



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Διαδραστικές ομαδικές εμπειρίες σε μουσεία εικονικής
πραγματικότητας**

Κυριάκος Ι. Χριστοδούλου

**Επιβλέποντες: Γιάννης Ιωαννίδης, Καθηγητής
Μαρία Βαγιανού, Υποψήφια Διδάκτωρ**

ΑΘΗΝΑ

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2021

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Διαδραστικές ομαδικές εμπειρίες σε μουσεία εικονικής πραγματικότητας

Κυριάκος Ι. Χριστοδούλου

A.M.: 1800219

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ: Γιάννης Ιωαννίδης, Καθηγητής
Μαρία Βαγιανού, Υποψήφια Διδάκτωρ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ: Μαρία Ρούσσου, Επίκ. Καθηγήτρια, Πληροφορική, ΕΚΠΑ
Δημήτρης Χαρίτος, Αναπ. Καθηγ. Επικ - Μ.Μ.Ε, ΕΚΠΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας σχεδιάστηκε, υλοποιήθηκε κι αξιολογήθηκε το MagicArtsVR, μια εφαρμογή που υποστηρίζει ομαδικές επισκέψεις σε εικονική έκθεση έργων τέχνης και στοχεύει στην ενίσχυση των κοινωνικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ των επισκεπτών.

Η υλοποίηση βασίστηκε στο περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας πολλών χρηστών MagicARTS, που υλοποίησα στην πτυχιακή μου εργασία, επεκτείνοντάς το προς δύο νέες κατευθύνσεις:

i) Υποστήριξη **εμβυθιστικών επισκέψεων** με χρήση συσκευών προβολής που τοποθετούνται στο κεφάλι, όπως το HTC Vive και το Oculus Rift. Για το σκοπό αυτό προστέθηκαν κάποιες καινούριες λειτουργικότητες και ορίστηκαν νέοι τρόποι αλληλεπίδρασης με το εικονικό περιβάλλον και το πολιτισμικό υλικό. Παράλληλα διατηρήθηκε η υποστήριξη desktop εμπειριών, επιτρέποντας την χρήση διαφορετικού εξοπλισμού από τα μέλη της ίδιας ομάδας.

ii) **Προσφορά ομαδικής αφηγηματικής δραστηριότητας παιχνιδιού** στους επισκέπτες της εικονικής έκθεσης. Συγκεκριμένα, βασίστηκα στο παιχνίδι «Find the Artwork behind the Story!» το οποίο καλεί τους επισκέπτες μιας φυσικής έκθεσης να φτιάξουν ιστορίες γύρω από τα εκθέματα και στη συνέχεια να βρουν σε ποιο έκθεμα αναφέρεται η κάθε ιστορία. Για το σκοπό αυτό υλοποίησα μηχανισμούς διατήρησης κατάστασης παιχνιδιού, προσέθεσα νέα τρισδιάστατα αντικείμενα στον εικονικό κόσμο (π.χ. τραπέζι με κάρτες και κουμπιά, ταμπλό προβολής βαθμολόγησης) κι όρισα νέα στοιχεία αλληλεπίδρασης και ειδοποιήσεων.

Ακολούθως, μετά την υλοποίηση και αποσφαλμάτωση του MagicArtsVR, προχώρησα αρχικά σε αξιολόγηση από ειδικούς, η οποία οδήγησε σε ένα κύκλο τροποποιήσεων και βελτιώσεων. Στη συνέχεια διεξήγαγα μελέτη χρηστών μικρής κλίμακας (15 χρήστες), για τη συνολικότερη αξιολόγηση των προσφερόμενων εμπειριών αλλά και την ειδικότερη αποτίμηση επιμέρους σχεδιαστικών στοιχείων. Κατά τη μελέτη χρηστών δοκιμάστηκαν κι αξιολογήθηκαν δύο πιθανά σενάρια χρήσης: α) απλή επίσκεψη ζεύγους επισκεπτών και β) καθοδηγούμενη εμπειρία αφηγηματικού παιχνιδιού σε μικρές ομάδες επισκεπτών (4 ατόμων). Οι χρήστες περιέγραψαν τις δύο εμπειρίες γενικά ελκυστικές με εκπαιδευτικά οφέλη. Εκτίμησαν ιδιαίτερα την κοινωνική διάσταση ενώ παρατηρήθηκε προτίμηση των συμμετεχόντων στην εμπειρία παιχνιδιού συγκριτικά με την απλή επίσκεψη. Παρουσιάζονται αναλυτικά παρατηρήσεις και συμπεράσματα σχετικά με την σχεδίαση και προτείνονται ερευνητικές κατευθύνσεις για μελλοντικές μελέτες χρηστών.

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Εικονική Πραγματικότητα

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Εικονική πραγματικότητα, αλληλεπίδραση ανθρώπου μηχανής, συνεργατικές εφαρμογές, εικονικά μουσεία

ABSTRACT

In the context of my Postgraduate degree thesis, MagicArtsVR was designed, implemented and evaluated. MagicArtsVR is a software application which offers group visits to an art exhibition and aims to support and reinforce social interactions among the visitors. The implementation was based on the multiuser virtual environment, named MagicARTS, which was implemented for my Undergraduate degree thesis. MagicArtsVR was enhanced towards two directions:

- i) Support of **immersive visits** using Head Mounted Displays, like HTC Vice and Oculus Rift. To this end, some more functionalities were added, and new ways of interaction were used with the virtual environment and the cultural material. Desktop based experiences were kept, in order to accept the use of different kind of equipment from the members of the same team.
- ii) Offer a **storytelling game activity for groups of visitors** in the virtual exhibition. It is inspired by the game "Find the Artwork behind the Story!" which prompts the visitors of a real exhibition to create stories about the exhibits and then find which story belongs to which artwork. To this end, I have implemented mechanisms to preserve the game state, added new three-dimensional objects in the virtual world (e.g. table with cards and buttons, scoreboard) and created new components to support player interactions and notifications.

When the implementation and debugging of MagicArtsVR was completed, an evaluation session was held with a group of experts, leading to a circular procedure of modifications and improvements. Afterwards, MagicArtsVR was evaluated with a small-scale user study (15 users) to assess the overall visitors' experience but also to investigate the usability of specific design elements and functionalities. For the purposes of the study, two use-case scenarios were tested and evaluated: a) simple visit of a pair of users and b) guided storytelling game experience for small groups (4 users per group). Users described the two experiences attractive with educational benefits. They especially appreciated the social aspect of the application and a preference was noticed in favor of the experience enhanced with the game, compared to the simple visit. Observations and conclusions about the design of the application are presented and some research directions are proposed for future user studies.

SUBJECT AREA: Virtual Reality

KEYWORDS: Virtual Reality, Human – Computer Interaction, Collaborative applications, Virtual Museums

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	9
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	10
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	12
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	13
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	14
1.1 Πλαίσιο και στόχευση εργασίας.....	14
1.2 Δομή εργασίας	18
2. ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	20
2.1 Κοινωνικές αλληλεπιδράσεις στο φυσικό χώρο μουσείων.....	20
2.2 Ορίζοντας την εικονική πραγματικότητα	23
2.2.1 Ιστορική αναδρομή.....	23
2.2.2 VR Σήμερα	25
2.3 Κοινωνικότητα στην εικονική πραγματικότητα.....	27
2.4 Κοινωνικές αλληλεπιδράσεις στον εικονικό κόσμο πολιτισμικών εκθέσεων	29
2.5 MagicARTS.....	33
2.5.1 Δίλλημα: Ατομική ελευθερία και έλεγχος ή διαμοιραζόμενη αναπαραγωγή;.....	36
3. MAGICARTSVR.....	38
3.1 Από το MagicARTS (Desktop) στο MagicArtsVR (Immersive).....	38
3.1.1 Σύνδεση και αναπαράσταση χρήστη	39
3.1.2 Κάμερες και γωνίες προβολής	40
3.1.3 Κίνηση και επικοινωνία.....	40
3.1.4 Επιλογή εκθεμάτων	41
3.1.5 Είσοδος στο δωμάτιο και εναλλαγή φωτισμού.....	44
3.1.6 Μεγέθυνση πίνακα	44

3.2 Το παιχνίδι	45
3.2.1 Περιγραφή παιχνιδιού και βαθμολόγηση	46
3.2.1.1 Έναρξη παιχνιδιού.....	46
3.2.1.2 Επιλογή πίνακα από αφηγητή και συμμετέχοντες.....	46
3.2.1.3 Τέλος γύρου και Βαθμολογία.....	46
3.2.2 Σχεδίαση παιχνιδιού.....	47
3.2.2.1 Έναρξη παιχνιδιού.....	47
3.2.2.2 Επιλογή πίνακα από αφηγητή και συμμετέχοντες.....	48
3.2.2.3 Εμφάνιση επιλογών.....	49
3.3 Τεχνικές Αλληλεπίδρασης Χρήστη - Εφαρμογής στην εικονική πραγματικότητα (VR UI).....	50
3.3.1 Μέθοδος επιλογής αντικειμένων (από μακριά)	50
3.3.2 Επιλογή αντικειμένων από 2D σε 3D	51
3.3.3 Κατάλογος επιλογών.....	51
3.3.4 Μεγέθυνση εικόνων και παρατήρηση	51
4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ	53
4.1 Υλοποίηση.....	53
4.1.1 Αποκωδικοποίηση κινήσεων συσκευής	53
4.1.2 Τηλεμεταφορά στο χώρο.....	54
4.1.3 Επιλογή εκθεμάτων	54
4.1.4 Ανίχνευση σύγκρουσης	55
4.2 Υποστήριξη πολλών χρηστών (multiuser).....	55
4.2.1 Σύνδεση.....	55
4.2.2 Ανανέωση θέσης στο χώρο	56
4.2.3 Συνεργατική ανακάλυψη εκθεμάτων και αναπαραγωγή υλικού.....	56
4.2.4 Πίνακες κοινής θέασης.....	57
4.2.5 Ηχητική επικοινωνία.....	58
4.2.6 Έκφραση συναισθημάτων.....	58
4.3 Αφηγηματική εμπειρία	58
4.3.1 Έναρξη γύρου και ο αφηγητής.....	59
4.3.2 Απάντηση στην πρόσκληση.....	59
4.3.3 Επιλογή εκθέματος από αφηγητή	60
4.3.4 Επιλογή απάντησης από συμμετέχοντες.....	60
4.3.5 Εμφάνιση επιλογών	60
4.4 Προβλήματα κατά την υλοποίηση και τρόποι επίλυσης.....	61
4.4.1 Πρόσβαση σε HTC Vive.....	61
4.4.2 Συγχρονισμός μεταξύ χρηστών.....	61
4.4.3 Λίστα αναπαραγωγής	62

4.4.4	Συντονισμός παιχνιδιού.....	62
4.5	Προβλήματα που αναφέρθηκαν από χρήστες κατά την αξιολόγηση	63
5.	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ	64
5.1	Σενάρια χρήσης που εξετάστηκαν.....	64
5.1.1	Εμπειρία επίσκεψης ανά ζεύγη	64
5.1.2	Ομαδική εμπειρία παιχνιδιού	64
5.2	Αξιολόγηση από ειδικούς	65
5.2.1	Το avatar στο χώρο.....	65
5.2.2	Επιλογές αλληλεπίδρασης με την εφαρμογή σε υπολογιστή.....	66
5.2.3	Επιλογές αλληλεπίδρασης με την εφαρμογή στο HTC Vive.....	67
5.2.4	Συνάρτηση απόστασης-έντασης ήχου	68
5.2.5	Επιλογή συναισθήματος	68
5.3	Μελέτη χρηστών	68
5.3.1	Συμμετέχοντες.....	70
5.3.1.1	Δημογραφικά στοιχεία και ενδιαφέροντα.....	71
5.3.2	Διαδικασία	73
5.3.3	Ερωτηματολόγια μετά την εμπειρία	76
5.3.4	Συεντεύξεις	77
5.4	Ευρήματα επίσκεψης ανά ζεύγη	79
5.4.1	Διάρκεια πρώτης εμπειρίας.....	79
5.4.2	Συμπτώματα πρώτης εμπειρίας.....	79
5.4.3	Ερωτηματολόγιο πρώτης εμπειρίας (ανά ζεύγη)	80
5.4.3.1	Συνολική εικόνα	80
5.4.3.2	Θετικά	80
5.4.3.3	Αρνητικά	81
5.4.3.4	Χαρακτηρισμός εμπειρίας.....	81
5.4.3.5	Κοινωνικές αλληλεπιδράσεις	83
5.4.3.6	Γνώσεις και ενδιαφέρον για τους πίνακες	84
5.4.4	Συνέντευξη πρώτης εμπειρίας (ανά ζεύγη)	85
5.4.4.1	Ατομικές ενέργειες και δυσκολίες	85
5.4.4.2	Κοινωνικές ενέργειες	86
5.5	Ευρήματα ομαδικής εμπειρίας παιχνιδιού	87
5.5.1	Διάρκεια δεύτερης εμπειρίας (ανά ομάδες).....	88
5.5.2	Συμπτώματα δεύτερης εμπειρίας (ανά ομάδες).....	88
5.5.3	Ερωτηματολόγιο δεύτερης εμπειρίας (ανά ομάδες).....	88
5.5.3.1	Συνολική εικόνα	88
5.5.3.2	Θετικά	89

5.5.3.3	Αρνητικά	89
5.5.3.4	Κοινωνικές αλληλεπιδράσεις	89
5.5.4	Συνέντευξη δεύτερης εμπειρίας (ανά ομάδες)	91
5.5.4.1	Ευχρηστία	91
5.5.4.2	Κοινωνικές ενέργειες	92
6.	ΣΥΖΗΤΗΣΗ	94
7.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΑ ΒΗΜΑΤΑ	97
7.1	Μελλοντικά βήματα.....	97
7.1.1	Σχεδιαστικές επεκτάσεις.....	97
7.1.2	Λειτουργικές επεκτάσεις.....	98
7.1.3	Ερευνητικές επεκτάσεις.....	98
ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ	100	
ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ	101	
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.....	102	
Δημογραφικά και ενδιαφέροντα – Πριν την επίσκεψη.....	102	
Ερωτηματολόγιο 1ης εμπειρίας.....	109	
Συνέντευξη 1 ^{ης} εμπειρίας	121	
Ερωτηματολόγιο 2ης εμπειρίας.....	127	
Συνέντευξη 2 ^{ης} εμπειρίας	134	
Ερωτηματολόγιο συμπτωμάτων ΠΡΙΝ & ΜΕΤΑ.....	139	
Δήλωση προσωπικών δεδομένων	140	
ΑΝΑΦΟΡΕΣ	141	

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Πόσο σε ενδιαφέρει η σύγχρονη τέχνη;	71
Σχήμα 2: Πόσα μουσεία/εκθέσεις έχεις επισκεφτεί	72
Σχήμα 3: Πότε ήταν η τελευταία επίσκεψη σε κάποιο μουσείο/έκθεση	72
Σχήμα 4: Παίζεις παιχνίδια εξιστόρησης;	73
Σχήμα 5: Με ποιους θα επισκεπτόσουν μια παρόμοια έκθεση	80
Σχήμα 6: Θεωρείς την εμπειρία ως "εικόνες που είδες" (1) ή "ένα χώρο που επισκέφτηκες" (7).....	82
Σχήμα 7: Πόσο ένιωσες να βρίσκεσαι μέσα στην εικονική έκθεση.....	83
Σχήμα 8: Οι ενέργειες του συνεπισκέπτη μου με επηρέαζαν	83
Σχήμα 9: Ένιωθα συνδεδεμένος με τον συνεπισκέπτη μου	84
Σχήμα 10: Πόσο καλά γνώριζες τον Van Gogh και τα συγκεκριμένα έργα του ΠΡΙΝ την επίσκεψη	84
Σχήμα 11: Πόσο καλά γνωρίζεις τον Van Gogh και τα συγκεκριμένα έργα του ΜΕΤΑ την επίσκεψη	85
Σχήμα 12: Σου άρεσαν οι περιοχές κοινής θέασης.....	86
Σχήμα 13: Η επίσκεψη αυτή ήταν πρόσωπο με πρόσωπο με τον συνεπισκέπτη.....	87
Σχήμα 14: Πόσο πρόθυμος είσαι να παίξεις με αγνώστους.....	89
Σχήμα 15: Πόσο συχνά ήξερες τι έκαναν οι συμπαίχτες σου στην εικονική έκθεση.....	90
Σχήμα 16: Πόσο συχνά προσπαθούσες να προσεγγίσεις τους συμπαίχτες σου	90
Σχήμα 17: Οι ιστορίες των συμπαικτών σε έκαναν να δεις τα έργα τέχνης από διαφορετική οπτική	91
Σχήμα 18: Πόσο εύκολη ήταν η επιλογή απάντησης	92
Σχήμα 19: Πόσο εύκολο ήταν να ανακαλύψεις τις επιλογές των συμπαικτών σου στο τέλος.....	92
Σχήμα 20: Πόσο εύκολα μπορούσες να παρακολουθείς την κατάσταση του παιχνιδιού (ποιος είναι αφηγητής, ποιος ψήφισε κ.λπ.)	93

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Ατομικός εξοπλισμός Sotto Voce.....	21
Εικόνα 2: Πλεονεκτήματα και προκλήσεις στη χρήση εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας στο φυσικό περιβάλλον των μουσείων, όπως συνοψίζονται από ειδικούς [39].....	23
Εικόνα 3: Α) Στερεοσκόπιο, Β) Sensorama και Γ) Telesphere Mask.....	24
Εικόνα 4: Sword of Damocles.....	24
Εικόνα 5: SEGA VR.....	25
Εικόνα 6: Α) Google Street View Β) Oculus Rift	26
Εικόνα 7: Πρώτη εικονική χειρουργική επέμβαση (αριστερά) και εκπαίδευση με χρήση εικονικής πραγματικότητας (δεξιά).....	27
Εικόνα 8: Χρήστες του Α) Second Life και Β) ActiveWorlds παρατηρούν εκθέσεις πινάκων	29
Εικόνα 9: Η Nora Atkinson κατά τη διάρκεια μιας από τις ξεναγήσεις της με τη χρήση του Sansar.....	30
Εικόνα 10: Στιγμιότυπα από επίσκεψη σε εκθέσεις του MOR.....	30
Εικόνα 11: Στιγμιότυπο από το Artsteps.....	31
Εικόνα 12: Προτάσεις των Roth et al. για ενδυνάμωση της κοινωνικής παρουσίας με οπτική επαύξηση στοιχείων μη-λεκτικής επικοινωνίας	32
Εικόνα 13: Επισκέπτης του μουσείου αλληλοεπιδρά με την εφαρμογή Xenakis et al....	33
Εικόνα 14: Περιβάλλον MagicARTS: α) αρχικά η αίθουσα περιέχει μόνο τους πίνακες β) όταν «εξερευνηθούν» προβάλλεται το σχετικό υλικό στους τοίχους γ) περιοχές κοινής θέασης.....	34
Εικόνα 15: Οδηγίες χρήσης σε HTC Vive α) αριστερό χέρι β) δεξί χέρι	39
Εικόνα 16: Οδηγίες χρήσης σε ηλεκτρονικό υπολογιστή	39
Εικόνα 17: Α) Οθόνη σύνδεσης Β) Αναπαράσταση χρήστη	40
Εικόνα 18: Τηλεμεταφορά στο χώρο	41
Εικόνα 19: Επιλογή εκθέματος για εμφάνιση πληροφοριών Α) Πριν Β) Μετά.....	42
Εικόνα 20: Χρήστης παρακολουθεί βίντεο Α) Οπτική ιδίου Β) Οπτική συνεπισκέπτη....	42

Εικόνα 21: Χρήστης ακούει ηχητική πληροφορία (οπτική συνεπiskeπτη).....	42
Εικόνα 22: Χρήστης εκφράζει συναίσθημα για κάποιο έκθεμα Α) Οπτική ιδίου Β) Οπτική συνεπiskeπτη	43
Εικόνα 23: Χρήστης ενεργοποιεί πίνακα κοινής θέασης	43
Εικόνα 24: Μεταφορά στο 3D Bedroom και εναλλαγή φωτισμού.....	44
Εικόνα 25: Α) Άνοιγμα πίνακα και Β) Μεγέθυνση για παρατήρηση λεπτομέρειας σε υπολογιστή	45
Εικόνα 26: Μεγέθυνση και παρατήρηση σε HTC Vice με μεγεθυντικό φακό στο αριστερό χέρι	45
Εικόνα 27: Χρήστης επιλέγει να γίνει αφηγητής Α) Ηλεκτρονικός Υπολογιστής Β) HTC Vive	47
Εικόνα 28: Μενού απάντησης σε πρόσκληση Α) Ηλεκτρονικός Υπολογιστής Β) HTC Vive	48
Εικόνα 29: Χρωματισμός avatar και ετικέτες με την κατάσταση του κάθε παίχτη	48
Εικόνα 30: Επιλογή αφηγητή ή συμμετέχοντα Α) Ηλεκτρονικός Υπολογιστής Β) HTC Vive	49
Εικόνα 31: Τέλος γύρου, παρουσίαση αποτελεσμάτων και απαντήσεων	50
Εικόνα 32: Χώρος αναμονής και αίθουσες που χρησιμοποιήθηκαν	69
Εικόνα 33: Χειροποίητες μάσκες προσώπου.....	69
Εικόνα 35: Χρήστης του MagicArtsVR και η εικόνα που βλέπει	74
Εικόνα 36: Χρήστες του MagicArtsVR	75

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Ομάδες συμμετεχόντων	70
---------------------------------------	----

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία αποτελεί προϊόν βιβλιογραφικής έρευνας του συγγραφέα και περιγραφή της υλοποίησης του παρόντος εικονικού περιβάλλοντος, καθώς επίσης και περιγραφή της αξιολόγησης και μελέτης χρηστών.

Εκπονήθηκε στο πλαίσιο της περάτωσης των απαιτήσεων φοίτησης του συγγραφέα στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών στην Πληροφορική του τμήματος Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Ευελπιστώ η παρούσα Διπλωματική εργασία να δώσει συνέχεια στην περαιτέρω ανάπτυξη των τρισδιάστατων περιβαλλόντων εικονικής πραγματικότητας που αφορούν τις ομαδικές επισκέψεις σε μουσεία και εκθέσεις, καθώς η συγκεκριμένη περιοχή θεωρώ πως έχει ακόμη πολλά περιθώρια ανάπτυξης.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες στον ερευνητή Χρήστο Λουγιάκη για τις συμβουλές που πρόσφερε σε όσα προβλήματα υλοποίησης υπήρξαν αλλά και για τη συμμετοχή του στην αξιολόγηση από ειδικούς, που έγινε μαζί με τις ερευνήτριες Μαρία Βαγιανού, Ακριβή Κατιφόρη, Όλγα Σιδηροπούλου και Άλκηστις Κοκορικού.

Ευχαριστίες επίσης και στον Οργανισμό Νεολαίας Κύπρου για το ενδιαφέρον και την χορήγηση υποτροφίας για την παρούσα διπλωματική εργασία και στο EXVR Centre στη Λεμεσό Κύπρου, για την παροχή χώρου και εξοπλισμού για την υλοποίηση και την αξιολόγηση από χρήστες.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα μουσεία και οι εκθέσεις ζωγραφικής αποτελούν για τους ανθρώπους μία εκπαιδευτική και ψυχαγωγική απόδραση από την καθημερινότητα η οποία τους προσφέρει πλούσια πολιτισμικά ερεθίσματα και διευρύνει τους γνωστικούς τους ορίζοντες. Ταυτόχρονα, μια επίσκεψη σε κάποιο μουσείο ωθεί τους επισκέπτες να κοινωνικοποιηθούν. Συνήθως [1,2] οι άνθρωποι επισκέπτονται τους συγκεκριμένους χώρους είτε με συγγενείς και φίλους, ή σε οργανωμένες ομάδες – σπάνια μόνοι. Η κοινωνική διάσταση της επίσκεψης αποτελεί σημαντικό στοιχείο της πολιτισμικής εμπειρίας, καθώς αυτή επηρεάζεται σημαντικά από τις αλληλεπιδράσεις και συζητήσεις με τους συνεπισκέπτες [3, 6, 7]

Η αξία των κοινωνικών αλληλεπιδράσεων στις φυσικές επισκέψεις έχει μελετηθεί συστηματικά και έχουν προταθεί πολλές ψηφιακές εφαρμογές με σκοπό την προώθησή τους εντός του πολιτισμικού περιβάλλοντος [4, 5, 8, 11, 12, 13, 53]. Αντίθετα, παρατηρούμε ότι στον εικονικό κόσμο, η κοινωνική διάσταση των πολιτισμικών εμπειριών δεν έχει λάβει την αντίστοιχη προσοχή. Οι εικονικές πολιτισμικές εμπειρίες που προφέρονται από σύγχρονους φορείς πολιτισμού είναι κατά κύριο λόγο ατομικές [9]. Πολλά μουσεία προσφέρουν εικονικές επισκέψεις στις συλλογές τους, δίνοντας μεγάλο βάρος στην ποιοτική οπτική αναπαράσταση του φυσικού χώρου και των εκθεμάτων τους – ζητήματα τα οποία σαφώς είναι κρίσιμα και σημαντικά. Ωστόσο, ελάχιστες εφαρμογές κι εργασίες διαπραγματεύονται ή εξετάζουν την προώθηση της κοινωνικότητας στα εικονικά πολιτισμικά περιβάλλοντα [25].

Η ανάγκη κοινωνικής αποστασιοποίησης που επέφερε η εξάπλωση της πανδημίας του Covid 19 τον τελευταίο χρόνο, οδήγησε σε ένα περιορισμένο καθεστώς λειτουργίας των πολιτισμικών ιδρυμάτων. Σε αυτές τις ιδιαίτερες συνθήκες αναδείχθηκε ακόμα περισσότερο η ανάγκη υποστήριξης εικονικών πολιτισμικών εμπειριών που επιτρέπουν όχι μόνο την ατομική αλληλεπίδραση με το πολιτισμικό υλικό αλλά και την αλληλεπίδραση με απομακρυσμένους επισκέπτες, προσφέροντας τη δυνατότητα απομακρυσμένης κοινωνικοποίησης γύρω από αυτό [54].

1.1 Πλαίσιο και στόχευση εργασίας

Το αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η σχεδίαση και υλοποίηση εικονικής έκθεσης ζωγραφικής σε τρισδιάστατο περιβάλλον πολλών χρηστών. Η σχεδίαση έγινε σε συνεργασία με την επιβλέπουσα υποψήφια διδάκτορα, προτείνοντας κι ολοκληρώνοντας ένα σύνολο παραδοσιακών αλλά και νέων στοιχείων αλληλεπίδρασης με τα εικονικά εκθέματα, το υλικό που τα συνοδεύει, και κυρίως, με τους άλλους χρήστες (συνεπισκέπτες), εστιάζοντας στην ενίσχυση της κοινωνικής διάστασης της πολιτισμικής επίσκεψης. **Κύριος στόχος της εργασίας μου** ήταν να υλοποιήσω μια εύχρηστη και λειτουργική εφαρμογή που θα επιστρέψει την πειραματική διερεύνηση των επιμέρους σχεδιαστικών στοιχείων που προτάθηκαν, με μελέτες χρηστών.

Η προσπάθεια αυτή ξεκίνησε από την πτυχιακή μου εργασία, στο πλαίσιο της οποίας ανέπτυξα την εφαρμογή MagicARTS [10], για χρήση με παραδοσιακά χειριστήρια (ποντίκι και πληκτρολόγιο) και προβολή σε οθόνη υπολογιστή. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποίησα τότε το Unity: εξοικειώθηκα σταδιακά με τις προσφερόμενες λειτουργικότητες και τις υπάρχουσες βιβλιοθήκες, κι ανέπτυξα τελικά την εικονική έκθεση πολλών χρηστών MagicARTS. Η εφαρμογή εκείνη δεν αξιολογήθηκε με μελέτη χρηστών, καθώς παρατηρήσαμε ότι παρουσιάζονταν συχνά τεχνικά προβλήματα στην ηχητική επικοινωνία μεταξύ των μελών της ομάδας. Οι επιβλέποντες θεώρησαν ότι αυτό αποτελούσε κρίσιμο πρόβλημα που θα εμπόδιζε την αποτελεσματική διενέργεια μελέτης, κι έκριναν ότι απαιτούνται κάποια επιπλέον βήματα αποσφαλμάτωσης κι ανάπτυξης ώστε το λογισμικό να φτάσει το επίπεδο ωριμότητας και σχεδιαστικής επιμέλειας που απαιτείται για το σκοπό αυτό.

Ξεκινώντας τη διπλωματική μου εργασία, οι πρώτες μου ενέργειες αφορούσαν τη συστηματική διερεύνηση κι επίλυση των υφιστάμενων τεχνικών προβλημάτων του MagicARTS. Σε αυτήν την κατεύθυνση, αναζήτησα και δοκίμασα νέες βιβλιοθήκες και προχώρησα σε μερική αναδιοργάνωση του λογισμικού, επιτυγχάνοντας τελικά τη σταθερή υποστήριξη ηχητικής επικοινωνίας υψηλής ποιότητας, ενώ επέλυσα κι αρκετά επιμέρους μικρό-προβλήματα που είχαν αναγνωρισθεί.

Στη συνέχεια, έχοντας πλέον αποκτήσει εμπειρία και γνώσεις στον προγραμματισμό σε Unity, κλήθηκα να προσαρμόσω τη σχετική εφαρμογή ώστε να υποστηρίξει κι εμπειρίες εμπυθιστικής εικονικής πραγματικότητας, με χρήση εξοπλισμού HTC Vive. Για το σκοπό αυτό μελέτησα τις τρέχουσες πρακτικές στον τομέα της εμπυθιστικής εικονικής πραγματικότητας και προχώρησα στην ανα-σχεδίαση αρκετών εκ των υπάρχοντων

στοιχείων αλλά και στην προσθήκη νέων, με σκοπό να «ταιριάξουν» και να εξυπηρετήσουν καλύτερα τις δυνατότητες που προσφέρονται στο νέο μέσο. Για παράδειγμα, τα ανθρωποκεντρικά άβαταρ των επισκεπτών αντικαταστάθηκαν με ουδέτερες κυλινδρικές φιγούρες με χέρια (και χωρίς πόδια), ορίστηκε μηχανισμός προβολής των μενού με την εμφάνισή τους πάνω στο ένα χέρι και τη διενέργεια της επιλογής πάνω σε αυτό με το άλλο χέρι, κ.ο.κ.

Έπειτα, μου ζητήθηκε να επεκτείνω την εφαρμογή ώστε να υποστηρίξει και το ομαδικό παιχνίδι αφήγησης “Find the Artwork behind the Story!”. Το παιχνίδι αυτό έχει προταθεί από τους επιβλέποντες για ομάδες παιχτών που βρίσκονται στον ίδιο φυσικό χώρο, κι έχει δοκιμαστεί στο περιβάλλον διαφορετικών εκθέσεων ζωγραφικής, καθώς και σε οικιακό πλαίσιο. Σε συνεργασία με την υποψήφια διδάκτορα, προχωρήσαμε στη σχεδίαση της σχετικής εμπειρίας παιχνιδιού για τον εικονικό κόσμο, όπου οι χρήστες είναι πλέον απομακρυσμένοι μεταξύ τους.

Θεωρήσαμε ότι στην εμπειρία θα συμμετέχει κάποιος «καθοδηγητής», ο οποίος θα εξηγεί αρχικά το σκοπό του παιχνιδιού και θα κατευθύνει τους συμμετέχοντες στα βήματά του - αφήνοντας έτσι «στην άκρη» θέματα σχετικά με την παροχή σταδιακών οδηγιών παιχνιδιού από τη γραφική διεπαφή, δημιουργία tutorial κ.α.. Επιπλέον, τροποποιήσαμε τη μηχανική παιχνιδιού ώστε να επιτρέπεται στους συμμετέχοντες να απέχουν επιλεκτικά από έναν ή περισσότερους γύρους κατά τη διάρκειά του. Αυτή η δυνατότητα ορίστηκε από τους επιβλέποντες προκειμένου να διερευνηθούν μελλοντικά εναλλακτικά σενάρια χρήσης του παιχνιδιού (π.χ. με ξεναγό, μεγαλύτερο πλήθος ομάδων, με γνωστούς κι αγνώστους). Στο πλαίσιο της διπλωματικής μου εργασίας, κύριος στόχος ήταν η υλοποίηση της μηχανικής παιχνιδιού που διαμορφώθηκε, υποστηρίζοντας την εκτέλεση κι οπτικοποίηση των σχετικών ενεργειών παιχνιδιού εντός του εικονικού χώρου της έκθεσης, τόσο για desktop όσο και για εμβυθιστικές εμπειρίες εικονικής πραγματικότητας.

Τέλος, σημαντικό κομμάτι της εργασίας μου αποτέλεσε η αξιολόγηση του λογισμικού που ανέπτυξα. Η εφαρμογή δοκιμάστηκε κι αξιολογήθηκε από 5 ειδικούς με χρήση οθόνης/χειριστηρίων υπολογιστή, οδηγώντας σε κύκλους τροφοδότησης και προσαρμογών. Οι επιβλέποντες έκριναν ότι η εφαρμογή έφτασε πλέον στο επιθυμητό βαθμό ωριμότητας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν βάση για την εκτέλεση μελλοντικών μελετών από ενδιαφερόμενους ερευνητές.

Στο πλαίσιο της διπλωματικής μου εργασίας εστίασα κυρίως στην αξιολόγηση της εμπυθιστικής εμπειρίας, καθώς αυτή αποτέλεσε το κεντρικότερο σημείο της μελέτης, σχεδίασης και ανάπτυξης που έκανα. Η εφαρμογή, η οποία μετονομάστηκε πλέον σε MagicArtsVR, δοκιμάστηκε αρχικά από ειδικούς και στη συνέχεια αξιολογήθηκε με μελέτη χρηστών που διεξήγαγα σε VR Center στη Λεμεσό.

Πρώτος στόχος της μελέτης χρηστών ήταν να εξεταστούν θέματα ευχρηστίας κι ικανοποίησης. Θεωρήθηκε ότι η εμπειρία του παιχνιδιού είναι αρκετά διαφορετική από εκείνη της απλής επίσκεψης, και για το λόγο αυτό οι δύο εμπειρίες που προσφέρονται μέσα από την εφαρμογή εξετάστηκαν ξεχωριστά.

Πρώτα οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν μια επίσκεψη ανά ζεύγη στην εικονική έκθεση και στη συνέχεια με χρήση ερωτηματολογίων και ημι-δομημένων συνεντεύξεων διερεύνησα πλήθος διαφορετικών θεμάτων: Τους άρεσε η επίσκεψη στην εικονική έκθεση; Θα ήθελαν να συμμετέχουν σε κάτι αντίστοιχο στο μέλλον; Αισθάνθηκαν ότι ενισχύθηκαν οι γνώσεις τους για τον καλλιτέχνη και τα έργα του; Όσον αφορά τη χρήση της εφαρμογής, ανακάλυψαν τις λειτουργικότητες που προσφέρονται εντός της εικονικής έκθεσης; Αντιμετώπισαν κάποιο πρόβλημα στην κίνησή τους στο χώρο, στην αλληλεπίδραση με τα εκθέματα και το πολιτισμικό υλικό; Τι τους άρεσε περισσότερο και τι δεν τους άρεσε; Πόσο διήρκησε η εμπειρία τους; Αντιμετώπισαν έντονα φυσικά συμπτώματα από τη χρήση του εμπυθιστικού εξοπλισμού εικονικής πραγματικότητας; Ιδιαίτερο βάρος δόθηκε στην κοινωνική διάσταση της εμπειρίας και εξετάστηκαν πιο αναλυτικά τα επιμέρους κοινωνικά στοιχεία σχεδίασης που υλοποιήθηκαν. Για καθένα από αυτά, ρώτησα τους χρήστες αν τα αντιλήφθηκαν, αν τα χρησιμοποίησαν, κι αν ναι, με τι τρόπο, καθώς κι αν τους άρεσαν ή όχι.

Η εμπειρία του ομαδικού παιχνιδιού δοκιμάστηκε από τους συμμετέχοντες σε δεύτερο χρόνο. Εξετάστηκαν αντίστοιχα θέματα συνολικότερης ικανοποίησης από την εμπειρία καθώς και ειδικότερα θέματα ευχρηστίας σχετικά με την εκτέλεση των ενεργειών του παιχνιδιού και της παρακολούθησης της κατάστασής του.

Τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν ότι η εφαρμογή MagicArtsVR προσέφερε στους συμμετέχοντες δύο γενικά ελκυστικές κοινωνικές εμπειρίες, με εκπαιδευτικά οφέλη. Η κοινωνική διάσταση της εμπειρίας εκτιμήθηκε ιδιαίτερα, με πολλούς από τους συμμετέχοντες να την επισημαίνουν ως ένα από τα πιο θετικά στοιχεία της.

Αποτυπώνεται σαφώς η προτίμηση των συμμετεχόντων στην κατευθυνόμενη εμπειρία παιχνιδιού (σε σχέση με την απλή επίσκεψη), αναδεικνύοντάς την ως μια υποσχόμενη προσέγγιση για την προσέλκυση ομάδων επισκεπτών σε εικονικές εκθέσεις. Στα αναλυτικά ευρήματα της μελέτης αποτυπώνεται ένα σύνολο παρατηρήσεων και κάποια πρωταρχικά συμπεράσματα σχετικά με τα επιμέρους στοιχεία σχεδίασης, σκιαγραφώντας μελλοντικές επεκτάσεις της εφαρμογής MagicArtsVR αλλά κι ερευνητικά θέματα που μπορούν να διερευνηθούν περαιτέρω με επόμενες μελέτες χρηστών.

1.2 Δομή εργασίας

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μία ανάλυση των κοινωνικών αλληλεπιδράσεων στο φυσικό χώρο των μουσείων και ακολούθως ορίζεται η έννοια της εικονικής πραγματικότητας και οι προκλήσεις της ως προς την κοινωνικότητα σε διάφορων ειδών εφαρμογές αλλά και συγκεκριμένα σε εικονικά μουσεία. Παρατίθεται μια σύντομη αναφορά σε σχετικές εργασίες στον τομέα ενώ περιγράφεται ενδελεχώς το MagicARTS, και οι δυνατότητες που προσφέρει σε σύγκριση με προϋπάρχουσες εφαρμογές.

Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφεται το MagicArtsVR, οι επιπλέον λειτουργίες που προστέθηκαν σε σχέση με το MagicArts, και ο τρόπος αλληλεπίδρασης χρήστη κι εφαρμογής μέσα στον εικονικό κόσμο. Εξετάζονται οι πιθανές σχεδιαστικές επιλογές που χρησιμοποιούνται σε αντίστοιχα περιβάλλοντα εικονικής πραγματικότητας και αναλύονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους. Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται στο παιχνίδι που υποστηρίζεται, καθώς αναλύεται κάθε στάδιο ενδελεχώς.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναφέρονται οι τεχνολογίες καθώς και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη της εν λόγω εφαρμογής ενώ γίνεται και μια σύντομη περιγραφή του εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε. Αναλύονται οι σημαντικές βιβλιοθήκες που χρησιμοποιήθηκαν και κάποια κομμάτια πηγαίου κώδικα που χρίζουν αναφοράς. Ακολούθως, γίνεται μια σύντομη περιγραφή των προβλημάτων που προέκυψαν κατά την υλοποίηση της εφαρμογής και τον τρόπο με τον οποίο επιλύθηκαν.

Το πέμπτο κεφάλαιο, αρχικά περιγράφει τα κύρια αποτελέσματα της αξιολόγησης από 5 ειδικούς και στη συνέχεια τη μελέτη χρηστών που πραγματοποιήσα με 15 συμμετέχοντες. Γίνεται μια ανάλυση του χώρου και των μέσων που χρησιμοποιήθηκαν

για την μελέτη χρηστών, ενώ συνοψίζονται τα κύρια χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων. Τέλος, παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα της μελέτης.

Στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο, συνοψίζεται η συμβολή της παρούσας εργασίας και τα κύρια συμπεράσματα που προκύπτουν από την μελέτη χρηστών. Τέλος, σκιαγραφείται το πώς αυτά μπορούν να αξιοποιηθούν σε μελλοντικά βήματα.

2. ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

2.1 Κοινωνικές αλληλεπιδράσεις στο φυσικό χώρο μουσείων

Για να ενισχύσουν την εμπειρία των επισκεπτών τους, αρκετά μουσεία και εκθέσεις υιοθέτησαν ευρέως τη χρήση ψηφιακών συσκευών και διαδραστικών τεχνολογιών στο φυσικό τους χώρο. Μερικές φορές όμως, αυτό μπορεί να αποτελέσει εμπόδιο στη κοινωνικοποίηση των επισκεπτών αφού αποσπάται η προσοχή τους από το ψηφιακό περιεχόμενο των συσκευών που μπορεί να προμηθευτούν ή που μπορεί να συναντήσουν στο χώρο. Πολύ συχνά τέτοιες συσκευές θεωρούνται αντίθετες στη κοινωνική αλληλεπίδραση προωθώντας την ατομική εμπειρία και παρεμποδίζοντας το διάλογο και το αίσθημα της ομάδας [11,12].

Λύση σε αυτό το πρόβλημα προσπάθησε να δώσει το Sotto Voce, το οποίο επιτρέπει στους χρήστες του να μοιραστούν την ηχητική πληροφορία ανά ζευγάρια, ακούγοντας τις δραστηριότητες του συνεπισκέπτη και προωθώντας με αυτό τον τρόπο την κοινωνική αλληλεπίδραση [13]. Πρόκειται ουσιαστικά για ηλεκτρονικό οδηγό (εικόνα 1) για επί τόπου περιηγήσεις σε μουσεία υλοποιημένο σε υπολογιστές χειρός. Ο χρήστης αποκτά πρόσβαση σε πληροφορίες σχετικές με τα εκθέματα του εκάστοτε χώρου και μπορεί να τις αναπαράγει ηχητικά και στα δικά του ακουστικά αλλά και στο συνεπισκέπτη του ταυτόχρονα. Με αυτό τον τρόπο έδωσαν την δυνατότητα στους επισκέπτες να “κρυφακούν” (eavesdropping) το υλικό που αναπαραγάγουν οι συνεπισκέπτες τους. Το MagicArtsVR προσομοιώνει τη δυνατότητα αυτή με δύο τρόπους, τους οποίους θα μελετήσουμε στο 3.1.4.



Εικόνα 1: Ατομικός εξοπλισμός Sotto Voce

Στο ίδιο μήκος κύματος, κινείται και η εφαρμογή του SFMOMA [14], η οποία προσφέρει ανθρωποκεντρικές ιστορίες τέχνης με ένα «συγχρονισμένο» τρόπο, επιτρέποντας σε όλα τα μέλη μιας ομάδας να ακούνε ταυτόχρονα την ίδια πληροφορία – λειτουργικότητα που οι συγγραφείς την αναφέρουν ως “social listening”.

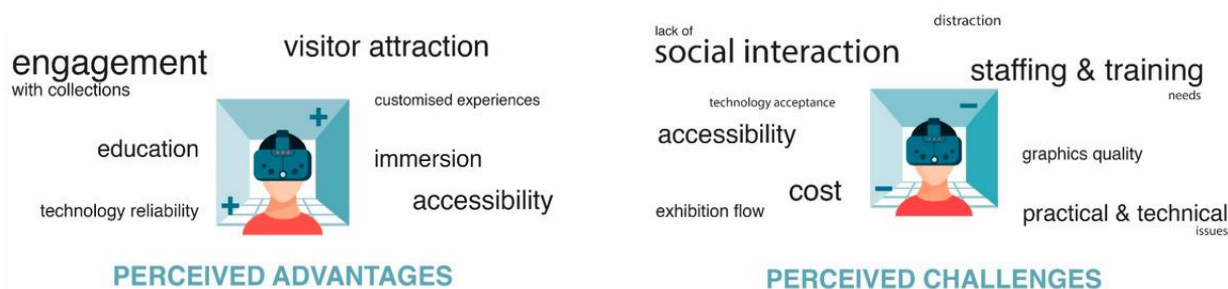
Σε μία αντίθετη κατεύθυνση, ο L. Fosh [15] προτείνει το ρητό διαχωρισμό της ομαδικής εμπειρίας κατά τη διάρκεια της ομαδικής εξερεύνησης και της απόλυτα ατομικής «απομόνωσης» κατά την παρατήρηση ενός γλυπτού. Η χρήση των ακουστικών αποτελεί τρόπο επισήμανσης στους χρήστες για τη μετάβαση από την κοινωνική στην ατομική εμπειρία – στοιχείο το οποίο χρησιμοποιήθηκε αντίστοιχα στη σχεδίαση του MagicARTS και στη συνέχεια διατηρήθηκε κι αξιολογήθηκε στο MagicArtsVR.

Πιο πρόσφατες μελέτες [16] ερευνούν νέα περιβάλλοντα αλληλεπίδρασης στα οποία μέσω πολλαπλών οθονών να δημιουργηθεί ένας κοινός χώρος θέασης μεταξύ των συμμετεχόντων, όπως για παράδειγμα πολλαπλούς ή και 3D προβολείς [18, 36], multi-touch τραπέζι προβολής [35] και πολλαπλές οθόνες κινητών τηλεφώνων [19,37] τοποθετημένες με τρόπο που να επεκτείνουν μία κοινή περιοχή θέασης. Ο ορισμός “περιοχών κοινής θέασης” επιχειρήθηκε κατ’ αντιστοιχία στον εικονικό κόσμο των MagicARTS και MagicArtsVR, με στόχο την παρότρυνση περαιτέρω συζητήσεων κι αλληλεπιδράσεων μεταξύ των επισκεπτών.

Μια διαφορετική προσέγγιση ακολούθησαν οι Vayanou & Ioannidis [38], οι οποίοι προτείνουν την ενσωμάτωση αφηγηματικών παιχνιδιών είτε στο πλαίσιο πολιτιστικών επισκέψεων σε μουσεία και εκθέσεις, είτε εξ' αποστάσεως, προάγοντας την κοινωνική αλληλεπίδραση μεταξύ των συμμετεχόντων. Η πρότασή τους είναι ανεξάρτητη χώρου ή περιεχομένου, καθώς μπορεί να εφαρμοστεί υπό οποιεσδήποτε συνθήκες. Επίσης, παρουσιάζουν μέσα από τα αποτελέσματα μελέτης χρηστών, ότι μια τέτοια δραστηριότητα ενισχύει το ενδιαφέρον και την παρατηρητικότητα των συμμετεχόντων για τα εκθέματα. Η συγκεκριμένη πρόταση αποτέλεσε και το εφαλτήριο για την ενσωμάτωση μιας αντίστοιχης λειτουργίας στην εφαρμογή που υλοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής (όπως περιγράφεται αναλυτικά στο κεφάλαιο 3.2).

Σε μια άλλη κατεύθυνση, οι Shehade και Stylianos-Lambert [39] εξετάζουν τη χρήση εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας εντός του φυσικού χώρου των μουσείων. Οι συγγραφείς ερευνούν το θέμα από την οπτική των επαγγελματιών που δουλεύουν σε σχετικά έργα ως εκπρόσωποι των φορέων πολιτισμού. Πιο συγκεκριμένα εξετάζοντας τις πρακτικές, τις εμπειρίες και τις αντιλήψεις τους, οι ερωτηθέντες μεταξύ άλλων δήλωσαν ότι συστήνουν τη χρήση εξοπλισμού εικονικής πραγματικότητας για αρκετούς διαφορετικούς λόγους, όπως επίσκεψη σε ιστορικούς χώρους που πλέον δεν υπάρχουν, για να κεντρίσουν το ενδιαφέρον παιδιών, να διευκολύνουν τη χρήση ατόμων με κινητικές δυσκολίες ή στην περίπτωση μουσείων τέχνης, για να δώσουν «ζωή» σε πίνακες επιτρέποντας στον χρήστη να εισέλθει στον τρισδιάστατο κόσμο του καλλιτέχνη – στοιχείο που επίσης υποστηρίζεται στη σχεδίαση κι υλοποίηση των MagicARTS και MagicArtsVR.

Οι ειδικοί που συμμετείχαν στην παραπάνω μελέτη [39] αναγνωρίζουν ως κύριο θετικό επακόλουθο την επαυξημένη εμπειρία του χρήστη, εφόσον η εικονική εμπειρία δεν αντικαθιστά την ίδια την επίσκεψη στο μουσείο αλλά συνυπάρχει με αυτή, ενώ ταυτόχρονα θέτουν τις ανησυχίες τους αναφορικά με πρακτικά προβλήματα σε σχέση με το κόστος αγοράς, διαχείρισης κι ανανέωσης του απαιτούμενου εξοπλισμού και των σχετικών εφαρμογών. Παράλληλα τονίζουν, μεταξύ άλλων, το πρόβλημα της απομόνωσης των χρηστών στις εμπειρίες εικονικής πραγματικότητας που προσφέρονται, καθώς αυτές κατά την πλειονότητά τους είναι ατομικές (ενός χρήστη)



Εικόνα 2: Πλεονεκτήματα και προκλήσεις στη χρήση εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας στο φυσικό περιβάλλον των μουσείων, όπως συνοψίζονται από ειδικούς [39]

2.2 Ορίζοντας την εικονική πραγματικότητα

Η εικονική πραγματικότητα μπορεί να οριστεί ως «ένα τεχνητό περιβάλλον με οπτικά και ηχητικά ερεθίσματα από ένα υπολογιστή και στον οποίο υπάρχει και επιδρά ο χρήστης» [40]. Η L. Freina et al [41] προχωρά ένα βήμα παρακάτω και διαχωρίζει την εικονική πραγματικότητα σε δύο κατηγορίες:

- A. στην εικονική πραγματικότητα όπου ο χρήστης εμβυθίζεται στον εικονικό χώρο (Immersive VR), χάνει την επαφή με τον χρόνο και τον πραγματικό κόσμο και αποκτά την εντύπωση ότι βρίσκεται μέσα στο εικονικό περιβάλλον
- B. στην εικονική πραγματικότητα στην οποία ο χρήστης χειρίζεται τον τρισδιάστατο εικονικό χώρο με ένα συμβατικό υπολογιστή (Desktop VR)

Καθώς ο όρος εικονική πραγματικότητα θεωρήθηκε αντιφατικός, κάποιοι ερευνητές αρχικά επέλεξαν να ονομάσουν τις εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας ως «Εικονικά περιβάλλοντα» (Virtual Environments) [42] και έκτοτε καθιερώθηκε η χρήση των δύο εννοιών να είναι ταυτόσημη.

2.2.1 Ιστορική αναδρομή

Η εικονική πραγματικότητα κάνει την πρώτη της εμφάνιση σε πανοραμικά έργα ζωγραφικής από την αρχαία Κίνα [62] μέχρι το 1838 όπου ο φυσικός Charles Wheatstone εφηύρε το στερεοσκόπιο (εικόνα 3A), η λογική του οποίου χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα στα σύγχρονα VR Headsets [63].

Ακολούθως, το 1929 δημιουργείται ο πρώτος προσομοιωτής πτήσης ο οποίος χρησιμοποιήθηκε κατά κόρον στο πλαίσιο του Β' Παγκοσμίου Πολέμου [63,64] για την εκπαίδευση των νέων πιλότων ενώ το 1957 κατασκευάζεται από τον Morton Heilig το

«Sensorama» (εικόνα 3B) [65], μια ατομική συσκευή προβολής τρισδιάστατων ταινιών. Ο ίδιος κατασκευάζει το 1960 το «Telesphere Mask» (εικόνα 3Γ), το οποίο αποτελεί το πρώτο ιστορικά VR Headset [66].



Εικόνα 3: Α) Στερεοσκόπιο, Β) Sensorama και Γ) Telesphere Mask

Το 1961 δημιουργείται, για στρατιωτικούς σκοπούς και πάλι, το πρώτο VR Headset το οποίο με χρήση μαγνητών ανιχνεύει τις κινήσεις του κεφαλιού και αντίστοιχα περιστρέφει μια κάμερα συνδεδεμένη με αυτό [63]. Το 1965 ο Sutherland αναφέρεται σε μια οθόνη η οποία να αποτελείται από τους τοίχους ενός δωματίου και τα πάντα να ελέγχονται από υπολογιστή [67]. Τρία χρόνια αργότερα, το 1968, δημιουργεί το Sword of Damocles (εικόνα 4) [68], το πρώτο VR Head Mounted Display εμπορικής χρήσης.



Εικόνα 4: Sword of Damocles

Το 1975 δημιουργείται το «Videoplace» [69,81] όπου ο χρήστης κινείται ελεύθερα και οι κινήσεις του αποτυπώνονται σε μορφή σιλουέτας στη οθόνη. Μπορούσε να αλληλοεπιδράσει με ψηφιακά αντικείμενα που προβάλλονταν σε αυτή, ενώ το 1982 η

Atari δημιουργεί ένα εργαστήριο ανάπτυξης εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας, χωρίς όμως την αναμενόμενη επιτυχία [70]. Οι εργαζόμενοι όμως ανεξαρτήτως της αποτυχίας της Atari συνεχίζουν τις έρευνές τους και καταφέρνουν να πετύχουν την πρώτη μαζική πώληση συσκευών που ανήκαν στην οικογένεια της εικονικής πραγματικότητας. Το 1993 η SEGA παρουσιάζει το SEGA VR (εικόνα 5) [71] με στερεοφωνικό ήχο και ανίχνευση των κινήσεων του κεφαλιού όμως οι δοκιμαστές ανησύχησαν για τυχόν τραυματισμούς οπότε το πρότζεκτ πάγωσε οριστικά. Αντίστοιχη αποτυχία γνώρισε και το Virtual Boy της Nintendo το 1994 καθώς θεωρήθηκε ακριβό και δεν υποστήριζε καν εντοπισμό κίνησης [72].



Εικόνα 5: SEGA VR

2.2.2 VR Σήμερα

Σχεδόν μια δεκαετία μετά, το 2003, συναντάμε τη δημιουργία κοινωνικής πλατφόρμας σταθερού εικονικού κόσμου (persistent virtual world) Second Life, της Linden Lab, η οποία προσέλκυσε σημαντικό αριθμό χρηστών τα επόμενα χρόνια και για περίπου μια δεκαετία. Πολλά μουσεία δημιούργησαν εικονικές συλλογές (αληθινές ή φανταστικές) εντός της πλατφόρμας Second Life, καθώς έγινε γρήγορα πολύ δημοφιλής [17] [52]. Σε μια άλλη κατεύθυνση, το 2007 η Google λανσάρει το Street View (εικόνα 6A) [73] για περιήγηση του χρήστη τους δρόμους με χρήση αλληλεπιδραστικών πανοραμάτων, βρίσκοντας ευρεία χρήση έως σήμερα. Η ίδια τεχνική χρησιμοποιήθηκε στο Google Art Project (που πλέον ονομάζεται Google Arts & Culture) [74] παρέχοντας μια διαδικτυακή πλατφόρμα όπου οι επισκέπτες μπορούν να περιηγηθούν εικονικά στον χώρο των μουσείων, όπως αυτός αποτυπώνεται στο σύνολο των πανοραμικών φωτογραφιών πολύ υψηλής ανάλυσης. Συνδυάζοντας τις τεχνολογίες των Google Street View και Picasa [75], το Google Arts & Culture προσφέρει σήμερα ένα εύρος ολοκληρωμένων λειτουργιών, επιτρέποντας την αναζήτηση εκθεμάτων, την ανάκτηση σχετικού πολυμεσικού υλικού, καθώς και την προβολή ψηφιακών αναπαραστάσεων των

εκθεμάτων πολύ υψηλής ανάλυσης και μεγέθυνσης, «προσφέροντας τη δυνατότητα στους διαδικτυακούς επισκέπτες να μελετήσουν με γυμνό μάτι λεπτομέρειες, τόσο από το πινέλο όσο και από την πατίνα του χρόνου» [49].

Οι Vosinakis and Tsakonias [50] συνέκριναν τις δύο προσεγγίσεις (σχεδιασμός εικονικών εκθέσεων σε τρισδιάστατο εικονικό κόσμο, όπως στο Second Life – σε σχέση με χρήση πανοραμικών φωτογραφιών στο Google Art project) με πειραματική μελέτη χρηστών που εξετάζει τη συνολικότερη εμπειρία της πολιτισμικής επίσκεψης. Οι συγγραφείς αναφέρουν ότι και οι δύο προσεγγίσεις θεωρήθηκαν ελκυστικές, αλλά για διαφορετικούς λόγους: η αναπαράσταση του εαυτού και η δυνατότητα κοινωνικοποίησης αναδείχθηκαν ως τα πιο σημαντικά θετικά στοιχεία στον εικονικό κόσμο, ενώ η υψηλή ανάλυση του φυσικού χώρου και των εκθέτων ήταν το κύριο πλεονέκτημα στην έκθεση του Google Art project, προσφέροντας συνολικά μια πιο «ρεαλιστική» εμπειρία επίσκεψης.

Όσον αφορά τον τεχνολογικό εξοπλισμό, το 2010 σχεδιάζεται το πρωτότυπο του Oculus Rift (εικόνα 6B) [76] ενώ θα ακολουθήσουν και άλλοι τεχνολογικοί κολοσσοί όπως η Sony, Google, Samsung και η HTC με τις δικές τους συσκευές VR [77,78,79,80]. Ακολουθώντας το πέρασμα από Desktop VR σε Immersive VR, η Linden Lab το 2017 λανσάρει την κοινωνική πλατφόρμα εικονικής πραγματικότητας Sansar, που αποτελεί διάδοχο του Second Life κι υποστηρίζει τη χρήση του εξοπλισμού [Oculus Rift](#) και [HTC Vive](#) (όπως αντίστοιχα υποστηρίζεται κι από το Google Earth VR).



Εικόνα 6: A) Google Street View B) Oculus Rift

Μέχρι στιγμής η ερευνητική κοινότητα έχει καταφέρει να προσομοιώσει τις αισθήσεις της όρασης, της ακοής και εν μέρη της αφής όμως θεωρείται αρκετά δύσκολο προς το παρόν να προσομοιωθεί η όσφρηση και η γεύση. Ακόμα όμως και με τα υπάρχοντα δεδομένα, η αίσθηση της Παρουσίας (Presence) έχει επιτευχθεί σε τεράστιο βαθμό. Με

την έννοια αυτή ορίζουμε την ψευδαίσθηση του χρήστη για την ύπαρξή του μέσα σε ένα εικονικό περιβάλλον και την πεποίθησή του ότι έχει μεταφερθεί από τον αληθινό κόσμο στον εικονικό. [43]

Εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας έχουν δημιουργηθεί και χρησιμοποιούνται ευρέως σε πολλούς τομείς της καθημερινότητας, όπως για παράδειγμα η ιατρική, η εκπαίδευση και η ψυχαγωγία (εικόνα 7) καθώς προσφέρει την δυνατότητα τριβής με κάποιο αντικείμενο χωρίς πραγματικούς κινδύνους.



Εικόνα 7: Πρώτη εικονική χειρουργική επέμβαση (αριστερά) και εκπαίδευση με χρήση εικονικής πραγματικότητας (δεξιά)

Ο Lougiakis [44] εξηγεί ότι οι συσκευές εικονικής πραγματικότητας επιτυγχάνουν το σκοπό τους επιτρέποντας:

- A. την οπτική ψευδαίσθηση του βάθους, η οποία επιτυγχάνεται με τη χρήση μίας μοιρασμένης στα δύο οθόνες
- B. τον εντοπισμό της θέσης σε αληθινό χρόνο

ενώ η αλληλεπίδραση του χρήστη με το εικονικό περιβάλλον γίνεται εφικτή μέσα από τη χρήση χειριστηρίων ή γαντιών.

2.3 Κοινωνικότητα στην εικονική πραγματικότητα

Οι κοινωνικές αλληλεπιδράσεις βασίζονται στις ικανότητες του ανθρώπου να εκφράσει και να κατανοήσει κοινωνικά σήματα όπως για παράδειγμα, μέσα από χειρονομίες, κινήσεις του σώματος και του προσώπου καθώς και από το βλέμμα. Μία πρόσφατη έρευνα [22] δείχνει ότι εμπειρίες εμβυθιστικής εικονικής πραγματικότητας, στις οποίες ο χρήστης φαίνεται και αναπαρίσταται στον εικονικό χώρο, προσφέρουν έντονα την αίσθηση της κοινωνικής παρουσίας, σχεδόν αντίστοιχα με την κατά πρόσωπο αλληλεπίδραση. Αντίθετα, εμπειρίες εικονικής πραγματικότητας που δεν υποστηρίζουν

ορατή αναπαράσταση του χρήστη στο χώρο, έχουν μειωμένη επικοινωνία μεταξύ των χρηστών οι οποίοι δήλωσαν ότι ένιωσαν απομονωμένοι.

Ο ρόλος και η αξία των χειρονομιών ερευνάται τόσο από ψυχολογικής όσο και από νευρολογικής άποψης, υποστηρίζοντας ότι ωθεί τους χρήστες να δώσουν περισσότερη έμφαση στην ομιλία. Αρκετές μελέτες τεκμηριώνουν τη συμβολή της μη-λεκτικής επικοινωνίας [23, 24] – για παράδειγμα οι Kelly et al [23] καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι «οι χειρονομίες δεν αποτελούν απλά προσθήκη στη γλώσσα, αλλά μπορεί να αποτελούν τη βάση της». Κατ' αντιστοιχία, η δυνατότητα αναπαράστασης των χειρονομιών στον εικονικό κόσμο αποτελεί σημαντικό θέμα σχετικά με την ενίσχυση της κοινωνικότητας.

Οι Oh et al [45] θεωρούν την εικονική πραγματικότητα ως ένα νέο μέσο επικοινωνίας που έχει τη δυνατότητα να αλλάξει εκ βάθρων τον τρόπο αλληλεπίδρασης μεταξύ των ανθρώπων. Κατά την συστηματική ανάλυση μεγάλου αριθμού μελετών και ερευνών οι συγγραφείς διαχωρίζουν την έννοια της εικονικής παρουσίας σε τρεις κατηγορίες:

- A. Telepresence – spatial presence (Τηλεπαρουσία ή χωρική παρουσία) κατά την οποία ο χρήστης αισθάνεται παρόν περισσότερο στο εικονικό περιβάλλον παρά στο αληθινό
- B. Self-presence (ατομική παρουσία) στην οποία ο χρήστης αισθάνεται ένα με τον εικονικό του εαυτό
- C. Social presence (κοινωνική παρουσία) όπου ο χρήστης αισθάνεται ότι υπάρχει στον χώρο με άλλους χρήστες

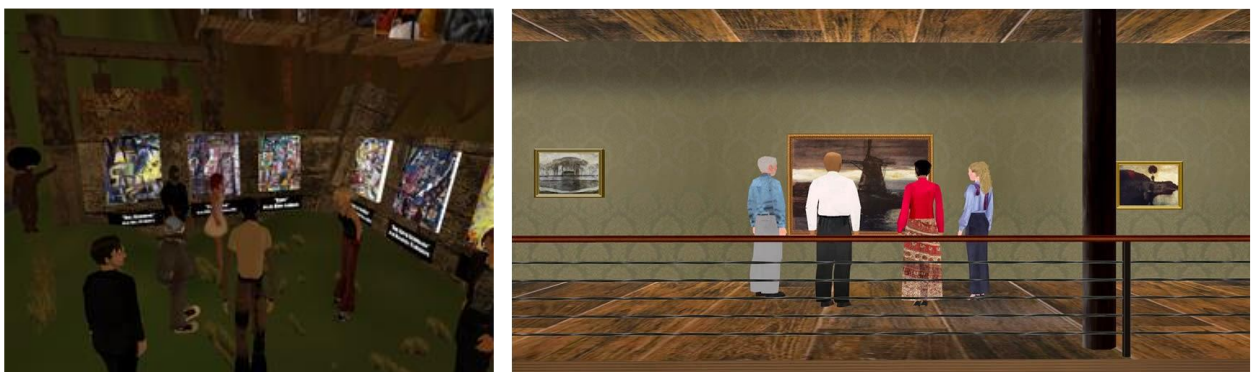
Στη συνέχεια η μελέτη εστιάζει την προσοχή της στην ανάλυση της κοινωνικής παρουσίας σε περιβάλλοντα εικονικής πραγματικότητας. Συμπερασματικά, ξεχωρίζει τις ακόλουθες τρεις μεγάλες οικογένειες χαρακτηριστικών οι οποίες επηρεάζουν την αίσθηση της κοινωνικής παρουσίας:

- A. Immersive qualities (ποιότητα εμπύθισης) – τρόποι με τους οποίους επιτυγχάνεται η αίσθηση της ύπαρξης στο χώρο
- B. Contextual properties (σχετικές παράμετροι) – στοιχεία που χαρακτηρίζουν το εκάστοτε πλαίσιο της εφαρμογής

C. Individual traits (ατομικά χαρακτηριστικά) – δημογραφικά στοιχεία και τα χαρακτηριστικά του κάθε χρήστη

2.4 Κοινωνικές αλληλεπιδράσεις στον εικονικό κόσμο πολιτισμικών εκθέσεων

Στην περίπτωση των εικονικών επισκέψεων σε μουσεία, η προώθηση κοινωνικών αλληλεπιδράσεων συναντά αρκετές δυσκολίες. Στο “Virtual Leonardo”, το οποίο αποτέλεσε ένα από τα πρώτα εικονικά μουσεία πολλαπλών χρηστών, οι επισκέπτες καθώς έβλεπαν τα εκθέματα, μπορούσαν να ανταλλάζουν μηνύματα μεταξύ τους. Κάτι τέτοιο άρεσε στους χρήστες όμως η εμπειρία αυτή δεν τους έμοιαζε καθόλου σαν επίσκεψη σε μουσείο [20]. Σε μεταγενέστερη έρευνα που έκαναν οι ίδιοι ερευνητές, εντόπισαν σημαντικά προβλήματα, καθώς οι χρήστες εστίασαν στην κοινωνική αλληλεπίδραση μέσω των γραπτών μηνυμάτων, με αποτέλεσμα τα άβαταρ τους να μην κινούνται στον εικονικό χώρο (hanging avatars), ενώ δήλωσαν ότι δεν ήξεραν πώς να συνεργαστούν και τι να κάνουν στη συνέχεια. Οι συγγραφείς [21], κάνουν την παραδοχή ότι ενώ η προσομοίωση του φυσικού χώρου στον εικονικό κόσμο ήταν χρήσιμη, φάνηκε τελικά να είναι μάλλον βαρετή για τους χρήστες. Στο εικονικά μουσεία και τις εκθέσεις που αναπτύχθηκαν στην πλατφόρμα Second Life [17], (όπως αναφέρθηκε παραπάνω) η κοινωνικοποίηση των χρηστών υποστηρίζεται με την προβολή των άβαταρ (εικόνα 8Α), την επικοινωνία τόσο με μηνύματα όσο και ηχητικά, ενώ δυναμικά επιτρέπεται η ανταλλαγή εικόνων και αντικειμένων καθώς και η έκφραση συναισθημάτων (ανάλογα με τη σχεδίαση κι υλοποίηση της εκάστοτε έκθεσης). Το ActiveWorlds (εικόνα 8Β) ακολουθεί την ίδια περίπου φιλοσοφία, χωρίς όμως να υποστηρίζει την ανταλλαγή αντικειμένων.



Εικόνα 8: Χρήστες του Α) Second Life και Β) ActiveWorlds παρατηρούν εκθέσεις πινάκων

Στο Sansar, μπορεί κανείς να επισκεφτεί διάφορες τρισδιάστατες εκθέσεις έργων τέχνης και είναι προσβάσιμο με εξοπλισμό εικονικής πραγματικότητας. Μία από αυτές ήταν και η έκθεση της Nora Atkinson, με τίτλο “No Spectators: the Art of Burning Man” [47], στην οποία εκτελούσε η ίδια χρέη ξεναγού εφόσον ήταν συνδεδεμένη (εικόνα 9), ενώ σε αντίθετη περίπτωση οι επισκέπτες μπορούσαν να περιηγηθούν μόνοι στον δικό τους ρυθμό.



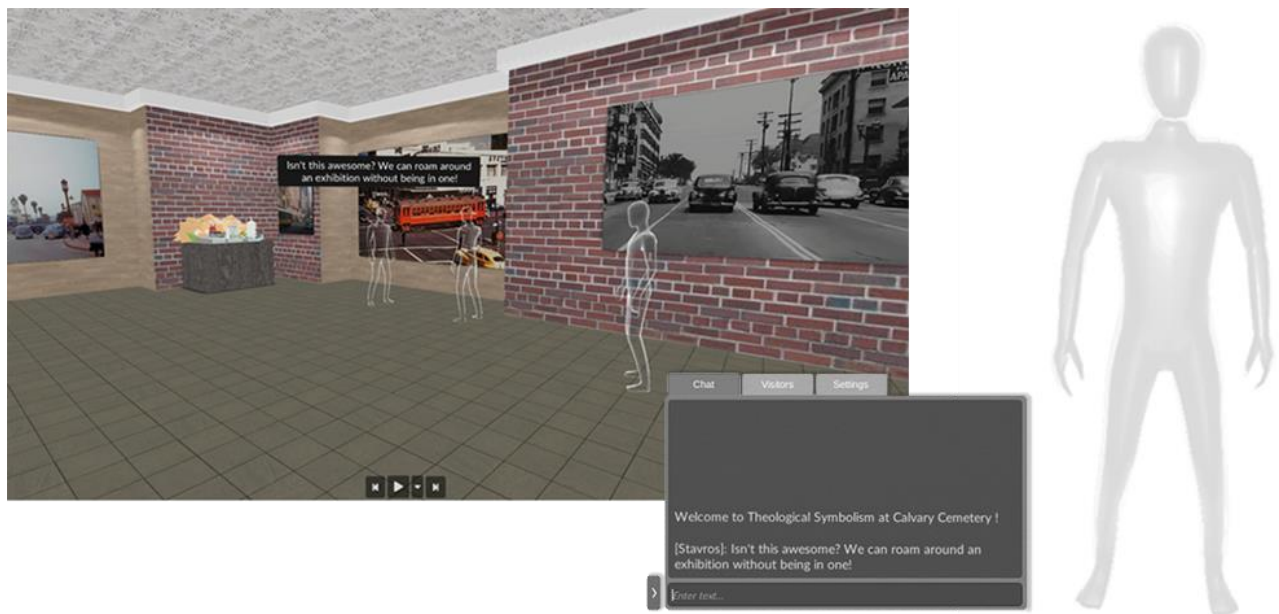
Εικόνα 9: Η Nora Atkinson κατά τη διάρκεια μιας από τις ξεναγήσεις της με τη χρήση του Sansar

Παράλληλα, το Museum of Other Realities (MOR) (εικόνα 10) επιτρέπει σε πολλαπλούς χρήστες να εμβυθιστούν ταυτόχρονα με χρήση εξοπλισμού εικονικής πραγματικότητας σε εκθέσεις δημιουργημένες από καλλιτέχνες οι οποίοι παρουσιάζουν τα έργα τους, να αλληλοεπιδράσουν μεταξύ τους αλλά και με τα εκθέματα και να συνομιλήσουν σχετικά με αυτά.



Εικόνα 10: Στιγμιότυπα από επίσκεψη σε εκθέσεις του MOR

Το Artsteps (εικόνα 11), από την άλλη, είναι ένα περιβάλλον στο οποίο οι χρήστες μπορούν να δημιουργήσουν τις δικές τους τρισδιάστατες εικονικές εκθέσεις από έργα τέχνης όπως αυτοί τις φαντάζονται, επιτρέποντας στους υπόλοιπους χρήστες να περιηγηθούν σε αυτές από κοινού και να συνομιλήσουν με γραπτά μηνύματα εφόσον βρίσκονται στο ίδιο εικονικό περιβάλλον.

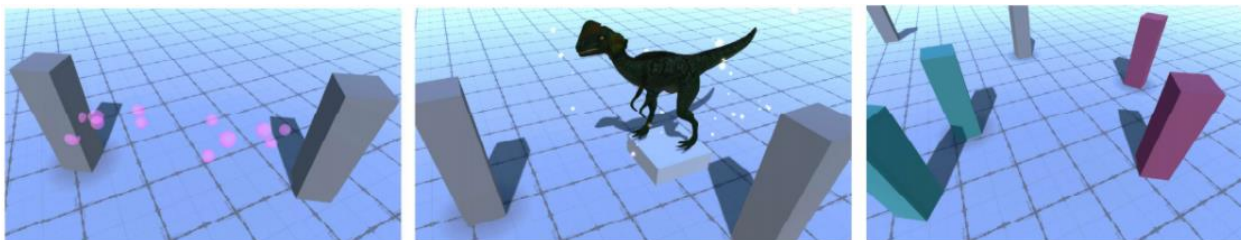


Εικόνα 11: Στιγμιότυπο από το Artsteps

Δυστυχώς, κατά την αναζήτησή μου στη βιβλιογραφία και το διαδίκτυο, δε βρήκα μελέτες χρηστών που να εξετάζουν την τελική εμπειρία των επισκεπτών στις παραπάνω πλατφόρμες κι εφαρμογές.

Σε μια πρόσφατη μελέτη για την κοινωνική αλλολόδραση στο πολυχρηστικό εικονικό περιβάλλον της SANSAR [46] ερευνήθηκε το είδος επικοινωνίας που μπορεί να διαμορφωθεί μεταξύ δύο χρηστών, άγνωστων αρχικά μεταξύ τους, σε περιβάλλον λαβυρίνθου. Ένα από τα συμπεράσματα της συγκεκριμένης μελέτης καταδεικνύει πως για να επικοινωνήσουν μεταξύ τους οι χρήστες έπρεπε να έχουν ένα κοινό στόχο ως κίνητρο ούτως ώστε να συνεργαστούν. Αντίστοιχα συμπεράσματα σχετικά με την προβολή κινήτρων αναφέρουν και οι δημιουργοί του Virtual Leonardo, σε επόμενες εργασίες [51]. Ωστόσο, θεωρούμε ότι η κοινωνική διάσταση των πολιτισμικών επισκέψεων που προσφέρονται μέσα από τις σύγχρονες κοινωνικές πλατφόρμες απαιτεί περαιτέρω έρευνα, τόσο για την ανάδειξη καλών σχεδιαστικών πρακτικών όσο και για την πρόταση νέων στοιχείων κοινωνικής σχεδίασης.

Κινούμενοι προς αυτή την κατεύθυνση, οι D. Roth et al [25] ορίζουν έναν νέο σχεδιαστικό στοιχείο και προτείνουν τη χρήση «οπτικών επαυξησεων» (visual augmentations) για να σηματοδοτήσουν στον εικονικό κόσμο κοινωνικές συμπεριφορές που συνηθίζονται στις φυσικές επισκέψεις σε μουσεία, όπως για παράδειγμα η προσομοίωση της επικοινωνίας με τα μάτια (eye-contact) με τη χρήση ιπτάμενων φυσαλίδων μεταξύ των avatars των χρηστών. Επίσης προτείνουν τη σηματοδότηση της κοινής προσοχής των χρηστών στο ίδιο αντικείμενο με χρήση φυσαλίδων γύρω από αυτό, καθώς και οπτική σηματοδότηση της διατήρησης χωρικής εγγύτητας των χρηστών με χρωματισμό των σχετικών avatars (εικόνα 12). Στη μελέτη χρηστών που εκπόνησαν χρησιμοποίησαν πολύ απλά σχήματα για την αναπαράσταση των χρηστών και σύγκριναν το αίσθημα κοινωνικής παρουσίας των χρηστών με και χωρίς τις επαυξήσεις που προτάθηκαν με τα αποτελέσματα να τους δικαιώνουν δείχνοντας σημαντική βελτίωση. Επίσης παρατήρησαν ότι οι εν λόγω λειτουργικότητες αποτέλεσαν υπόβαθρο για περαιτέρω συζητήσεις και σκέψη ενώ φαίνεται να επηρέασαν σημαντικά και τη συμπεριφορά τους.



Εικόνα 12: Προτάσεις των Roth et al. για ενδυνάμωση της κοινωνικής παρουσίας με οπτική επαύξηση στοιχείων μη-λεκτικής επικοινωνίας

A) Eye-Contact B) Κοινή προσοχή C) Ομαδοποίηση

Σε μια άλλη κατεύθυνση, οι Xenakis and Vosinakis [48] θεώρησαν ότι η συνύπαρξη των εικονικών και των αληθινών επισκεπτών σε ένα πραγματικό μουσείο θα ήταν προς όφελος της εμπειρίας αμφοτέρων, ενώ το πλούσιο εκπαιδευτικό υλικό θα μπορούσε να φανεί χρήσιμο και στους πραγματικούς επισκέπτες καθώς θα μπορούσε να αποτελέσει τροφή για συζήτηση. Για αυτό το λόγο δημιούργησαν ένα εικονικό χώρο, πιστό αντίγραφο της πραγματικής έκθεσης, ο οποίος εξυπηρετούσε τους απομακρυσμένους χρήστες οι οποίοι συνυπήρχαν σε αυτόν, ενώ ταυτόχρονα έδωσαν τρόπο αλληλεπίδρασης και στους εκ του σύνεγγυς επισκέπτες (εικόνα 13). Οι χρήστες, απομακρυσμένοι και μη, επικοινωνούσαν μεταξύ τους είτε με γραπτά σχόλια αναφορικά

στα εκθέματα, είτε με γραπτά μηνύματα. Σε μελέτη χρηστών που διεξήχθη, τα αποτελέσματα τους δικαιώσαν, καθώς οι χρήστες θεώρησαν την εφαρμογή εύκολη στη χρήση με μεγάλο ενδιαφέρον, ενώ ένιωσαν έντονα την παρουσία των υπόλοιπων χρηστών. Υπήρξαν βέβαια και κάποιες ανησυχίες για το κατά πόσο κινδυνεύουν οι πραγματικές επισκέψεις σε μουσεία να μειωθούν εφόσον αυξηθούν τα εικονικά μουσεία.



Εικόνα 13: Επισκέπτης του μουσείου αλληλοεπιδρά με την εφαρμογή Xenakis et al

2.5 MagicARTS

Ενώ τα περιβάλλοντα εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας βρίσκονται σε ανοδική πορεία, αφού υπάρχει η τάση στην ανάπτυξη νέων εφαρμογών αλλά και στην χρήση τους από το ευρύ κοινό, στον τομέα των εικονικών επισκέψεων σε μουσεία παρατηρείται μία στασιμότητα. Οι ήδη υπάρχουσες εφαρμογές δεν προάγουν στην πλειοψηφία τους την συνεργατικότητα και την αλληλεπίδραση με τους υπόλοιπους χρήστες, κάτι που στους υπόλοιπους τομείς συναντάται πάρα πολύ συχνά, ενώ είναι αρκετά περιορισμένες και οι ενέργειες των χρηστών για αλληλεπίδραση με τα εκθέματα.

