalPosition).normalized;

    // Project the vector (from the frame of reference (SolverHandler target) to the
Directional Target) onto the "viewable" plane which is the z-x plane. (vector.up is the y
axis normal)
    Vector3 indicatorDirection = Vector3.ProjectOnPlane(trackerToTargetDirection,
Vector3.up).normalized;

    // If the our indicator direction is 0, set the direction to the right.
    // This will only happen if the frame of reference (SolverHandler target) is facing
directly away from the directional target.
    if (indicatorDirection == Vector3.zero)
    {
        indicatorDirection = referenceCamera.right;
    }
}

```

```

    GoalRotation = Quaternion.LookRotation(indicatorDirection, Vector3.up);
    //*****//
}

bool IsInFOV(GameObject obj)
{
    var referenceCamera = SolverHandler.TransformTarget;

    // Get the direction to the object
    var directionToObject = (obj.transform.position -
referenceCamera.position).normalized;

    // Calculate the angle to the object and check if it's inside our viewAngle.
    bool isInsideAngle = Vector3.Angle(referenceCamera.forward, directionToObject)
< viewAngle;

    return isInsideAngle;
}

public void MakeInvisible(GameObject obj)
{
    renderers = obj.transform.GetComponentsInChildren<MeshRenderer>();
    foreach (MeshRenderer joint in renderers)
    {
        joint.enabled = false;
    }
}

public void MakeVisible(GameObject obj)
{
    renderers = obj.transform.GetComponentsInChildren<MeshRenderer>();
    foreach (MeshRenderer joint in renderers)
    {
        joint.enabled = true;
    }
}
}

```

```
using System.Xml;
using System.Xml.Serialization;
```

```
public class Art
{
    [XmlAttribute("number")]
    public int number;

    [XmlAttribute("category")]
    public string category;

    public string decription;
    public string title;
    public string image;
}
```

ArtContainer.cs [\[37\]](#) [\[38\]](#) [\[39\]](#)

```
using System.Collections.Generic;
using System.Xml;
using System.Xml.Serialization;
using System.IO;
using UnityEngine;
#if WINDOWS_UWP
using Windows.Storage;
using System.Threading.Tasks;
using Windows.Data.Xml.Dom;
using System;
using Windows.Storage.Streams;
#endif
```

```
[XmlRoot("App")]
```

```
public class ArtContainer
{
    [XmlArray("arts"), XmlArrayItem("art")]
    public Art[] Arts;

    public static ArtContainer Load(string path)
```

```

{
    var serializer = new XmlSerializer(typeof(ArtContainer));
    ArtContainer deserialized = null;
    string path2;

#if WINDOWS_UWP

    path2 = Path.GetFullPath(Path.Combine(Application.persistentDataPath + "/" +
"data.xml"));
    try
    {
        using (FileStream reader = File.Open(path2, FileMode.Open))
        {
            return serializer.Deserialize(reader) as ArtContainer;
        }
    }
    catch (System.Exception e)
    {
        Debug.LogWarningFormat("Error loading animation : {0}", e.Message);
        return deserialized;
    }

#else

    using (var stream = new FileStream(path, FileMode.Open))
    {
        return serializer.Deserialize(stream) as ArtContainer;
    }

#endif

}
}

```

ArtController.cs

Διαχειρίζεται την θέση των spatial anchors αναφορικά με τα ψηφιακά εκθέματα.

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using Microsoft.MixedReality.Toolkit.Experimental.Utilities;

```

```

public class ArtController : MonoBehaviour
{
    /*Creates spatial anchors for artifact and updates them between sessions depending
    to where the designer places them*/

    WorldAnchorManager MyManager;
    //variables to recognise artifacts
    public int number;
    public string category;
    void Awake()
    {
        MyManager = gameObject.GetComponent<WorldAnchorManager>();
    }

    public void onPlace() //when the art is placed a spatial anchor is created or updated
    at the store
    {
        MyManager.AttachAnchor(gameObject);
        Debug.Log("AnchorAttached");
    }

    public void onPickUp()//when the art is beign moved a spatial anchor is deleted at
    the store
    {
        MyManager.RemoveAnchor(gameObject);
        Debug.Log("AnchorRemoved");
    }
}

```

Extensions.cs

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

```

```
public static class Extensions
{
    public static bool HasComponent<T>(this GameObject obj) where T : Component
    {
        return obj.GetComponent<T>() != null;
    }
}
```


IntroContainer.cs [\[37\]](#) [\[38\]](#) [\[39\]](#)

```
using System.Collections.Generic;
using System.Xml;
using System.Xml.Serialization;
using System.IO;
using UnityEngine;

[XmlRoot("App")]

public class IntroContainer
{
    [XmlArray("intro"), XmlArrayItem("page")]
    public IntroPage[] Pages;

    public static IntroContainer Load(string path)
    {
        var serializer = new XmlSerializer(typeof(IntroContainer));
        IntroContainer deserialized = null;
        string path2;
#if WINDOWS_UWP
        path2 = Path.GetFullPath(Path.Combine(Application.persistentDataPath + "/" +
"data.xml"));
        try
        {
            using (FileStream reader = File.Open(path2, FileMode.Open))
            {
                return serializer.Deserialize(reader) as IntroContainer;
            }
        }
        catch (System.Exception e)
        {
            Debug.LogWarningFormat("Error loading animation : {0}", e.Message);
            return deserialized;
        }
#else
        using (var stream = new FileStream(path, FileMode.Open))
        {
            return serializer.Deserialize(stream) as IntroContainer;
        }
#endif
    }
}
```

```
}
```

```
#endif
```

```
}
```

```
}
```

IntroPage.cs [\[37\]](#)

```
using System.Xml;
using System.Xml.Serialization;

public class IntroPage
{
    [XmlAttribute("number")]
    public int number; //identifier attribute

    public string image;
    public string dialogue;
    public int directional; //numerical identifier of a corresponding Art GameObject}
```

IntroPageController.cs

Επισυνάπτεται στο prefab IntroPagePrefab για να δώσει την επιθυμητή λειτουργία στο εισαγωγικό παράθυρο.

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class IntroPageController : MonoBehaviour
{

    public int number; //identifier attribute

    public void NextPage()
    {
        int numOfPages = gameObject.transform.parent.transform.childCount;

        gameObject.SetActive(false); //deactivate this page

        if (number == numOfPages-1) //end of pages
        {
```

```
        return;
    }

    //place next page at the same place as this one
    gameObject.transform.parent.GetChild(number + 1).transform.position =
gameObject.transform.position;
    gameObject.transform.parent.GetChild(number + 1).transform.rotation =
gameObject.transform.rotation;

    gameObject.transform.parent.GetChild(number + 1).gameObject.SetActive(true);
//activate next page

    // place next guide arrow at the same place as this one
    gameObject.transform.parent.GetChild(number +
1).Find("GuideArrow").transform.position =
gameObject.transform.Find("GuideArrow").transform.position;
    gameObject.transform.parent.GetChild(number +
1).Find("GuideArrow").transform.rotation =
gameObject.transform.Find("GuideArrow").transform.rotation;

    //Debug.Log(number);
}

public void PreviousPage()
{
    int index = transform.GetSiblingIndex();

    //deactivate this page
    gameObject.SetActive(false);

    //place previous previous at the same place as this one
    gameObject.transform.parent.GetChild(index - 1).transform.position =
gameObject.transform.position;
    gameObject.transform.parent.GetChild(index - 1).transform.rotation =
gameObject.transform.rotation;

    gameObject.transform.parent.GetChild(index - 1).gameObject.SetActive(true);
//activate previous page

    // place previous guide arrow at the same place as this one
    if (index != 0)
    {
```

```
        gameObject.transform.parent.GetChild(index -
1).Find("GuideArrow").transform.position =
gameObject.transform.Find("GuideArrow").transform.position;
        gameObject.transform.parent.GetChild(index -
1).Find("GuideArrow").transform.rotation =
gameObject.transform.Find("GuideArrow").transform.rotation;
    }
/*    gameObject.transform.parent.GetChild(index -
1).Find("GuideArrow").transform.position =
gameObject.transform.Find("GuideArrow").transform.position;
        gameObject.transform.parent.GetChild(index -
1).Find("GuideArrow").transform.rotation =
gameObject.transform.Find("GuideArrow").transform.rotation;

*/
    }

}
}
```

MainManager.cs [\[37\]](#)

Επισυνάπτεται στο object Manager και είναι το πιο βασικό από τα scripts.

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using System.IO;
using UnityEngine.UI;
using TMPro;
using Microsoft.MixedReality.Toolkit.UI;
using Microsoft.MixedReality.Toolkit.Utilities.Solvers;
using System.Threading;

public class MainManager : MonoBehaviour
{

    public GameObject quiz;
    public GameObject intro;
    public GameObject arts;

    public GameObject artPrefab;
    public GameObject introPrefab;
    public GameObject quizPrefab;

    public AnswerTriple[] answers; //all answers for a quiz answering session

    public bool activeQuiz; //indicates if an answering session is on

    void Awake()
    {

        GameObject.Find("MixedRealityPlayspace/Diagnostics").SetActive(false);

        PopulateArt();
        PlaceArt();

    }

    void PopulateArt() {
```

```

    var ArtCollection = ArtContainer.Load(Path.Combine(Application.dataPath,
"Resources/data.xml"));
    foreach(Art art in ArtCollection.Arts)
    {
        GameObject myArt=Instantiate(artPrefab, new Vector3(0, 0, 0),
Quaternion.identity); //create new art instant

        myArt.transform.parent = arts.transform; //make this child to Artifacts in
hierarchy

                                //populate it with data from ArtCollection

        //add title

myArt.transform.Find("Interface").Find("title").GetComponent<TextMeshPro>().text
= art.title;
        //add description

myArt.transform.Find("Interface").Find("description").GetComponent<TextMeshPro>
().text = art.decription;

        //add art number
myArt.transform.GetComponent<ArtController>().number = art.number;
myArt.name = "Art" + art.number;

        //add category
myArt.transform.GetComponent<ArtController>().category = art.category;

        //add image
string ImageName = art.image + "Back";
MeshRenderer mr =
myArt.transform.Find("Sphere").GetComponent<MeshRenderer>();
mr.material= Resources.Load(ImageName, typeof(Material)) as Material;
myArt.gameObject.SetActive(false);

    }

}

```



```

void populateIntro()
{
    var IntroPageCollection =
IntroContainer.Load(Path.Combine(Application.dataPath, "Resources/data.xml"));
    foreach (IntroPage page in IntroPageCollection.Pages)
    {
        GameObject myPage = Instantiate(introPrefab, new Vector3(0, 0, 0),
Quaternion.identity); //create new introPage instant

        myPage.transform.parent = intro.transform; //make this child to intro in
hierarchy

//populate it with data from IntroPageCollection

//add dialogue
myPage.transform.Find("text").GetComponent<TextMeshPro>().text =
page.dialogue;

//add page number
myPage.transform.GetComponent<IntroPageController>().number =
page.number;
myPage.name = "Page" + page.number;

        GameObject ButtonLabel =
myPage.transform.Find("ButtonNext").transform.GetChild(0).transform.Find("Text").ga
meObject;
        GameObject ButtonPrevious =
myPage.transform.Find("ButtonPrevious").gameObject;

        if (page.number == IntroPageCollection.Pages.Length - 1)
ButtonLabel.GetComponent<TextMeshPro>().text = "Finish"; //Finish label in last
page
        if (page.number == 0) ButtonPrevious.SetActive(false); // not previous button
at the 1st page

//add directional arrow to corresponding artifact or deactivate arrow
if (page.directional == -1) //for pages that should point at an artifact
{
    myPage.transform.Find("GuideArrow").gameObject.SetActive(false);
}

```

```

    }
    else if(page.directional == -2) //for pages that shouldnt have an arrow nor text
    {
        myPage.transform.Find("GuideArrow").gameObject.SetActive(false);
        myPage.transform.Find("text").gameObject.SetActive(false);
    }
    else
    {

myPage.transform.Find("GuideArrow").GetComponent<ArrowHandler>().Directional
Target = arts.transform.GetChild(page.directional);
    }

    //add image
    MeshRenderer mr =
myPage.transform.Find("BigCapsule").GetComponent<MeshRenderer>();
    mr.material = Resources.Load(page.image, typeof(Material)) as Material;