Το MagicARTS (εικόνα 14), το οποίο αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της πτυχιακής μου εργασίας και αποτελεί την βάση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, προσπάθησε να δώσει κάποιες λύσεις και να γεμίσει το κενό της απομακρυσμένης ομαδικής περιήγησης σε ένα εκθεσιακό χώρο. Πιο συγκεκριμένα, αποτελεί μια έκθεση ζωγραφικής με έργα κυρίως του Van Gogh σε ένα τρισδιάστατο περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας. Υποστηρίζει μικρές ομάδες χρηστών που τα μέλη τους γνωρίζονται μεταξύ τους και επισκέπτονται μαζί την έκθεση, όπως ομάδες φίλων και οικογένειες. Οι επισκέπτες, αφού συνδεθούν από τον προσωπικό τους υπολογιστή και επιλέξουν το avatar που τους αντιπροσωπεύει καλύτερα (όπως γίνεται και στο [28]), συναντούν τους

υπόλοιπους χρήστες που είναι ήδη συνδεδεμένοι. Η κίνηση στο χώρο γίνεται με την χρήση τεσσάρων κουμπιών (WASD) και της τηλεμεταφοράς (δεξί κλικ) που συναντάται και στο [29].



Εικόνα 14: Περιβάλλον MagicARTS: α) αρχικά η αίθουσα περιέχει μόνο τους πίνακες β) όταν «εξερευνηθούν» προβάλλεται το σχετικό υλικό στους τοίχους γ) περιοχές κοινής θέασης

Η ηχητική επικοινωνία μεταξύ των επισκεπτών συναντάται σχεδόν σε όλα τα περιβάλλοντα εικονικής πραγματικότητας πολλών χρηστών [30], κι αντίστοιχα υποστηρίζεται και, στο MagicARTS. Πέρα όμως από τη σταθερή ηχητική επικοινωνία, στο MagicARTS ορίζονται τα ακόλουθα στοιχεία κοινωνικής σχεδίασης, τα οποία αποσκοπούν στην ενδυνάμωση του αισθήματος της κοινωνικής παρουσίας καθώς και στην ενίσχυση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των επισκεπτών:

α) Οι χρήστες «ανακαλύπτουν» συνεργατικά τους πίνακες και το υλικό που τους συνοδεύει (σε μορφή κειμένου, ήχου ή και βίντεο σε κάποιες περιπτώσεις). Αρχικά, στους τοίχους της έκθεσης υπάρχουν μόνο οι ψηφιακές αναπαραστάσεις των πινάκων, με τις συνοδευτικές λεζάντες τους. Όταν κάποιος χρήστης επιλέξει έναν πίνακα, τότε το διαθέσιμο συνοδευτικό υλικό (κείμενο και πιθανώς βίντεο) προβάλλεται στον τοίχο της έκθεσης, δίπλα από τον πίνακα, και παραμένει πλέον εκεί «μόνιμα» (μέχρι το τέλος της ομαδικής συνεδρίας). Με τον τρόπο αυτό οπτικοποιείται άμεσα η ενέργεια της αρχικής «εξερεύνησης» ενός πίνακα από έναν επισκέπτη σε όλους τους επισκέπτες, ενώ το φυσικό περιβάλλον της έκθεσης διαμορφώνεται σταδιακά, από τις ενέργειες όλων των επισκεπτών.

Σημειώνεται ότι εφόσον ένας πίνακας «εξερευνηθεί», ο επισκέπτης μπορεί να εκτελέσει τις ακόλουθες **ατομικές ενέργειες**: i) να επιλέξει ξανά την δισδιάστατη εικόνα του πίνακα, ώστε να τον παρατηρήσει σε λεπτομέρεια (εκτελώντας παραδοσιακές λειτουργίες μεγέθυνσης), ii) να επιλέξει το σχετικό κείμενο που προβάλλεται δίπλα του

στον τοίχο για να ξεκινήσει η ηχητική του αφήγηση (που έχει παραχθεί με λογισμικό text-to-speech) και iii) να ξεκινήσει/παύσει την προβολή του βίντεο που (πιθανώς) το συνοδεύει. Οι λειτουργικότητες αυτές ενεργοποιούνται για τον κάθε χρήστη ατομικά (π.χ. η ηχητική αφήγηση αναπαράγεται μόνο στη συσκευή του επισκέπτη που την ενεργοποίησε - τη στιγμή που επέλεξε το σχετικό κείμενο, και όχι σε όλους).

β) Ο διαχωρισμός των κοινωνικών με τις ατομικές στιγμές σηματοδοτείται στη διεπαφή με την προβολή ακουστικών και κάσκας πάνω στα άβαταρ των χρηστών, όταν εκείνοι ξεκινούν να αλληλοεπιδρούν με το προσφερόμενο υλικό. Για παράδειγμα, όσο ο επισκέπτης ακούει την ηχητική αφήγηση ενός κειμένου το άβατάρ του φοράει ακουστικά, ενώ παράλληλα το περίγραμμα του σχετικού εκθέματος «φωτίζεται» με πράσινο χρώμα. Με τον τρόπο αυτό, η γραφική διεπαφή επιτρέπει στους συνεπισκέπτες του να καταλάβουν με ποιο έκθεμα αλληλεπιδρά και τι ενέργεια εκτελεί. Αντίστοιχα, όσο ο επισκέπτης βλέπει ένα βίντεο, η σχετική ενέργεια σηματοδοτείται στον εικονικό κόσμο με την προβολή μιας κάσκας στο κεφάλι του άβατάρ του.

γ) Ορίζονται 3 περιοχές «κοινής θέασης» στο περιβάλλον της εικονικής έκθεσης. Οι περιοχές αυτές σηματοδοτούνται στο πάτωμα με διακριτά κόκκινα ημικύκλια και είναι τοποθετημένες μπροστά από «ιδιαίτερα» βίντεο (που προβάλλονται στους τοίχους της έκθεσης) τα οποία βασίζονται σε δισδιάστατα έργα του Van Gogh αλλά συνδυάζουν στοιχεία κίνησης και προσφέρουν μερικώς την αίσθηση του βάθους. Όταν κάποιος χρήστης εισέλθει σε περιοχή κοινής θέασης τότε ξεκινάει αυτόματα η αναπαραγωγή του σχετικού βίντεο και, το κυριότερο, προβάλλεται σε όλους τους επισκέπτες της έκθεσης (αντίθετα με τα τυπικά – ενημερωτικά βίντεο που συνοδεύουν τους δισδιάστατους πίνακες). Πρόκειται για εκθέματα διαφορετικού τύπου τα οποία έχουν δημιουργηθεί από σύγχρονους καλλιτέχνες, «δίνοντας ζωή» στα πρωτότυπα έργα, και συνοδεύονται κατά κύριο λόγο από μουσική υποβάθρου χαμηλής έντασης – δίνοντας έτσι χώρο για συζητήσεις και σχόλια μεταξύ των επισκεπτών κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγής τους.

δ) Προσφέρεται η δυνατότητα «έκφρασης» συναισθημάτων σχετικά με κάποιο έκθεμα. Συγκεκριμένα, πάνω από κάθε έκθεμα υπάρχει ένα σύνολο από δισδιάστατα «emojicons» και όταν ο επισκέπτης επιλέξει κάποιο, τότε αυτό προβάλλεται σε «σύννεφο σκέψης» πάνω από το άβατάρ του στον εικονικό κόσμο.

ε) Υποστηρίζεται ένα σύνολο τυποποιημένων κινήσεων του εικονικού σώματος που σχετίζονται με συχνές συνεργατικές ενέργειες κατά τη διάρκεια πολιτισμικών επισκέψεων (π.χ. κοίτα, έλα) καθώς και κινήσεις που στοχεύουν αποκλειστικά στην κοινωνικοποίηση (π.χ. θερμός χαιρετισμός, χορευτικές κινήσεις).

ζ) Υποστηρίζεται λειτουργία «τραβήγματος»: Οι χρήστες μπορούν να επιλέξουν κάποιον από τους συνεπισκέπτες τους και να τον «τραβήξουν» κοντά τους, μετακινώντας δηλαδή το άβατάρ τους στον εικονικό χώρο.

η) Ηχητικές ειδοποιήσεις ενημερώνουν διακριτικά τους χρήστες για τις επιμέρους ενέργειες των υπόλοιπων συνεπισκεπτών τους.

Τέλος, ένα σημαντικό στοιχείο του MagicARTS αποτελεί η δυνατότητα που προσφέρει στον επισκέπτη να εισέλθει στον τρισδιάστατο χώρο των πινάκων. Η λειτουργικότητα αυτή έχει υλοποιηθεί μόνο σε έναν από τους πίνακες του Van Gogh («The Bedroom»), σαν proof of concept, χρησιμοποιώντας δύο εναλλακτικά 3D μοντέλα που ήταν διαθέσιμα στο διαδίκτυο (από έναν 3D-artist) κι απεικονίζουν τη δική του εκδοχή του εσωτερικού του, σε κατάσταση μέρας και νύχτας. Το στοιχείο αυτό είναι ορθογώνιο με την προώθηση της κοινωνικότητας αλλά προσφέρει το περιθώριο εξερεύνησης νέων, σύγχρονων τρόπων αλληλεπίδρασης με τον εικονικό κόσμο.

2.5.1 Δίλλημα: Ατομική ελευθερία και έλεγχος ή διαμοιραζόμενη αναπαραγωγή;

Στη σχεδίαση που περιέγραψα παραπάνω οι επισκέπτες αλληλεπιδρούν γενικά ατομικά κι ανεξάρτητα με το οπτικοακουστικό υλικό που προσφέρεται στο περιβάλλον της έκθεσης – με εξαίρεση τις περιοχές κοινής θέασης. Με αυτό τον τρόπο έχουν το περιθώριο να ανεξαρτητοποιηθούν αρκετά από τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας, να επιλέξουν με ποια έργα θα ασχοληθούν παραπάνω, να ακολουθήσουν το δικό τους ρυθμό στην εξερεύνησή τους κ.λπ. Ωστόσο, θεωρήθηκε ότι θα έχει πιθανώς ενδιαφέρον να διερευνηθεί και μια προσέγγιση πιο έντονου διαμοιρασμού, θυσιάζοντας την προσφερόμενη ατομική ελευθερία κι ενισχύοντας ακόμη περισσότερο την διάσταση της εικονικής επίσκεψης.

Για το λόγο αυτό υλοποίησα και μια δεύτερη έκδοση της εφαρμογής, όπου το οπτικοακουστικό υλικό ενεργοποιείται από οποιονδήποτε επισκέπτη αλλά αναπαράγεται στις συσκευές όλων των χρηστών – σα να προέρχεται από ηχεία που

είναι τοποθετημένα στα σχετικά σημεία του εικονικού χώρου. Έτσι, όταν ένα μέλος της ομάδας ενεργοποιήσει την ηχητική αφήγηση τότε αυτή αναπαράγεται σε όλους τους επισκέπτες. Ωστόσο, η ένταση του ήχου αναπαραγωγής είναι ανάλογη της απόστασης του χρήστη από τη θέση του συγκεκριμένο πίνακα, οπότε αν κάποιος από τους επισκέπτες είναι στην άλλη άκρη του δωματίου, θα ακούει τον ήχο σε πολύ χαμηλή ένταση. Αντίστοιχα στην περίπτωση του βίντεο, όλοι οι επισκέπτες βλέπουν την προβολή του στο σχετικό σημείο του τοίχου, ενώ ο ήχος του είναι και πάλι ανάλογος της απόστασης.

Σημειώνω ότι η δεύτερη έκδοση δε χρησιμοποιήθηκε ή αξιολογήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, ωστόσο την υλοποίησα για να εξυπηρετήσω πιθανά μελλοντικά βήματα και περαιτέρω ερευνητικές δραστηριότητες. Την αναφέρω εδώ διότι θεωρώ αξιοσημείωτο πως ένας από τους συμμετέχοντες στη μελέτη χρηστών του MagicArtsVR, σκιαγράφησε (με δική του πρωτοβουλία) το παραπάνω συνεχή διαμοιρασμό ως προτεινόμενο, επιθυμητό τρόπο αλληλεπίδρασης στο εικονικό περιβάλλον της έκθεσης.

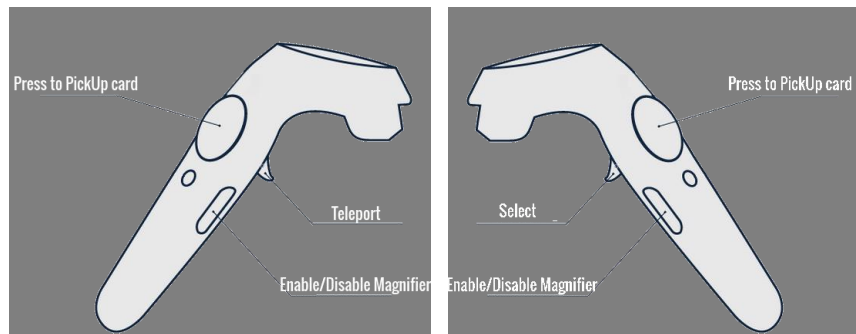
3. MAGICARTSVR

Σε συνέχεια της πτυχιακής μου εργασίας και στο πλαίσιο της διπλωματικής μου, επεκτάθηκε το MagicARTS. Πιο συγκεκριμένα σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε από την αρχή η εφαρμογή ούτως ώστε να προσφέρει τις ίδιες λειτουργίες, αυτή τη φορά με ένα πιο οργανωμένο και δομημένο τρόπο όσο αφορά τις τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν αλλά και για να γίνει ευκολότερη η προσθήκη νέων λειτουργιών. Μία καινούρια λειτουργία αποτελεί και η υποστήριξη συσκευών εικονικής πραγματικότητας πλήρους εμπύθισης πέραν του κλασσικού ηλεκτρονικού υπολογιστή για την χρήση της εφαρμογής. Για την υλοποίηση της συγκεκριμένης εργασίας χρησιμοποιήθηκε αποκλειστικά το HTC Vive αφού η πρόσβαση ήταν ευκολότερη, και για αυτό το λόγο θα αναφερόμαστε αποκλειστικά σε αυτό από εδώ και στο εξής, παρά το γεγονός ότι με κάποιες μικρές τροποποιήσεις μπορεί να υποστηριχθεί και από Oculus Rift και άλλες αντίστοιχες συσκευές.

Στο MagicArtsVR ξεχωρίζει και η παρουσία ενός παιχνιδιού αφηγηματικής μορφής στο πλαίσιο της ενδυνάμωσης των κοινωνικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ των συμμετεχόντων, ενώ συνεχίζουν να υποστηρίζονται οι δύο τρόποι αλληλεπίδρασης με τις πληροφορίες που συνοδεύουν τα εκθέματα (ατομική vs κοινή αναπαραγωγή). Στη συνέχεια θα γίνεται αναφορά μόνο στην ατομική αναπαραγωγή με μερικές εξαιρέσεις.

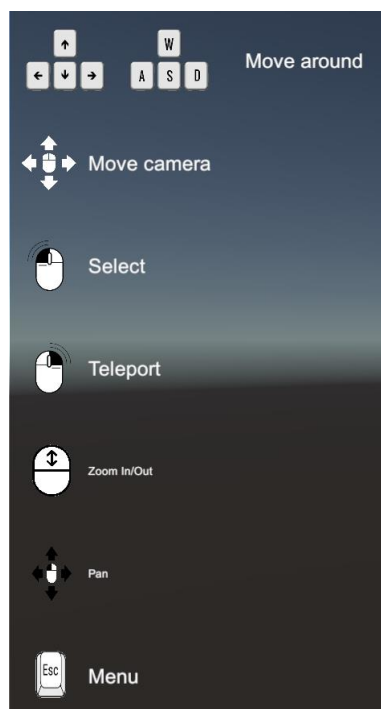
3.1 Από το MagicARTS (Desktop) στο MagicArtsVR (Immersive)

Δεδομένων των συνθηκών υλοποίησης και της αβέβαιης κατάστασης η οποία θα επικρατούσε κατά τη διάρκεια των δοκιμών από χρήστες, κρίθηκε απαραίτητο η εφαρμογή να μπορεί να χρησιμοποιηθεί και με τη χρήση συμβατικού υπολογιστή με ένα πληκτρολόγιο και ένα ποντίκι, ούτως ώστε να εξασφαλιστεί η δυνατότητα περάτωσης των δοκιμών σε περίπτωση που η πρόσβαση και η χρήση HTC VIVE είναι δύσκολη. Ακολουθεί μια σύγκριση του τρόπου με τον οποίο υποστηρίζονται οι πιο βασικές και σημαντικές λειτουργίες της εφαρμογής στο MagicARTS και στο MagicArtsVR.



Εικόνα 15: Οδηγίες χρήσης σε HTC Vive α) αριστερό χέρι β) δεξί χέρι

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι απενεργοποιήθηκε η δυνατότητα ενός χρήστη να τραβήξει κοντά του κάποιο άλλο επισκέπτη αφού θεωρήσαμε ότι κάτι τέτοιο θα ήταν ενοχλητικό σε εφαρμογή εικονικής πραγματικότητας.

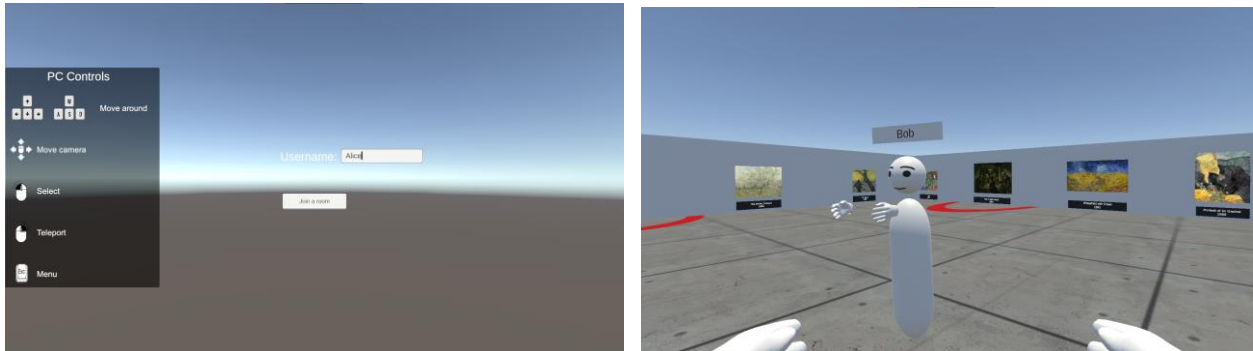


Εικόνα 16: Οδηγίες χρήσης σε ηλεκτρονικό υπολογιστή

3.1.1 Σύνδεση και αναπαράσταση χρήστη

Η αρχική οθόνη σύνδεσης στην εφαρμογή επιτρέπει στον χρήστη να εισάγει το αναγνωριστικό του με το οποίο θα ξεχωρίζει από τους υπόλοιπους χρήστες (εικόνα 17A). Στο MagicARTS, ο χρήστης μπορούσε να επιλέξει την εμφάνιση του avatar αναπαράστασης, μεταξύ κοριτσιού ή αγοριού ενώ στο MagicArtsVR η επιλογή αυτή δεν υποστηρίζεται πλέον, καθώς η αναπαράσταση όλων των χρηστών γίνεται με μία απλή τρισδιάστατη κάψουλα (εικόνα 17B) έχοντας πάνω από το κεφάλι τους το όνομά τους. Ο

λόγος που πάρθηκε αυτή η απόφαση είναι επειδή η αναπαράσταση της κίνησης δεν μπορεί να επιτευχθεί με ακρίβεια με τη χρήση HTC VIVE. Για τον ίδιο λόγο δεν υποστηρίζονται χειρονομίες και κινήσεις με τα χέρια που υποστηρίζονταν πριν.



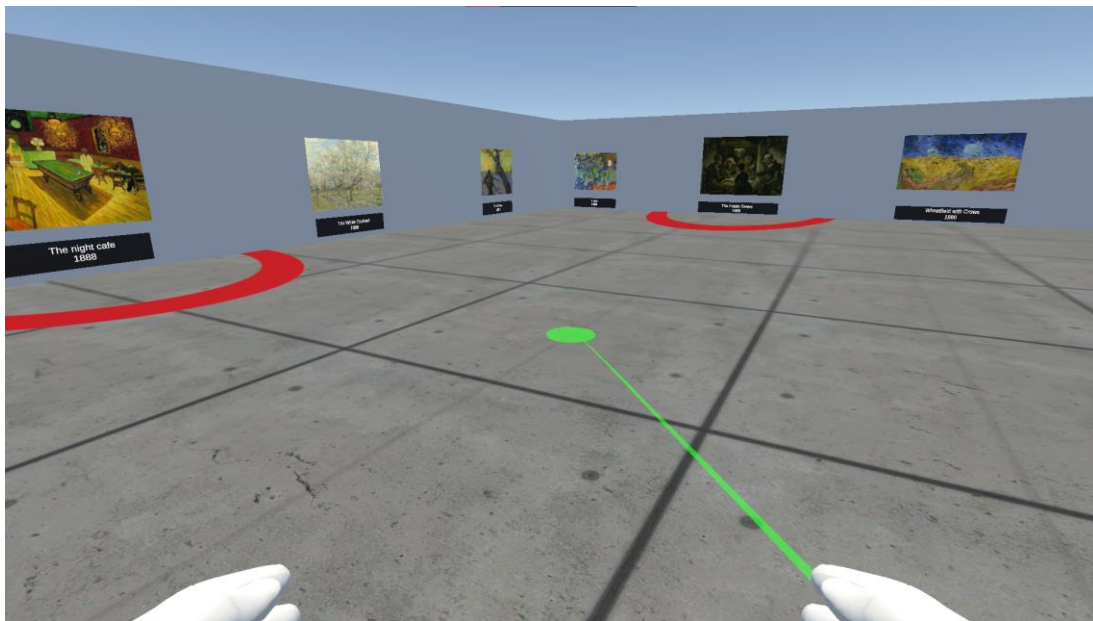
Εικόνα 17: A) Οθόνη σύνδεσης B) Αναπαράσταση χρήστη

3.1.2 Κάμερες και γωνίες προβολής

Παρότι στο MagicARTS υποστηρίζονταν δύο τρόποι προβολής, a) First Person – μέσα από τα μάτια του avatar και b) Third Person – πίσω από το avatar, στο MagicArtsVR αποφασίστηκε όπως να μην υποστηρίζεται μία Third Person κάμερα καθώς κατά τη χρήση του HTC VIVE κάτι τέτοιο θα ήταν ανούσιο και μη συμβατικό, αφού η συγκεκριμένη συσκευή είναι εξειδικευμένη και χρησιμοποιείται αποκλειστικά για First Person εμπειρίες.

3.1.3 Κίνηση και επικοινωνία

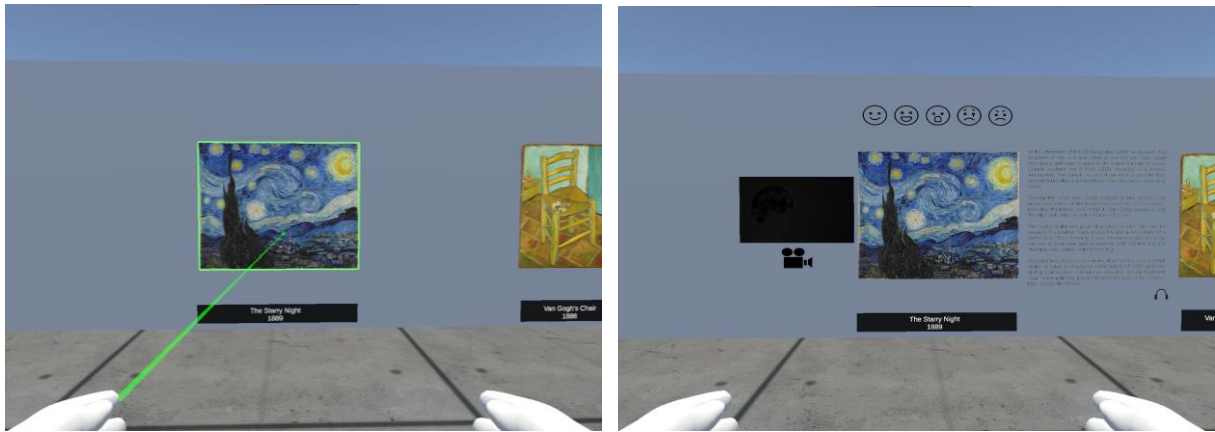
Η κίνηση και η περιήγηση του χρήστη στο χώρο στο MagicARTS ήταν εφικτή χρησιμοποιώντας τα κλασικά κουμπιά WASD ή τα βελάκια ενώ ο χρήστης έλεγχε την κάμερα και την περιστροφή του avatar με το ποντίκι. Επίσης, υποστηρίζεται η δυνατότητα της τηλεμεταφοράς στο χώρο με το δεξί κλικ στο ποντίκι. Ακριβώς η ίδια λογική συνεχίζει να ισχύει και στο MagicArtsVR, στην περίπτωση που ο χρήστης χρησιμοποιεί απλό υπολογιστή. Αν όμως επιλέξει να χρησιμοποιήσει HTC VIVE, τότε η περιήγηση στον χώρο αποκτά περισσότερο ενδιαφέρον καθώς ο χρήστης εμβυθίζεται στο εικονικό περιβάλλον και μπορεί να περπατά και να περιστρέφεται φυσιολογικά. Εξακολουθεί να υποστηρίζεται η επιλογή της τηλεμεταφοράς (εικόνα 18), με τη χρήση του αριστερού χειριστηρίου. Οι χρήστες τόσο στο MagicARTS όσο και στο MagicArtsVR, μπορούν να συνομιλούν φωνητικά ανά πάσα στιγμή μεταξύ τους.



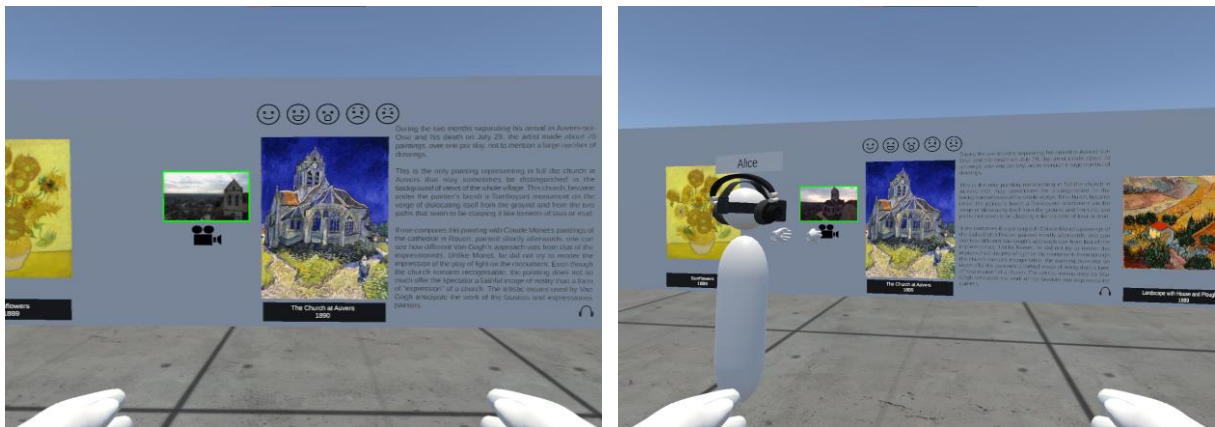
Εικόνα 18: Τηλεμεταφορά στο χώρο

3.1.4 Επιλογή εκθεμάτων

Οι χρήστες κατά την περιήγησή τους στο εικονικό μουσείο ανακαλύπτουν από κοινού τα εκθέματά του. Κάθε πίνακας, αφού επιλεγθεί για πρώτη φορά αποκαλύπτει κάποια στοιχεία που τον συνοδεύουν (εικόνα 19), όπως είναι μία γραπτή περιγραφή, κάποιο βίντεο (εικόνα 20) ή μία ηχητική ανάγνωση (εικόνα 21). Η επιλογή του πίνακα για την εμφάνιση αυτών των στοιχείων, αλλά και η επιλογή των στοιχείων για την ενεργοποίηση ή την παύση τους, στο MagicARTS γινόταν με το αριστερό κλικ στο ποντίκι, κάτι που συνεχίζει να υφίσταται και στο MagicArtsVR, στην περίπτωση που ο χρήστης δεν χρησιμοποιεί HTC VIVE. Η ακτίνα είναι συνεχώς ενεργοποιημένη όμως δίνεται η επιλογή να εμφανίζεται μόνο όταν ο χρήστης το επιλέξει. Σε περίπτωση που ο χρήστης χρησιμοποιεί HTC VIVE, η επιλογή γίνεται με το δεξί χειριστήριο το οποίο εμφανίζει μία ακτίνα με την οποία ο χρήστης επιλέγει το στοιχείο που θέλει. Η ένταση του ήχου στα βίντεο και στις ηχητικές πληροφορίες αυξομειώνεται κλιμακωτά αναλόγως της απόστασης στην οποία βρίσκεται ο χρήστης σε σχέση με το έκθεμα (όσο πιο κοντά βρίσκεται στο έκθεμα, τόσο πιο έντονα ακούει την πληροφορία).



Εικόνα 19: Επιλογή εκθέματος για εμφάνιση πληροφοριών Α) Πριν Β) Μετά



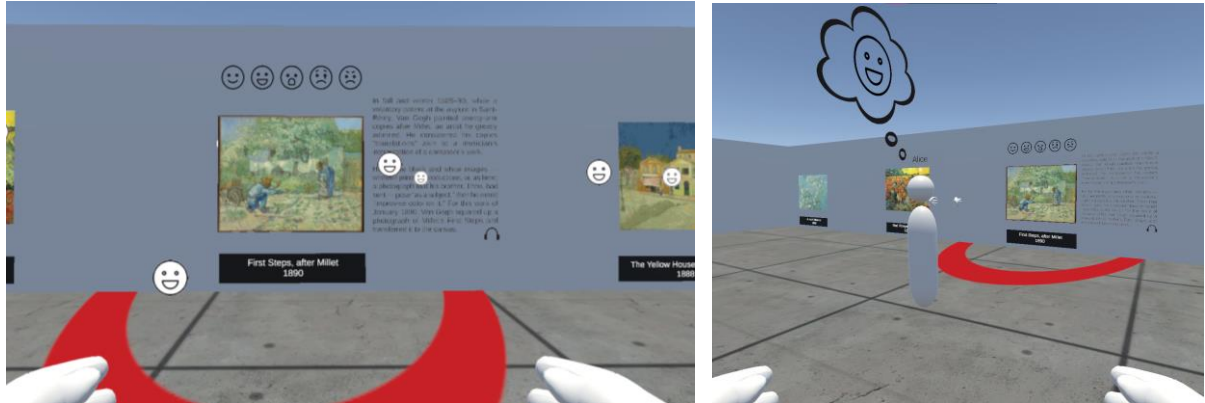
Εικόνα 20: Χρήστης παρακολουθεί βίντεο Α) Οπτική ιδίου Β) Οπτική συνεπισκεπτή



Εικόνα 21: Χρήστης ακούει ηχητική πληροφορία (οπτική συνεπισκεπτή)

Με τον ίδιο τρόπο δίνεται η δυνατότητα στους χρήστες να επιλέξουν κάποιο από τα εικονίδια που βρίσκονται πάνω από τους πίνακες, ούτως ώστε να εκφράσουν το

αντίστοιχο συναίσθημα που τους προκαλεί (εικόνα 22). Η ενέργεια αυτή εμφανίζεται πάνω από τα avatars ένα συννεφάκι με το εικονίδιο που επιλέγηκε ενώ ο ίδιος ο χρήστης αντιλαμβάνεται την ενέργειά του ως μια «βροχή» από εικονίδια.



Εικόνα 22: Χρήστης εκφράζει συναίσθημα για κάποιο έκθεμα Α) Οπτική ιδίου Β) Οπτική συνεπισκεπτή

Κατά την περιήγησή τους, οι χρήστες συναντούν εκθέματα τα οποία έχουν ένα χαρακτηριστικό κόκκινο ημικύκλιο στο έδαφος μπροστά τους (εικόνα 23). Το ημικύκλιο οριοθετεί μια περιοχή κοινής θέασης η οποία ενεργοποιεί ένα βίντεο κοινό και ορατό σε όλους τους χρήστες ταυτόχρονα. Όσο κάποιος χρήστης βρίσκεται μέσα στη συγκεκριμένη περιοχή το βίντεο θα αναπαράγεται. Ο ήχος και σε αυτή την περίπτωση αυξομειώνεται ανάλογα από την απόσταση του εκάστοτε χρήστη από το έκθεμα.



Εικόνα 23: Χρήστης ενεργοποιεί πίνακα κοινής θέασης

3.1.5 Είσοδος στο δωμάτιο και εναλλαγή φωτισμού

Ένα από τα εκθέματα απεικονίζει το “Bedroom”, στο οποίο όταν ο χρήστης προσπαθήσει να εισέλθει τηλεμεταφέρεται στο εσωτερικό μιας τρισδιάστατης αναπαράστασής του (εικόνα 24). Εκεί ο χρήστης μπορεί να αλλάξει το φωτισμό του δωματίου, κάτι που στο MagicARTS γινόταν με τη χρήση δισδιάστατων κουμπιών (με το σχήμα λάμπας) στην οθόνη του χρήστη. Όμως κατά την αξιολόγηση από ειδικούς θεωρήθηκε ότι κάτι τέτοιο θα ξένιζε τον χρήστη ενός HTC VIVE, καθώς σε περιβάλλοντα εμπυθιστικής εικονικής πραγματικότητας δεν συνηθίζονται τέτοιου είδους τακτικές, οπότε στο MagicArtsVR η συγκεκριμένη εναλλαγή φωτισμού γίνεται με την επιλογή του παραθύρου. Συγκεκριμένα, όταν ο χρήστης είναι στη «νυχτερινή εκδοχή» του δωματίου, η τοποθέτηση της ακτίνας πάνω στο παράθυρο έχει σαν αποτέλεσμα να προβάλλεται ένα κίτρινο φως από τα παραθυρόφυλλά του, ενώ ταυτόχρονα η ακτίνα πρασινίζει – υποδηλώνοντας ότι το παράθυρο αποτελεί στοιχείο αλληλεπίδρασης με τον εικονικό περιβάλλον. Επιλέγοντας το παράθυρο γίνεται η μετάβαση στην «πρωινή εκδοχή» του δωματίου, όπου προσφέρεται αντίστοιχη λειτουργικότητα (on hover τα παραθυρόφυλλα αποκτούν έντονο μπλε χρώμα υποδηλώνοντας εμμέσως τη μετάβαση στη νυχτερινή εκδοχή του δωματίου).

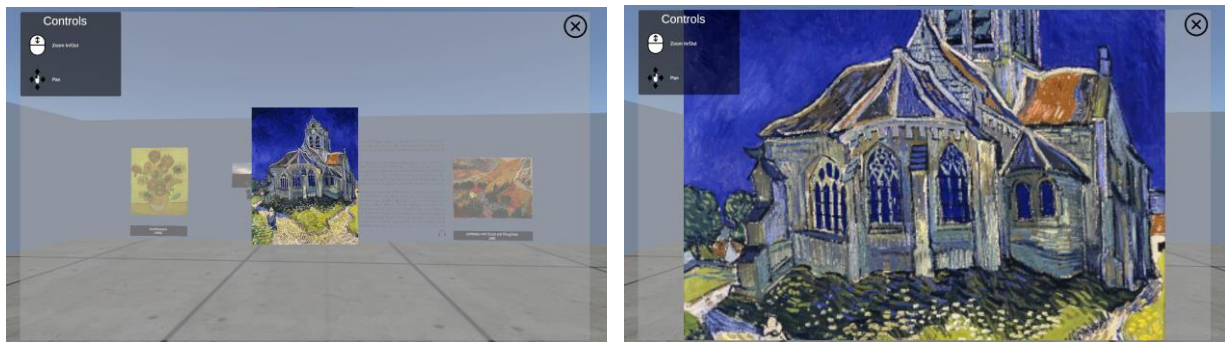


Εικόνα 24: Μεταφορά στο 3D Bedroom και εναλλαγή φωτισμού

3.1.6 Μεγέθυνση πίνακα

Κατά τη διάρκεια της περιήγησής τους, οι χρήστες μπορούν να παρατηρήσουν τα ήδη ανοικτά εκθέματα καλύτερα. Στο MagicARTS εμφανιζόταν ο πίνακας στην οθόνη και ο χρήστης μπορούσε χρησιμοποιώντας το ποντίκι να το μεγεθύνει σε συγκεκριμένο σημείο. Αυτός ο τρόπος εξακολουθεί να υποστηρίζεται και στο MagicArtsVR (εικόνα

25), ενώ στην περίπτωση που χρησιμοποιείται HTC VIVE τότε ο χρήστης χρησιμοποιεί ένα μεγεθυντικό φακό (εικόνα 26) για να παρατηρήσει καλύτερα τα εκθέματα.



Εικόνα 25: Α) Άνοιγμα πίνακα και Β) Μεγέθυνση για παρατήρηση λεπτομέρειας σε υπολογιστή



Εικόνα 26: Μεγέθυνση και παρατήρηση σε HTC Vice με μεγεθυντικό φακό στο αριστερό χέρι

3.2 Το παιχνίδι

Σημαντική προσθήκη στο MagicArtsVR αποτελεί και η ύπαρξη ενός παιχνιδιού αφηγηματικής μορφής. Κατά τη διάρκεια της εικονικής επίσκεψής τους, οι χρήστες μπορούν ανά πάσα στιγμή να ξεκινήσουν τη συγκεκριμένη δραστηριότητα. Πρόκειται για ένα παιχνίδι στα πρότυπα του επιτραπέζιου “Dixit” και του “Find the Artwork behind the Story!”. Σε κάθε γύρο ορίζεται ένας αφηγητής ο οποίος πρέπει να περιγράψει στους υπόλοιπους συμμετέχοντες ένα πίνακα της αρεσκείας του, με σκοπό να βοηθήσει όσο το δυνατό περισσότερους να καταλάβουν σε ποιον πίνακα αναφέρεται, χωρίς όμως να το καταλάβουν όλοι. Για να γίνει δυνατή η διεξαγωγή του παιχνιδιού πρέπει να είναι συνδεδεμένοι στο ίδιο δωμάτιο τουλάχιστον 3 χρήστες εκ των οποίων ο ένας θα είναι ο αφηγητής και οι υπόλοιποι συμμετέχοντες.

3.2.1 Περιγραφή παιχνιδιού και βαθμολόγηση

3.2.1.1 Έναρξη παιχνιδιού

Κάθε γύρος ξεκινάει όταν ένας χρήστης επιλέξει να γίνει αφηγητής. Οι υπόλοιποι χρήστες ενημερώνονται για αυτή την ενέργεια και επιλέγουν αν θέλουν να συμμετέχουν στο παιχνίδι ή όχι. Δίνεται επίσης και η δυνατότητα να είναι απλοί παρατηρητές σε κάποιο γύρο ούτως ώστε να συμμετέχουν στις συζητήσεις χωρίς όμως να μπορούν να ψηφίσουν.

Αφού ανταποκριθούν όλοι οι χρήστες στη πρόσκληση και οι θετικές απαντήσεις είναι τουλάχιστον 2, οι συμμετέχοντες, οι παρατηρητές και ο αφηγητής «απομονώνονται» ηχητικά έτσι ώστε να μην ενοχλούν ή να μην ενοχλούνται από τους χρήστες που αρνήθηκαν την πρόσκληση.

3.2.1.2 Επιλογή πίνακα από αφηγητή και συμμετέχοντες

Ακολούθως ο αφηγητής επιλέγει ένα πίνακα της αρεσκείας του και τον περιγράφει στους συμμετέχοντες οι οποίοι με τη σειρά τους ψηφίζουν μυστικά ποιος πίνακας πιστεύουν ότι ενέπνευσε τον αφηγητή.