    //deactivate page
    myPage.gameObject.SetActive(false);

    }
}

void populateQuiz()
{

    var QuizPageCollection =
QuizContainer.Load(Path.Combine(Application.dataPath, "Resources/data.xml"));

    foreach (QuizPage page in QuizPageCollection.Pages)
    {
        GameObject myPage = Instantiate(quizPrefab, new Vector3(0, 0, 0),
Quaternion.identity); //create new quizPage instant

        myPage.transform.parent = quiz.transform; //make this child to Quiz in
hierarchy

        //populate it with data from QuizPageCollection

        //add question
        myPage.transform.Find("question").GetComponent<TextMeshPro>().text =
page.question;

```

```

//pass page number & correct answer to the Controller
myPage.transform.GetComponent<QuizPageController>().number =
page.number;
myPage.transform.GetComponent<QuizPageController>().correct =
page.correct;
myPage.name = "Page" + page.number;

//add image
string ImageName = page.image + "Front";
MeshRenderer mr =
myPage.transform.Find("BigCapsule").GetComponent<MeshRenderer>();
mr.material = Resources.Load(page.image, typeof(Material)) as Material;
myPage.gameObject.SetActive(false);

//populate answers
myPage.transform.Find("answer1").GetComponent<TextMeshPro>().text =
page.answer1;
myPage.transform.Find("answer2").GetComponent<TextMeshPro>().text =
page.answer2;
myPage.transform.Find("answer3").GetComponent<TextMeshPro>().text =
page.answer3;
myPage.transform.Find("answer4").GetComponent<TextMeshPro>().text =
page.answer4;

//input the target of the arrow
string corrDirec = "directional" + page.correct;

myPage.transform.Find("GuideArrow").GetComponent<ArrowHandler>().Directional
Target = arts.transform.GetChild(page.directional);

//make sure only one answer is selected

myPage.transform.Find("answer1").GetComponent<Interactable>().OnClick.AddListener
(delegate () { myPage.SendMessage("AnswerSwitch", 1); });

myPage.transform.Find("answer2").GetComponent<Interactable>().OnClick.AddListener
(delegate () { myPage.SendMessage("AnswerSwitch", 2); });

myPage.transform.Find("answer3").GetComponent<Interactable>().OnClick.AddListener
(delegate () { myPage.SendMessage("AnswerSwitch", 3); });

```

```
myPage.transform.Find("answer4").GetComponent<Interactable>().OnClick.AddListener(delegate () { myPage.SendMessage("AnswerSwitch", 4); });
```

```
}
```

```
}
```

```
public void Anchor() //anchor artifacts (or undo anchor) so the user cannot move them
```

```
{
```

```
    foreach (Transform child in arts.transform)
```

```
    {
```

```
        if(child.GetComponent<TapToPlace>().enabled == false)
```

```
child.GetComponent<TapToPlace>().enabled=true;
```

```
        else child.GetComponent<TapToPlace>().enabled = false;
```

```
    }
```

```
}
```

```
public void show() //artifacts are visible. used as voice command
```

```
{
```

```
    foreach (Transform child in arts.transform)
```

```
    {
```

```
        child.gameObject.SetActive(true);
```

```
    }
```

```
}
```

```
public void hide() //artifacts are invisible. used as voice command
```

```
{
```

```
    foreach (Transform child in arts.transform)
```

```
    {
```

```
        child.gameObject.SetActive(false);
```

```
    }
```

```
}
```

```
void PlaceArt()
```

```
//All of the artifacts have an instance of the ArtPrefab that must be placed by the developer before the first session
```

```
//so the app can locate where it is positioned
```

```
//voice commands: hide/show
```

```
{
```

```
    int count = arts.transform.childCount;
```

```
    Debug.Log("placing art...");
```

```

arts.SetActive(true);

//place the artifacts in a circle around the developer
//they can move them by air-taping (TapToPlace component)

var radius = 1f;

int i = 0;
foreach (Transform child in arts.transform)
{
    var angle = i * Mathf.PI * 2 / count;
    var pos = new Vector3(Mathf.Cos(angle), 0, Mathf.Sin(angle)) * radius;
    child.gameObject.SetActive(true);
    child.transform.position = pos;
    i++;
}

public void StartIntro()
{
    GameObject camera =
GameObject.Find("MixedRealityPlayspace").transform.Find("Main
Camera").gameObject;

    Debug.Log("starting intro...");

    Empty(intro);

    populateIntro();

    intro.SetActive(true);

    intro.transform.GetChild(0).gameObject.SetActive(true); //activate first page

    //place intro in front of user, looking at the camera
    intro.transform.GetChild(0).transform.position = camera.transform.position +
camera.transform.forward * 0.5f + camera.transform.right * 0.4f;
    intro.transform.GetChild(0).transform.LookAt(camera.transform, Vector3.up);
}

public void StartQuiz() //start or restart quiz

```

```

{
    GameObject camera =
GameObject.Find("MixedRealityPlayspace").transform.Find("Main
Camera").gameObject;

    Debug.Log("starting quiz...");

    quiz.SetActive(true);
    activeQuiz = true; //when the quiz appears an answering session starts too

    //populate quiz

    Empty(quiz);
    populateQuiz();

    quiz.transform.GetChild(0).gameObject.SetActive(true); //activate first page

    //place quiz in front of user, looking at the camera
    quiz.transform.GetChild(0).transform.position = camera.transform.position +
camera.transform.forward * 0.5f +camera.transform.right * 0.4f;
    quiz.transform.GetChild(0).transform.LookAt(camera.transform, Vector3.up);

    answers =new AnswerTriple[quiz.transform.childCount];

}

public void EvaluateQuiz()
{

    int TotalPages = answers.Length;

    activeQuiz = false;

    GameObject ResPage = Instantiate(quizPrefab, new Vector3(0, 0, 0),
Quaternion.identity);
    GameObject EndPage = Instantiate(quizPrefab, new Vector3(0, 0, 0),
Quaternion.identity);

    ResPage.name = "Result";
    EndPage.name = "End";

    ResPage.transform.parent = quiz.transform; //parent new pages to quiz
    EndPage.transform.parent = quiz.transform;

```