3.2.1.3 Τέλος γύρου και Βαθμολογία

Με το που ψηφίσει και ο τελευταίος χρήστης, ανανεώνεται το σκορ στον αντίστοιχο πίνακα και τηλεμεταφέρονται όλοι γύρω από αυτόν. Ταυτόχρονα, εμφανίζεται και η επιλογή του κάθε παίχτη και έτσι τους δίνεται η ευκαιρία να συζητήσουν τις επιλογές τους και το σκεπτικό τους γύρω από αυτές, προωθώντας με αυτό τον τρόπο ακόμη περισσότερο την κοινωνικότητα. Αποκαλύπτουν τον τρόπο σκέψης τους και τι παρατήρησαν στους πίνακες ούτως ώστε να τους επιλέξουν.

Αν όλοι οι συμμετέχοντες απαντήσουν σωστά, τότε παίρνουν από δύο βαθμούς και ο αφηγητής μηδέν. Το ίδιο συμβαίνει αν δεν απαντήσει κανένας με τη σωστή επιλογή. Σε διαφορετική περίπτωση, όσοι το βρουν μαζί με τον αφηγητή παίρνουν από τρεις βαθμούς ενώ οι υπόλοιποι μηδέν. Τα αποτελέσματα κάθε γύρου αθροίζονται και στο νέο γύρο μπορεί να συμμετέχει και κάποιος χρήστης που στον προηγούμενο γύρο ήταν παρατηρητής ή είχε επιλέξει να μην συμμετέχει καθόλου.

3.2.2 Σχεδίαση παιχνιδιού

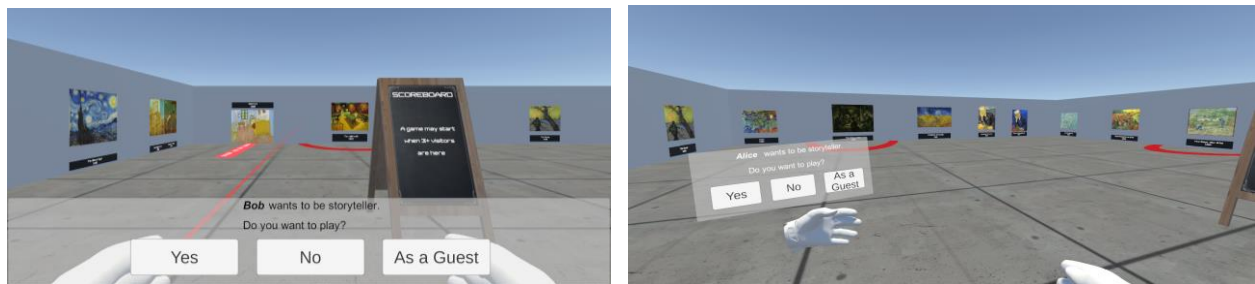
3.2.2.1 Έναρξη παιχνιδιού

Ο χρήστης μπορεί να γίνει αφηγητής επιλέγοντας το κουμπί που βρίσκεται στο κέντρο της «αίθουσας». Αυτό γίνεται με το αριστερό κλικ του ποντικιού (εικόνα 27A), όπως δηλαδή θα επέλεγε κάποιο άλλο αντικείμενο στην αίθουσα, ενώ στην περίπτωση που χρησιμοποιεί HTC VIVE μπορεί να το επιλέξει με το δεξί χειριστήριο. Εναλλακτικά, μπορεί να «πιέσει» με κάποιο από τα χειριστήριά του το συγκεκριμένο κουμπί (εικόνα 27B).



Εικόνα 27: Χρήστης επιλέγει να γίνει αφηγητής A) Ηλεκτρονικός Υπολογιστής B) HTC Vive

Με αυτό τον τρόπο αποστέλλει τις προσκλήσεις στους υπόλοιπους χρήστες οι οποίοι, αν χρησιμοποιούν HTC VIVE, αντιλαμβάνονται την ενέργεια αυτή με μια δόνηση στο αριστερό τους χειριστήριο, πάνω από το οποίο πλέον αιωρείται ένας κατάλογος. Στο συγκεκριμένο κατάλογο υπάρχουν οι επιλογές Αποδοχής, Απόρριψης ή Συμμετοχή ως Επισκέπτης, τις οποίες ο χρήστης μπορεί να επιλέξει είτε με το δεξί χειριστήριο είτε απλά ακουμπώντας την ανάλογη επιλογή (εικόνα 28B). Αν όμως χρησιμοποιούν πληκτρολόγιο και ποντίκι τότε εμφανίζεται αντίστοιχο μενού επιλογών στο κάτω μέρος της οθόνης τους (εικόνα 28A). Η επιλογή «Συμμετοχή ως Επισκέπτης» σε κάποιο γύρο προσφέρεται κυρίως για να επιτρέψει τη συμμετοχή ενός «καθοδηγητή» στο παιχνίδι, ο οποίος θα κατευθύνει τα μέλη της ομάδας και θα βοηθάει τους άπειρους παίκτες, εξηγώντας τους κανόνες και τον τρόπο παιχνιδιού, χωρίς να συμμετέχει στο σκορ.



Εικόνα 28: Μενού απάντησης σε πρόσκληση Α) Ηλεκτρονικός Υπολογιστής Β) HTC Vive

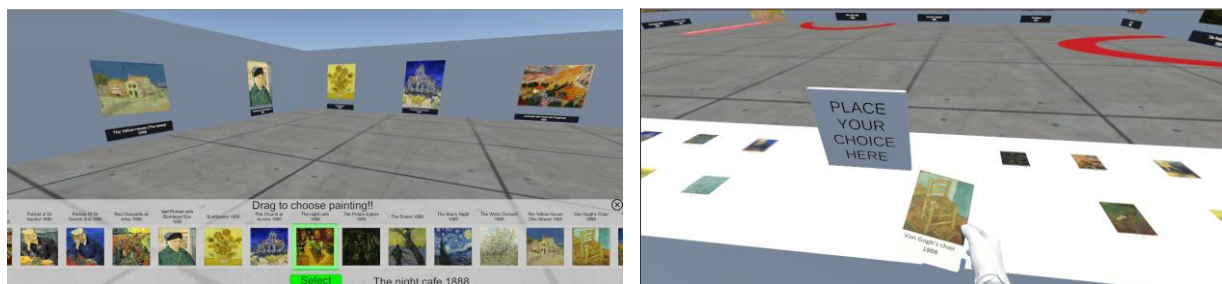
Τα άβαταρ των χρηστών που επιλέγουν να συμμετέχουν στο παιχνίδι χρωματίζονται με πράσινο χρώμα (ενώ όσων απορρίπτον παραμένουν άσπρα), σχηματίζοντας έτσι το σχηματισμό ομάδας παιχνιδιού εντός του εικονικού κόσμου (εικόνα 29).



Εικόνα 29: Χρωματισμός avatar και ετικέτες με την κατάσταση του κάθε παίχτη

3.2.2.2 Επιλογή πίνακα από αφηγητή και συμμετέχοντες

Αφού απαντήσουν όλοι οι χρήστες, εμφανίζονται οι πίνακες στον αφηγητή για να επιλέξει ποιον θα περιγράψει στους υπόλοιπους συμμετέχοντες. Αν χρησιμοποιεί HTC VIVE εμφανίζονται σε μορφή κάρτας πάνω στο τραπέζι τις οποίες μπορεί να πάρει στο «χέρι» του και να τις περιεργαστεί και να τοποθετήσει στο αντίστοιχο πλαίσιο την κάρτα της επιλογής του (εικόνα 30B). Αν όμως χρησιμοποιεί απλό υπολογιστή, τότε οι πίνακες εμφανίζονται σε μενού στο κάτω μέρος της οθόνης του (εικόνα 30A). Αφού επιλέξει τον πίνακα που θέλει, τον περιγράφει στους υπόλοιπους συμμετέχοντες και με τον ίδιο τρόπο αυτοί επιλέγουν τις δικές τους απαντήσεις.



Εικόνα 30: Επιλογή αφηγητή ή συμμετέχοντα Α) Ηλεκτρονικός Υπολογιστής Β) HTC Vive

Σημαντική σχεδιαστική πρόκληση σε αυτό το σημείο αποτέλεσε η ανάγκη ιδιωτικότητας που τίθεται στο πλαίσιο του παιχνιδιού για την επιλογή του πίνακα: τόσο όταν ο αφηγητής επιλέγει το έργο στο οποίο θα βασίσει την ιστορία του, όσο και στο στάδιο της ψηφοφορίας κατά το οποίο οι υπόλοιποι παίχτες διαλέγουν τον πίνακα που θα ψηφίσουν, είναι κρίσιμο να μη φαίνονται οι σχετικές επιλογές τους. Για το λόγο αυτό, η προβολή και διαχείριση των καρτών που βρίσκονται πάνω στο τραπέζι δεν είναι κοινή, αλλά γίνεται ατομικά. Έτσι, στο στάδιο όπου ο Αφηγητής καλείται να επιλέξει την κάρτα του πίνακα που επιθυμεί, τα ψηφιακά αντικείμενα των καρτών εμφανίζονται μόνο σε εκείνον – οι υπόλοιποι παίχτες συνεχίζουν να βλέπουν ένα άδειο τραπέζι. Αντίστοιχα, στο στάδιο της ψηφοφορίας ο αφηγητής βλέπει ένα άδειο τραπέζι ενώ στον κάθε ψηφοφόρο δημιουργείται (τοπικά) ένα διαφορετικό σύνολο αντικειμένων για την προβολή και διαχείριση των καρτών.

3.2.2.3 Εμφάνιση επιλογών

Η απάντηση του κάθε συμμετέχοντα αλλά και η επιλογή του αφηγητή «ντύνουν» αντίστοιχα τα avatar τους (εικόνα 31): το σώμα των άβαταρ λειτουργεί σαν καμβάς όπου προβάλλονται οι προσωπικές επιλογές πινάκων που έκαναν προηγουμένως οι παίχτες, ώστε να αποκαλυφθούν σε όλα τα μέλη της ομάδας και να αποτελέσουν τη βάση για τις επερχόμενες συζητήσεις. Όταν ξεκινήσει νέος γύρος παιχνιδιού τα άβαταρ όλων των επισκεπτών ξαναπαίρνουν την αρχική, ουδέτερη, λευκή μορφή τους.

Σημειώνεται ότι ο επόμενος γύρος θα ξεκινήσει όταν κάποιος χρήστης επιλέξει να γίνει αφηγητής. Αντίθετα με το μηχανισμό των παιχνιδιών "Dixit" και "Find the Artwork behind the Story!", στην εφαρμογή MagicArtsVR δεν απαιτείται από τους χρήστες να συμμετέχουν σε κάθε γύρο του παιχνιδιού, ούτε χρειάζεται απαραίτητα να γίνουν όλοι αφηγητές, συνεπώς δεν τίθεται και συγκεκριμένη σειρά με την οποία θα οριστούν οι παίχτες ως αφηγητές.



Εικόνα 31: Τέλος γύρου, παρουσίαση αποτελεσμάτων και απαντήσεων

3.3 Τεχνικές Αλληλεπίδρασης Χρήστη - Εφαρμογής στην εικονική πραγματικότητα (VR UI)

Μία εφαρμογή εικονικής πραγματικότητας η οποία κάνει χρήση μάσκας HMD, όπως είναι το HTC Vive, οφείλει να είναι όσο το δυνατό πιο εύχρηστη γίνεται, όσον αφορά την αλληλεπίδραση του χρήστη με την εφαρμογή. Σε αυτό το πλαίσιο απαιτείται όσες ενέργειες και λειτουργίες παρέχονται από την υφιστάμενη εφαρμογή μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή να γίνουν δυνατές και μέσω του HTC Vive. Στη παρούσα διπλωματική εργασία, δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στη σχεδίαση των αλληλεπιδράσεων του χρήστη με την εφαρμογή και την ανταλλαγή πληροφορίας στον εικονικό χώρο, καθώς ο υψηλός βαθμός εμπύθισης δημιουργεί την επιτακτική ανάγκη η αλληλεπίδραση να είναι όσο πιο απλή γίνεται.

3.3.1 Μέθοδος επιλογής αντικειμένων (από μακριά)

Μία συνηθισμένη πρακτική σε εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας σε περιπτώσεις που χρειάζεται ο χρήστης να κάνει κάποια επιλογή εξ' αποστάσεως είναι το Point-and-Click, όπως προκύπτει από το [32]. Πρόκειται ουσιαστικά για τη μεταφορά, του παραδοσιακού τρόπου επιλογής σε ένα υπολογιστή με ποντίκι, στον εικονικό χώρο. Μία κόκκινη ακτίνα ξεκινά από το χειριστήριο του χρήστη και γίνεται πράσινη όταν μία

επιλογή είναι διαθέσιμη, ενώ ενεργοποιείται με τη χρήση ενός κουμπιού, συνήθως του αριστερού κλικ στο ποντίκι.

3.3.2 Επιλογή αντικειμένων από 2D σε 3D

Κατά τη χρήση μια εφαρμογής σε ηλεκτρονικό υπολογιστή αρκετές απλές επιλογές γίνονται με το ποντίκι πιέζοντας κουμπιά στο δισδιάστατο χώρο. Στην περίπτωση όμως που ο χρήστης χρησιμοποιεί HTC Vive, τα δεδομένα αλλάζουν, καθώς όλες οι ενέργειες πρέπει να μεταφερθούν στον τρισδιάστατο χώρο. Μία αρκετά σύνηθες πρακτική αλληλεπίδρασης σε εικονικά περιβάλλοντα είναι η «μεταφορά» των κουμπιών από δισδιάστατα σε τρισδιάστατα και η απευθείας χρήση των χειριστηρίων (Controller Based Direct Manipulation) ως προέκταση των χεριών, για την αλληλεπίδραση με αυτά. Για παράδειγμα ένα κουμπί μπορεί να γίνει ένα τρισδιάστατο αντικείμενο σε μορφή διακόπτη και να απαιτείται από τον χρήστη να το πιέσει όπως θα έκανε στον πραγματικό κόσμο.

3.3.3 Κατάλογος επιλογών

Για την εμφάνιση επιλογών στον χρήστη, μία από τις τεχνικές που θα μπορούσε να ακολουθηθεί είναι η δημιουργία ενός καταλόγου [33] μπροστά από τον χρήστη ο οποίος θα τον ακολουθεί και με τη χρήση της μεθόδου Point-and-Click είτε με Controller Based Direct Manipulation να γίνει δυνατή η διάσχισή του. Αυτό είναι εύχρηστο και λειτουργικό μόνο για μικρό αριθμό επιλογών, όπως και υλοποιήθηκε υποστηρίζοντας και τις δύο μεθόδους ενώ ο κατάλογος «ίππεται» πάνω από το αριστερό χέρι του χρήστη και η επιλογή γίνεται με το δεξί. Όμως στην περίπτωση που οι επιλογές είναι περισσότερες μια τέτοια πρακτική δεν συνίσταται. Η εναλλακτική που τελικά υλοποιήθηκε σε αυτή την περίπτωση είναι η δημιουργία μιας τράπουλας εικονογραφημένων καρτών με τις αντίστοιχες επιλογές. Οι κάρτες εμφανίζονται πάνω σε κάποιο τραπέζι και ο χρήστης παίρνει την κάρτα της επιλογής του και την τοποθετεί στο αντίστοιχο πλαίσιο.

3.3.4 Μεγέθυνση εικόνων και παρατήρηση

Η συγκεκριμένη λειτουργικότητα σε ένα απλό υπολογιστή είναι εφικτή με την κύλιση του τροχού στο ποντίκι για μεγέθυνση (zoom and pan). Σύμφωνα με την Huiwen Chang και τον Michael F. Cohen [34], στο χώρο της εικονικής πραγματικότητας για την συγκεκριμένη λειτουργία ως ιδανική λύση φαντάζει το Circle Mode. Πρόκειται για ένα

ξεχωριστό επίπεδο μπροστά από το αυθεντικό αντικείμενο παρατήρησης το οποίο σε σχήμα κύκλου μεγεθύνει συγκεκριμένη περιοχή. Στο MagicArtsVR ο χρήστης, για την καλύτερη παρατήρηση ενός πίνακα, μπορεί να χρησιμοποιήσει κάτι σαν μεγεθυντικό φακό, ακολουθώντας την πιο πάνω λογική. Ο φακός βρίσκεται μπροστά από το χέρι του στον εικονικό χώρο και μπορεί να ενεργοποιηθεί είτε επιλέγοντας ένα πίνακα είτε με τη χρήση ενός κουμπιού.

4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ

Η υλοποίηση του MagicArtsVR έγινε με τη χρήση του Unity, όπως και στο MagicARTS. Το συγκεκριμένο περιβάλλον ανάπτυξης εφαρμογών εξειδικεύεται στην υλοποίηση 2D και 3D εφαρμογών και παιχνιδιών, υποστηρίζοντας πλήθος από πλατφόρμες. Ο απαραίτητος προγραμματισμός έγινε στην γλώσσα προγραμματισμού C#.

Τα αντικείμενα σε ένα Unity Project αποτελούνται από πολλά components τα οποία είναι είτε έτοιμα και προσφέρονται από το Unity, είτε υπάρχουν διαθέσιμα και μπορεί ο προγραμματιστής να τα κατεβάσει από το Asset Store, είτε μπορεί να τα εγκαταστήσει σε πακέτα είτε ακόμη και να τα φτιάξει μόνος του. Στη συγκεκριμένη εφαρμογή έγινε ένας συνδυασμός από τις πιο πάνω επιλογές καθώς πολλά από τα scripts που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάπτυξη του MagicARTS δεν μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας.

Όσο αφορά το υλικό που χρησιμοποιήθηκε, επιλέχθηκε το HTC Vive καθώς είχα αρκετές εμπειρίες με το συγκεκριμένο εξοπλισμό και υπήρχε διαθέσιμο στη σχολή ούτως ώστε να γίνουν οι απαραίτητες δοκιμές.

4.1 Υλοποίηση

Στον κορμό του MagicArtsVR βρίσκεται η συλλογή πακέτων Tilia η οποία προσφέρει χρήσιμες λειτουργίες για την δημιουργία εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας. Η συγκεκριμένη επιλογή έγινε με κύριο γνώμονα την παροχή του προσομοιωτή των κινήσεων του HTC Vive που προσφέρει, σε αντίθεση με αντίστοιχες συλλογές από πακέτα όπως η SteamVR και η VRTK. Η αναγκαιότητα ύπαρξης προσομοιωτή οφειλόταν αρχικά στο γεγονός ότι λόγω της πανδημίας του Covid-19 δεν υπήρχε πρόσβαση στο συγκεκριμένο υλικό για μήνες. Κατά δεύτερο, η αποσφαλμάτωση της εφαρμογής έγινε εφικτή, αφού υπό διαφορετικές συνθήκες θα χρειαζόταν πλήθος από συσκευές HTC Vive και δοκιμαστές για να ελέγξουν τις λειτουργίες που δεν αφορούν το υλικό.

4.1.1 Αποκωδικοποίηση κινήσεων συσκευής

Το Tilia παρέχει αρχικά ένα βασικό αντικείμενο αναπαράστασης και αποκωδικοποίησης μίας συσκευής εικονικής πραγματικότητας, στην προκειμένη περίπτωση όπως το HTC Vive, ενώ προσφέρει και ένα αντικείμενο αναπαράστασης για σκοπούς προσομοίωσης.

Τα δύο αυτά αντικείμενα τα διαχειρίζεται ένα τρίτο, το Tracked Alias, που με τη σειρά του ελέγχει πιο είναι ενεργό ανά πάσα στιγμή και δημιουργεί ένα εικονικό αντικείμενο ούτως ώστε να δημιουργήσει ένα επίπεδο αφαίρεσης, βοηθώντας με αυτό τον τρόπο τον προγραμματιστή να ασχολείται μόνο με ένα αντικείμενο ανεξαρτήτως υλικού. Η κίνηση στο χώρο αποκωδικοποιείται από την κίνηση της συσκευής στον πραγματικό κόσμο ενώ στην περίπτωση που χρησιμοποιείται ο προσομοιωτής, η κίνηση γίνεται με τη χρήση των πλήκτρων WASD ή των βελών κίνησης και η κάμερα προσανατολίζεται από τη κίνηση του ποντικιού.

4.1.2 Τηλεμεταφορά στο χώρο

Η τηλεμεταφορά στο χώρο είναι από τις πλέον χρήσιμες λειτουργίες για κάποιο χρήστη εφαρμογής εικονικής πραγματικότητας. Το Tilia προσφέρει αυτή την λειτουργία σε συνάρτηση με τις περιοχές τηλεμεταφοράς, στις οποίες το μέγεθος προσαρμόζεται ανάλογα από τις ανάγκες, και τα σημεία τηλεμεταφοράς. Στο MagicArtsVR γίνεται χρήση μόνο της πρώτης μεθόδου ενώ για την επιλογή τηλεμεταφοράς επιλέχθηκε μια απλή καμπύλη γραμμή που ξεκινάει από το χέρι του χρήστη και ανάλογα με τις κινήσεις του καταλήγει είτε σε κάποιο επιτρεπτό σημείο του χώρου, όπου παίρνει ένα πράσινο χρώμα, είτε σε κάποιο μη επιτρεπτό σημείο του χώρου, όπου παίρνει ένα κόκκινο χρώμα. Οι επιφάνειες στις οποίες επιτρέπεται η τηλεμεταφορά καθορίζονται από το Tag των αντικειμένων στο Unity, καθώς η τηλεμεταφορά επιτρέπεται μόνο σε ορισμένα. Η ίδια ενέργεια κατά τη διάρκεια χρήσης του προσομοιωτή επιτυγχάνεται με τη χρήση του δεξιού κλικ στο ποντίκι.

4.1.3 Επιλογή εκθεμάτων

Για την επιλογή εκθεμάτων και διαφόρων άλλων στοιχείων του χώρου θεωρήθηκε ιδανική η επιλογή της μεθόδου Point and Click, η οποία απαιτεί από τον χρήστη να σημαδέψει με μια ακτίνα κάποιο αντικείμενο ούτως ώστε να το επιλέξει. Όταν η ακτίνα «συναντήσει» κάποιο αντικείμενο που μπορεί να επιλεγθεί τότε και αυτή από κόκκινη γίνεται πράσινη, ενώ το ίδιο το αντικείμενο κατά την είσοδο της ακτίνας σε αυτό παίρνει ένα περίγραμμα για να υποδείξει στο χρήστη ότι είναι επιλέξιμο. Αυτό γίνεται εφικτό με την προσθήκη ενός επιπλέον αντικειμένου που δίνεται από το Tilia, σαν παιδί του κυρίως αντικειμένου που θέλουμε να γίνει επιλέξιμο. Η ίδια ενέργεια κατά τη διάρκεια χρήσης του προσομοιωτή επιτυγχάνεται με τη χρήση του αριστερού κλικ στο ποντίκι.

4.1.4 Ανίχνευση σύγκρουσης

Η ανίχνευση σύγκρουσης χρησιμοποιείται για πολλούς και διάφορους σκοπούς σε απλές εφαρμογές 3D αλλά και σε εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας. Στο MagicArtsVR η πιο εμφανής χρήση της λειτουργίας αυτής είναι η τηλεμεταφορά στο δωμάτιο. Όταν ο χρήστης ακουμπήσει στον αντίστοιχο πίνακα ή όταν προσπαθήσει να περπατήσει μέσα σε αυτόν, η εφαρμογή ανιχνεύει την ενέργεια αυτή και τηλεμεταφέρει τον χρήστη σε ένα άλλο χώρο ο οποίος αποτελεί τρισδιάστατη αναπαράσταση του συγκεκριμένου πίνακα. Με τον ίδιο τρόπο γίνεται και η μεταφορά του χρήστη πίσω στην κυρίως αίθουσα της έκθεσης. Με αντίστοιχο τρόπο λειτουργεί όμως και η ακτίνα επιλογής ή τηλεμεταφοράς αφού ουσιαστικά ανιχνεύει την σύγκρουση της ακτίνας με το αντικείμενο ή με το δάπεδο. Τέλος, η ενεργοποίηση των πινάκων κοινής θέασης λειτουργεί με αντίστοιχο τρόπο, αφού όταν κάποιος χρήστης μπει σε μια από τις περιοχές ενεργοποίησης, ουσιαστικά συγκρούεται με αυτή και ενεργοποιεί το βίντεο, το οποίο σταματά όταν όλοι όσοι μπήκαν στην περιοχή βγουν από αυτή.

4.2 Υποστήριξη πολλών χρηστών (multiuser)

Για τους σκοπούς της πτυχιακής μου εργασίας και την ανάπτυξη του MagicARTS είχε χρησιμοποιηθεί η ενσωματωμένη υποστήριξη που παρείχε το Unity, η οποία όμως στις αρχές του 2019 σταμάτησε να υποστηρίζεται. Μετά από αρκετές ώρες έρευνας των διαθέσιμων επιλογών, αποφασίστηκε η χρήση του Photon Unity Networking v2. Προσφέρει όλες τις απαραίτητες λειτουργίες που απαιτήθηκαν για την υλοποίηση του MagicArtsVR καθώς επίσης παρέχει και δωρεάν τη δυνατότητα χρήσης του Photon Cloud, το οποίο αποτελείται από πλήθος εξυπηρετητών ανά το παγκόσμιο. Αυτό έδωσε τη δυνατότητα χρήσης από χρήστες σε διαφορετικές τοποθεσίες.

4.2.1 Σύνδεση

Με την έναρξη της εφαρμογής ζητείται από τον χρήστη να εισάγει το Username του το οποίο θα αναγράφεται πάνω από το avatar του. Αφού η εφαρμογή καταφέρει να ενωθεί με τον εξυπηρετητή που έχει επιλεγεί, είτε από πριν είτε ανάλογα με το ποιος έχει το καλύτερο ping, μπορεί ο χρήστης να μπει σε κάποιο δωμάτιο με την επιλογή "Join a room". Αν στον συγκεκριμένο εξυπηρετητή υπάρχει διαθέσιμο δωμάτιο με κενές θέσεις (έχει επιλεγεί ως μέγιστος αριθμός σε κάθε δωμάτιο το 5) τότε συνδέεται σε αυτό ως

απλός Client. Σε διαφορετική περίπτωση δημιουργεί ένα καινούριο δωμάτιο και γίνεται ο Master Client. Τελευταίο βήμα είναι η δημιουργία των αντικειμένων του χρήστη. Γενικά, όλα τα αντικείμενα που θέλουμε να αλλάζουν σε όλους τους συνδεδεμένους χρήστες πρέπει να έχουν ένα Photon View, το οποίο αποτελεί την ταυτότητά τους στο δίκτυο. Οπότε και τα αντικείμενα που έχει ο χρήστης στον έλεγχο του, όπως είναι το avatar του, πρέπει να «γεννηθούν» εκείνη τη στιγμή. Ένα script, αφού δημιουργηθεί το αντικείμενο του χρήστη, είναι υπεύθυνο για την ορθή αρχικοποίησή του, αφού συνδέει το avatar με το Tracked Alias που συναντήσαμε στο 4.1.1.

4.2.2 Ανανέωση θέσης στο χώρο

Αφού γίνει η αρχικοποίηση και ταυτιστεί το avatar με το Tracked Alias, και κατά συνέπεια ακολουθεί τις κινήσεις του ενεργού αντικειμένου μετακίνησης στο χώρο (HTC Vive ή Simulator), υπεύθυνο για την ενημέρωση της θέσης του στο δίκτυο είναι το Photon. Πιο συγκεκριμένα, στο avatar υπάρχει ένα component, το Photon Transform View, το οποίο αναλαμβάνει να ανανεώνει αυτόματα τη θέση του avatar σε όλους τους συνδεδεμένους χρήστες. Συνοπτικά, ο χρήστης μετακινείται στο φυσικό χώρο ή χρησιμοποιεί τα πλήκτρα του υπολογιστή, τα οποία με τη σειρά τους μετακινούν το Tracked Alias, το οποίο μετακινεί τελικά το avatar του οποίου η θέση περνάει μέσα από το δίκτυο.

4.2.3 Συνεργατική ανακάλυψη εκθεμάτων και αναπαραγωγή υλικού

Κατά την περιήγησή τους οι χρήστες ανακαλύπτουν συνεργατικά τα εκθέματα και τις πληροφορίες που τα συνοδεύουν. Το υλικό που επιλέγει να αποκαλύψει ένας χρήστης γίνεται ορατό και στους συνεπισκέπτες του. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση ενός script το οποίο είναι υπεύθυνο να διατηρεί την πληροφορία αυτή για όλους τους πίνακες. Όταν ένας χρήστης επιλέξει κάποιο έκθεμα, αφού ζητήσει και πάρει την ιδιοκτησία του αντικειμένου στο οποίο ανήκει το script και το οποίο έχει τη δική του ταυτότητα στο δίκτυο (Photon View), αποστέλλει ένα RPC σε όλους τους χρήστες το οποίο ανοίγει τις επιπλέον πληροφορίες για το συγκεκριμένο έκθεμα.

Ένα RPC είναι ουσιαστικά μία συνάρτηση ενός script η οποία καλείται και εκτελείται ταυτόχρονα σε όλους τους χρήστες μετά από το αίτημα ενός από αυτούς. Δίνεται

επίσης και η επιλογή μία RPC εντολή να μπει σε ένα buffer ούτως ώστε να εκτελεστεί στους χρήστες που θα συνδεθούν αργότερα.

Με αντίστοιχο τρόπο γίνεται δυνατή και η ενημέρωση για την αναπαραγωγή του πολυμεσικού υλικού ανάμεσα στους χρήστες. Υπάρχει ένα ξεχωριστό script, τόσο για την ηχητική πληροφορία όσο και για τα βίντεο τα οποία έχουν το δικό τους Photon View component για να ξεχωρίζουν στο δίκτυο. Όταν ένας χρήστης επιλέξει την αναπαραγωγή ή την παύση κάποιου από αυτά τα αντικείμενα, στέλνει ένα RPC στους υπόλοιπους συνδεδεμένους χρήστες για να τους ενημερώσει και να εκτελεστούν οι ίδιες εντολές και σε αυτούς. Η ένταση τόσο των βίντεο όσο και των ηχητικών περιγραφών και στις δύο εκδόσεις διαβαθμίζεται ανάλογα από την απόσταση του χρήστη από την πηγή ήχου. Ο κάθε χρήστης μπορεί να αναπαράγει μόνο ένα πολυμεσικό αντικείμενο κάθε φορά, το οποίο μπορεί να δει και να ακούσει μόνος του. Αυτό γίνεται εφικτό με την προσθήκη του αντικειμένου σε μια λίστα αναπαραγωγής και την αφαίρεση του άλλου αντικείμενο που μπορεί να αναπαράγεται εκείνη τη στιγμή. Οι συνεπισκεπτες του μπορούν να αντιληφθούν ότι παρακολουθεί ή ακούει κάποια πληροφορία από το πράσινο περίγραμμα που αποκτά το έκθεμα και από τα ακουστικά και τη μάσκα που φοράει το avatar του.

Η λογική πίσω από την ενεργοποίηση του περιγράμματος είναι να υπάρχει ένας μετρητής για κάθε βίντεο ή ηχητική περιγραφή, ούτως ώστε να αυξάνεται κάθε φορά που κάποιος χρήστης αναπαράγει πληροφορία σχετική με αυτό και αντίστοιχα, να μειώνεται όταν κάποιος χρήστης σταματά την αναπαραγωγή. Αν ο μετρητής γίνει μεγαλύτερος από 0 κατά την εντολή αναπαραγωγής, ο πίνακας παίρνει το πράσινο περίγραμμα ενώ αν γίνει 0 κατά την εντολή παύσης της αναπαραγωγής το περίγραμμα αφαιρείται.

4.2.4 Πίνακες κοινής θέασης

Τρεις από τους πίνακες της έκθεσης παρέχουν μία ξεχωριστή εμπειρία κοινής θέασης ανεξαρτήτως της έκδοσης της εφαρμογής. Όταν ένας χρήστης πλησιάσει κοντά τους ενεργοποιείται μία κοινή οθόνη θέασης στην επιφάνεια τους η οποία είναι ορατή σε όλους και στην οποία αναπαράγεται ένα βίντεο. Ουσιαστικά κάθε φορά που κάποιος χρήστης εισέρχεται στην περιοχή θέασης αυξάνεται ένας μετρητής, ενώ αντίστοιχα μειώνεται όταν κάποιος απομακρυνθεί από αυτή. Η ένταση του ήχου και σε αυτή τη

περίπτωση διαβαθμίζεται ανάλογα από την απόσταση του χρήστη από το έκθεμα. Η αρχική σκέψη ήταν η ένταση του ήχου να είναι απολύτως ανάλογη της απόστασης, όμως επιλέγηκε η διαβάθμιση σε 4 στάδια (100%, 70%, 30% και 0%) καθώς ήταν ευκολότερη η υλοποίηση.

4.2.5 Ηχητική επικοινωνία

Η ηχητική επικοινωνία είναι κάτι περισσότερο από απαραίτητη σε μία εφαρμογή εικονικής πραγματικότητας, ειδικά όταν η κοινωνική αλληλεπίδραση μεταξύ των χρηστών αποτελεί προτεραιότητά της. Αυτός ήταν ένας ακόμα λόγος για τον οποίο επιλέγηκε εξ αρχής το Photon Unity Networking, καθώς υποστηρίζει πλήρη συμβατότητα με το Photon Voice. Για την ομαλή του λειτουργία απαιτεί την ύπαρξη στη σκηνή ενός αντικειμένου το οποίο να έχει ένα Recorder component για την καταγραφή της φωνής του χρήστη και ένα Photon Voice Network, το οποίο αποτελεί και την ταυτότητά της φωνής του στο δίκτυο. Τέλος, το avatar του χρήστη πρέπει να έχει μία πηγή ήχου για την αναπαραγωγή της ομιλίας.

4.2.6 Έκφραση συναισθημάτων

Στο πλαίσιο της προώθησης της κοινωνικότητας των χρηστών, το MagicArtsVR τους παρέχει τη δυνατότητα να εκφράσουν τα συναισθήματά τους σχετικά με κάποιο πίνακα. Πάνω από τους πίνακες υπάρχουν διαθέσιμα πέντε διαφορετικά εικονίδια που αντιπροσωπεύουν τη χαρά, τον ενθουσιασμό, την έκπληξη, την λύπη και το θυμό. Ο χρήστης με το να επιλέξει κάποιο από αυτά στέλνει ένα RPC με το αναγνωριστικό του ίδιου αλλά και του συναισθήματος που επιθυμεί να κοινοποιήσει για να ενεργοποιήσει ένα συννεφάκι πάνω από το avatar του που περιέχει το συγκεκριμένο εικονίδιο, ενώ τοπικά ο χρήστης παρατηρεί μία «βροχή» από αυτά τα εικονίδια για να ενημερωθεί ότι η ενέργειά του ήταν επιτυχής.

4.3 Αφηγηματική εμπειρία

Εφόσον συνδεθούν στο ίδιο δωμάτιο τουλάχιστον τρεις χρήστες γίνεται διαθέσιμη μία αφηγηματική εμπειρία υπό μορφή παιχνιδιού. Η λογική είναι σε κάθε γύρο ένας χρήστης να αναλάβει χρέη αφηγητή και να περιγράψει στους υπόλοιπους κάποιο από τα εκθέματα. Το αποτέλεσμα κάθε γύρου προστίθεται στο πίνακα δείχνοντας και σε πόσους γύρους συμμετείχε ο κάθε χρήστης. Για την ομαλή εξέλιξη της εμπειρίας

υπεύθυνο είναι ένα script το οποίο και αυτό έχει τη δική του ταυτότητα στο δίκτυο καθώς συνοδεύεται και αυτό από ένα Photon View component.

4.3.1 Έναρξη γύρου και ο αφηγητής

Η έναρξη ενός νέου γύρου σηματοδοτείται από την επιλογή ενός χρήστη να γίνει αφηγητής. Η ενέργεια αυτή στέλνει σε όλους τους χρήστες ένα RPC το οποίο εμφανίζει το μενού απάντησης στην πρόσκληση, ανάλογα με τη συσκευή που χρησιμοποιεί ο κάθε χρήστης. Ταυτόχρονα θέτει τον εαυτό του σαν αφηγητή στο script και στέλνει ένα νέο RPC για να αλλάξει χρώμα στο avatar του (όποιος συμμετέχει στο παιχνίδι γίνεται πράσινος) και να εμφανίσει μία ετικέτα “STORYTELLER” πάνω από αυτό που θα υποδεικνύει στους υπόλοιπους χρήστες ποιος είναι ο αφηγητής. Επίσης, κρύβεται το κουμπί επιλογής αφηγητή σε όλους τους χρήστες.

4.3.2 Απάντηση στην πρόσκληση

Όσοι χρήστες απαντήσουν θετικά στην πρόσκληση του αφηγητή, στέλνουν το δικό τους RPC αρχικά για να εισάγουν το όνομά τους σε μια δομή δεδομένων key-value η οποία θα περιέχει το όνομά τους σαν κλειδί και την μελλοντική απάντησή τους σαν τιμή. Επίσης αλλάζουν και αυτοί χρώμα στο avatar τους και εμφανίζουν την ετικέτα “Accepted” πάνω από αυτό. Όσοι απαντήσουν ότι θέλουν να συμμετέχουν ως επισκέπτες στέλνουν ξεχωριστό RPC ούτως ώστε να προστεθεί το όνομά τους σε μία λίστα με τους καλεσμένους, να εμφανίσουν την ετικέτα “GUEST” και να αλλάξουν χρώμα.

Ακολούθως, με το που ένας χρήστης απαντήσει με οποιαδήποτε από τις τρεις επιλογές, στέλνεται ακόμη ένα RPC για να αυξηθεί ένα μετρητή ούτως ώστε να ενημερωθεί η εφαρμογή όταν απαντήσουν όλοι.

Όταν συμβεί αυτό, ελέγχεται αν υπάρχουν τουλάχιστον 2 εγγραφές στη δομή με τις θετικές απαντήσεις για να έχει νόημα ο γύρος, οπότε και αλλάζει το κανάλι ηχητικής επικοινωνίας σε αφηγητή, συμμετέχοντες και καλεσμένους για να μην ενοχλούν και να ενοχλούνται από τους χρήστες που δεν συμμετέχουν. Ακολούθως, αν ο αφηγητής χρησιμοποιεί HTC Vive, εμφανίζεται μία συλλογή από κάρτες με τα εκθέματα του μουσείου πάνω στο τραπέζι για να κάνει την επιλογή του παίρνοντάς την και

τοποθετώντας την στο αντίστοιχο πλαίσιο, ενώ αν χρησιμοποιεί υπολογιστή εμφανίζεται ένα μενού στο κάτω μέρος της οθόνης του.

Στην περίπτωση που δεν υπάρχουν τουλάχιστον 2 θετικές απαντήσεις, καθαρίζουν οι δομές δεδομένων για αφηγητή, συμμετέχοντες και καλεσμένους, επανεμφανίζεται το κουμπί επιλογής αφηγητή και καλείται ένα RPC για να επανέλθει το χρώμα στο avatar και να κρυφτούν οι ετικέτες.

4.3.3 Επιλογή εκθέματος από αφηγητή

Ο αφηγητής, με το που επιλέγει τον πίνακα που θέλει να περιγράψει, στέλνει ένα RPC στους υπόλοιπους χρήστες το οποίο ενημερώνει το script για την σωστή απάντηση και ακολούθως, εμφανίζει στους συμμετέχοντες αντίστοιχες επιλογές για να διαλέξουν την απάντησή τους όπως με τον αφηγητή. Αφού ο αφηγητής επιλέξει το έκθεμα της αρεσκείας του, το περιγράφει στους συμμετέχοντες και στους καλεσμένους.

4.3.4 Επιλογή απάντησης από συμμετέχοντες

Αφού επιλέξουν την απάντησή τους, οι συμμετέχοντες στέλνουν ένα RPC για να αλλάξουν την ετικέτα τους από "Accepted" σε "Voted". Στη συνέχεια, στέλνουν ένα ακόμη RPC για να εισαχθεί η απάντησή τους στη δομή δεδομένων. Όταν απαντήσει και ο τελευταίος συμμετέχοντας καλείται η συνάρτηση υπολογισμού του αποτελέσματος για να προσμετρήσει τους βαθμούς και να τους προσθέσει σε μία δεύτερη δομή key-value η οποία έχει ως κλειδί το όνομα του χρήστη και ως τιμή το σκορ του ενώ ανανεώνει και μία τρίτη που περιέχει τους γύρους στους οποίους ο χρήστης συμμετείχε. Ακολούθως καλείται η συνάρτηση εμφάνισης των επιλογών των χρηστών.

4.3.5 Εμφάνιση επιλογών

Οι καλεσμένοι παραμένουν με πράσινο χρώμα στο avatar τους και τηλεμεταφέρονται γύρω από το πίνακα του αποτελέσματος για σχολιασμό των απαντήσεων. Αυτό γίνεται με ένα RPC το οποίο ξεκινάει μία υπορουτίνα η οποία περιμένει 2 λεπτά και ακολούθως επαναφέρει το χρώμα στο λευκό και αποκρύπτει την ετικέτα ενώ επαναφέρει και το κανάλι επικοινωνίας στο αρχικό. Η μόνη διαφοροποίηση στην περίπτωση του αφηγητή και των συμμετεχόντων είναι ότι το avatar τους ντύνεται από πράσινο στον πίνακα που επέλεξαν. Η υπορουτίνα ακυρώνεται αν πριν τα 2 λεπτά κάποιος από τους χρήστες επιλέξει να γίνει αφηγητής.

4.4 Προβλήματα κατά την υλοποίηση και τρόποι επίλυσης

4.4.1 Πρόσβαση σε HTC Vive

Η υλοποίηση της εφαρμογής MagicArtsVR έγινε υπό περίεργες συνθήκες, κυρίως λόγω της πανδημίας του Covid-19. Εξαιτίας της πανδημίας, η οποία μας περιόρισε σπίτι, δεν μπορούσα να έχω άμεση πρόσβαση σε κάποια συσκευή για μεγάλο χρονικό διάστημα. Αργότερα, και αφού τα μέτρα έγιναν πιο ήπια, μπορούσα να επισκεφθώ τις εγκαταστάσεις της σχολής, όμως οι ώρες κατά τις οποίες μπορούσα να έχω στη διάθεσή μου τον εξοπλισμό ήταν περιορισμένες, αφού την ίδια συσκευή χρειαζόνταν και άλλοι ερευνητές. Εξαιτίας και της αυξημένης υγιεινής που ήταν επιβεβλημένη, τα διαστήματα ενασχόλησης έπρεπε να έχουν κάποιες μέρες κενό ούτως ώστε να περιοριστεί ο κίνδυνος μετάδοσης.

Λύση στο πιο πάνω πρόβλημα έδωσε το Tilia, το οποίο αποτελεί μία συλλογή από πακέτα που παρέχουν χρήσιμες υπηρεσίες για την ανάπτυξη εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας και που τελικά αποτέλεσε τον κορμό ολόκληρης της εφαρμογής. Μία από αυτές τις υπηρεσίες, όπως αναφέρεται και στο 4.1, αποτελεί η ύπαρξη του προσομοιωτή. Με αυτό τον τρόπο προσομοίωσα τις ενέργειες και τις λειτουργίες που απαιτούνται για μια εφαρμογή εικονικής πραγματικότητας, ούτως ώστε να χρησιμοποιήσω τον εξοπλισμό, όταν είχα πρόσβαση σε αυτόν, μόνο για έλεγχο και όχι για ανάπτυξη. Με τον ίδιο τρόπο συνέχισα να δουλεύω και στην Κύπρο, όπου και πάλι η πρόσβαση σε κάποιο HTC Vive ήταν περιορισμένη. Χρησιμοποιούσα δηλαδή τον προσομοιωτή για την ανάπτυξη της εφαρμογής και τον εξοπλισμό μόνο για την αποσφαλμάτωσή της.

4.4.2 Συγχρονισμός μεταξύ χρηστών

Κατά την κοινή εξερεύνηση της έκθεσης από τους επισκέπτες, απαίτηση της εφαρμογής είναι η ταυτόχρονη εμφάνιση των πληροφοριών των εκθεμάτων που αποκαλύπτει ο κάθε χρήστης στους υπόλοιπους. Το ίδιο ισχύει και για την αναπαραγωγή πολυμεσικού υλικού για τα εκθέματα, αφού πρέπει να γνωρίζουν ανά πάσα στιγμή με τι ασχολείται ο συνεπισκέπτης τους. Η υλοποίηση αυτής της λειτουργικότητας, αρχικά έγινε με το συγχρονισμό μεταβλητών, κάτι που απαιτούσε την αποστολή όλων των μεταβλητών

κάθε φορά που υπήρχε μια αλλαγή. Αυτό αποτελεί άσκοπη αποστολή δεδομένων στο δίκτυο που σημαίνει ότι μπορούν να συμβούν αρκετές καθυστερήσεις.

Η αποστολή RPC (Remote procedure call) ελαχιστοποιεί το πρόβλημα αυτό, καθώς μειώνεται αισθητά ο όγκος των δεδομένων που διακινείται. Ουσιαστικά, ο χρήστης που θέλει να ανοίξει ένα πίνακα, στέλνει ένα RPC στον εξυπηρετητή δηλώνοντας απλά τον αριθμό του πίνακα που θέλει. Τότε ο εξυπηρετητής εκτελεί σε όλους τους συνδεδεμένους χρήστες (και όσους συνδεθούν αργότερα) μία συνάρτηση η οποία εμφανίζει τις επιπρόσθετες πληροφορίες που επιθυμεί ο χρήστης. Με αντίστοιχο τρόπο γίνεται και η αναπαραγωγή και η παύση του πολυμεσικού υλικού για κάθε πίνακα και της εμφάνισης ή όχι των ακουστικών και της μάσκας εικονικής πραγματικότητας στο avatar των χρηστών που παρακολουθούν ή ακούν κάποια πληροφορία.

4.4.3 Λίστα αναπαραγωγής

Η δεύτερη έκδοση του MagicArtsVR προσφέρει στους χρήστες τη δυνατότητα να αναπαράγουν περισσότερα τους ενός αντικείμενα πολυμεσικού υλικού ενώ ή πρώτη μόνο ένα. Για το σκοπό αυτό υλοποιήθηκε μία λίστα αναπαραγωγής στην οποία προστίθενται αντικείμενα τα οποία αποτελούνται από το υλικό αναπαραγωγής, τη φύση του (αν είναι ηχητικό ή βίντεο), τον πίνακα στον οποίο ανήκει και μία υπορουτίνα που είναι υπεύθυνη για τον χειρισμό του αφού τελειώσει η αναπαραγωγή. Στην περίπτωση της πρώτης έκδοσης, όταν κάποιο νέο αντικείμενο μπει στην λίστα αφαιρείται το προϋπάρχον (αν υπάρχει), ενώ στην δεύτερη έκδοση όχι.

Με αυτό τον τρόπο ο χειρισμός των 2 εκδόσεων γίνεται πολύ ευκολότερος, αφού δεν χρειάζεται κάποιος ειδικότερος χειρισμός, πέραν της αλλαγής μίας μεταβλητής υπεύθυνης για την καθοδήγηση των ενεργειών ανάλογα με την τιμή της.

4.4.4 Συντονισμός παιχνιδιού

Η εφαρμογή υποστηρίζει τόσο τη χρήση HTC Vive όσο και τη χρήση προσωπικού υπολογιστή. Οι λειτουργίες που προσφέρονται είτε χρησιμοποιούν την ίδια λογική είτε αλλάζουν εντελώς ανάλογα με το περιβάλλον χρήσης. Όσο αφορά την λειτουργία του παιχνιδιού, υπάρχουν δύο είδη αφαίρεσης. Το πρώτο αφορά το συντονισμό των ενεργειών, την κατάθεση απαντήσεων και το χειρισμό των δομών και είναι κοινό είτε κατά τη χρήση υπολογιστή είτε κατά τη χρήση HTC Vive. Το δεύτερο επίπεδο βρίσκεται

πάνω από το προηγούμενο και ανάλογα με το εξοπλισμό που χρησιμοποιεί ο χρήστης εκτελεί τις απαραίτητες λειτουργίες και τροφοδοτεί το κατώτερο επίπεδο με τα αντίστοιχα δεδομένα.

Ο διαμοιρασμός των λειτουργιών σε επίπεδα αφαίρεσης βοήθησε πάρα πολύ στην καλύτερη οργάνωση του κώδικα, αφού έγινε ευκολότερη η διαχείρισή του αλλά και η αποσφαλμάτωσή του, ενώ παράλληλα δίνει τη δυνατότητα εξέλιξης και τροποποίησης των λειτουργιών ανεξαρτήτως συσκευής.

4.5 Προβλήματα που αναφέρθηκαν από χρήστες κατά την αξιολόγηση

Ποιότητα ανάλυσης εκθεμάτων

Οι πρώτοι χρήστες που κλήθηκαν να χρησιμοποιήσουν την εφαρμογή και να την αξιολογήσουν παρατήρησαν μεταξύ άλλων ότι οι πίνακες «τρεμόπαιζαν» σε σημαντικό βαθμό, κάτι που τους προκάλεσε σε γενικές γραμμές δυσφορία. Όταν πλησίαζαν τους πίνακες το αρνητικό αυτό φαινόμενο εξασθενούσε. Για την επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος αρκούσε να ενεργοποιηθούν τα mirrors στις εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν κάτι το οποίο έκανε αρκετά μεγάλη διαφορά. Μεταξύ της πρώτης ομάδας χρηστών και των επόμενων υπήρχε ένα κενό μιας μέρας το οποίο ήταν αρκετό για να γίνουν οι κατάλληλες τροποποιήσεις. Όταν οι ίδιοι χρήστες καλέστηκαν για την ομαδική εμπειρία παρατήρησαν και οι ίδιοι την αισθητή διαφορά.

5. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Αφού ολοκληρώθηκε το βασικό κομμάτι της υλοποίησης και αποσφαλμάτωσης της εφαρμογής, προχωρήσαμε στο στάδιο της αξιολόγησης, πρώτα από επιλεγμένους ειδικούς και στη συνέχεια με μελέτη χρηστών. Τα σχόλια και οι παρατηρήσεις των ειδικών εισακούστηκαν στην πλειονότητά τους, ολοκληρώνοντας έναν κύκλο πρωταρχικών δοκιμών και αναδιαμορφώσεων. Ακολούθως, προχωρήσαμε σε μελέτη χρηστών μικρής κλίμακας: η εφαρμογή δοκιμάστηκε στο φυσικό χώρο ενός VR center και στη συνέχεια αξιολογήθηκε από τους συμμετέχοντες με τη χρήση ερωτηματολογίων και συνεντεύξεων.

5.1 Σενάρια χρήσης που εξετάστηκαν

Τόσο η αξιολόγηση από ειδικούς όσο και η μελέτη χρηστών επικεντρώθηκαν σε δύο συγκεκριμένα σενάρια χρήσης: α) απλή επίσκεψη ζεύγους επισκεπτών στην εικονική έκθεση και β) ομαδικό παιχνίδι αφήγησης στο εικονικό της περιβάλλον. Και στα δύο σενάρια χρησιμοποιήθηκε αποκλειστικά η πρώτη έκδοση της εφαρμογής, όπου τα συνοδευτικά πολυμεσικά αντικείμενα των πινάκων αναπαράγονται μόνο στον χρήστη που τα ενεργοποίησε (όπως εξηγείται αναλυτικά στο 2.5.1).

5.1.1 Εμπειρία επίσκεψης ανά ζεύγη

Το πρώτο σενάριο χρήσης αφορά τη χρήση της εφαρμογής από ζευγάρια επισκεπτών. Εξετάζεται καταρχάς η ατομική εμπειρία, κι ερευνάται η ευχρηστία των μηχανισμών ελέγχου κίνησης εντός του εικονικού χώρου, καθώς και οι προσφερόμενες λειτουργίες για την εξερεύνηση της έκθεσης και του υλικού που αυτή περιέχει από τους επισκέπτες. Επίσης, διερευνάται η οπτική των χρηστών σε σχέση με τα κοινωνικά στοιχεία της σχεδίασης (π.χ. έγιναν αυτά αντιληπτά; χρησιμοποιήθηκαν και με τι τρόπους;) ενώ εξετάζεται η επίτευξη του αισθήματος κοινωνικής παρουσίας.

5.1.2 Ομαδική εμπειρία παιχνιδιού

Το δεύτερο σενάριο χρήσης προδιαγράφει τη χρήση της εφαρμογής από μία ομάδα χρηστών μεγέθους 4-6 κι εξετάζει την ευχρηστία της προσφερόμενης λειτουργίας παιχνιδιού. Αποτιμάται η συνολικότερη ικανοποίηση των συμμετεχόντων από τη συμμετοχή τους στο παιχνίδι κι ερευνώνται στοιχεία της αλληλεπίδρασής τους κατά τη διάρκεια της εμπειρίας.

5.2 Αξιολόγηση από ειδικούς

Αφού ολοκληρώθηκε η υλοποίηση, η εφαρμογή αξιολογήθηκε από πέντε ξεχωριστούς έμπειρους ερευνητές οι οποίοι ασχολούνται με την επικοινωνία ανθρώπου μηχανής (HCI), την εικονική πραγματικότητα (VR) και τη πολιτιστική κληρονομιά (CH). Ακολουθήθηκε μία κυκλική διαδικασία κατά την οποία η εφαρμογή αξιολογήθηκε επανειλημμένα με τα σχόλια κάθε φορά να λαμβάνονται υπόψιν και να υλοποιούνται οι προτάσεις όπου θεωρήθηκε απαραίτητο. Σημειώνεται ότι όλοι οι ερευνητές αξιολόγησαν την εφαρμογή χρησιμοποιώντας ηλεκτρονικό υπολογιστή, ενώ δύο από αυτούς έκαναν και δοκιμές με χρήση εξοπλισμού εμπισθιστικής εικονικής πραγματικότητας (HTC Vive & Oculus Rift).

5.2.1 Το avatar στο χώρο

Η πρώτη ερευνήτρια χρησιμοποίησε την εφαρμογή από υπολογιστή και παρατήρησε ότι το avatar των άλλων χρηστών έπρεπε να βρίσκεται πιο χαμηλά ούτως ώστε να βρίσκεται στο σωστό ύψος σε σχέση με τους πίνακες και ταυτόχρονα να μεγαλώσει το μέγεθος του σώματος για να μην αφήνει την αίσθηση ότι πετάει. Έτσι τροποποιήθηκε, μεγαλώνοντας το σε ύψος για να βρίσκεται πιο κοντά στο έδαφος και ταυτόχρονα πιο ψηλά για να φτάνει το μέσο των πινάκων. Επίσης, η πηγή φωτός στον εικονικό χώρο κρίθηκε από όλους ότι έπρεπε να μετακινηθεί στο κέντρο έτσι ώστε να φωτίζονται όλοι οι πίνακες το ίδιο.

Η τέταρτη ερευνήτρια ζήτησε μια πιο προσεγμένη διάταξη του πολυμεσικού υλικού γύρω από τους πίνακες ενώ θα της ήταν χρήσιμα κάποια κουμπιά διαχείρισης για αυτά. Ταυτόχρονα, υπέδειξε πιθανές αλλαγές στο χρώμα των τοίχων, του πατώματος και του φωτισμού ούτως ώστε να αναδειχτούν καλύτερα τα χρώματα των πινάκων. Επίσης, όπως και η πέμπτη ερευνήτρια, ζήτησε κάποια ένδειξη στο πάτωμα σχετικά με τις περιοχές κοινής θέασης για καλύτερη επεξήγηση της λειτουργικότητάς τους.

Η πέμπτη ερευνήτρια πρότεινε οι πίνακες να αποκτήσουν μια πιο τρισδιάστατη μορφή για να ξεχωρίζουν από τον τοίχο ενώ θα ήθελε να έχει την επιλογή αλλαγής άβαταρ. Στα πλαίσια πιθανού ανασχεδιασμού της έκθεσης τα πιο πάνω σχόλια θα ληφθούν υπόψιν.

5.2.2 Επιλογές αλληλεπίδρασης με την εφαρμογή σε υπολογιστή

Η πρώτη ερευνήτρια παρατήρησε ότι οι μεγεθυντικοί φακοί κατά τη περιήγηση με χρήση υπολογιστή δεν έχουν κάποιο νόημα και ως αποτέλεσμα η συγκεκριμένη επιλογή αφαιρέθηκε από την προβολή σε dekstop. Παράλληλα δήλωσε ότι θα τη βοηθούσε με κάποιο τρόπο να ενημερωθεί ότι για να μπει στο δωμάτιο χρειάζεται να κινηθεί με τα κουμπιά καθώς δε γίνεται να τηλεμεταφερθεί μέσα σε αυτό (λειτουργικότητα την οποία και χρησιμοποιούσε κατά κύριο λόγο για την πλοήγησή της - αντί για τα πλήκτρα WASD). Για το σκοπό αυτό τονίστηκαν οι σχετικές οδηγίες που αναγράφονται πάνω στο κόκκινο χαλί που οδηγεί μέσα στον σχετικό πίνακα, αλλά δεν προστέθηκε κάποια επιπλέον οδηγία.

Ζήτησε επίσης η κίνηση στο χώρο να παρέχεται εκτός από τα πλήκτρα WASD και με τα βελάκια για μεγαλύτερη ευελιξία. Επιπλέον, η ίδια ερευνήτρια πρότεινε να επιλέγει ο χρήστης αν θα έχει συνεχώς ορατή την ακτίνα επιλογής ή όχι, στοιχείο που επισημάνθηκε κι από άλλους δύο ερευνητές. Και τα δύο αυτά αιτήματά τους εισακούστηκαν.

Ο δεύτερος ερευνητής πρότεινε επίσης να γίνει μια εισαγωγή στην αρχική οθόνη σύνδεσης και στο μενού για τα πλήκτρα ελέγχου. Για αυτό το λόγο προστέθηκε και στις δύο περιπτώσεις ένας οδηγός χρήσης της εφαρμογής. Τέλος σημείωσε την ανάγκη να περιοριστεί η χρήση του κέρσορα του ποντικιού όπου αυτό είναι δυνατό για την αποφυγή οποιασδήποτε σύγχυσης με την κίνηση της κάμερας και την ακτίνα επιλογής. Αυτό ήταν εφικτό μόνο για τη μεταφορά από το δωμάτιο με φωτισμό μέρας στο νυχτερινό δωμάτιο και ανάποδα, όπου ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τα παραθυρόφυλλα για να εκτελέσει τη σχετική ενέργεια. Ο κέρσορας του ποντικιού κρίθηκε απαραίτητος για την επιλογή απάντησης στο παιχνίδι και το κλείσιμο του παραθύρου μεγέθυνσης αφού έχει ήδη σταματήσει η κίνηση της κάμερας κατά τις διαδικασίες αυτές.

Η τρίτη ερευνήτρια κατά τη διαδικασία επιλογής απάντησης στο παιχνίδι, αυθόρμητα προσπάθησε να κάνει scroll με τον τροχό του ποντικιού οπότε και το πρότεινε σαν εναλλακτική, κάτι που τελικά υλοποιήθηκε.

Η τέταρτη ερευνήτρια θα προτιμούσε να ενεργοποιείται η ακτίνα επιλογής κατά την κίνηση του ποντικιού ενώ όταν μένει στάσιμο να εξαφανίζεται. Επίσης θα ήθελε ιδανικά

να προβάλλεται επί του δαπέδου η τοποθεσία που θα διακτινιστεί το avatar της ώστε να έχει καλύτερη αίσθηση που θα καταλήξει. Τέλος, θα της ήταν χρήσιμο να υπάρχουν προτεινόμενες θέσης μπροστά από τους πίνακες για βέλτιστη θέαση και παρατήρηση.

Η πέμπτη ερευνήτρια αρχικά χρησιμοποίησε φορητό υπολογιστή για τη δοκιμή όμως δυσκολεύτηκε αρκετά με τη χρήση του touchpad στο συγχρονισμό των κινήσεων ενώ ζήτησε να υπάρχει μια άλλη οπτική για καλύτερη αντίληψη του χώρου. Η συγκεκριμένη λειτουργικότητα αφαιρέθηκε καθώς δεν θα μπορούσε να υποστηριχθεί σε χρήση με HTC Vive.

5.2.3 Επιλογές αλληλεπίδρασης με την εφαρμογή στο HTC Vive

Ο δεύτερος ερευνητής χρησιμοποίησε την εφαρμογή και με τη χρήση Oculus Rift κι ανακάλυψε ότι η εναλλαγή προβολής από τον ένα τρόπο στον άλλο (desktop – immersive) δεν διατηρούσε τη σωστή θέση του χρήστη στο χώρο, κάτι που διορθώθηκε. Επίσης, δήλωσε πως θα τον βοηθούσε η ύπαρξη μίας επιλογής για εύκολη εναλλαγή μεταξύ immersive & desktop προβολής, η οποία προστέθηκε στο κεντρικό μενού. Τέλος, ζήτησε κατά τη χρήση του HTC Vive, να υποστηριχθεί η κίνηση και με τη χρήση του joystick που παρέχουν τα χειριστήρια, όμως κάτι τέτοιο αποφεύχθηκε καθώς το συγκεκριμένο κουμπί χρησιμοποιείται ήδη για την επιλογή κάρτας κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού και ίσως μπερδευε το χρήστη.

Αναφορικά με τις ενέργειες του παιχνιδιού ο δεύτερος ερευνητής σχολίασε ότι η διαχείριση των καρτών θα μπορούσε να απλουστευθεί (π.χ. να μην μπορεί η κάρτα να σου πέσει κατά λάθος στο πάτωμα) ώστε να γίνει πιο σταθερή κι εύχρηστη. Προβλήματα ευχρηστίας αναγνωρίστηκαν κι από την τρίτη ερευνήτρια στη συγκεκριμένη λειτουργικότητα, χρησιμοποιώντας το HTC Vive, ωστόσο δήλωσε ότι της άρεσε ιδιαίτερα η ρεαλιστικότητα της κίνησης των καρτών στο φυσικό χώρο (π.χ. όταν πέφτουν στο πάτωμα, όταν τις πετάς μακριά κ.λπ.), παρόλο που δεν εξυπηρετούν πρακτικά την λειτουργία του παιχνιδιού. Το στοιχείο αυτό τελικά διατηρήθηκε ώστε να εξεταστεί περαιτέρω στη μελέτη χρηστών όπου πράγματι συναντήσαμε διαφορετικές απόψεις.

5.2.4 Συνάρτηση απόστασης-έντασης ήχου

Τόσο η πρώτη όσο και η τρίτη ερευνήτρια ζήτησαν η συνάρτηση με την οποία μειώνεται ο ήχος από τα πολυμεσικά αντικείμενα ανάλογα με την απόσταση από τον πίνακα να μην μηδενίζει τελείως την ένταση σε μεγάλες αποστάσεις αλλά να διατηρείται στο 5% οδηγώντας σε σχετική αναπροσαρμογή της συνάρτησης μείωσης της έντασης του ήχου ανάλογα με την απόσταση.

5.2.5 Επιλογή συναισθήματος

Η τρίτη ερευνήτρια επίσης τόνισε ότι χρειάζεται μια μορφή ανάδρασης όταν ο χρήστης επιλέγει ένα συναίσθημα ούτως ώστε να ενημερωθεί για την επιτυχία της ενέργειάς του, αφού ο ίδιος δεν μπορεί να δει το συννεφάκι πάνω από το κεφάλι του. Προχώρησε σε συγκεκριμένη πρόταση για το σκοπό αυτό, η οποία και υλοποιήθηκε: Όταν ο χρήστης επιλέξει κάποιο εικονίδιο οι υπόλοιποι επισκέπτες βλέπουν το σύννεφο σκέψης αλλά στον ίδιο παρουσιάζεται ένα «φαινόμενο βροχής»: Ένα σύνολο στιγμιοτύπων του συγκεκριμένου εικονιδίου πέφτουν σα βροχή από πάνω προς τα κάτω, παρέχοντας και στον ίδιο ένα οπτικό αποτέλεσμα από την ενέργεια που εκτέλεσε.

Η τέταρτη και η πέμπτη ερευνήτρια δήλωσαν την προτίμησή τους για συσχέτιση του συναισθήματος με τον πίνακα, κάτι που ίσως υλοποιηθεί σε μελλοντικά στάδια.

5.3 Μελέτη χρηστών

Με το τέλος της αξιολόγησης από ειδικούς και την οριστική μορφή της εφαρμογής να ολοκληρώνεται, προχωρήσαμε στη μελέτη χρηστών. Σε αυτή τη φάση ενοικιάσαμε χώρο σε ένα κέντρο εικονικής πραγματικότητας στη Λεμεσό (εικόνα 32), για να γίνει η δοκιμή από τους χρήστες χρησιμοποιώντας HTC Vive.



Εικόνα 32: Χώρος αναμονής και αίθουσες που χρησιμοποιήθηκαν

Λόγω της τρέχουσας κατάστασης με τα μέτρα για τον Covid-19 υπήρξε η ανάγκη για συνεχή απολύμανση και καθαρισμό του εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε. Σε αυτό το πλαίσιο, και αφού δεν υπήρχαν σε κάποιο κατάστημα μάσκες προσώπου, δημιουργήσαμε χειροποίητες (εικόνα 33) για να αποφευχθεί η απευθείας εφαρμογή του εξοπλισμού στο πρόσωπο, ενώ επιπρόσθετα οι συμμετέχοντες έφεραν προαιρετικά μάσκες για προστασία από τον Covid-19 και πλαστικά γάντια μίας χρήσης.



Εικόνα 33: Χειροποίητες μάσκες προσώπου

5.3.1 Συμμετέχοντες

Στη μελέτη χρηστών συμμετείχαν συνολικά 15 διαφορετικοί άνθρωποι από το κλειστό οικογενειακό και φιλικό μου περιβάλλον. Πιο συγκεκριμένα, για τις ανάγκες του πρώτου σεναρίου χρήσης συμμετείχαν 6 ζευγάρια οι οποίοι γνωρίζονταν πολύ καλά μεταξύ τους. Τα πρώτα 2 ζευγάρια προσήλθαν την ίδια μέρα ενώ τα υπόλοιπα 4 ζευγάρια μετά από 2 μέρες και εξερεύνησαν από κοινού την εικονική έκθεση.

Στο δεύτερο σενάριο χρήσης σχηματίστηκαν συνολικά 2 ομάδες αποτελούμενες από 4 άτομα. Η αρχική ιδέα ήταν οι ομάδες να δημιουργηθούν από ζευγάρια που είχαν προσέλθει και στην πρώτη εμπειρία, κάτι που έγινε κατορθωτό μόνο για την πρώτη ομάδα. Λόγω των συνεχώς αυξανόμενων περιοριστικών μέτρων έναντι στον Covid-19, στη δεύτερη ομάδα συμμετείχε μόνο 1 άτομο που είχε έρθει και στην πρώτη εμπειρία. Για αυτό το λόγο, οι υπόλοιποι 3 χρήστες της 2^{ης} ομάδας χρησιμοποίησαν περισσότερο χρόνο την εφαρμογή στην αρχή για να αποκτήσουν παρόμοια εμπειρία με τους υπόλοιπους. Τόσο στην πρώτη ομάδα όσο και στη δεύτερη συμμετείχα κι εγώ με χρέη βοηθού, ούτως ώστε να επεξηγήσω το παιχνίδι και να τους καθοδηγήσω όπου χρειαζόταν.

Πίνακας 1: Ομάδες συμμετεχόντων

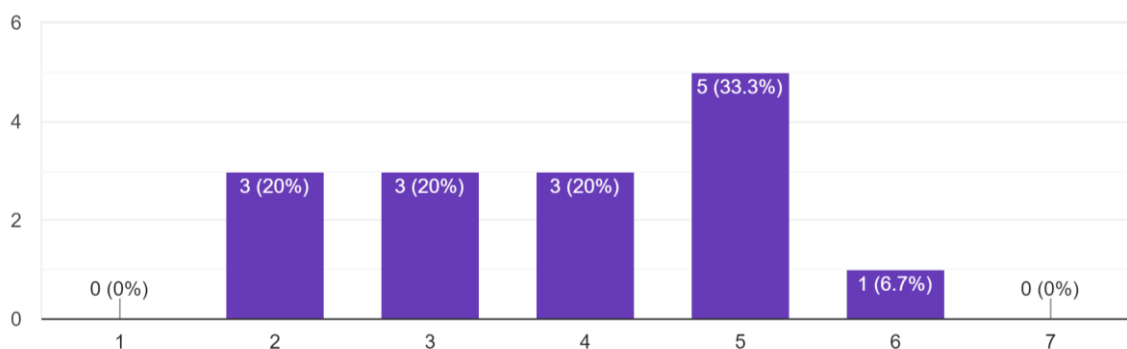
Ομάδα 1 ^{ης} Εμπ.	Μέρα 1 ^{ης} Εμπ.	Αναγνωριστικό χρήστη	Σχέση μεταξύ χρηστών	Ομάδα 2 ^{ης} Εμπ.	Μέρα 2 ^{ης} Εμπ.
1	3/11/20	1	Ζευγάρι	1	11/11/20
		2		-	-
2	3/11/20	3	Φίλοι	-	-
		4		-	-
3	4/11/20	5	Μητέρα - κόρη	1	11/11/20
		6		1	11/11/20
4	4/11/20	7	Ζευγάρι	1	11/11/20

		8		-	-
5	4/11/20	9	Ζευγάρι	-	-
		10		-	-
6	4/11/20	11	Φίλοι	-	-
		12		2	13/11/20
7	13/11/20	13	Ζευγάρι και φίλος	2	13/11/20
		14		2	13/11/20
		15		2	13/11/20

5.3.1.1 Δημογραφικά στοιχεία και ενδιαφέροντα

Πριν την άφιξή τους, ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να συμπληρώσουν ένα ερωτηματολόγιο (Παράρτημα Α) σχετικό με τα δημογραφικά τους στοιχεία, την προσωπικότητα και τα ενδιαφέροντά τους, καθώς και την εμπειρία τους με εφαρμογές εικονικού περιβάλλοντος. Στην πλειοψηφία των ερωτηματολογίων χρησιμοποιήθηκε κλίμακα 7 βαθμίδων από το απόλυτα αρνητικό στο απόλυτα θετικό (7-Likert scales).

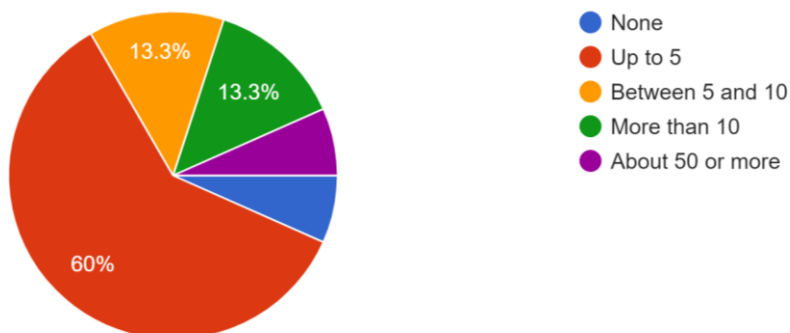
Η μέση ηλικία των συμμετεχόντων κυμάνθηκε στα 28.4, με τον μικρότερο 24 και τον μεγαλύτερο σε ηλικία 45. Οι 9 στους 15 ήταν άνδρες ενώ οι 6 στους 15 εργάζονται ή σπουδάζουν στον τομέα της πληροφορικής.



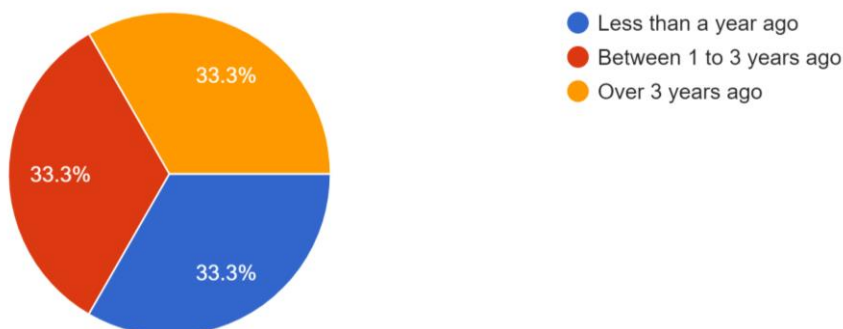
Σχήμα 1: Πόσο σε ενδιαφέρει η σύγχρονη τέχνη;

Σε ερώτηση σχετική με το πόσο τους ενδιαφέρει η μοντέρνα τέχνη (από καθόλου έως πάρα πολύ), 6 στους 15 απάντησαν αρνητικά, επιλέγοντας λιγότερο από τη μέση

(Σχήμα 1). Επίσης, σημαντικό στοιχείο είναι ότι 9 στους 15 συμμετέχοντες δήλωσαν πως έχουν επισκεφτεί 0-5 μουσεία ή εκθέσεις στη ζωή τους (Σχήμα 2). Όσον αφορά το χρόνο της τελευταίας επίσκεψης, οι απαντήσεις των συμμετεχόντων ήταν ισοκατανεμημένες (Σχήμα 3).

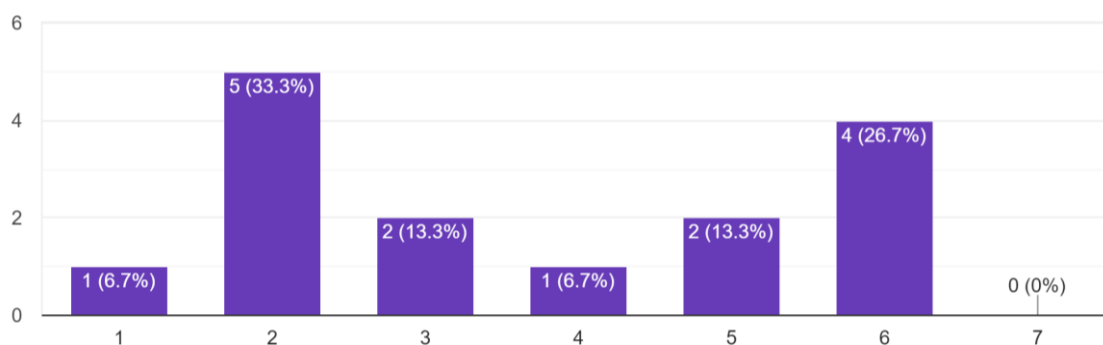


Σχήμα 2: Πόσα μουσεία/εκθέσεις έχεις επισκεφτεί



Σχήμα 3: Πότε ήταν η τελευταία επίσκεψη σε κάποιο μουσείο/έκθεση

Εξετάζοντας την ενασχόληση των συμμετεχόντων με αφηγηματικά παιχνίδια, 6 στους 15 δήλωσαν ότι παίζουν αρκετά συχνά ενώ ίδιος αριθμός δήλωσε ότι δεν παίζει σχεδόν ποτέ (Σχήμα 4). Τέλος, 5 δήλωσαν ότι γνωρίζουν από πολύ καλά έως άψογα το παιχνίδι «Dixit» ενώ οι υπόλοιποι 10 δήλωσαν να το ξέρουν είτε καθόλου είτε πολύ λίγο.



Σχήμα 4: Παίζεις παιχνίδια εξιστόρησης;

Η πλειοψηφία των χρηστών, και συγκεκριμένα 11 στους 15, δήλωσαν ότι δεν είχαν καμία προηγούμενη εμπειρία σε εικονικά περιβάλλοντα με χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή ενώ όσοι είχαν περισσότερη εξοικείωση αυτή αφορά ηλεκτρονικά παιχνίδια. Σε αντίστοιχη ερώτηση για εικονικά περιβάλλοντα πλήρους εμπύθισης, οι 8 στους 15 απάντησαν πως δεν είχαν δοκιμάσει ποτέ ενώ οι υπόλοιποι συμμετέχοντες είχαν ίση κατανομή εμπειρίας από λίγο έως αρκετά, κυρίως με εφαρμογές ψυχαγωγίας και παιχνίδια ή απλά για παρακολούθηση πολυμέσων χωρίς κανέναν όμως να έχει επισκεφτεί κάποιο τρισδιάστατο μουσείο εικονικής πραγματικότητας.

5.3.2 Διαδικασία

Οι συμμετέχοντες συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο (Παράρτημα Α) σχετικά με τα δημογραφικά τους στοιχεία κι ενδιαφέροντά μερικές ώρες ή μέρες προτού προσέλθουν στο κέντρο για να χρησιμοποιήσουν την εφαρμογή. Με την άφιξή τους οι συμμετέχοντες οδηγούνταν στον κεντρικό χώρο αναμονής του VR Center, όπου αρχικά συμπλήρωναν μια φόρμα συγκατάθεσης για τη συμμετοχή και χρήση των προσωπικών τους δεδομένων στο πλαίσιο της μελέτης. Μετά συμπλήρωναν ατομικά ένα ερωτηματολόγιο (εκτυπωμένο σε χαρτί) σχετικά με την τρέχουσα φυσική τους κατάσταση (Παράρτημα Α), προκειμένου να ελεγχθεί στη συνέχεια η πρόκληση αρνητικών συμπτωμάτων φυσικής εξασθένησης από τη χρήση της εφαρμογής (όπως ναυτία, πονοκέφαλος, κάψιμο ματιών, κ.α. - το σχετικό ερωτηματολόγιο αποτυπώνεται στην Εικόνα 36).

Στη συνέχεια, τα δύο μέλη της ομάδας προσέρχονταν στις (ξεχωριστές) αίθουσες όπου ήταν διαθέσιμος ο εξοπλισμός των HTC Vive. Οι αίθουσες βρίσκονταν σε κοντινή απόσταση και είχαν δεσμευτεί για τους σκοπούς του πειράματος. Αρχικά κατεύθυνα τον κάθε συμμετέχοντα ξεχωριστά στο πώς θα φορέσει την μάσκα και τα χειριστήρια, και τους έδωσα απλές οδηγίες χρήσης. Μετά, τα δύο μέλη της ομάδας ξεκινούσαν την από κοινού εξερεύνηση της εικονικής έκθεσης. Εγώ παρέμενα στο χώρο, και μπορούσαν να με καλέσουν όποτε είχαν απορία ή αντιμετώπιζαν κάποιο πρόβλημα, ενώ τους έδωσα την οδηγία να με φωνάξουν όταν θέλουν να τερματίσουν την εικονική τους επίσκεψη.

Κατά τον τερματισμό, προτού αφαιρέσουν τη μάσκα απαντούσαν στο ίδιο ερωτηματολόγιο περί πιθανών φυσικών συμπτωμάτων (εγώ τους έθετα τις ερωτήσεις και σημείωνα τις απαντήσεις τους). Μετά επέστρεφαν στην κεντρική αίθουσα αναμονής, όπου προσφερόταν νερό και βουτήματα.



Εικόνα 34: Χρήσης του MagicArtsVR και η εικόνα που βλέπει



Εικόνα 35: Χρήστες του MagicArtsVR

Τους δινόταν λίγος χρόνος ξεκούρασης και στη συνέχεια καλούνταν να απαντήσουν σε ένα ηλεκτρονικό ερωτηματολόγιο σχετικά με την εμπειρία που είχαν. Αν δεν υπήρχε άλλη ομάδα αμέσως μετά προχωρούσαμε με τη διενέργεια ομαδικής συνέντευξης. Όταν όμως δεν υπήρχε χρόνος, η συνέντευξη γινόταν ηλεκτρονικά, λίγες ώρες αργότερα (την ίδια μέρα).