```

ResPage.SetActive(true);
EndPage.SetActive(true);

//
ResPage.transform.position = quiz.transform.GetChild(TotalPages -
1).transform.position; //set transform same as previous page
ResPage.transform.rotation = quiz.transform.GetChild(TotalPages -
1).transform.rotation;

//background
MeshRenderer mr =
ResPage.transform.Find("BigCapsule").GetComponent<MeshRenderer>();
mr.material = Resources.Load("Pictures/Materials/Museum", typeof(Material)) as
Material;

MeshRenderer mre =
EndPage.transform.Find("BigCapsule").GetComponent<MeshRenderer>();
mre.material = Resources.Load("Pictures/Materials/Museum", typeof(Material)) as
Material;

//deactivate and activate the appropriate components
ResPage.transform.Find("answer1").gameObject.SetActive(false);
ResPage.transform.Find("answer2").gameObject.SetActive(false);
ResPage.transform.Find("answer3").gameObject.SetActive(false);
ResPage.transform.Find("answer4").gameObject.SetActive(false);

ResPage.transform.Find("GuideArrow").gameObject.SetActive(false);
ResPage.transform.Find("ButtonPrevious").gameObject.SetActive(false);
ResPage.transform.Find("question").gameObject.SetActive(false);
ResPage.transform.Find("text").gameObject.SetActive(true);

EndPage.transform.Find("answer1").gameObject.SetActive(false);
EndPage.transform.Find("answer2").gameObject.SetActive(false);
EndPage.transform.Find("answer3").gameObject.SetActive(false);
EndPage.transform.Find("answer4").gameObject.SetActive(false);

EndPage.transform.Find("GuideArrow").gameObject.SetActive(false);
EndPage.transform.Find("ButtonPrevious").gameObject.SetActive(false);
EndPage.transform.Find("question").gameObject.SetActive(false);
EndPage.transform.Find("text").gameObject.SetActive(true);

```



```
EndPage.transform.Find("text").GetComponent<TextMeshPro>().text =
"Anytime you want to restart the quiz say 'Quiz'.\n\n\nIf you want to take a look again
at the introduction say 'Intro'";
```

```
EndPage.SetActive(false);
```

```
//compute and display percentage for eval page
```

```
int percentage = 0;
```

```
foreach (AnswerTriple ans in answers) // compute percentage and place pages
with wrong answers after eval page
```

```
{
```

```
    if (ans.correct == ans.answer)
```

```
    {
```

```
        percentage += 1;
```

```
    }
```

```
    else //for every wrong answer show next the correct one
```

```
    {
```

```
        quiz.transform.Find("Page"+ ans.page).SetAsLastSibling();
```

```
        quiz.transform.Find("Page" +
```

```
ans.page).transform.Find("answer1").GetComponent<Interactable>().IsEnabled = false;
```

```
        quiz.transform.Find("Page" +
```

```
ans.page).transform.Find("answer2").GetComponent<Interactable>().IsEnabled = false;
```

```
        quiz.transform.Find("Page" +
```

```
ans.page).transform.Find("answer3").GetComponent<Interactable>().IsEnabled = false;
```

```
        quiz.transform.Find("Page" +
```

```
ans.page).transform.Find("answer4").GetComponent<Interactable>().IsEnabled = false;
```

```
        quiz.transform.Find("Page" +
```

```
ans.page).transform.Find("answer1").GetComponent<Interactable>().IsToggled = false;
```

```
        quiz.transform.Find("Page" +
```

```
ans.page).transform.Find("answer2").GetComponent<Interactable>().IsToggled = false;
```

```
        quiz.transform.Find("Page" +
```

```
ans.page).transform.Find("answer3").GetComponent<Interactable>().IsToggled = false;
```

```
        quiz.transform.Find("Page" +
```

```
ans.page).transform.Find("answer4").GetComponent<Interactable>().IsToggled = false;
```

```

        quiz.transform.Find("Page" + ans.page).transform.Find("answer" +
ans.correct).GetComponent<Interactable>().IsEnabled = true;
        quiz.transform.Find("Page" + ans.page).transform.Find("answer" +
ans.correct).GetComponent<Interactable>().IsToggled=true;
        quiz.transform.Find("Page" + ans.page).transform.Find("answer" +
ans.correct).GetComponent<Interactable>().CanDeselect = false;
        quiz.transform.Find("Page" + ans.page).transform.Find("answer" +
ans.correct).GetComponent<Interactable>().CanSelect = false;
        quiz.transform.Find("Page" + ans.page).transform.Find("answer" +
ans.correct).Find("border").gameObject.SetActive(true);

```

```

    }
}

```

```

EndPage.transform.SetAsLastSibling(); //place endpage last

```

```

percentage *= 100;
percentage /= TotalPages;
ResPage.transform.Find("text").GetComponent<TextMeshPro>().text = "You
have scored: "+percentage+"%\n\n\n Air Tap 'next' to check the correct
answers.\n\n\n Follow the arrow to check the artifacts on your own.";

```

```

}
public void SaveAnswer(int[] message) //saves the answer that the user gave for a
quiz page
//receives message from QuizPageController
{
    AnswerTriple temp = new AnswerTriple() { page = message[0], answer=
message[1], correct= message[2] };

    answers[message[0]] = temp;
}

```

```

public struct AnswerTriple
{
    public int page; //quiz page
    public int answer; //answer given by the user
    public int correct; //coreect answer
}

```