Η ομαδική εμπειρία παιχνιδιού αξιολογήθηκε με παρόμοιο τρόπο: έλεγχος φυσικών συμπτωμάτων πριν την εμπειρία, συμμετοχή στην εφαρμογή, έλεγχος συμπτωμάτων μετά τη χρήση, ερωτηματολόγια και στη συνέχεια ηλεκτρονικές συνεντεύξεις (ατομικά ή σε ζεύγη). Ωστόσο στην 2^η εμπειρία συμμετείχα κι εγώ (με το δικό μου άβαταρ στον εικονικό χώρο), εκτελώντας χρέη «καθοδηγητή παιχνιδιού». Αφότου όλοι συνδεθήκαμε στην εικονική έκθεση, τους εξήγησα τον τρόπο και τα βήματα του παιχνιδιού, ενώ τους κατεύθυνα κατά τη διάρκειά του. Όμοια με το σενάριο της επίσκεψης, οι συμμετέχοντες όριζαν πότε θέλουν να ολοκληρωθεί η εμπειρία τους, και ο καθένας είχε τη δυνατότητα να αποχωρήσει στο δικό του χρόνο.

Οι εικονικές επισκέψεις των συμμετεχόντων και οι συνεντεύξεις τους μαγνητοσκοπήθηκαν, με τη συγκατάθεσή τους.

5.3.3 Ερωτηματολόγια μετά την εμπειρία

Οι κύριοι στόχοι της μελέτης χρηστών είναι να εξεταστεί: α) η ευχρηστία της εφαρμογής και η συνολικότερη ικανοποίηση των συμμετεχόντων από αυτή, β) ο βαθμός παρουσίας (presence) και κοινωνικής παρουσίας (social presence) που επιτεύχθηκε, αλλά και γ) τα εκπαιδευτικά οφέλη της εμπειρίας.

Για το σκοπό αυτό η επιβλέπουσα υποψήφια διδάκτορας διενέργησε έρευνα σχετικά με τα συνήθη ερωτηματολόγια που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας [56, 45] και προσχώρησε σε σύνθεση νέου, εκτεταμένου ερωτηματολογίου το οποίο και χρησιμοποίησα στη συγκεκριμένη μελέτη χρηστών (Παράρτημα Α).

Το ερωτηματολόγιο που συμπλήρωσαν οι συμμετέχοντες μετά την πρώτη εμπειρία (επίσκεψη ανά ζεύγη) αποτελείται από 5 κυρίως τμήματα και περιέχει συνολικά 44 ερωτήσεις (40 στοιχεία σε 7-Likert scale, 1 στοιχείο επιλογής από 3 πιθανές και 3 ερωτήσεις ανοιχτού τύπου):

- 1) **Ερωτήσεις γενικής αποτίμησης** (4 στοιχεία & 2 ερωτήσεις ανοιχτού τύπου). Διερευνάται αν οι συμμετέχοντες απόλαυσαν την εμπειρία, αν θα ξαναχρησιμοποιούσαν την εφαρμογή και σε τι πλαίσιο (στην ίδια έκθεση ή σε άλλη, μόνοι ή με φίλους), και τους ζητήθηκε να καταγράψουν 3 θετικά και 3 αρνητικά στοιχεία.
- 2) **User Experience Questionnaire (Short Version, 8 στοιχεία)** [55], που αποτιμά συνοπτικά θέματα ευχρηστίας κι εμπειρίας χρήστη. Παρόλο που υπάρχει διαθέσιμη ελληνική έκδοση χρησιμοποιήθηκε η αγγλική, ώστε να διατηρηθεί κοινή γλώσσα στο σύνολο του σύνθετου ερωτηματολογίου (καθώς άλλα στοιχεία ερωτηματολογίων δεν ήταν διαθέσιμα στα ελληνικά).
- 3) **Μαθησιακά Οφέλη και Ενασχόληση με τα εκθέματα** (4 στοιχεία & 1 ερώτηση ανοιχτού τύπου). Στο τμήμα αυτό περιέχονται ερωτήσεις που διερευνούν το αποτέλεσμα της εικονικής επίσκεψης ως προς την εξοικείωση των συμμετεχόντων με τον καλλιτέχνη και τα έργα του, τη διαμόρφωση νέας γνώσης κα συλλογισμών.

- 4) **Παρουσία στην Εικονική Πραγματικότητα** (7 στοιχεία). Το τμήμα αυτό περιέχει 5 προσαρμοσμένα στοιχεία από το ερωτηματολόγιο των Nowak & Biocca [57] – στη διάσταση Telepresence (όπως αυτά προτάθηκαν αρχικά από τους Lombard and Ditton [58]), 1 στοιχείο από το Slater-Usoh-Steed [59] κι ένα νέο στοιχείο το οποίο είναι προσαρμοσμένο στο ειδικό πλαίσιο της εφαρμογής κι εστιάζει στη δυνατότητα εξερεύνησης των δισδιάστατων πινάκων εντός του τρισδιάστατου εικονικού χώρου.
- 5) **Κοινωνική Παρουσία στην Εικονική Πραγματικότητα** (18 στοιχεία). Το τμήμα αυτό περιέχει 9 προσαρμοσμένα στοιχεία από το ερωτηματολόγιο Networked Minds [60], 4 από το “Social presence module” του Game Experience Questionnaire [61] και 5 νέα στοιχεία που διερευνούν το γνωστικό και συναισθηματικό μοίρασμα (cognitive and emotional sharing) μεταξύ των συμμετεχόντων γύρω από το πολιτισμικό υλικό, καθώς και το αποτέλεσμα αυτού στην αλληλεπίδραση με τα ψηφιακά εκθέματα (παρατήρηση, σκέψεις κι οπτική).

Για τη μελέτη της δεύτερης εμπειρίας (ομαδικό παιχνίδι) χρησιμοποιήθηκε μικρότερο ερωτηματολόγιο (26 ερωτήσεις) το οποίο επικεντρώθηκε κυρίως στη λειτουργία του παιχνιδιού (Παράρτημα Α). Διατηρήθηκαν και προσαρμόστηκαν το πρώτο και το τελευταίο τμήμα του προηγούμενου ερωτηματολογίου, εστιάζοντας στη γενική αποτίμησή της εμπειρίας (π.χ. ρωτήθηκαν κατά πόσο θα ήθελαν να ξαναπαίξουν το παιχνίδι, στην ίδια έκθεση ή με άλλα έργα τέχνης, με φίλους ή και αγνώστους) καθώς και στις κοινωνικές πτυχές της.

Τα ερωτηματολόγια δημιουργήθηκαν με Google Forms και συμπληρώθηκαν ατομικά. Σημειώνεται ότι για τους 3 (από τους 15) χρήστες που συμμετείχαν στις δύο εμπειρίες την ίδια μέρα (κάνοντας πρώτα μια επίσκεψη 3 ατόμων και στη συνέχεια παίζοντας το παιχνίδι σε ομάδα τεσσάρων ατόμων – Ομάδα 2 2^{ης} εμπειρίας στον Πίνακα 1) δημιουργήθηκε ξεχωριστή φόρμα με σύνθεση των δύο ερωτηματολογίων (52 ερωτήσεις), αποτυπώνοντας συνεπώς την οπτική τους για το σύνολο των δύο εμπειριών (και όχι ξεχωριστά για την καθεμία).

5.3.4 Συνεντεύξεις

Μετά το συμπλήρωση του ερωτηματολογίου, διενήργησα ημι-δομημένες συνεντεύξεις με τους συμμετέχοντες (ατομικά ή σε ζεύγη), με σκοπό να συλλέξω ποιοτικά δεδομένα

κι αναλυτικά σχόλια για τα επιμέρους σχεδιαστικά στοιχεία της εφαρμογής. Για το σκοπό αυτό διαμορφώσαμε δύο διαφορετικούς «Οδηγούς Συνέντευξης», έναν για την επίσκεψη σε ζεύγη κι έναν για το ομαδικό παιχνίδι (Παράρτημα Α).

Ο πρώτος οδηγός ήταν δομημένος σε 2 τμήματα, διερευνώντας αρχικά ατομικά στοιχεία της αλληλεπίδρασης με το εικονικό περιβάλλον της έκθεσης, και στη συνέχεια τα κοινωνικά. Οι χρήστες ερωτήθηκαν πρώτα πόσο εύκολα έλεγχαν το άβατάρ τους κι αν αντιλαμβάνονταν την παρουσία του στον εικονικό χώρο. Μετά ερωτήθηκαν αν εκτέλεσαν συγκεκριμένες από τις λειτουργικότητες που ήταν διαθέσιμες στο εικονικό περιβάλλον της έκθεσης, αν τους άρεσαν, πόσο εύκολο ήταν για αυτούς να τις εκτελέσουν κι αν συνάντησαν κάποιο πρόβλημα σε αυτές.

Στη συνέχεια ερωτήθηκαν για την επικοινωνία που είχαν με το συνεπισκέπτη τους, αν κατάλαβαν πότε αυτός έβλεπε κάποια πληροφορία σχετική με κάποιο έκθεμα και αν χρησιμοποίησαν αυτή την πληροφορία για το συντονισμό της επίσκεψης ή όχι. Ακολούθως, ερωτήθηκαν αν τους άρεσαν οι περιοχές κοινής θέασης και αν τις χρησιμοποίησαν για να συντονίσουν την εμπειρία τους με το συνεπισκέπτη τους ενώ κλήθηκαν να απαντήσουν σχετικά με τη χρήση των συναισθημάτων. Τέλος, απάντησαν κατά πόσο τους φάνηκε αυτή η επίσκεψη πρόσωπο με πρόσωπο με τον συνεπισκέπτη τους και αν θα επισκέπτονταν μια πραγματική έκθεση στη Λεμεσό με τα φυσικά εκθέματα αυτή τη φορά.

Στη συνέντευξη που ακολούθησε το ομαδικό παιχνίδι, οι συμμετέχοντες ερωτήθηκαν αρχικά σχετικά με θέματα ευχρηστίας στην εκτέλεση των βασικών λειτουργιών του παιχνιδιού: πόσο εύκολα μπόρεσαν να γίνουν αφηγητές (πατώντας το σχετικό κουμπί), να απαντήσουν στη πρόσκληση κάποιου άλλου (από το μενού που εμφανιζόταν στο χέρι τους) να επιλέξουν τον πίνακα της αρεσκείας τους, να δουν τις επιλογές πινάκων των άλλων παιχτών και τη βαθμολογία τους. Ρωτήθηκαν αν συνάντησαν κάποιο συγκεκριμένο πρόβλημα ή αν τους άρεσε ιδιαίτερα κάποια από αυτές τις ενέργειες.

Στη συνέχεια έγινε μια συζήτηση για την ευκολία με την οποία ξεχώριζαν τους παίχτες και τους ρόλους τους, κι αν μπορούσαν να παρακολουθήσουν την κατάσταση του παιχνιδιού. Συζητήθηκε η οπτική τους για το χρωματισμό των άβατάρ τους κατά την

αποδοχή συμμετοχής στο γύρο και ρωτήθηκαν αν ένιωσαν σε κάποιο στάδιο την επιθυμία να απέχουν από το παιχνίδι (για έναν ή περισσότερους γύρους), είτε να συμμετέχουν ως απλοί παρατηρητές.

5.4 Ευρήματα επίσκεψης ανά ζεύγη

Στο τμήμα αυτό παρουσιάζονται τα ευρήματα που προκύπτουν από τις 7 επισκέψεις των δύο ή τριών (σε μία περίπτωση) ατόμων στην εικονική έκθεση. Αρχικά σημειώνονται στοιχεία που αφορούν τη χρονική διάρκεια χρήσης της εφαρμογής, και στη συνέχεια καταγράφονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις απαντήσεις των συμμετεχόντων στα επιμέρους ερωτηματολόγια. Στο τέλος συνοψίζονται τα αποτελέσματα και οι παρατηρήσεις από τις συνεντεύξεις. Σημειώνεται ότι, τα δεδομένα από τη μαγνητοσκόπηση των χρηστών κατά τη διάρκεια χρήσης της εφαρμογής δε χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία αλλά παρατήρησα τοπικά τη χρήση που έκαναν. Τα συγκεκριμένα δεδομένα παραμένουν διαθέσιμα για περαιτέρω διερεύνηση.

5.4.1 Διάρκεια πρώτης εμπειρίας

Στους χρήστες ζητήθηκε να παραμείνουν στο εικονικό περιβάλλον όσο το επιθυμούσαν οι ίδιοι χωρίς να απαιτείται από αυτούς να φύγουν επειδή το ζήτησε ο συνεπισκεπτής τους. Ο μέσος χρόνος παραμονής τους στην εφαρμογή ήταν τα 25.41 λεπτά με τον μεγαλύτερο να είναι τα 37 και το μικρότερο τα 13. Σημειώνεται ότι στα 4 από τα 6 ζευγάρια που συμμετείχαν, όταν ο πρώτος χρήστης ζήτησε να αποχωρήσει τότε ζήτησε κι ο δεύτερος να τερματίσει την επίσκεψή του. Αντίθετα, σε 2 από τα 6 ζευγάρια ο τελευταίος ζήτησε να παραμείνει για ακόμη μερικά λεπτά. Στην περίπτωση των 3 χρηστών, όταν ζήτησε ο πρώτος χρήστης να συνεχίσουμε στην ομαδική εμπειρία οι υπόλοιποι συμφώνησαν.

5.4.2 Συμπτώματα πρώτης εμπειρίας

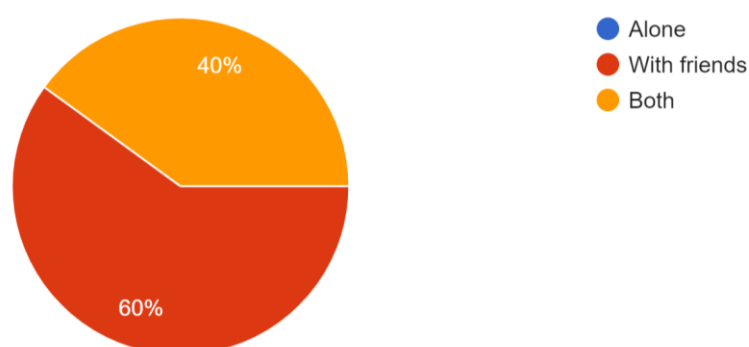
Οι συμμετέχοντες απάντησαν επίσης κατά πόσο ένιωθαν συγκεκριμένα συμπτώματα πριν και μετά τη χρήση της εφαρμογής με 5 από τους 15 να δηλώνουν έντονη αύξηση στη γενική δυσφορία ή στη δυσκολία συγκέντρωσης ενώ ίδιο ποσοστό δήλωσε αύξηση της εφίδρωσης ή δυσκολία να εστιάσουν το βλέμμα τους. Οι 7 από τους 15 δήλωσαν πως αφού τελείωσαν την εμπειρία ένιωσαν το κεφάλι τους βαρύτερο ενώ 3 στους 15 δήλωσαν πως με την συγκεκριμένη εμπειρία η κούραση που μπορεί να ένιωθαν πριν

μειώθηκε. Από την άλλη, 2 χρήστες δήλωσαν ότι ένιωσαν περισσότερο καταπονημένα τα μάτια τους ή είχαν αυξημένη παραγωγή σάλιου ή ναυτία ενώ 4 χρήστες απέκτησαν πονοκέφαλο ή θολότερη όραση από πριν ή ζαλιζόνταν με τα μάτια ανοικτά. Μόλις ένας συμμετέχοντας ζαλιζόταν με τα μάτια κλειστά ενώ ένας άλλος είχε ελάχιστα αυξημένη τάση προς έμετο.

5.4.3 Ερωτηματολόγιο πρώτης εμπειρίας (ανά ζεύγη)

5.4.3.1 Συνολική εικόνα

9 χρήστες δήλωσαν ότι τους άρεσε πάρα πολύ ενώ μόνο ένας χρήστης δήλωσε απαθής. Παράλληλα, 13 χρήστες δήλωσαν ότι σίγουρα θα ξαναεπισκέπτονταν το συγκεκριμένο εικονικό μουσείο με φίλους ή συγγενείς ενώ άλλοι λιγότερο και άλλοι περισσότερο θα επιθυμούσαν να επισκεφτούν περισσότερες παρόμοιες εκθέσεις με άλλα έργα τέχνης. Επίσης, 9 χρήστες δήλωσαν ότι δεν θα ήθελαν να το κάνουν αυτό μόνοι καθώς θα ήθελαν να είναι με φίλους ή συγγενείς ενώ οι υπόλοιποι θα ήθελαν να το κάνουν είτε μόνοι είτε με παρέα.



Σχήμα 5: Με ποιους θα επισκεπτόσουν μια παρόμοια έκθεση

5.4.3.2 Θετικά

Αρκετοί βρήκαν ενδιαφέρουσες τις πληροφορίες που συνόδευαν το κάθε έργο τέχνης με κάποιον να σημειώνει πως: «τα βίντεο είναι πολύ ωραία ιδέα για επεξήγηση» και τον τρόπο με τον οποίο γινόταν η επιλογή ενός πίνακα, τη μορφή στην οποία βρίσκονταν οι πληροφορίες όπως είναι τα βίντεο και το κείμενο, ενώ κάποιοι βρήκαν χρήσιμη την ηχητική περιγραφή του πίνακα καθώς τους επέτρεπε να παρατηρούν τον πίνακα χωρίς να διαβάζουν το κείμενο. Επίσης, η τρισδιάστατη απεικόνιση του “Bedroom” και η είσοδός τους σε αυτό φάνηκε να τους ενθουσιάζει με ένα χρήστη να δηλώνει: «η ιδέα της τηλεμεταφοράς στο εσωτερικό είναι εξαιρετική! Παρακαλώ προσθέστε κι άλλα

παρόμοια». Το ίδιο αρεστή ήταν και η δυνατότητα εναλλαγής φωτισμού, ενώ σε κάποιους άρεσε ο σχεδιασμός της έκθεσης αφού τον χαρακτήρισαν «παιχνιδιάρικο». Σε κάποιο χρήστη άρεσε συγκεκριμένα η περιοχή κοινής θέασης στον πίνακα “First Steps”. Ταυτόχρονα, σε άλλους άρεσε η δυνατότητα να συνομιλήσουν με το συνεπισκέπτη τους και ο τρόπος με τον οποίο τον έβλεπαν στο χώρο ενώ άλλοι βρήκαν εύκολη την περιήγηση στο χώρο και σημαντική την ύπαρξη της τηλεμεταφοράς.

5.4.3.3 Αρνητικά

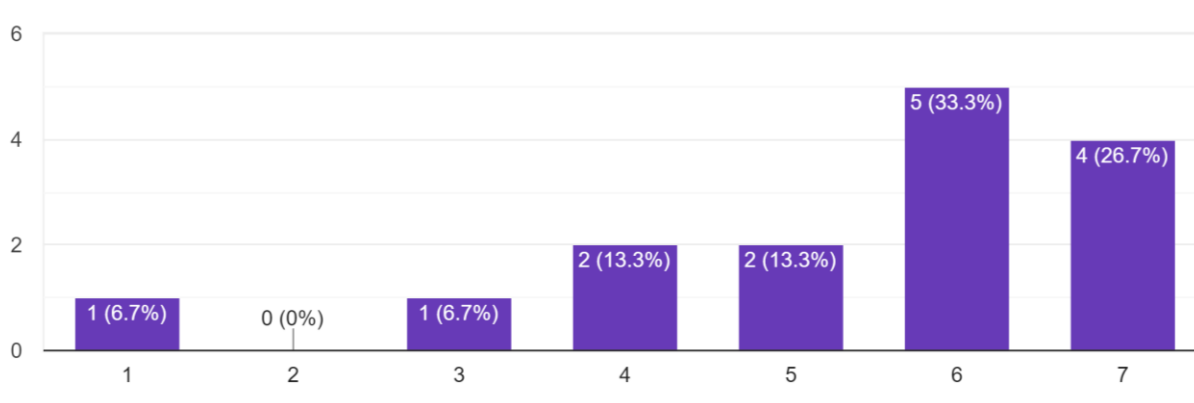
Αρκετοί βρήκαν θορυβώδεις τους ήχους ή δύσκολο να ακούσουν την ηχητική πληροφορία ενώ κάποιοι δεν είχαν καθαρό ήχο στην επικοινωνία με τον συνεπισκέπτη τους. Σε πολλές περιπτώσεις χαρακτήρισαν θολό και δυσανάγνωστο το κείμενο που βρίσκεται δίπλα από τους πίνακες από μακρινή απόσταση ενώ το ίδιο συνέβη και με τους πίνακες στους πρώτους επισκέπτες, κάτι που βελτιώθηκε στην επόμενη μέρα δοκιμών αφού διορθώθηκε το πρόβλημα. Ο χειρισμός της εφαρμογής στα αρχικά στάδια ξένισε, κυρίως τους άπειρους χρήστες, οι οποίοι ένιωσαν πιο άνετα στη συνέχεια ενώ κάποιος σημείωσε ότι τον «τρώμαζε» ο μικρός φυσικός χώρος που είχε στη διάθεσή του. Τέλος, θα ήθελαν να έχουν ένα έλεγχο της ώρας που βρίσκονται εντός του εικονικού χώρου ενώ αρκετοί ζήτησαν περισσότερη περιπέτεια αφού βρήκαν «απλό» τον τετράγωνο σχεδιασμό της έκθεσης. Σημειώνεται ότι δεν λήφθηκε υπόψη η περίπτωση κάποιος χρήστης να χρειάζεται γυαλιά οράσεως, ώστε να γίνει κάποια πρόνοια, κάτι που είχε ως αποτέλεσμα σε μια περίπτωση η ανάγνωση του κειμένου να είναι αδύνατη.

5.4.3.4 Χαρακτηρισμός εμπειρίας

Όλοι οι συμμετέχοντες χαρακτήρισαν την εφαρμογή περισσότερο υποστηρικτική αντί παρακωλυτική, ενώ μόλις ένας την βρήκε λίγο περίπλοκη καθώς οι υπόλοιποι την χαρακτήρισαν μέτρια έως πολύ εύκολη στη χρήση. Όλοι βρήκαν την επίσκεψή τους και τη χρήση της εφαρμογής μέτρια έως πολύ αποδοτική και ξεκάθαρη. Μόνο ένας συμμετέχοντας χαρακτήρισε την εμπειρία λίγο βαρετή ενώ όλοι την βρήκαν μέτρια έως πολύ ενδιαφέρουσα και ευρηματική ενώ μόνο ένας την χαρακτήρισε μέτρια συνηθισμένη. Οι συμμετέχοντες είχαν συναίσθηση του χώρου και του προσωπικού τους χαρακτήρα σε μεγάλο βαθμό ενώ σε όλους φάνηκε αρκετά εύκολος ο χειρισμός του avatar τους. Όλοι τους αργά ή γρήγορα ανακάλυψαν και έκαναν χρήση τουλάχιστον μια φορά όλες τις λειτουργίες που προσφέρονταν, με μοναδική εξαίρεση ένα χρήστη που

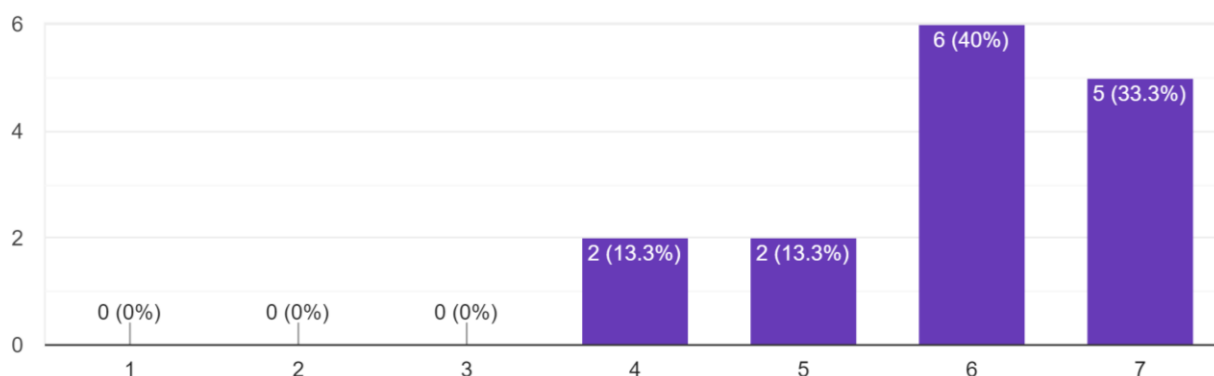
δεν επέλεξε καθόλου κάποιο πίνακα για μεγέθυνση. Μόνο οι μισοί αντιλήφθηκαν ότι καθώς απομακρύνονταν από μια πηγή ήχου όπως ένα βίντεο ή μια ηχητική αφήγηση, η ένταση του ήχου μειωνόταν και μόνο σε ένα από αυτούς προκάλεσε σύγχυση.

Σε ερωτήσεις αναφορικά με το πόσο ένιωσαν να συμμετέχουν στη συγκεκριμένη εμπειρία, οι χρήστες στην πλειοψηφία απάντησαν θετικά εκτός από 2 οι οποίοι απάντησαν λίγο έως μέτρια.



Σχήμα 6: Θεωρείς την εμπειρία ως "εικόνες που είδες" (1) ή "ένα χώρο που επισκέφτηκες" (7)

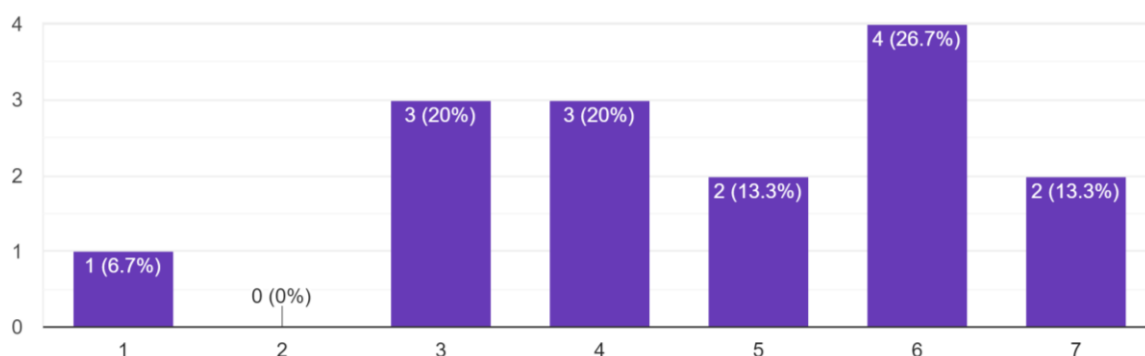
Περίπου με τον ίδιο τρόπο απάντησαν για την ένταση που ένιωσαν κατά τη διάρκεια της εμπειρίας καθώς 3 χρήστες απάντησαν λίγο έως μέτρια. Ταυτόχρονα μόλις 2 χρήστες δήλωσαν ότι ένιωσαν να βρίσκονται μέτρια εντός της εικονικής έκθεσης και ότι εμβυθίστηκαν με μόλις ένα να απαντά ότι το ένιωσε μέτρια. Μόνο 3 χρήστες ένιωσαν να περιτριγυρίζονται από την αίθουσα σε μέτριο βαθμό με τους υπόλοιπους να το νιώθουν περισσότερο ενώ μόνο 2 ένιωσαν περισσότερο να βλέπουν κάποιες εικόνες παρά ότι επισκέφτηκαν ένα χώρο ενώ μόλις ένας επισκέπτης δήλωσε ότι εξερεύνησε σε μέτριο βαθμό τα εκθέματα.



Σχήμα 7: Πόσο ένιωσεως να βρίσκεσαι μέσα στην εικονική έκθεση

5.4.3.5 Κοινωνικές αλληλεπιδράσεις

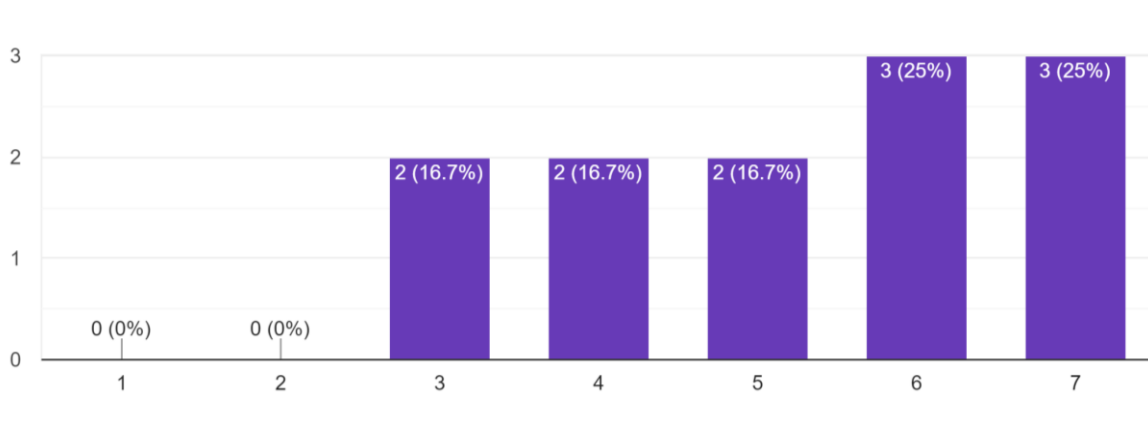
Οι 12 από τους 15 χρήστες δήλωσαν ότι η εμπειρία αυτή τους φάνηκε πρόσωπο με πρόσωπο ενώ μόλις 3 δήλωσαν ότι έτειναν να αγνοούν τον συνεπισκέπτη τους και 4 χρήστες ένιωσαν λίγο ή συχνά μόνοι. Οι 9 από τους 15 επισκέπτες έδιναν προσοχή στις ενέργειες του συνεπισκέπτη τους και 11 στους 15 ήξεραν συχνά που βρίσκεται και προσπαθούσαν να τον ακολουθήσουν. 5 χρήστες δεν ήξεραν με ποιο πίνακα αλληλοεπιδρούσε ο συνεπισκέπτης τους ή ποια πληροφορία έβλεπε ή άκουγε ενώ οι ενέργειές του, τους επηρέαζαν σε μεγάλο βαθμό με μόλις ένα χρήστη να δηλώνει ακριβώς το αντίθετο και 7 στους 15 να τους επηρεάζει λίγο έως μέτρια. Οι 11 στους 15 χρήστες προσπαθούσαν να μένουν κοντά στον συνεπισκέπτη τους ενώ 10 ένιωσαν συνδεδεμένοι με αυτόν και μόλις ένας βρήκε μέτρια ευχάριστο το γεγονός ότι βρίσκονταν στο συγκεκριμένο χώρο μαζί.



Σχήμα 8: Οι ενέργειες του συνεπισκέπτη μου με επηρέαζαν

Μόλις 3 χρήστες δεν εμπνεύστηκαν ή επηρεάστηκαν από την διάθεση και τα συναισθήματα του συνεπισκέπτη τους, ενώ 10 από τους χρήστες μοιράζονταν συχνά το

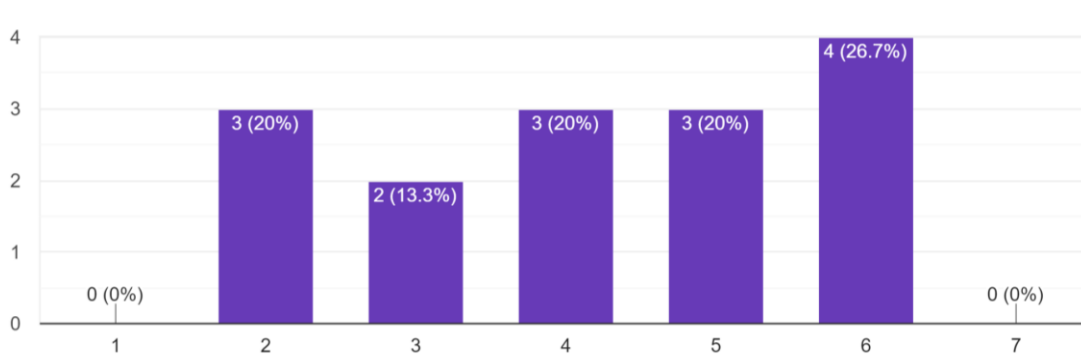
πως αισθάνονταν. Ίδιο ποσοστό αντάλλαζαν συχνά σκέψεις και απόψεις για τα εκθέματα και αυτό τους ώθησε να παρατηρούν καλύτερα τους πίνακες και να τους συλλογιστούν. Η αλληλεπίδραση μεταξύ των χρηστών ώθησε τους 8 χρήστες να δουν τους πίνακες από διαφορετική άποψη και να εκτιμήσουν τον συνεπαισθητή τους, ενώ περίπου 2 από τους χρήστες ένιωσαν μέτρια έως αρκετή ενόχληση από αυτόν.



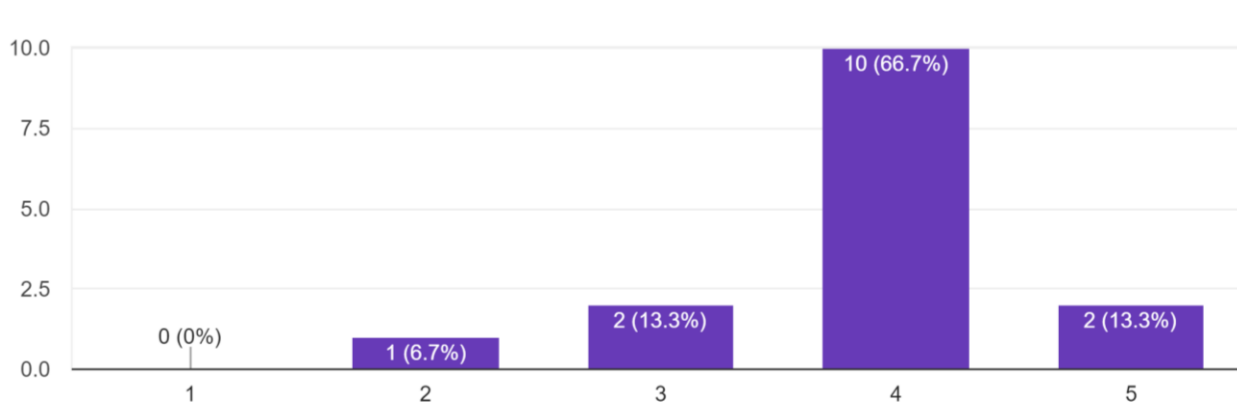
Σχήμα 9: Ένιωθα συνδεδεμένος με τον συνεπαισθητή μου

5.4.3.6 Γνώσεις και ενδιαφέρον για τους πίνακες

Οι συμμετέχοντες με μία αρκετά ομοιόμορφη κατανομή δήλωσαν ότι είχαν λίγη ή αρκετή επαφή με τους πίνακες που είδαν και με το τέλος της επίσκεψης βελτιώθηκε ενώ μόλις ένας συμμετέχοντας δήλωσε ότι δεν έμαθε αρκετά πράγματα από την επίσκεψή του. Επίσης, 3 από τους 15 είπαν ότι δεν εκτίμησαν περισσότερο τα συγκεκριμένα έργα. Η «Έναστρη Νύχτα» και το “Bedroom” βρίσκεται στη κορυφή των προτιμήσεων των συμμετεχόντων ενώ αρκετό ενδιαφέρον τους προκάλεσε και το πορτραίτο του με το κομμένο αυτί.



Σχήμα 10: Πόσο καλά γνώριζες τον Van Gogh και τα συγκεκριμένα έργα του ΠΡΙΝ την επίσκεψη



Σχήμα 11: Πόσο καλά γνωρίζεις τον Van Gogh και τα συγκεκριμένα έργα του META την επίσκεψη

5.4.4 Συνέντευξη πρώτης εμπειρίας (ανά ζεύγη)

5.4.4.1 Ατομικές ενέργειες και δυσκολίες

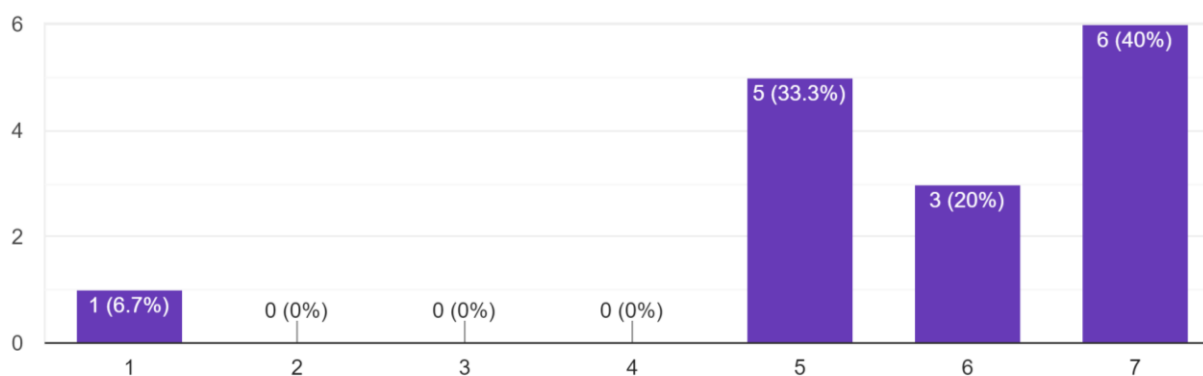
Σε περίπτωση που παρατηρούσα ότι οι χρήστες με την πάροδο του χρόνου δεν είχαν ανακαλύψει την 3D αναπαράσταση του δωματίου αλλά είχαν περάσει από την συγκεκριμένη περιοχή, τους καθοδηγούσα προς την σωστή κατεύθυνση για να δοκιμάσουν την συγκεκριμένη εμπειρία. Μόλις 3 χρήστες δεν χρησιμοποίησαν ποτέ τον μεγεθυντικό φακό και δεν επέλεξαν το παράθυρο για την εναλλαγή φωτισμού στο δωμάτιο. 2 χρήστες ήταν αυτοί που δεν επέλεξαν ποτέ κάποιο συναίσθημα πάνω από τους πίνακες ενώ 1 χρήστης δεν επέλεξε κάποιο πίνακα για να δει καλύτερα τις λεπτομέρειές του και ένας άλλος δεν ξεκίνησε ή σταμάτησε κάποιο από τους πίνακες στις περιοχές κοινής θέασης. Μόλις 2 χρήστες δεν αντιλήφθηκαν την μείωση στην ένταση του ήχου όταν απομακρύνονταν από κάποιο πίνακα ενώ 5 χρήστες το βρήκαν ωραίο με τους υπόλοιπους να έχουν τις ενστάσεις τους. Πιο συγκεκριμένα, κάποιος είπε: «το βρήκα ρεαλιστικό αλλά αφού εγώ έχω ακουστικά στο κεφάλι μου θα έπρεπε να μένει σταθερή η ένταση». Κάποιος άλλος δήλωσε: «θα ήθελα να σταματά όταν απομακρυνθώ» ενώ κάποιον άλλο τον μπέρδεψε. Τέλος, κάποιος χρήστης δήλωσε: «Απόλαυσα όλα τα βίντεο. Το δωμάτιο και η εναλλαγή φωτισμού ήταν πολύ ωραία ενώ η ηχητική αφήγηση βοήθησε να μην πρέπει να διαβάσω τα πάντα».

Αρκετοί συμμετέχοντες αντιμετώπισαν δυσκολία στην είσοδο ή στην έξοδο τους από το τρισδιάστατο μοντέλο του πίνακα “Bedroom” ενώ κάποιος χαρακτήρισε τον τοίχο στον οποίο έπρεπε να μπει «πολύ αληθοφανές» και για αυτό φοβήθηκε να προχωρήσει

αρχικά. Επίσης, δεν μπορούσαν να σταματήσουν τα βίντεο που ενεργοποιούνται στις περιοχές κοινής θέασης ούτως ώστε να ακούσουν ή να δουν κάποιο άλλο υλικό.