```
}
```

```
void Empty(GameObject obj)
{
    var children = new List<GameObject>();
    foreach (Transform child in obj.transform) children.Add(child.gameObject);
    children.ForEach(child => Destroy(child));
    obj.transform.DetachChildren(); // make childcount 0 because destroyed objects
don't get removed until the end of the frame
}
```

MenuSolver.cs [\[32\]](#)

Επισυνάπτεται στο prefab IntroPagePrefab ώστε να απενεργοποιείται ο RadialSolver όταν ο χρήστης κοιτάει απευθείας το εισαγωγικό παράθυρο.

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using Microsoft.MixedReality.Toolkit;
using Microsoft.MixedReality.Toolkit.Utilities.Solvers;
public class MenuSolver : Solver
{
    public float forward = 2.0f;
    public float right = 1.0f;
    public float vertical = 1.0f;

    public override void SolverUpdate()
    {
        /*var reference = SolverHandler.TransformTarget;
        GoalPosition = reference.position + reference.forward * forward + reference.right
        * right + reference.up * vertical;*/

        //if gaze is on either intro window or any child stop the intro window from
        moving
        if (CoreServices.InputSystem.GazeProvider.GazeTarget == gameObject
            || CoreServices.InputSystem.GazeProvider.GazeTarget ==
gameObject.transform.GetChild(0).gameObject
            || CoreServices.InputSystem.GazeProvider.GazeTarget ==
gameObject.transform.GetChild(1).gameObject
            || CoreServices.InputSystem.GazeProvider.GazeTarget ==
gameObject.transform.GetChild(2).transform.GetChild(0).gameObject
            || CoreServices.InputSystem.GazeProvider.GazeTarget ==
gameObject.transform.GetChild(3).transform.GetChild(0).gameObject
            || CoreServices.InputSystem.GazeProvider.GazeTarget ==
gameObject.transform.GetChild(4).gameObject
            || CoreServices.InputSystem.GazeProvider.GazeTarget ==
gameObject.transform.GetChild(5).gameObject)
        {
            gameObject.GetComponent<RadialView>().enabled=false;
            //LogCurrentGazeTarget();
        }
    }
}
```

```

        else
        {
            gameObject.GetComponent<RadialView>().enabled = true;
        }
    }

    public void LogCurrentGazeTarget()
    {
        if (CoreServices.InputSystem.GazeProvider.GazeTarget)
        {
            Debug.Log("User gaze is currently over game object: "
                + CoreServices.InputSystem.GazeProvider.GazeTarget);
        }
    }
}

```

PinController.cs

Επισυνάπτεται στο prefab PinButton προκειμένου να απενεργοποιηθεί ή να ξαναενεργοποιηθεί ο RadialSolver στο εκάστοτε παράθυρο.

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using Microsoft.MixedReality.Toolkit.UI;
using Microsoft.MixedReality.Toolkit.Utilities.Solvers;
public class PinController : MonoBehaviour
{
    // Start is called before the first frame update

    public void CheckState()
    {
        //Debug.Log("click");
        bool Toggled = gameObject.GetComponent<Interactable>().IsToggled;
        GameObject thisSlide = gameObject.transform.parent.gameObject;
        GameObject Container = thisSlide.transform.parent.gameObject;
    }
}

```

```

if (Toggled)
{ // pin this slide and all siblings slides
  for (int i = 0; i < Container.transform.childCount ; i++)
  {
    PinItem(Container.transform.GetChild(i).gameObject);
  }

}
else
{ // unpin this slide and all siblings slides
  for (int i = 0; i < Container.transform.childCount; i++)
  {
    UnpinItem(Container.transform.GetChild(i).gameObject);
  }
}
}

void PinItem(GameObject slide)
{
  slide.transform.Find("GuideArrow").GetComponent<ArrowHandler>().pinned =
true;

  slide.transform.Find("PinButton").gameObject.GetComponent<Interactable>().IsToggl
ed=true;

  slide.transform.Find("PinButton").transform.Find("UIButtonSquareIcon").transform.eul
erAngles = new Vector3( //rotate pin icon
    gameObject.transform.eulerAngles.x,
    gameObject.transform.eulerAngles.y,
    gameObject.transform.eulerAngles.z + 45 );

  if (slide.GetComponent<MenuSolver>()) //check if the game object is the intro or
the quiz
  {
    //Debug.Log("pin" + "menu");
    slide.GetComponent<MenuSolver>().enabled = false;
  }
  else
  {
    //Debug.Log("pin" + "quiz");
    slide.GetComponent<QuizSolver>().enabled = false;
  }
}

```

```

    }

    slide.transform.GetComponent<RadialView>().enabled = false;
}

void UnpinItem(GameObject slide)
{
    slide.transform.Find("GuideArrow").GetComponent<ArrowHandler>().pinned =
false;

    slide.transform.Find("PinButton").gameObject.GetComponent<Interactable>().IsToggl
ed = false;

    slide.transform.Find("PinButton").transform.Find("UIButtonSquareIcon").transform.eul
erAngles = new Vector3( //rotate pin icon
        gameObject.transform.eulerAngles.x,
        gameObject.transform.eulerAngles.y,
        gameObject.transform.eulerAngles.z - 45);

    if (slide.GetComponent<MenuSolver>())
    {
        //Debug.Log("unpin" + "menu");
        slide.GetComponent<MenuSolver>().enabled = true;
    }
    else
    {
        //Debug.Log("unpin"+"quiz");
        slide.GetComponent<QuizSolver>().enabled = true;
    }

    slide.GetComponent<RadialView>().enabled = true;
}

}

```

QuizContainer.cs [\[37\]](#) [\[38\]](#) [\[39\]](#)

```
using System.Collections.Generic;
using System.Xml;
using System.Xml.Serialization;
using System.IO;
using UnityEngine;

[XmlRoot("App")]

public class QuizContainer
{
    [XmlArray("quiz"), XmlArrayItem("page")]
    public QuizPage[] Pages;

    public static QuizContainer Load(string path)
    {
        var serializer = new XmlSerializer(typeof(QuizContainer));
        QuizContainer deserialized = null;
        string path2;
#if WINDOWS_UWP
        path2 = Path.GetFullPath(Path.Combine(Application.persistentDataPath + "/" +
"data.xml"));
        try
        {
            using (FileStream reader = File.Open(path2, FileMode.Open))
            {
                return serializer.Deserialize(reader) as QuizContainer;
            }
        }
        catch (System.Exception e)
        {
            //Debug.LogWarningFormat("Error loading animation : {0}", e.Message);
            return deserialized;
        }
#else
        using (var stream = new FileStream(path, FileMode.Open))
```



```
    {  
        return serializer.Deserialize(stream) as QuizContainer;  
    }  
  
#endif  
}  
}
```

QuizPage.cs [\[37\]](#)

```
using System.Xml;
using System.Xml.Serialization;

public class QuizPage
{
    [XmlAttribute("number")]
    public int number;

    public string question;
    public string image;

    public string answer1;
    public string answer2;
    public string answer3;
    public string answer4;

    public int correct;

    public int directional;
    public int directional1;
    public int directional2;
    public int directional3;
    public int directional4;
}
```

QuizPageController.cs

Επισυνάπτεται στο prefab QuizPagePrefab για να δώσει την επιθυμητή λειτουργία στο εισαγωγικό παράθυρο αναφορικά με την αλλαγή των σελιδών αλλά και τις λειτουργίες του quiz.

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using Microsoft.MixedReality.Toolkit.UI;
using TMPro;

public class QuizPageController : MonoBehaviour
{
    public int number; //identifier attribute -----check if needed
    public int correct; // shows correct answer ----
    bool activeQuiz;

    public void NextPage()
    {
        int numOfPages = gameObject.transform.parent.transform.childCount;
        int index = transform.GetSiblingIndex();
        GameObject manager = GameObject.Find("Manager");

        activeQuiz = manager.GetComponent<MainManager>().activeQuiz;

        //deactivate this page
        gameObject.SetActive(false);

        //GameObject ButtonPrevious = gameObject.transform.parent.GetChild(index +
        1).transform.Find("ButtonPrevious").gameObject;

        if (index == numOfPages - 2)
        {
            GameObject ButtonNextLabel = gameObject.transform.parent.GetChild(index
+
1).transform.Find("ButtonNext").transform.GetChild(0).transform.Find("Text").gameO
bject;
            //if it is the last page the next button says "Finish"
            ButtonNextLabel.GetComponent<TextMeshPro>().text = "Finish";
        }
    }
}
```

```
//if the user is answering questions
if (activeQuiz)
{
    SendAnswer();

    if (index == numOfPages - 1) //return if final page
    {
        manager.SendMessage("EvaluateQuiz");
        return;
    }
}
else
{
    //gameObject.transform.Find("GuideArrow").gameObject.SetActive(false);
    if (index == numOfPages - 1) //return if final page
    {
        return;
    }
    if (index == numOfPages - 2) //the final page shouldnt show an arrow
    {
        gameObject.transform.parent.GetChild(index +
1).transform.Find("GuideArrow").gameObject.SetActive(false);
    }
    else
    {
        gameObject.transform.parent.GetChild(index +
1).transform.Find("GuideArrow").gameObject.SetActive(true);
    }
}

//place next page at the same place as this one
gameObject.transform.parent.GetChild(index + 1).transform.position =
gameObject.transform.position;
gameObject.transform.parent.GetChild(index + 1).transform.rotation =
gameObject.transform.rotation;

//activate next page
gameObject.transform.parent.GetChild(index + 1).gameObject.SetActive(true);
```

```
//activate next page's previous button
gameObject.transform.parent.GetChild(index +
1).transform.Find("ButtonPrevious").gameObject.SetActive(true);

// place next guide arrow at the same place as this one
gameObject.transform.parent.GetChild(index +
1).Find("GuideArrow").transform.position =
gameObject.transform.Find("GuideArrow").transform.position;
gameObject.transform.parent.GetChild(index +
1).Find("GuideArrow").transform.rotation =
gameObject.transform.Find("GuideArrow").transform.rotation;

}

public void PreviousPage()
{
    int index = transform.GetSiblingIndex();

    //deactivate this page
    gameObject.SetActive(false);

    if (activeQuiz)
    {
        SendAnswer();
    }
    else
    {
        ;//gameObject.transform.parent.GetChild(index -
1).transform.Find("GuideArrow").gameObject.SetActive(true);
    }

    //place previous previous at the same place as this one
    gameObject.transform.parent.GetChild(index - 1).transform.position =
gameObject.transform.position;
    gameObject.transform.parent.GetChild(index - 1).transform.rotation =
gameObject.transform.rotation;

    gameObject.transform.parent.GetChild(index - 1).gameObject.SetActive(true);
    //activate previous page
```

```

        // place previous guide arrow at the same place as this one
        if (index != 0)
        {
            gameObject.transform.parent.GetChild(index -
1).Find("GuideArrow").transform.position =
gameObject.transform.Find("GuideArrow").transform.position;
            gameObject.transform.parent.GetChild(index -
1).Find("GuideArrow").transform.rotation =
gameObject.transform.Find("GuideArrow").transform.rotation;
        }
        /* gameObject.transform.parent.GetChild(index -
1).Find("GuideArrow").transform.position =
gameObject.transform.Find("GuideArrow").transform.position;
        gameObject.transform.parent.GetChild(index -
1).Find("GuideArrow").transform.rotation =
gameObject.transform.Find("GuideArrow").transform.rotation;
        */

    }

    public void SendAnswer() //send selected answer to Manager
    {
        GameObject manager = GameObject.Find("Manager");

        bool i1 =
gameObject.transform.Find("answer1").GetComponent<Interactable>().IsToggled;
        bool i2 =
gameObject.transform.Find("answer2").GetComponent<Interactable>().IsToggled;
        bool i3 =
gameObject.transform.Find("answer3").GetComponent<Interactable>().IsToggled;
        bool i4 =
gameObject.transform.Find("answer4").GetComponent<Interactable>().IsToggled;

        int selected = -1;

        if (i1) selected = 1;
        else if (i2) selected = 2;
        else if (i3) selected = 3;
        else if (i4) selected = 4;

        //Debug.Log(selected);
        int[] message = { number, selected, correct };
        manager.SendMessage("SaveAnswer", message);
    }

```

```

    }

    public void AnswerSwitch(int answer) //control to permit user to select only one
    answer
    {
        string[] names = { "answer1", "answer2", "answer3", "answer4" };
        string myAnswer = "answer" + answer;

        foreach (string name in names)
        {
            if (myAnswer != name)
            {
                gameObject.transform.Find(name).GetComponent<Interactable>().IsToggled
= false;
            }
        }
    }
}

```

QuizSolver.cs [\[32\]](#)