5.4.4.2 Κοινωνικές ενέργειες

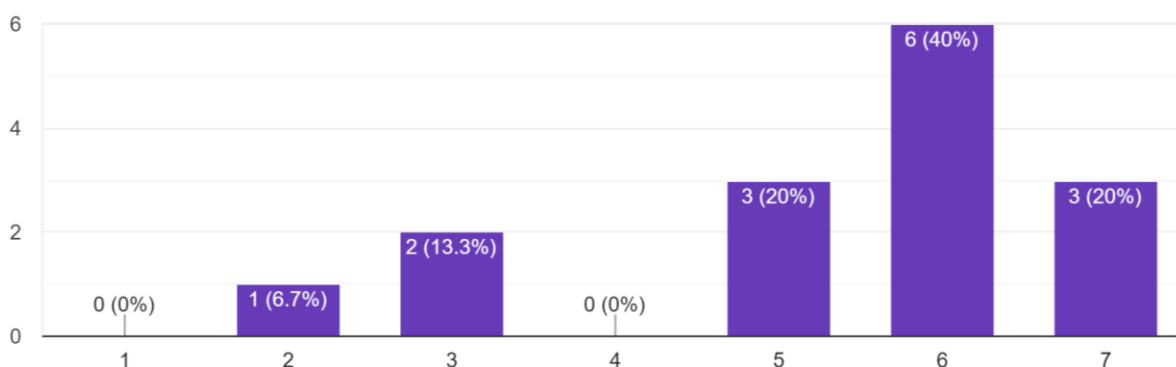
4 χρήστες δήλωσαν ότι η ηχητική επικοινωνία με τον συνεπισκέπτη τους ήταν μέτρια προς κακή ενώ περίπου 5 συμμετέχοντες δεν παρατήρησαν καθόλου την ύπαρξη ακουστικών στο συνεπισκέπτη τους όταν αυτός άκουγε μια πληροφορία. 6 χρήστες αγνόησαν την ύπαρξη της μάσκας εμβύθισης όταν αυτός έβλεπε ένα βίντεο. Ένας εκ των χρηστών είπε πως: «θα ήθελα όλα τα ηχητικά μέσα να αναπαράγονται από κοινού ώστε να ακούμε τα ίδια συνέχεια», περιγράφοντας ουσιαστικά τη δεύτερη έκδοση του MagicArtsVR (βλ. 2.5.1). 5 στους 15 δεν παρατήρησαν την ύπαρξη του πράσινου περιγράμματος γύρω από το έκθεμα με το οποίο αλληλοεπιδρούσε ο συνεπισκέπτης τους, ενώ λιγότερο από τους μισούς που το παρατήρησαν αγνόησαν την ύπαρξη του χωρίς να το χρησιμοποιήσουν για να καθοδηγήσουν τη συζήτησή τους, με μόλις ένα να το χρησιμοποιεί αρκετά.



Σχήμα 12: Σου άρεσαν οι περιοχές κοινής θέασης

Σε αντίθεση με τις περιοχές κοινής θέασης, τις οποίες μόνο ένας χρήστης δεν βρήκε ενδιαφέρουσες, και τις οποίες αρκετοί επισκέπτες χρησιμοποίησαν για να συντονίσουν την επίσκεψή τους, να ακολουθήσουν ο ένας τον άλλο και να συζητήσουν το περιεχόμενο. Υπήρξαν και οι περιπτώσεις στις οποίες απλά ήθελαν να δουν τι συμβαίνει ενώ κάποιοι άλλοι αγνόησαν την ύπαρξή τους είτε εξ' ολοκλήρου είτε μετά την πρώτη φορά που κάποιος τις ενεργοποίησε. Ένας άλλος βρήκε ενοχλητικό το ότι για να συζητήσουν έπρεπε να απομακρυνθούν από αυτούς ενώ κάποιος δήλωσε πως: «δεν κατάλαβα το σκοπό τους».

Οι 5 από τους χρήστες χρησιμοποίησαν τις ηχητικές ειδοποιήσεις που τους ενημέρωναν για τις ενέργειες του συνεπισκεπτή τους ενώ όλοι δήλωσαν πως τους άρεσε η ύπαρξη των εμότικον. Οι περισσότεροι χρησιμοποίησαν την χαρούμενη φατσούλα για να υποδείξουν την αρέσκεια τους σε κάποιο πίνακα ενώ άλλοι απλά εξέφραζαν το συναίσθημα που τους προκαλούσε ο πίνακας. Ένας χρήστης δήλωσε: «Μου άρεσαν πολύ. Τα χρησιμοποίησα σε κάθε πίνακα στην αρχή ενώ αργότερα μόνο σε αυτούς που μου δημιούργησαν κάποιο συναίσθημα». Μερικοί χρήστες χρησιμοποίησαν μόνο τις χαρούμενες εκφράσεις ενώ άλλοι θεώρησαν ότι βαθμολογούσαν τα εκθέματα. Κατά την διάρκεια της επίσκεψης επέλεξαν κάποια φατσούλα πιο δύσκολα ενώ αρχικά με πιο μεγάλη ευκολία. Υπήρξαν και αυτοί που το έκαναν μόνο για πλάκα ή για να τραβήξουν την προσοχή του συνεπισκεπτή τους και να τους αναγκάσουν να βγουν από την κοινή περιοχή θέασης.



Σχήμα 13: Η επίσκεψη αυτή ήταν πρόσωπο με πρόσωπο με τον συνεπισκεπτή

5.5 Ευρήματα ομαδικής εμπειρίας παιχνιδιού

Στο τμήμα αυτό παρουσιάζονται τα ευρήματα από τις ομαδικές εμπειρίες αφηγηματικού παιχνιδιού που εκτελέστηκαν εντός του περιβάλλοντος της εικονικής έκθεσης, από δύο ομάδες των 4 ατόμων. Αναφέρονται στοιχεία για τη χρονική διάρκεια των συνεδριών και καταγράφονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις απαντήσεις των συμμετεχόντων στα επιμέρους ερωτηματολόγια, ενώ στο τέλος συνοψίζονται τα ευρήματα από τις συνεντεύξεις. Σημειώνεται ότι μετά τη δεύτερη εμπειρία, στην έναρξη της συνέντευξης οι περισσότεροι συμμετέχοντες ξεκίνησαν με δική τους πρωτοβουλία έναν θετικό σχολιασμό για το παιχνίδι, συζητώντας πιθανά σενάρια χρήσης κι επισημαίνοντας τα στοιχεία που τους εντυπωσίασαν. Τα ποιοτικά αυτά δεδομένα

παρουσιάζονται σε συνδυασμό με τις απαντήσεις τους στα ερωτηματολόγια, στο τμήμα 5.5.3.

5.5.1 Διάρκεια δεύτερης εμπειρίας (ανά ομάδες)

Η εμπειρία της πρώτης ομάδα είχε διάρκεια 30 λεπτά, καθώς ένα τεχνικό πρόβλημα στον εξοπλισμό στην αρχή και ένα στο τέλος κόστισαν αρκετό χαμένο χρόνο και δεν άφησαν περιθώριο στο τέλος. Η δεύτερη ομάδα χρησιμοποίησε την εφαρμογή αρχικά για ένα διάστημα 35 λεπτών για την προσαρμογή τους στο εικονικό περιβάλλον και την έκθεση ενώ παρέμειναν για ακόμη 25 λεπτά για την δεύτερη εμπειρία.

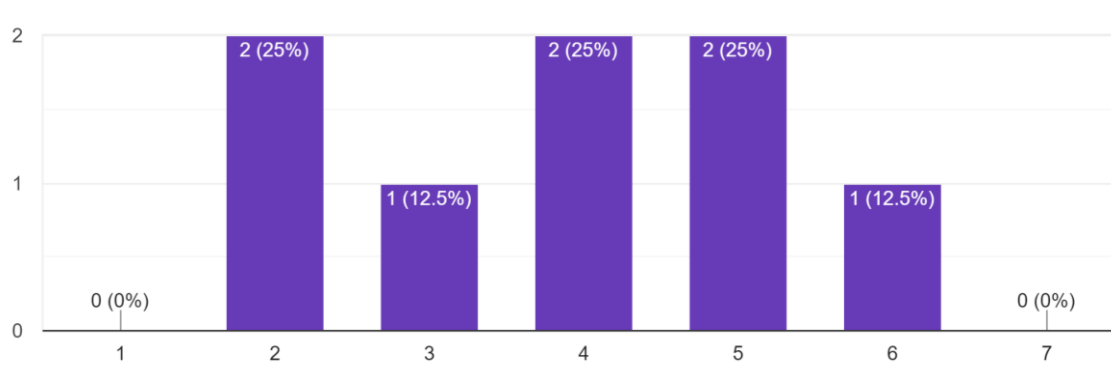
5.5.2 Συμπτώματα δεύτερης εμπειρίας (ανά ομάδες)

Η εφίδρωση, ο πονοκέφαλος, η ναυτία, το γεμάτο κεφάλι, η ζάλη όταν ο χρήστης είχε κλειστά τα μάτια και η θολή όραση είναι τα συμπτώματα που δήλωσαν οι συμμετέχοντες ότι είχαν αυξηθεί ελαφρά από την χρήση της εφαρμογής ενώ το κάψιμο των ματιών ήταν το μοναδικό σύμπτωμα που κάποιος δήλωσε ότι αυξήθηκε αρκετά.

5.5.3 Ερωτηματολόγιο δεύτερης εμπειρίας (ανά ομάδες)

5.5.3.1 Συνολική εικόνα

Όλοι οι συμμετέχοντες ανεξαιρέτως δήλωσαν κατενθουσιασμένοι με την δεύτερη εμπειρία και το παιχνίδι που συμπεριλάμβανε ενώ δήλωσαν πως θα ήθελαν να προσκαλέσουν φίλους και μέλη της οικογένειάς τους για να παίξουν μαζί στην ίδια εικονική έκθεση ή και σε άλλες αντίστοιχες με διαφορετικά έργα τέχνης, ενώ στην περίπτωση που δεν υπήρχε το παιχνίδι «θα το ξανασκέφτονταν». Πιο συγκεκριμένα η ομαδική δραστηριότητα που έκαναν εμπλούτισε την επίσκεψή τους, όμως λιγότερο ενθουσιασμό φαίνεται να έδειξαν σε ερώτηση αν θα έπαιζαν με άγνωστους επισκέπτες με μόνο 3 από τους 8 να απαντούν θετικά ενώ όλοι αν είχαν την επιλογή θα το έπρατταν με φίλους. Ένας χρήστης δήλωσε: *«Δεν μου αρέσουν τα μουσεία γενικά, αλλά σίγουρα θα ξαναέπαιζα το παιχνίδι. Είναι κάτι που μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα σχολεία»*.



Σχήμα 14: Πόσο πρόθυμος είσαι να παίξεις με αγνώστους

5.5.3.2 Θετικά

Η αλληλεπίδραση μεταξύ των χρηστών και ο τρόπος με τον οποίο κυλούσε το παιχνίδι φαίνεται να άρεσε στους χρήστες, καθώς και ο τρόπος με τον οποίο εμφανίζονταν οι επιλογές τους στο avatar τους. Η αφήγηση μιας φανταστικής ιστορίας και η προσπάθεια που έπρεπε να καταβάλουν έτσι ώστε να καθοδηγήσουν τους υπόλοιπους αλλά όχι όλους στη σωστή απάντηση ήταν κάτι που σημείωσε ένας από τους συμμετέχοντες ως το σημείο που του άρεσε περισσότερο, ενώ ένας άλλος δήλωσε ότι του άρεσε πολύ ο τρόπος αλληλεπίδρασης με τις κάρτες και το γεγονός ότι του έπεσε και μπόρεσε να τη σηκώσει και να την τοποθετήσει στο σωστό σημείο. Ένας χρήστης απάντησε: *«μου άρεσε το πόσο εύκολο ήταν το παιχνίδι και ο τρόπος που εμφανιζόταν η σωστή απάντηση»* ενώ κάποιος άλλος είπε πως *«η ιδέα γύρω από τα αφηγηματικά παιχνίδια είναι πολύ ενδιαφέρουσα»*. Τέλος κάποιος χρήστης δήλωσε ότι *«μου άρεσε το γεγονός ότι μπορείς να το επισκεφθείς και να παίξεις με φίλους και συγγενείς εξ' αποστάσεως»*.

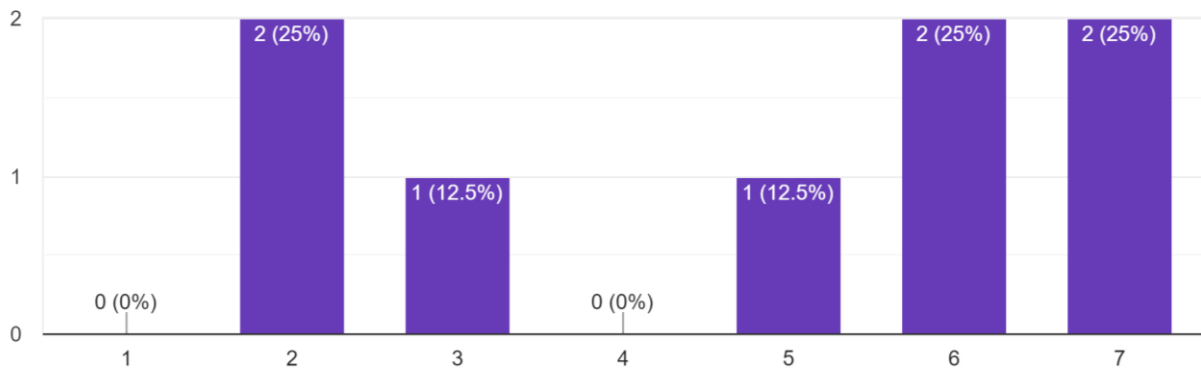
5.5.3.3 Αρνητικά

Υπήρξαν φυσικά και οι αντίθετες απόψεις, αφού σε ορισμένους χρήστες δεν άρεσε πολύ ο τρόπος με τον οποίο έπρεπε να επιλέξουν μια κάρτα καθώς όπως δήλωσε κάποιος *«δεν είχα τον απόλυτο έλεγχο των κινήσεών μου»*. Ένας άλλος είπε: *«θα ήθελα η κάρτα να επανατοποθετείται μόνη της στη θέση της όταν την αφήνω»*.

5.5.3.4 Κοινωνικές αλληλεπιδράσεις

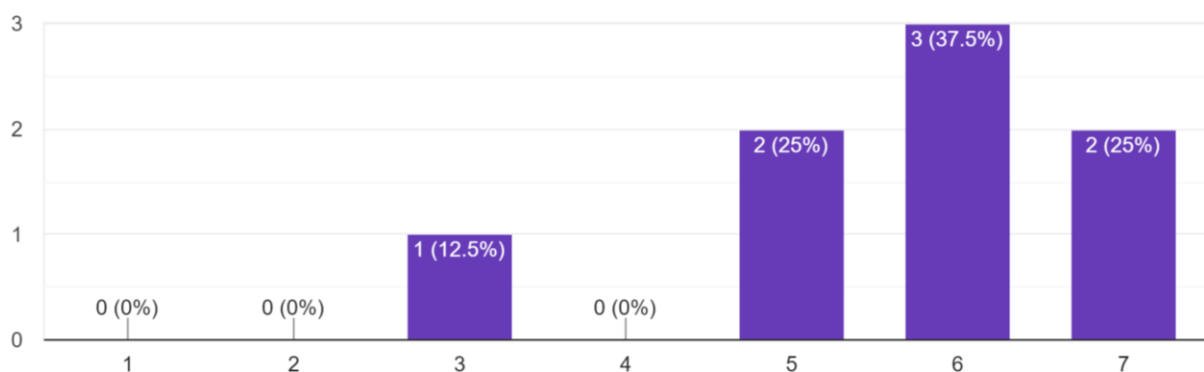
Οι χρήστες ομόφωνα δήλωσαν ότι ένιωσαν από καθόλου μέχρι ελάχιστα να είναι μόνοι κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού ενώ έτειναν να αγνοούν τους υπόλοιπους χρήστες λίγο περισσότερο. Αντίθετα, μόλις 2 στους 8 έδιναν λίγη ή μέτρια σημασία στους συμπαίχτες τους ενώ ίδιος αριθμός χρηστών δήλωσε ότι δεν ήξερε συνεχώς που βρίσκονταν οι συνεπισκεπτες τους στο χώρο. Ταυτόχρονα, οι 5 από τους 8 ήξεραν συχνά σε ποια

εκθέματα ήταν επικεντρωμένοι οι υπόλοιποι συμμετέχοντες ενώ μέτρια ως πολύ οι κινήσεις τους επηρεάζονταν από τις πράξεις των υπολοίπων.



Σχήμα 15: Πόσο συχνά ήξερες τι έκαναν οι συμπαίχτες σου στην εικονική έκθεση

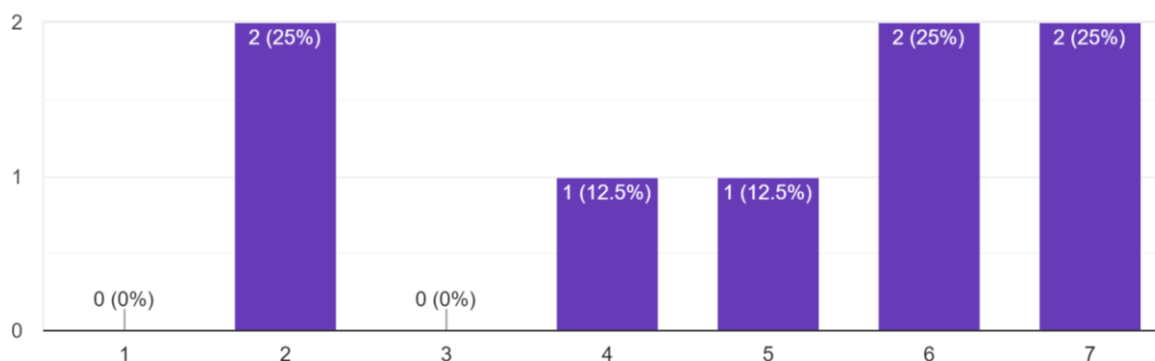
Αντίθετα, η συντριπτική πλειοψηφία προσπαθούσε συχνά να προσεγγίσει τους υπόλοιπους χρήστες ενώ όλοι δήλωσαν ότι προσπαθούσαν να μείνουν κοντά τους. Μόλις ένας χρήστης δήλωσε ότι ένιωσε μέτρια συνδεδεμένος με τους συμπαίχτες του ενώ όλοι δήλωσαν πως απόλαυσαν το παιχνίδι με τους υπόλοιπους χρήστες. Σε ερώτηση κατά πόσο επηρεάζονταν τα από τα συναισθήματα και τη διάθεση των υπολοίπων, μόνο ένας χρήστης απάντησε λίγο ενώ όλοι μοιράζονταν σκέψεις και απόψεις μεταξύ τους από μέτρια έως αρκετά. Δεν ισχύει το ίδιο για τα συναισθήματα καθώς 3 στους 8 δήλωσαν ότι μόνο σε λίγες περιπτώσεις συνέβη κάτι τέτοιο, ενώ όλοι οι επισκέπτες ανυπομονούσαν να ακούσουν τις ιστορίες και τις εξηγήσεις των υπολοίπων για τις επιλογές τους.



Σχήμα 16: Πόσο συχνά προσπαθούσες να προσεγγίσεις τους συμπαίχτες σου

Οι 3 από τους χρήστες έδειξαν να μην εκπλήσσονται από τις ιστορίες των αφηγητών και τις εξηγήσεις των συμπαιχτών τους ενώ μόλις ένας δήλωσε ότι δεν τον ώθησαν να

παρατηρήσει και να θαυμάσει περισσότερο τα εκθέματα. 5 στους 8 είδαν τους πίνακες υπό διαφορετική οπτική γωνία μετά τις εξηγήσεις των υπόλοιπων χρηστών ενώ οι μισοί δήλωσαν ότι θαύμασαν λίγο ή μέτρια τους συνεπισκεπτες τους και μόνο μερικοί ενοχλήθηκαν λίγο ή ελάχιστα από αυτούς.

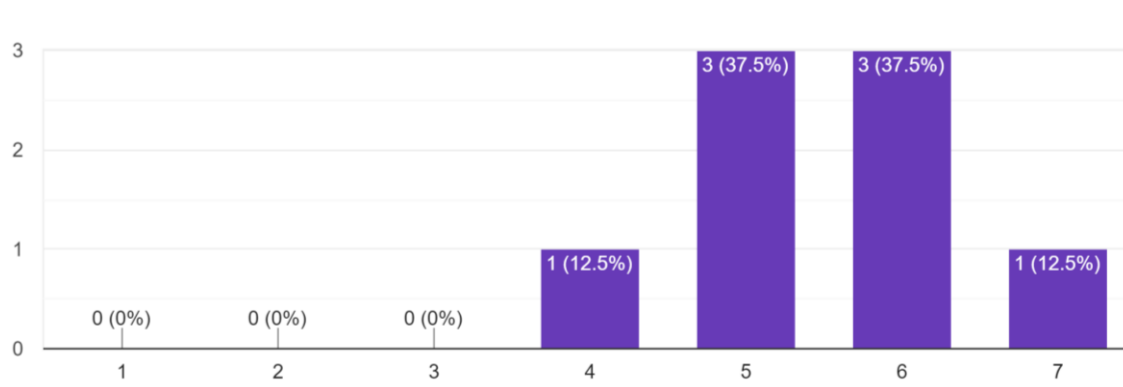


Σχήμα 17: Οι ιστορίες των συμπαίκτων σε έκαναν να δεις τα έργα τέχνης από διαφορετική οπτική

5.5.4 Συνέντευξη δεύτερης εμπειρίας (ανά ομάδες)

5.5.4.1 Ευχρηστία

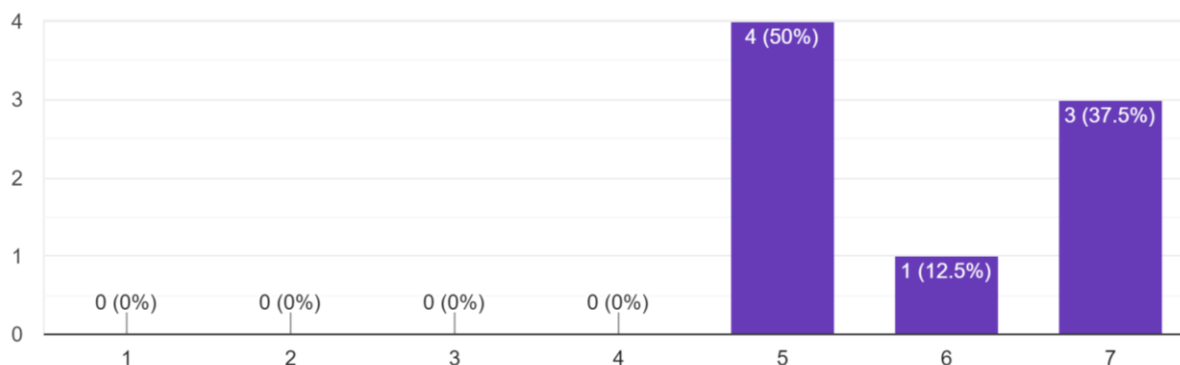
Όσο αφορά την ευκολία με την οποία έκαναν τις απαραίτητες ενέργειες του παιχνιδιού, μόλις 2 χρήστες δήλωσαν ότι κατάφεραν να επιλέξουν να γίνουν αφηγητές με ευκολία, ενώ όλοι μπόρεσαν να απαντήσουν εύκολα σε μία πρόσκληση παιχνιδιού με μόνο ένα χρήστη να δηλώνει: «δεν αντιλήφθηκα την πρόσκληση, παρά τη δόνηση στο αριστερό μου χέρι». Μέτρια προς εύκολη χαρακτήρισαν την επιλογή κάρτας είτε ως αφηγητές είτε ως συμμετέχοντες ενώ κάποιος είπε: «δυσκολεύτηκα να χειριστώ τις κάρτες και να τις τοποθετήσω». Αντίθετα, ένας χρήστης σχολίασε: «Μου άρεσε ο τρόπος με τον οποίο χειριζόμουν τις κάρτες. Ιδιαίτερα όταν η κάρτα έπεσε από τα χέρια μου και μπόρεσα να την σηκώσω». Αυτό τα δύο σχόλια επιβεβαιώνουν την ύπαρξη διαφορετικών απόψεων γύρω από το χειρισμό αντικειμένων, κατά πόσο δηλαδή είναι προτιμότερη η ελευθερία κινήσεων ή ο περιορισμός τους για ορθότερη χρήση (όπως αυτή αναδείχθηκε και στην αξιολόγηση από ειδικούς). Οι περισσότεροι μπόρεσαν να ξεχωρίσουν τις επιλογές των υπολοίπων και να μελετήσουν το πίνακα με τα αποτελέσματα με μεγάλη ευκολία με κάποιο να δηλώνει πως: «τα avatars θα έπρεπε να είναι πιο πλατιά για να φαίνονται καλύτερα οι πίνακες ενώ έπρεπε να πάω και αρκετά κοντά στο πίνακα βαθμολόγησης για να δω τα σκορ».



Σχήμα 18: Πόσο εύκολη ήταν η επιλογή απάντησης

Πιο συγκεκριμένα, δύο χρήστες δήλωσαν ότι δεν ήταν εύκολο να πιέσουν το κόκκινο κουμπί για να γίνουν αφηγητές καθώς όπως είπαν «*το κουμπί δεν πατήθηκε εύκολα*», ενώ τρεις από τους υπόλοιπους δυσκολεύτηκαν να επιλέξουν κάρτα για να την τοποθετήσουν στο πλαίσιο που έπρεπε.

Μόλις 3 από τους συμμετέχοντες αντιλήφθηκαν την τηλεμεταφορά τους γύρω από το πίνακα αποτελεσμάτων μετά το τέλος της ψηφοφορίας δηλώνοντας πως είτε τους άρεσε είτε όπως είπαν «*φάνηκε απόλυτα ομαλό και φυσιολογικό*». Οι υπόλοιποι χρήστες δήλωσαν να μην το καταλαβαίνουν εκείνη τη στιγμή αλλά όταν τους έγινε η σχετική ερώτηση.



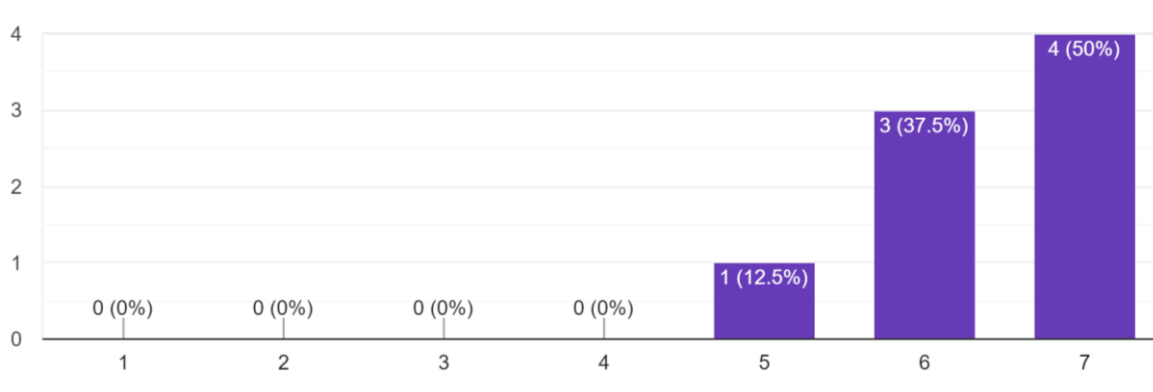
Σχήμα 19: Πόσο εύκολο ήταν να ανακαλύψεις τις επιλογές των συμπαικτών σου στο τέλος

Στους περισσότερους από τους χρήστες άρεσε ο ρόλος του αφηγητή με κάποιο να λέει: «μου άρεσε ο τρόπος με τον οποίο έπρεπε να σκεφτώ σαν αφηγητής».

5.5.4.2 Κοινωνικές ενέργειες

Η επικοινωνία μεταξύ των χρηστών φαίνεται να ήταν αρκετά καλή αφού μόνο ένας από τους συμμετέχοντες δήλωσε ότι είχε κάποια θέματα, λόγω της διαρρύθμισης του χώρου

(οι αίθουσες ήταν αρκετά κοντά, με αποτέλεσμα να υπάρχει ηχώ στα ακουστικά). Όλοι οι χρήστες δήλωσαν ότι μπορούσαν πολύ εύκολα να ξεχωρίσουν τους συμπαίχτες τους και να παρακολουθήσουν την κατάσταση του παιχνιδιού (ποιος ήταν αφηγητής, ποιοι ψήφισαν, ποιους περιμέναν κ.λπ.). Για αυτό φαίνεται να βοήθησαν οι ετικέτες που είχαν οι παίχτες πάνω από το avatar τους, όπως απάντησαν σε σχετική ερώτηση όλοι.



Σχήμα 20: Πόσο εύκολα μπορούσες να παρακολουθείς την κατάσταση του παιχνιδιού (ποιος είναι αφηγητής, ποιος ψήφισε κ.λπ.)

Μόλις ένας χρήστης δεν έδειξε ιδιαίτερο ενδιαφέρον για το χρωματισμό των avatar κατά τη διάρκεια αποδοχής της πρόσκλησης. Οι υπόλοιποι δήλωσαν ότι τους άρεσε, με τους μισούς να δηλώνουν ότι τους ήταν χρήσιμο έτσι ώστε να παρακολουθούν την εξέλιξη του παιχνιδιού αλλά και επειδή «*ήξερα ποιοι συμμετέχουν και ποιους περιμένω*», ενώ 2 χρήστες αναρωτήθηκαν: «*γιατί πράσινο;*», αν θα μπορούσε δηλαδή να είναι στην επιλογή του αφηγητή ή του χρήστη το χρώμα. Όσο αφορά την επιλογή απόρριψης της πρόσκλησης, 6 χρήστες την βρήκαν ενδιαφέρουσα, μόνο σε περίπτωση που είχαν κουραστεί ή έπαιζαν με ξένους σε ένα μουσείο με περισσότερους επισκέπτες. Με παρόμοιο τρόπο απάντησαν για την επιλογή συμμετοχής ως επισκέπτης, με κάποιους να την θεωρούν πιο χρήσιμη αυτή τη φορά και πιο πιθανό να τη χρησιμοποιήσουν.

6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία είχε ως πρωταρχικό στόχο την σχεδίαση και υλοποίηση μίας εικονικής έκθεσης έργων τέχνης προσβάσιμη από πολλούς χρήστες ταυτόχρονα με τη χρήση εξοπλισμού εικονικής πραγματικότητας πλήρους εμβύθισης. Το MagicArtsVR επιχειρεί να παρέχει μια εύχρηστη και ευχάριστη εμπειρία στο χρήστη και ταυτόχρονα να αναπτύξει και να ενδυναμώσει τις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των επισκεπτών.

Η μελέτη χρηστών που εκπονήθηκε, στο πρώτο της σκέλος, αξιολογεί αρχικά την ευχρηστία της εφαρμογής και το κατά πόσο οι προσφερόμενες λειτουργίες χρησιμοποιήθηκαν από τους χρήστες και αν τελικά ήταν χρήσιμες. Επίσης, γίνεται μια προσπάθεια αξιολόγησης του αισθήματος κοινωνικής παρουσίας που νιώθουν οι χρήστες και των κοινωνικών λειτουργιών που προσφέρονται προς αυτό το σκοπό, ενώ ερευνώνται και οι σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ τους οι χρήστες κατά την κοινή εξερεύνηση του χώρου. Το δεύτερο σκέλος της μελέτης χρηστών αφορά αποκλειστικά την αξιολόγηση του παιχνιδιού που προσφέρει η εφαρμογή, τόσο από την άποψη της ευχρηστίας, αλλά κυρίως από την οπτική της κοινωνικής επιρροής στους χρήστες και των σχέσεων που αναπτύσσονται μέσα από αυτό.

Κατά τη διαδικασία της μελέτης χρηστών εμφανίστηκαν αρκετά ζητήματα που δεν είχαν προβλεφθεί. Για παράδειγμα, η κοντινή απόσταση των δωματίων που βρίσκονταν οι χρήστες προκάλεσε έντονα το φαινόμενο της ηχούς. Οι χρήστες άκουγαν τους συνεπισκέπτες τους επαναλαμβανόμενα, κάτι που δυσκόλεψε αρκετά την επικοινωνία τους. Δεν απουσίασαν φυσικά και τα τεχνικά ζητήματα με τον εξοπλισμό, καθώς το ένα από τα διαθέσιμα μηχανήματα παρουσίασε πρόβλημα στον εντοπισμό της θέσης, με αποτέλεσμα ο χρήστης να αντιμετωπίζει μεγάλες δυσκολίες στο χειρισμό της εφαρμογής.

Από τη μελέτη χρηστών προκύπτει αρχικά μία θετική εντύπωση γύρω από την ιδέα και την υλοποίηση του MagicArtsVR η οποία αποτυπώνεται από την πρόθεση για επόμενη επίσκεψη κυρίως με φίλους . Οι χρήστες εκδήλωσαν κάποια συμπτώματα σε φυσιολογικά πλαίσια όσο αφορά τη χρήση εξοπλισμού εικονικής πραγματικότητας πλήρους εμβύθισης. Ο έλεγχος και η χρήση της εφαρμογής κατά γενική ομολογία ήταν αρκετά εύκολος με κάποιες λειτουργίες να χρήζουν βελτίωσης ενώ η γνώση τους γύρω

από τα εκθέματα και τον καλλιτέχνη δήλωσαν πως είχε θετικό αντίκτυπο μετά την επίσκεψη. Ξεχώρισε η θετική αναφορά αρκετών χρηστών για την προβολή και την αλληλεπίδραση με τους συνεπισκέπτες τους, καθώς και η επιλογή αναπαραγωγής των βίντεο. Αρκετά θετική εντύπωση προκάλεσε και η τρισδιάστατη αναπαράσταση του πίνακα “Bedroom” καθώς χαρακτηρίστηκε ως περιπετειώδης.

Κάποια χαρακτηριστικά της εφαρμογής πιθανώς να χρειάζονται επανασχεδιασμό καθώς είτε δεν τα αντιλήφθηκαν οι χρήστες είτε δεν εξυπηρέτησαν το σκοπό τους. Από την άλλη υπάρχουν λειτουργίες οι οποίες κέντρισαν αρκετά το ενδιαφέρον των χρηστών και βοήθησαν στο συντονισμό των συζητήσεων. Οι χρήστες αναλόγως της προσωπικότητάς τους ακολουθούσαν διαφορετικές πρακτικές κατά την επίσκεψή τους. Για παράδειγμα αρκετοί χρήστες παρατηρούσαν όλα τα εκθέματα με τη σειρά από κοινού ενώ αντίθετα κάποιοι άλλοι χρήστες προτίμησαν την ατομική περιήγηση στο χώρο.

Όσο αφορά τη δεύτερη εμπειρία και το παιχνίδι, οι χρήστες δήλωσαν ότι αύξησε κατακόρυφα το ενδιαφέρον τους για την εικονική έκθεση και ότι αποτελεί λόγο να την ξαναεπισκεφτούν. Η συμμετοχή τους στο παιχνίδι ώθησε τους χρήστες να ασχοληθούν περισσότερο με τα εκθέματα και τις πληροφορίες που τα συνοδεύουν, παράλληλα όμως κάποιες από τις λειτουργίες στη χρήση των χειριστηρίων χρήζουν αναθεώρησης για να βελτιωθεί η εμπειρία χρήσης. Φαίνεται το παιχνίδι να προσελκύει πιο εύκολα τους χρήστες καθώς άρεσε στους επισκέπτες οι δυνατότητα να παίξουν εξ’ αποστάσεως με φίλους ή συγγενείς. Θεώρησαν απλή τη μηχανική του παιχνιδιού όμως διαφώνησαν όσο αφορά την ευχρηστία με κάποιους να το βρίσκουν δύσκολο και άλλους αληθοφανές. Σε γενικές γραμμές μπορούμε να συμπεράνουμε από τη σύγκριση των δύο εμπειριών ότι στους χρήστες άρεσε περισσότερο το παιχνίδι καθώς θα το επισκέπτονταν ευκολότερα με φίλους ή συγγενείς.

Αρχικά το «τράβηγμα» σε κάποιο συνεπισκέπτη αφαιρέθηκε όμως η αυτόματη τηλεμεταφορά γύρω από το ταμπλό βαθμολόγησης μετά την ψηφοφορία δεν ξένισε τους χρήστες, οπότε ίσως να μπορεί να υλοποιηθεί και αυτό σε μεταγενέστερη φάση.

Για τους σκοπούς της δεύτερης εμπειρίας χρειάστηκε να σχηματιστεί μία ομάδα από τρεις νέους χρήστες οι οποίοι χρησιμοποίησαν ταυτόχρονα την εφαρμογή στα πλαίσια της πρώτης εμπειρίας, σε αντίθεση με τους υπόλοιπους χρήστες οι οποίοι

επισκέφτηκαν την έκθεση ανά ζεύγη. Σημαντική παρατήρηση αποτελεί το σχόλιο ενός από τους επισκέπτες ο οποίος παραπονέθηκε πως οι συζητήσεις των υπολοίπων μελών της ομάδας κατά την προσπάθειά του να ακούσει μια πληροφορία ή να δει ένα βίντεο τον ενόχλησαν. Ίσως μια πιθανή επιλογή αυξομείωσης της έντασης των συζητήσεων, ή ακόμα και σίγασης των συνεπισκεπτών να δώσει λύση σε ένα τέτοιο πρόβλημα κρύβοντας όμως κίνδυνο απομόνωσης από τους υπόλοιπους.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΑ ΒΗΜΑΤΑ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έθεσε σαν στόχο την περαιτέρω ανάπτυξη της εφαρμογής MagicArts ούτως ώστε να γίνει εφικτή η χρήση της μέσω συσκευών εικονικής πραγματικότητας και να επαυξηθεί με νέες λειτουργίες. Η εφαρμογή MagicArtsVR αποτελεί το αποτέλεσμα αυτής της εργασίας και όλες οι υπηρεσίες που παρέχει αποσκοπούν πάντα στην ικανοποίηση δύο βασικών αναγκών: Α) την ατομική ευχρηστία και Β) την κοινωνική αλληλεπίδραση μεταξύ των χρηστών.

Γίνεται μια αναφορά στο ερευνητικό έργο που υπάρχει μέχρι σήμερα γύρω από τον τομέα των κοινωνικών αλληλεπιδράσεων στο φυσικό χώρο μουσείων, στην εικονική πραγματικότητα και τις προκλήσεις που αντιμετωπίζει ως προς την κοινωνικότητα, με έμφαση στον εικονικό κόσμο μουσείων και εκθέσεων.

Ακολούθως, παρουσιάζεται σύντομα η εφαρμογή MagicArts και περιγράφεται αναλυτικά το πώς αυτή τροποποιήθηκε αλλά κι επεκτάθηκε, διαμορφώνοντας τελικά το MagicArtsVR. Αναφέρονται τεχνικές που χρησιμοποιούνται ευρέως για την αλληλεπίδραση χρήστη-εφαρμογής σε περιβάλλοντα εικονικής πραγματικότητας και περιγράφεται ποιες από αυτές υιοθετήθηκαν στην παρούσα εργασία. Στη συνέχεια γίνεται μία εκτενής περιγραφή του τρόπου υλοποίησης, αναφέροντας κύρια εργαλεία και τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν, ενώ επισημαίνω και τα πιο σημαντικά προβλήματα που αντιμετώπισα, με τους τρόπους επίλυσής τους.