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using Microsoft.MixedReality.Toolkit;
using Microsoft.MixedReality.Toolkit.Utilities.Solvers;
public class QuizSolver : Solver
{

    public override void SolverUpdate()
    {
        //if gaze is on either intro label or button stop the intro window from moving
        if (CoreServices.InputSystem.GazeProvider.GazeTarget == gameObject
            || CoreServices.InputSystem.GazeProvider.GazeTarget ==
gameObject.transform.GetChild(0).transform.GetChild(0).gameObject
            || CoreServices.InputSystem.GazeProvider.GazeTarget ==
gameObject.transform.GetChild(1).transform.GetChild(0).gameObject
            || CoreServices.InputSystem.GazeProvider.GazeTarget ==
gameObject.transform.GetChild(2).gameObject
            || CoreServices.InputSystem.GazeProvider.GazeTarget ==
gameObject.transform.GetChild(3).gameObject

```

```
        || CoreServices.InputSystem.GazeProvider.GazeTarget ==
gameObject.transform.GetChild(4).gameObject
        || CoreServices.InputSystem.GazeProvider.GazeTarget ==
gameObject.transform.GetChild(5).gameObject
        || CoreServices.InputSystem.GazeProvider.GazeTarget ==
gameObject.transform.GetChild(6).gameObject)
    {

        gameObject.GetComponent<RadialView>().enabled = false;
        //LogCurrentGazeTarget();
    }
    else
    {
        gameObject.GetComponent<RadialView>().enabled = true;
    }
}

void LogCurrentGazeTarget()
{
    if (CoreServices.InputSystem.GazeProvider.GazeTarget)
    {
        Debug.Log("User gaze is currently over game object: "
            + CoreServices.InputSystem.GazeProvider.GazeTarget);
    }
}
}
```


Παράρτημα Β'

Ερωτηματολόγιο Αξιολόγησης

Ερωτηματολόγιο NASA-TLX

1. Πόση νοητική και αντιληπτική δραστηριότητα απαιτείτο (π.χ. σκέψη, λήψη αποφάσεων, υπολογισμός, να θυμάστε, αναζήτηση, ψάξιμο, κλπ);
2. Πόση σωματική δραστηριότητα απαιτούσε (πχ, σπρώξιμο, τράβηγμα, στρίψιμο, έλεγχο κουμπιών, ενεργοποίηση κουμπιών κλπ);
- 3 Πόση χρονική πίεση ένοιωσες λόγω του ρυθμού που συνέβαινε η εργασία;
4. Πόσο επιτυχημένος/η θεωρείς ότι ήσουν στο να επιτύχεις τους στόχους της εργασίας που σου δόθηκε από τον υπεύθυνο του πειράματος;
5. Πόσο σκληρά έπρεπε να εργαστείς (διανοητικά και σωματικά) για να επιτύχεις αυτό το επίπεδο απόδοσης;
6. Πόσο ανασφαλής, αποθαρρημένος/η, εκνευρισμένος/η, αγχωμένος/η και ενοχλημένος/η ένοιωσες κατά τη διάρκεια της εργασίας που εκτελούσες;

Γενικές ερωτήσεις

1. Έπειτα από την εμπειρία σας, πόσο πιθανό θεωρείτε εφαρμογές Mixed Reality να χρησιμοποιηθούν για να βελτιώσουν την εμπειρία σε χώρους πολιτισμού;
2. Προς ποια κατεύθυνση θεωρείτε ότι συνέβαλε η εμπειρία αυτή για την παραπάνω άποψή σας;

Ερωτηματολόγιο UES

1. Έχασα τον εαυτό μου μέσα σε αυτή την εμπειρία.
2. Ημουν τόσο απασχολημένος που έχασα την αίσθηση του χρόνου.
3. Απέκλεισα πράγματα που συμβαίνουν γύρω μου όταν χρησιμοποιούσα την εφαρμογή.
4. Έχασα την αίσθηση του κόσμου γύρω μου καθώς χρησιμοποιούσα την εφαρμογή.
5. Ο χρόνος που πέρασα χρησιμοποιώντας την εφαρμογή πέρασε γρήγορα.

6. Ήμουν απορροφημένος στη διαδικασία.
7. Κατά τη διάρκεια της εμπειρίας αφέθηκα.
8. Ένωσα εκνευρισμένος ενώ χρησιμοποιούσα την εφαρμογή.
9. Βρήκα την εφαρμογή περίπλοκη στη χρήση της.
10. Ένωσα ενοχλημένος ενώ χρησιμοποιούσα την εφαρμογή.
11. Ένωσα απογοητευμένος ενώ χρησιμοποιούσα την εφαρμογή.
12. Η χρήση της εφαρμογής ήταν επίπονη.
13. Η εμπειρία ήταν απαιτητική.
14. Ένωθα ότι είχα τον έλεγχο ενώ χρησιμοποιούσα την εφαρμογή.
15. Δεν μπορούσα να κάνω μερικά από τα πράγματα που έπρεπε ενώ χρησιμοποιούσα την εφαρμογή.
16. Η εφαρμογή ήταν ελκυστική.
17. Η εφαρμογή ήταν αισθητικά όμορφη.
18. Μου άρεσαν τα γραφικά και οι εικόνες της εφαρμογής.
19. Η χρήση της εφαρμογής άξιζε.
20. Θεωρώ την εμπειρία μου επιτυχημένη.
21. Η εμπειρία δεν ήταν όπως το είχα προγραμματίσει.
22. Η εμπειρία μου προσέφερε επιβράβευση.
23. Θα πρότεινα την εφαρμογή στην οικογένειά μου και στους φίλους μου.
24. Συνέχισα να χρησιμοποιώ την εφαρμογή από περιέργεια.
25. Το περιεχόμενο της εφαρμογής κίνησε την περιέργειά μου.
26. Ήμουν πραγματικά εμπλεκόμενος στην εμπειρία.
27. Ένωσα αναμειγμένος στην εμπειρία.
28. Η εμπειρία ήταν διασκεδαστική.

Βιβλιογραφία

- [1] St Fleur, N. (2018). Oldest known drawing by human hands discovered in South African Cave. The New York Times. <https://www.nytimes.com/2018/09/12/science/oldest-drawing-ever-found.html>.
- [2] Tylor, E. (1871). Primitive Culture: Researches Into the Development of Mythology, Philosophy, Religion, Art, and Custom, Volume 1, London. DOI 10.1017/CBO9780511705960.
- [3] Lents, N.H. (2017). Why Do Humans Make Art?. Psychology Today. <https://www.psychologytoday.com/us/blog/beastly-behavior/201709/why-do-humans-make-art>.
- [4] Avouris, N. (2013). Interactive Technologies for Informal Learning in Museums Through Games and Stories. p. 11-32. ISBN 9785-963-642-534-0.
- [5] Schiuma, G. (2011). The Value of Arts for Business. Cambridge University Press, p. 37. DOI 10.1017/CBO9780511852015.
- [6] Cole L. (2015). The Relationship between Technology and Art. Medium. <https://medium.com/codame-art-tech/the-relationship-between-technology-and-art-6e8785db00f0>.
- [7] Christie's Education London (2019). The Growing Relationship between Art and Technology. <https://www.christies.edu/news/2019/may/growing-relationship-between-art-technology>.
- [8] Κολώνας, Λ. Σταυροπούλου, Μ. (2017). Αρχαιολογικό Μουσείο Πατρών, Λυχνία. ISBN 9789603863090
- [9] Klopfer, E. (2008). Augmented learning : research and design of mobile educational, The MIT Press. ISBN-0-2621-1315-5ISBN-0-2621-1315-5.
- [10] Avouris, N. Yanoutsou, N. (2012). A Review of Mobile Location-based Games for Learning across Physical and Virtual Spaces. DOI 10.3217/jucs-018-15-2120.
- [11] Vocaturo, E. Z. (2020). Educational games for cultural heritage, https://www.researchgate.net/publication/339781472_Educational_Games_for_Cultural_Heritage.
- [12] Yanoutsou, N. Sintoris, C. (2013). Discovering the invisible city: Location-based games

- for learning in smart cities, Mobile games to enrich cultural experience.
<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:11416354>.
- [13] Dr. Thomas, L. (2021). Applications of Virtual Reality in Medicine. <https://www.news-medical.net/health/Applications-of-Virtual-Reality-in-Medicine.aspx>.
- [14] Javaid, M. (2019). Virtual reality applications toward medical field. *Clinical Epidemiology and Global Health*. DOI: 10.1016/j.cegh.2019.12.010.
- [15] Dufour, M. (2014). A first person mountain climbing game on the oculus rift.
<https://dl.acm.org/doi/10.1145/2658537.2662969>.
- [16] Yildirim. (2018). Video game user experience: To vr, or not to vr?. IEEE.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/8516542>.
- [17] Moro. (2016). Combining virtual (oculus rift gear vr) and augmented reality with interactive applications. DOI: 10.1145/2993363.2993364.
- [18] Crespo. (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*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187705091503687X>.
- [19] Marks, S. M. (2017). Getting up your nose: A virtual reality education tool for nasal cavity anatomy. *SIGGRAPH Asia Symposium on Education* p. 1:1–1:7. New York.
<https://doi.org/10.1145/3134368.3139218>.
- [20] Niantic. (2016). Pokemon go. <https://pokemongolive.com/en/>.
- [21] Brogni, C. A. (1999). Technological Approach Cultural Heritage: Augmented Reality. IEEE. 8th IEEE International Workshop on Robot and Human Interaction. RO-MAN '99. DOI: 10.1109/ROMAN.1999.900341
- [22] Gweon, C. J. (2018). Mediating young children's smart media usage with augmented reality. *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing*, pp. 13:1–13:9, CHI '18 s (New York, NY, USA). DOI: 10.1109/ROMAN.1999.900341
- [23] INDG. (2018) Amikasa. <https://www.amikasa.com/>.
- [24] C. W. Case School of Engineering. HoloAnatomy app wins top honors.
<https://engineering.case.edu/HoloAnatomy-honors>
- [25] Tang, Y. M. Leung, K. M. (2018). Comprehending products with mixed reality:

- Geometric relationships and creativity. *International Journal of Engineering Business Management*. <https://doi.org/10.1177/1847979018809599>
- [26] Hartigan, J. T. V. (2019). Virtual, augmented, and mixed reality applications in orthopedic surgery. *The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery*, vol. 16, n° 12. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/rcs.2067>
- [27] Nakagawa, R. K. (2018). Air maestros: A multi-user audiovisual experience using MR. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3267782.3274685>
- [28] Warren, T. (2016). 'These are the first apps and games for Microsoft's HoloLens. <https://www.theverge.com/2016/2/29/11132124/microsoft-hololens-apps-games>
- [29] Microsoft. (2019). HoloLens – Hardware. <https://docs.microsoft.com/en-us/hololens/hololens1-hardware>.
- [30] Microsoft. (2019). Set up your HoloLens (1st gen). <https://docs.microsoft.com/en-us/hololens/hololens1-start>.
- [31] Microsoft. Spatial Mapping basic low level API usage. <https://docs.unity3d.com/550/Documentation/Manual/windowsholographic-sm-lowlevelapi.html>
- [32] Microsoft. Mixed Reality - Solvers. <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/mrtk-unity/features/ux-building-blocks/solvers/solver?view=mrtkunity-2021-05>
- [33] Gleb. (2017). VR vs AR vs MR: Differences and real-life applications. <https://rubygarage.org/blog/difference-between-ar-vr-mr>
- [34] Microsoft. (2019). Getting around hololens (1st gen). <https://docs.microsoft.com/en-us/hololens/hololens1-basic-usage>
- [35] O'Brien, H. L., Cairns, P., and Hall, M. (2018). A practical approach to measuring user engagement with the refined user engagement scale (ues) and new ues short form. *International Journal of Human-Computer Studies* 112, 28–39. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2018.01.004>
- [36] Hart, S. G., and Staveland, L. E. (1988). Development of nasa-tlx (task load index): Results of empirical and theoretical research. In *Advances in psychology*, vol. 52. Elsevier, pp. 139–183. [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)62386-9](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)62386-9)
- [37] Saving and Loading Data: XmlSerializer. http://wiki.unity3d.com/index.php?title=Saving_and>Loading_Data:_XmlSerializer&_ga

=2.18430000.845015915.1611851166-443249922.1599339853

- [38] Load XML Files on HoloLens in runtime.
<https://forums.hololens.com/discussion/6472/load-xml-files-on-hololens-in-runtime>
- [39] Microsoft. (2018). Create, write, and read a file. <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/uwp/files/quickstart-reading-and-writing-files>