Τέλος, περιγράφεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την αξιολόγηση από ειδικούς, συνοψίζοντας τις κύριες παρατηρήσεις και προτάσεις που έκαναν. Επίσης, παρουσιάζεται η διαδικασία με την οποία έγινε η μελέτη χρηστών, συνοψίζονται το περιεχόμενο των ερωτηματολογίων και των συνεντεύξεων, και καταγράφονται τα κύρια αποτελέσματα που προκύπτουν.

7.1 Μελλοντικά βήματα

7.1.1 Σχεδιαστικές επεκτάσεις

Μετά τη θετικότερη εντύπωση που άφησε το τρισδιάστατο δωμάτιο, αξίζει να γίνει μια προσπάθεια για τρισδιάστατη μοντελοποίηση κι άλλων πινάκων με σκοπό την ενσωμάτωσή τους στην έκθεση σε αντιστοιχία με το ήδη προσφερόμενο “Bedroom”. Επίσης μπορεί να μελετηθεί η αναδιαμόρφωση του χώρου της έκθεσης και η

πιθανότητα ο κάθε πίνακας να έχει τον δικό του φωτισμό ενώ και ο τρόπος οργάνωσης της πληροφορίας γύρω από τα εκθέματα χρίζει βελτίωσης.

7.1.2 Λειτουργικές επεκτάσεις

Στόχο για το μέλλον αποτελεί και η προσθήκη περαιτέρω λειτουργικοτήτων που θα προάγουν ακόμα περισσότερο την κοινωνική αλληλεπίδραση μεταξύ των χρηστών. Για παράδειγμα, μία ερευνήτρια από την ομάδα των ειδικών ζήτησε την ύπαρξη περισσότερων λειτουργιών διάδρασης μεταξύ των χρηστών στην επίσκεψη δύο ατόμων, όπως επίσης και εντός του 3D δωματίου.

7.1.3 Ερευνητικές κατευθύνσεις

Ένας εκ των συμμετεχόντων στη μελέτη χρηστών πρότεινε τη χρήση της δεύτερης έκδοσης για την επίσκεψη ανά ζεύγη, όπου όλα τα ηχητικά μέσα αναπαράγονται από κοινού (βλ. 5.4.4.2), κάτι που βρίσκεται στους στόχους της επόμενης μελέτης που θα εκπονηθεί. Για να διερευνηθεί αν αυτό είναι μια επιθυμία που τη μοιράζονται κι άλλοι επισκέπτες, προχώρησα σε ένα σύντομο δεύτερο γύρο συνεντεύξεων με τους συμμετέχοντες της μελέτης τηλεφωνικώς, εξηγώντας τους την πρόταση που έγινε από κάποιον συμμετέχοντα και ρωτώντας τους κατά πόσο θα επιθυμούσαν κάτι αντίστοιχο. Οι περισσότεροι απάντησαν αρνητικά, δηλώνοντας ότι κάτι τέτοιο θα τους μπερδεύει και θα ενοχλούσε την ιδιωτικότητά τους. Υπήρξαν όμως αρκετοί που δήλωσαν ότι, ανάλογα με τους συνεπισκέπτες τους, θα μπορούσαν να το δοκιμάσουν έχοντας όμως πάντα ένα «τρόπο διαφυγής» σε περίπτωση που δεν κινούνταν με την ίδια ταχύτητα στο χώρο, ούτως ώστε να απομονωθούν όταν αυτοί το θέλουν. Ένας συμμετέχοντας πρότεινε την επιλογή να «κρυφακούει» ή να «κρυφοκοιτάζει» το υλικό του συνεπισκέπτη του και να αποφασίζει αναλόγως αν θα ήθελε να το μοιραστεί (όπως ορίζεται στο Sotto Voce [13]). Μία νέα μελέτη χρηστών που θα επικεντρώνεται στο συγκεκριμένο θέμα μπορεί να μας αποκαλύψει αν μια τέτοια επιλογή σχετίζεται με στοιχεία της προσωπικότητάς τους ή και της σχέσης που έχουν με τον συνεπισκέπτη τους, και να εξεταστεί τελικά αν θα είχε νόημα η δυναμική προσαρμογή των μηχανισμών αναπαραγωγής στο φυσικό χώρο ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της κάθε ομάδας επισκεπτών.

Σε μία διαφορετική κατεύθυνση, μπορεί να αξιολογηθεί πειραματικά η υποστήριξη της κοινωνικής διάστασης στην εικονική εμπειρία για να διαπιστωθεί ποια χαρακτηριστικά

του εικονικού περιβάλλοντος διευκολύνουν ή όχι τη συζήτηση μεταξύ συμμετεχόντων και ποια την αποτρέπουν. Επίσης, μπορεί να αξιολογηθεί η συγκεκριμένη εμπειρία παιχνιδιού συγκριτικά με μια αντίστοιχη εμπειρία σε φυσικό χώρο ούτως ώστε να διαπιστωθεί εάν και σε τι εξυπηρετούν η συνεργασία, η επικοινωνία κι άλλες διαστάσεις κοινωνικότητας, στην εικονική σε σχέση με την επιτόπου εμπειρία. Τέλος, μία πιθανή αξιολόγηση της εικονικής εμπειρίας σε ηλεκτρονικό υπολογιστή σε σύγκριση με εξοπλισμό εικονικής πραγματικότητας μπορεί να διαπιστώσει εάν η εμπύθιση αποτελεί παράγοντα που επηρεάζει την ολική εμπειρία, σε ποιο βαθμό και με ποιο τρόπο.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ

Ξενόγλωσσος όρος	Ελληνικός Όρος
Virtual Reality	Εικονική Πραγματικότητα
Immersive VR	Εικονική Πραγματικότητα πλήρους εμβύθισης
Desktop VR	Εικονική Πραγματικότητα από 2D οθόνη
Virtual Environments	Εικονικά Περιβάλλοντα
VR Headsets	Μάσκα Εικονικής Πραγματικότητας
Presence	Παρουσία
Telepresence - spatial presence	Τηλεπαρουσία - Χωρική παρουσία
Self-Presence	Ατομική παρουσία
Social Presence	Κοινωνική παρουσία
Immersive Qualities	Ποιότητα εμβύθισης
Contextual Properties	Σχετικές παράμετροι
Individual Traits	Ατομικά χαρακτηριστικά
Avatar	Χαρακτήρας που χειρίζεται ο χρήστης
First Person	(Κάμερα) Πρώτο πρόσωπο
Third Person	(Κάμερα) Τρίτο πρόσωπο
Point – and – Click	Δείξε και πάτα
Controller Based Direct Manipulation	Άμεση χειραγώγηση με χρήση χειριστηρίου
Zoom and Pan	Μεγέθυνε και μετακίνησε (τη κάμερα)
Script	Κομμάτι κώδικα
Tracked Alias	Αντίγραφο που παρατηρείται
Simulator	Προσομοιωτής
Master	Αφέντης
Client	Πελάτης
Component	Εξάρτημα
Recorder	Καταγραφέας
Key-Value	Κλειδί – Τιμή
Joystick	Λεβιές

ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

MUVE	Multi-user Virtual Environment
VR	Virtual Reality
SFMOMA	San Francisco Museum of Modern Art
CAVE	Cave Automatic Virtual Environment
MOR	Museum of Other Realities
UI	User Interface
RPC	Remote Procedure Call
HCI	Humano Computer Interaction
CH	Cultural Heritage
HMD	Head Mounted Display

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Δημογραφικά και ενδιαφέροντα – Πριν την επίσκεψη

3/10/2021

Demographics and Interests

Demographics and Interests

*Required

1. Participant ID *

2. Age *

3. Gender *

Mark only one oval.

Male

Female

4. Profession / Field of Studies *

5. Are you interested in modern art? *

Mark only one oval.

1 2 3 4 5 6 7

Not at all Very much

3/10/2021

Demographics and Interests

6. How many art museums / exhibitions have you visited? *

Mark only one oval.

- None
- Up to 5
- Between 5 and 10
- More than 10
- About 50 or more

7. When was your last visit to an art museum / exhibition?

Mark only one oval.

- Less than a year ago
- Between 1 to 3 years ago
- Over 3 years ago

8. Do you play storytelling games? *

In storytelling games the players make some form of stories, either individually or in collaboration. Depending on the game, stories may range from single keywords, to narratives with characters and plot.

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

9. Are you familiar with "Dixit" board game? *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not al all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

3/10/2021

Demographics and Interests

Virtual Reality Experience

Virtual reality (VR) is a simulated experience that takes place in a 3D virtual world (which can be similar to or completely different from the real world). Applications of virtual reality can include entertainment (i.e. video games) and educational purposes (i.e. medical or military training).

10. Are you experienced in using "desktop-based" VR applications? *

In desktop-based VR the 3D virtual world is displayed on a regular desktop display, without using of any specialized equipment (e.g. Minecraft, first person shooter games, etc)

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

11. If yes, please note down a few desktop-based VR applications that you have used...

12. Are you experienced in using "headset-based" VR applications? *

In headset-based VR the user puts on a mask and uses specialized equipment to interact with the 3D virtual world.

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

3/10/2021

Demographics and Interests

13. If yes, please note down a few headset-based VR applications that you have used...

14. Have you ever visited a virtual 3D museum environment? *
(in either desktop or headset -based VR)

Mark only one oval.

Yes

No

15. If yes, which please note down which ones...

Personality Traits

How well do the following statements describe your personality?

I see myself as someone who.....

16. ... is reserved *

Mark only one oval.

1 2 3 4 5

Not at all Very much

3/10/2021

Demographics and Interests

17. ... is generally trusting *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

18. ... tends to be lazy *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

19. ... is relaxed, handles stress well *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

20. ... has few artistic interests *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

3/10/2021

Demographics and Interests

21. ... is outgoing, sociable *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

22. ... tends to find fault with others *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

23. ... does a thorough job *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

24. ... gets nervous easily *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

3/10/2021

Demographics and Interests

25. ... has an active imagination *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

This content is neither created nor endorsed by Google.

Google Forms

Ερωτηματολόγιο 1ης εμπειρίας

3/10/2021

Overall User Feedback

Overall User Feedback

*Required

1. Participant ID *

2. Did you like this experience? *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

3. Would you like to invite your friends or family and revisit this gallery with them? *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

4. Would you like to visit more galleries like this (with different artworks)? *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

3/10/2021

Overall User Feedback

5. If yes, would you do so alone, or with friends?

Mark only one oval.

- Alone
- With friends
- Both

Pros and Cons

6. Please describe 3 aspects you liked the most (if any):

7. Please describe 3 aspects you did not like (if any):

Skip to question 8

User Experience Questionnaire

How would you rate this software prototype?

Decide as spontaneously as possible which of the following conflicting terms better describes the product. There is no "right" or "wrong" answer. Only your personal opinion counts!

3/10/2021

Overall User Feedback

8. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
obstructive	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	supportive

9. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
complicated	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	easy

10. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
inefficient	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	efficient

11. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
confusing	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	clear

3/10/2021

Overall User Feedback

12. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
boring	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	exciting

13. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
not interesting	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	interesting

14. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
conventional	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	inventive

15. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
usual	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	leading edge

Learning and Engagement with Artworks

3/10/2021

Overall User Feedback

16. Do you feel that you learnt something new about Van Gogh and his artworks? *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

17. Were you familiar with Van Gogh and these artworks before your virtual visit? *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

18. How familiar do you feel with them now? *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

19. Did your virtual visit make you further appreciate, observe or reflect on the artworks? *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

3/10/2021

Overall User Feedback

20. Is (are) there some painting(s) that you liked the most?

If yes, please describe which ones and why.

Virtual Reality - Presence Questionnaire

21. How involving was the experience? *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

22. How intense was the experience? *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

23. To what extent did you feel like you were inside the Virtual Gallery Environment?

*

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

3/10/2021

Overall User Feedback

24. To what extent did you feel "immersed" in the Virtual Gallery Environment? *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

25. To what extent did you feel "surrounded" by the Virtual Gallery Environment? *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

26. When you think back to the experience, do you think of the Virtual Gallery Environment more as "images that you saw" or more as "somewhere that you visited"? *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Images that I saw	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Somewhere that I visited

27. To what extent were you able to explore the 2D paintings displayed in the Virtual Gallery Environment? *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

3/10/2021

Overall User Feedback

28. Open comments or remarks:

Social Presence
Questionnaire

To what extent do the following statements describe your experience?

29. I often felt as if I was all alone. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

30. I tended to ignore my companion. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

31. I paid close attention to my companion. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

3/10/2021

Overall User Feedback

32. I was often aware of my companion's location in the Virtual Gallery Environment. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

33. I was often aware of what my companion was doing in the Virtual Gallery Environment (i.e. which painting or video he/she was watching, what info he/she was reading or listening to). *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

34. What my companion did affected what I did. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

35. I often tried to approach my companion's avatar in the virtual environment. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

3/10/2021

Overall User Feedback

36. I often tried to remain close to my companion's avatar in the virtual environment. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

37. I felt connected to my companion. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

38. I found it enjoyable to be in the Virtual Gallery Environment with my companion. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

39. I was influenced by my companion's feelings and moods. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

3/10/2021

Overall User Feedback

40. Me and my companion often shared thoughts or opinions about the cultural content. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

41. Me and my companion often shared feelings evoked by the cultural content. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

42. The interaction with my companion made me observe the artworks more closely. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

43. The interaction with my companion helped me to further reflect on the artworks. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

3/10/2021

Overall User Feedback

44. The interaction with my companion made me see the artworks through a different perspective. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

45. I admired my companion. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

46. I felt annoyed by my companion. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

This content is neither created nor endorsed by Google.

Google Forms

Συνέντευξη 1^{ης} εμπειρίας

3/10/2021

Interview on Usability Feedback

Interview on Usability Feedback

***Required**

1. Participant ID *

2. How aware were you of the existence of your own avatar? *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

3. How easy was it to control your avatar? *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

3/10/2021

Interview on Usability Feedback

4. Which of the following actions did you perform at least once? *

Tick all that apply.

- Teleport
- Walk using your feet
- Select painting (to display related info on wall)
- Zoom-in on an artwork image (to observe its details)
- Enable zoom magnifier on your own
- Start, pause or stop audio narration of the displayed info
- Start, pause or stop video presentations
- Walk in (and exit from) the "Bedroom" 3D environment
- Select the window object within the "Bedroom" painting, to explore its "night" and "day" 3D versions
- Select an emoticon over some painting
- Start and stop the animated paintings by entering/exiting the red circle areas

5. Did you face any difficulties in performing one or more of the actions above?

6. Did you particularly enjoy one or more of the actions above?

3/10/2021

Interview on Usability Feedback

7. Did you perceive that the multimedia audio volume tends to decrease as one moves away the related artwork? Did you like that or was it confusing in some way?

Interview on Social Functionalities and Interface Cues

8. Where you able to successfully hear and talk with your companion? *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

9. Did you notice the headphones on your companion's avatar when he/she was hearing an audio piece? *

Mark only one oval.

- Yes
 No

10. Did you notice the head mounted display on your companion's avatar when he/she was watching a video presentation? *

Mark only one oval.

- Yes
 No

3/10/2021

Interview on Usability Feedback

11. Did you notice the green highlight over the painting that your companion was interacting with? *

Mark only one oval.

- Yes
 No

12. If yes, did you use this visual feedback to coordinate your discussions or actions? *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

13. Did you like the "Shared Projection Areas" (within the red circles)? *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

14. Did their existence affect your coordination with your companion, and in what ways? *

3/10/2021

Interview on Usability Feedback

15. Did the audio feedback promote your awareness of your companion's presence and actions in the Virtual Gallery Environment? *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

16. What do you think about the emoticons? Do you like its existence and which was/would be your motivation for using it? *

17. To what extent was this like a face-to-face cultural visit? *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

18. Would you visit this exhibition with the same paintings in a real museum in Limassol, Cyprus?

3/10/2021

Interview on Usability Feedback

19. Open Comments:

This content is neither created nor endorsed by Google.

Google Forms

Ερωτηματολόγιο 2ης εμπειρίας

3/10/2021

Overall Participant Feedback

Overall Participant Feedback

*Required

1. Participant ID *

2. Did you like this experience? *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

3. Would you like to invite your friends or family and play with them in this gallery? *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

4. Would you like to play in other galleries like this (with different artworks)? *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

3/10/2021

Overall Participant Feedback

5. Would you be willing to play with strangers? *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

Pros and Cons

6. Please describe 3 aspects you liked the most (if any):

7. Please describe 3 aspects you did not like (if any):

Game Experience Questionnaire -
Social aspects

To what extent do the following statements describe
your experience?

8. I often felt as if I was all alone. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

3/10/2021

Overall Participant Feedback

9. I tended to ignore the others. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

10. I paid close attention to the others. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

11. I was often aware of the others' location in the Virtual Gallery Environment. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

12. I was often aware of what the others were doing in the Virtual Gallery Environment (i.e. which painting or video they were watching, what info they were reading or listening to). *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

3/10/2021

Overall Participant Feedback

13. What the others did affected what I did. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

14. I often tried to approach the others' avatars in the virtual environment. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

15. I often tried to remain close to the others' avatars in the virtual environment. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

16. I felt connected to the others.

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

3/10/2021

Overall Participant Feedback

17. I found it enjoyable to be playing in the Virtual Gallery Environment with the others.

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

18. I was influenced by the others' feelings and moods. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

19. Me and the others often shared thoughts or opinions about the cultural content.

*

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

20. Me and the others often shared feelings evoked by the cultural content. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

3/10/2021

Overall Participant Feedback

21. I anticipated to hear the other players' stories and explanations. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

22. I was surprised by the other players' stories or/and explanations. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

23. The stories and explanations of others made me observe the artworks more closely. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

24. The stories and explanations of others helped me to further reflect on the artworks. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

3/10/2021

Overall Participant Feedback

25. The stories and explanations of others made me see the artworks through different perspectives. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

26. I admired (some of) the others. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

27. I felt annoyed by (some of) the others. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

This content is neither created nor endorsed by Google.

Google Forms

Συνέντευξη 2^{ης} εμπειρίας

3/10/2021

Interview on Usability Feedback

Interview on Usability Feedback

*Required

1. Participant ID *

Was it easy to perform the required game actions?

2. 1. Push button to start a game round as Storyteller *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

3. 2. Reply in Storyteller's invitation (accept, decline or guest) *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

4. 3. Select which painting to vote for *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

3/10/2021

Interview on Usability Feedback

5. 4. Discover the other players' selections (over their avatars) *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

6. 5. Examine the Scoring board to check out your points *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

7. Did you face any particular difficulties in performing one or more of the actions above?

8. Did you particularly enjoy to perform one or more of the actions above?

If yes, please describe why.

3/10/2021

Interview on Usability Feedback

9. At the completion of voting, your avatar was automatically teleported close to the Scoring board (along with the avatars of the others). Did you feel unease, disorientation or any other form of discomfort at that point?

If yes, please describe it.

Interview on Social Functionalities and Interface Cues

10. Where you able to successfully hear and talk with the others? *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

11. Was it easy to distinguish between the avatars of different participants? *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

12. To what extent were you able to monitor the game's state (i.e. who is the Storyteller, which players have voted already, which you are still waiting for, etc)

*

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

3/10/2021

Interview on Usability Feedback

13. Did the visual "game state tags" over the participants' avatars (e.g. Storyteller, Accepted, Voted) help you to that end? *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Not at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very much

14. Did you like or dislike the avatar coloring effect (turning green upon acceptance to join a game round)? *

Please explain why.

15. Did you like that you had the option to "decline" the Storyteller's invitation (and thus skip one or more game rounds)? *

Please explain why.

3/10/2021

Interview on Usability Feedback

16. Did you like that you had the option to watch the game as a guest, i.e. hearing and talking to the players but without actually joining one or more game rounds? *

Please explain why.

17. Open Comments:

This content is neither created nor endorsed by Google.

Google Forms

Ερωτηματολόγιο συμπτωμάτων ΠΡΙΝ & ΜΕΤΑ

No _____

Date _____

SIMULATOR SICKNESS QUESTIONNAIRE

Kennedy, Lane, Berbaum, & Lilienthal (1993)***

Instructions : Circle how much each symptom below is affecting you right now.

- | | | | | |
|--------------------------------|-------------|---------------|-----------------|---------------|
| 1. General discomfort | <u>None</u> | <u>Slight</u> | <u>Moderate</u> | <u>Severe</u> |
| 2. Fatigue | <u>None</u> | <u>Slight</u> | <u>Moderate</u> | <u>Severe</u> |
| 3. Headache | <u>None</u> | <u>Slight</u> | <u>Moderate</u> | <u>Severe</u> |
| 4. Eye strain | <u>None</u> | <u>Slight</u> | <u>Moderate</u> | <u>Severe</u> |
| 5. Difficulty focusing | <u>None</u> | <u>Slight</u> | <u>Moderate</u> | <u>Severe</u> |
| 6. Salivation increasing | <u>None</u> | <u>Slight</u> | <u>Moderate</u> | <u>Severe</u> |
| 7. Sweating | <u>None</u> | <u>Slight</u> | <u>Moderate</u> | <u>Severe</u> |
| 8. Nausea | <u>None</u> | <u>Slight</u> | <u>Moderate</u> | <u>Severe</u> |
| 9. Difficulty concentrating | <u>None</u> | <u>Slight</u> | <u>Moderate</u> | <u>Severe</u> |
| 10. « Fullness of the Head » | <u>None</u> | <u>Slight</u> | <u>Moderate</u> | <u>Severe</u> |
| 11. Blurred vision | <u>None</u> | <u>Slight</u> | <u>Moderate</u> | <u>Severe</u> |
| 12. Dizziness with eyes open | <u>None</u> | <u>Slight</u> | <u>Moderate</u> | <u>Severe</u> |
| 13. Dizziness with eyes closed | <u>None</u> | <u>Slight</u> | <u>Moderate</u> | <u>Severe</u> |
| 14. *Vertigo | <u>None</u> | <u>Slight</u> | <u>Moderate</u> | <u>Severe</u> |
| 15. **Stomach awareness | <u>None</u> | <u>Slight</u> | <u>Moderate</u> | <u>Severe</u> |
| 16. Burping | <u>None</u> | <u>Slight</u> | <u>Moderate</u> | <u>Severe</u> |

* Vertigo is experienced as loss of orientation with respect to vertical upright.

** Stomach awareness is usually used to indicate a feeling of discomfort which is just short of nausea.

Last version : March 2013

***Original version : Kennedy, R.S., Lane, N.E., Berbaum, K.S., & Lilienthal, M.G. (1993). Simulator Sickness Questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. *International Journal of Aviation Psychology*, 3(3), 203-220.

Δήλωση προσωπικών δεδομένων

User ID:

GDPR-COMPLIANT CONSENT FORM (ADULT)

Consent Form: VR Gallery in Groups experiment

PARTICIPANT NAME:

PARTICIPANT EMAIL ADDRESS:

Please read and tick each of the square boxes to indicate your agreement:

- I have understood the project information that were provided to me and have had the opportunity to ask questions about the research.
- I understand my participation is voluntary and I may withdraw at any time without consequence.
- I understand my data will be retained in secure storage for use in future academic research and publicity.
- I have read and understood the "RISKS OF USING VIRTUAL REALITY EQUIPMENT" info sheet that was provided to me and have had the opportunity to ask questions about it.

I give consent for my data (including photos, video or other visual records) to be used in research, presentations, publications and other media and publicity arising from this research, both print and online.

I agree to the following condition of anonymity - **TICK ONLY ONE OF THE CIRCLES BELOW:**

- Option 1:** I agree that my data are used even though I might be recognisable in photo, video and other visual and audio records.
- Option 2:** I agree for my data to be used under condition of anonymity. I understand that my identity will be altered/obscured in photo, video and other visual and audio records.
- Option 3:** I ask to be consulted further before my data are used in any way in this research.

DATE: /1 /20

RESEARCHER SIGNATURE

PARTICIPANT SIGNATURE

Christodoulou Kyriakos



ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] Falk ,J. H., (2009). Identity and the Museum Visitor Experience. Walnut Creek: Left Coast Press.
- [2] Petrelli, D. and Not. E. (2005). User-centered design of flexible hypermedia for a mobile guide: Reflections on the HyperAudio experience, *User Modelling and User Adapted Interaction* 15:3-4, pp. 303–338.
- [3] Umiker-Sebeok, J. (1994). Behavior in a Museum: A Semio-Cognitive Approach to Museum Consumption Experiences. Signifying Behavior. *Journal of Research in Semiotics, Communication Theory, and Cognitive Science*, 1:1. pp.52-100
- [4] Falk, J. and Dierking, L.(2008). Enhancing visitor interactions and learning with mobile technologies. In: Tallon, L. and Walker, K. (Eds.) *Digital Technologies and the Museum Experience: Handheld Guides and Other Media*. AltaMira Press.
- [5] Heath, C. and vom Lehn, D. (2008). Configuring 'Interactivity': Enhancing Engagement in Science Centres and Museums. *Social Studies of Science*. 38. pp. 63-91. DOI: 10.1177/0306312707084152
- [6] Jafari, A.,Taheri, B. and vom Lehn, D. (2013). Cultural consumption, interactive sociality, and the museum. *Journal of Marketing Management* 29:15-16, 1729-1752, DOI: 10.1080/0267257X.2013.811095
- [7] Hood, M. (1989). Leisure criteria of family participation and non-participation in museums. In B.Butler & M. Sussman (Eds.), *Museum visits and activities for family life enrichment*. pp. 151–167.
- [8] Katifori, A., Kourtis, V., Perry, S., Pujol, L., Vayanou, M., Ioannidis, Y. and Chrysanthi, A. (2016). "Cultivating mobile-mediated social interaction in the museum: Towards group-based digital storytelling experiences.". MW2016: Museums and the Web 2016, Los Angeles, CA, USA, Available at: <http://mw2016.museumsandtheweb.com/proposal/cultivating-mobile-mediated-social-interaction-in-the-museum-towards-group-based-digital-storytelling-experiences/>
- [9] Sylaiou, S., Liarokapis, F., Kotsakis, K. and Patias, P. (2009). Virtual museums, a survey and some issues for consideration, *Journal of Cultural Heritage*, vol. 10, Issue. 4, October-December 2009, pp.520-528
- [10] Christodoulou, K., Vayanou, M., Tsampounaris, G., and Ioannidis, Y. (2018). MagicARTS: an interactive social journey in the art world. In *Proceedings of the 22nd Pan-Hellenic Conference on Informatics (PCI '18)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 272–277. DOI:10.1145/3291533.3291579
- [11] Heath, C. and vom Lehn, D. (2008). Configuring 'interactivity': Enhancing engagement in science centres and museums. *Social Studies of Science* 38:1. pp. 63–91.
- [12] Wessel, D., & E. Mayr. (2007). "Potentials & challenges of mobile media in museums." *International Journal of Interactive Mobile Technologies* 1:1, pp.32-39.
- [13] Grinter, R. E., Aoki, P. M., Szymanski, M. H., Thornton, J. D., Woodruff, A. and Hurst, A. (2002). Revisiting the visit: Understanding how technology can shape the museum visit. *Proceedings of the 2002 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work*, pp.146-155.
- [14] Pau, S. (2017). Audio that moves you: experiments with location-aware storytelling in the SFMOMA app. MW2017: Museums and the Web 2017
- [15] Fosh, L., Benford, S.,Reeves, S., Koleva, B. and Brundell, P. (2013) See me, feel me, touch me, hear me: trajectories and interpretation in a sculpture garden. *Proc. CHI 2013, ACM Press 2013*, pp.149-158
- [16] Terrenghi, L., Quigley A., and Dix. A. (2009). A taxonomy for and analysis of multi-person-display ecosystems, *Personal and Ubiquitous Computing*, vol.13 no.8, pp.583-598, DOI:10.1007/s00779-009-0244-5
- [17] Urban, R., Marty, P. and Twidale, M. M. (2007). A Second Life for Your Museum: 3D Multi-User Virtual Environments and Museums. *Proceedings of Museums and the Web*.
- [18] Kasomoulis., A., Vayanou, M., Katifori, A. and Ioannidis, Y. (2016). MagicHOLO – A Collaborative 3D experience in the museum, In *Proc of 20th Pan-Hellenic Conference on Informatics (PCI 2016)*
- [19] Vayanou, M., Katifori, A., Antoniou, A. and Chrysanthi, A., (2016). Collocated interaction in cultural storytelling experiences: How to coordinate visitor actions? In *proceedings of the workshop Collocated Interaction: New Challenges in 'Same Time, Same Place' Research, CSCW Conference 2016*
- [20] Di Blas, N., Bucciero, A., Mainetti, L., and Paolini,P. (2012). Multi-User Virtual Environments for Learning: Experience and Technology Design, in *IEEE Transactions on Learning Technologies*,
- [21] Di Blas, N., Paolini, P. and Hazan, S. (2003) The SEE Experience: Edutainment in 3D Virtual Worlds, *Museums and the Web*.

- [22] Smith, H. J. and Neff, M. (2018). Communication Behavior in Embodied Virtual Reality. In Proc. of the Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI 2018: p: 289
- [23] Kelly, S., Healey, M., Özyürek, A. and Holler, J. (2014). The processing of speech, gesture, and action during language comprehension. *Psychonomic Bulletin & Review*, p:1-7.
- [24] Church, R. B., Kelly, S. and Holcombe, D. (2013). Temporal synchrony between speech, action and gesture during language production. *Language and Cognitive Processes*, pp:1-10.
- [25] Roth, D., Kleinbeck, C., Feigl, T., Mutschler, C. and Latoschik, M. E. (2018). Beyond Replication: Augmenting Social Behaviors in Multi-User Virtual Realities, In Proc of IEEE Virtual Reality 2018
- [26] Watson, S., (2013). "Emotions in the History Museum," in *The International Handbooks of Museum Studies*, S. Macdonald and H. Rees Leahy, Eds. Oxford, UK: John Wiley & Sons, Ltd, pp.283–301.
- [27] Pekarik, A. J. (2002). Feeling or Learning," *Curator: The Museum Journal*, vol.45, no. 4, pp. 262-264..
- [28] Apostolellis, P. and Bowman, D. (2014). Evaluating the effects of orchestrated, game-based learning in virtual environments for informal education. *ACM International Conference Proceeding Series*. 2014. DOI:10.1145/2663806.2663821.
- [29] Doležal, M., Chmélík, J. and Liarokapis, F. (2017). An immersive virtual environment for collaborative geovisualization. DOI:272-275. 10.1109/VS-GAMES.2017.8056613.
- [30] Bekele, M., Pierdicca, R., Frontoni, E., Malinverni, E. and Gain, J. (2018). A Survey of Augmented, Virtual, and Mixed Reality for Cultural Heritage. *Journal on Computing and Cultural Heritage*. DOI:11. 1-36. 10.1145/3145534.
- [31] Thomas, B., Stotts, P. and Kumar, L. (1998). Warping distributed system configurations. pp.136 - 143. DOI:10.1109/CDS.1998.675767
- [32] Kharoub, H. and Lataifeh, M. and Ahmed, N. (2019). 3D User Interface Design and Usability for Immersive VR. *Applied Sciences*. 9. 4861. DOI:10.3390/app9224861.
- [33] Fröjdman, S. (2016). User experience guidelines for design of virtual reality graphical user interfaces controlled by head orientation input.
- [34] Huiwen, C. and Michael F.C. (2017). Panning and Zooming High-Resolution Panoramas in Virtual Reality Devices. In *Proceedings of the 30th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST '17)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, pp.279–288. DOI:10.1145/3126594.3126617
- [35] H. Benko, E. W. Ishak and S. Feiner, (2004) Collaborative mixed reality visualization of an archaeological excavation, *Third IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, Arlington, VA, USA, pp. 132-140, DOI: 10.1109/ISMAR.2004.23.
- [36] Santos, P. & Stork, A., Gierlinger, T., Pagani, A., Paloc, C., Barandarian, I., Conti, G., Amicis, R., Witzel, M., Machui, O., Jimenez, J., Araújo, B., Jorge, J. and Bodammer, G. (2007). IMPROVE: An innovative application for collaborative mobile mixed reality design review. *International Journal for Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*. 1. pp.115-126. DOI:10.1007/s12008-007-0010-8.
- [37] Hinckley K. (2003). Synchronous gestures for multiple persons and computers. In: *Proceedings of the 16th annual ACM symposium on user interface software and technology (Vancouver, Canada, 02–05 November 2003)*. UIST'03. ACM, New York,
- [38] Vayanou, M. and Ioannidis, Y., (2017). Storytelling games with art collections: Generic game-play design and preliminary evaluation through game testing sessions, *2017 9th International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications (VS-Games)*, Athens, pp. 264-271, DOI: 10.1109/VS-GAMES.2017.8056612.
- [39] Shehade, M., Stylianou-Lambert, T. (2020). Virtual Reality in Museums: Exploring the Experiences of Museum Professionals. *Appl. Sci.* 10, 4031. DOI: 10.3390/app10114031
- [40] Merriam-Webster. (2015) Online English Dictionary, Available at: [http://www.merriamwebster.com/dictionary/virtual reality](http://www.merriamwebster.com/dictionary/virtual%20reality).
- [41] Freina, L. & Canessa, A. (2015). Immersive vs Desktop Virtual Reality in Game Based Learning.
- [42] Carr, K. and England, R. (1995). *Simulated and Virtual Realities Elements of Perception*, Taylor and Francis, London.
- [43] Slater, M., Usoh, M. and Steed, A. (1994) Depth of presence in virtual environments. *Presence: Teleoper. Virtual Environ.*, 3-2 pp.130–144
- [44] Lougiakis C., (2020). Effects of Virtual Hand Representation on Interaction and Embodiment in HMD-based Virtual Environments Using Controllers.
- [45] Oh, S.Y., Bailenson, J.N. and Welch, G.F. A Systematic Review of Social Presence: Definition, Antecedents, and Implications (2018), *Frontiers in Robotics and AI*, 5-14, pp. 1-34. DOI:10.3389/frobt.2018.00114

- [46] Ekaterini A., Iason K., Artemis K., (2018) Social Interaction in a Multipurpose Virtual Environment (SANSAR)
- [47] No Spectators: The Art of Burning Man, (2019). in Virtual Reality Available at: <https://mw19.mwconf.org/glami/no-spectators-the-art-of-burning-man-in-virtual-reality/>
- [48] Vosinakis, S. & Xenakis, I. (2011). A Virtual World Installation in an Art Exhibition: Providing a Shared Interaction Space for Local and Remote Visitors.
- [49] Google Art Project National Gallery , Available at: <https://www.nationalgallery.gr/el/mathisi/google-art-project.html>
- [50] Tsakonas, Y., and Vosinakis, S. (2015). Visitor Experience in Google Art Project and in Second Life-based Virtual Museums: A Comparative Study. In Virtual Archaeology, Museums & Cultural Heritage, VAMCT 2015.
- [51] Di Blas, N., Bucciero, A., Mainetti, L. and Paolini, P. (2012) Multi-User Virtual Environments for Learning: Experience and Technology Design, in IEEE Transactions on Learning Technologies, vol. 5, no. 4, pp. 349-365, DOI:10.1109/TLT.2012.16.
- [52] Sookhanaphibarn, K., and Thawonmas, R. (2010). Visualization and Analysis of Visiting Styles in 3D Virtual Museums. Published in Abstracts of Digital Humanities.
- [53] Katifori, V., Perry, S., Vayanou, M., Antoniou, A., Ioannidis, I.P, McKinney, S., Chrysanthi, A., and Ioannidis, Y. (2020). "Let Them Talk!": Exploring Guided Group Interaction in Digital Storytelling Experiences. J. Comput. Cult. Herit. 13, 3, Article 21. DOI:10.1145/3382773
- [54] Vayanou, M., Katifori, V., Chrysanthi, A. and Antoniou, A. (2020). Cultural Heritage and Social Experiences in the Times of COVID 19. In proceedings of Workshop on Advanced Visual Interfaces and Interactions in Cultural Heritage (*AV I 2CH*), Available at: <http://ceur-ws.org/Vol-2687/paper2.pdf>
- [55] Items of the short version of the User Experience Questionnaire (UEQ), Available at: https://www.ueq-online.org/Material/UEQS_Items.pdf
- [56] (2004). OmniPres project IST-2001-39237 Deliverable 5 Measuring Presence : A Guide to Current Measurement Approaches. Available at: <https://www8.informatik.umu.se/~jwworth/PresenceMeasurement.pdf>
- [57] Nowak, K.L. and Biocca, F. (2003). The effect of the agency and anthropomorphism on users' sense of telepresence, copresence, and social presence in virtual environments. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 12, pp.2-35.
- [58] Lombard, M. and Ditton, T. (1997). At the heart of it all: The concept of presence. Journal of Computer-Mediated Communication, 3-2.
- [59] Slater, M., Usoh, M. and Steed, A. (1994). Depth of presence in virtual environments. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 3, pp.130-144.
- [60] Biocca, F., Harms, C., and Gregg, J. (2001). The Networked Minds measure of social presence: Pilot test of the factor structure and concurrent validity. In Proceedings of 4th International Workshop on Presence. Philadelphia, USA.
- [61] IJsselsteijn, W. A., de Kort, Y. A. W. and Poels, K. (2013). The Game Experience Questionnaire. Technische Universiteit Eindhoven.
- [62] "Panoramic painting," in Wikipedia, Wikimedia Foundation, 2016. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Panoramic_painting.
- [63] M. Zuckerberg, Facebook, 2014. [Online]. Available: <https://www.facebook.com/zuck/posts/10101319050523971>.
- [64] "Link trainer," in Wikipedia, Wikimedia Foundation, 2016. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Link_Trainer
- [65] "Sensorama," in Wikipedia, Wikimedia Foundation, 2016. [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Sensorama>.
- [66] Heilig, L., M., Stereoscopic-Television Apparatus for Individual Use (1960) U.S. Patent 2 955 156, Available at: <http://www.mortonheilig.com/TelesphereMask.pdf>
- [67] Sutherland, I., E., The Ultimate Display, in IFIP Congress (1965) pp. 506–508. Available at: <http://worrydream.com/refs/Sutherland%20-%20The%20Ultimate%20Display.pdf>.
- [68] Krevelen, Van, Rick, Augmented reality: Technologies, applications, and limitations (2007)
- [69] Videoplace," in Wikipedia, Wikimedia Foundation, 2014. [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Videoplace>
- [70] "North American video game crash of 1983," in Wikipedia, Wikimedia Foundation, 2016. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/North_American_video_game_crash_of_1983
- [71] "Sega VR," in Wikipedia, Wikimedia Foundation, 2016. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Sega_VR.

- [72] "Virtual boy," in Wikipedia, Wikimedia Foundation, 2016. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_Boy.
- [73] "Google Street View," in Wikipedia, Wikimedia Foundation, 2016. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Street_View.
- [74] "Google Arts & Culture," in Wikipedia, Wikimedia Foundation, 2016. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Arts_%26_Culture
- [75] "Picasa," in Wikipedia, Wikimedia Foundation, 2016. [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Picasa>
- [76] "Oculus rift," in Wikipedia, Wikimedia Foundation, 2016. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Oculus_Rift.
- [77] "Samsung gear VR," in Wikipedia, Wikimedia Foundation, 2016. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Samsung_Gear_VR.
- [78] "PlayStation VR," in Wikipedia, Wikimedia Foundation, 2016. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/PlayStation_VR.
- [79] "HTC Vive," in Wikipedia, Wikimedia Foundation, 2016. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/HTC_Vive.
- [80] "Google cardboard," in Wikipedia, Wikimedia Foundation, 2016. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Cardboard.
- [81] "Myron W. Krueger," in Wikipedia, Wikimedia Foundation, 2016. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Myron_W._Krueger.