



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ &
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ



Ανάπτυξη εφαρμογής επαυξημένης πραγματικότητας για πολιτιστικά αξιοθέατα

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Κούτσικος Γρηγόριος

Επιβλέπων: Τσίπουρας Μάρκος

Αναπληρωτής Καθηγητής

ΚΟΖΑΝΗ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2023



HELLENIC DEMOCRACY
UNIVERSITY OF WESTERN MACEDONIA

FUCULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL &
COMPUTER ENGINEERING



Development of an Augmented Reality application for cultural attractions

THESIS

Koutsikos Grigorios

SUPERVISOR: Tsipouras Markos

Associate Professor

KOZANI, FEBRUARY 2023



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
& ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΔΗΛΩΣΗ ΜΗ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΗΨΗΣ ΠΡΟΣΩΠΙΚΗΣ ΕΥΘΥΝΗΣ

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα Διπλωματική Εργασία με τίτλο "Ανάπτυξη εφαρμογής επαυξημένης πραγματικότητας για πολιτιστικά αξιοθέατα" καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας και αναφέρονται ρητώς μέσα στο κείμενο που συνοδεύουν και η οποία έχει εκπονηθεί στο Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, υπό την επίβλεψη του μέλους του Τμήματος κ. Τσίπουρα Μάρκου αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή / και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και μόνο.

Copyright (C) Κούτσικος Γρηγόριος, Τσίπουρας Μάρκος, 2023, Κοζάνη

Υπογραφή Φοιτητή:

Κούτσικος

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι η μελέτη της επαυξημένης πραγματικότητας και η συμβολή της στον πολιτισμό, καθώς και η ανάπτυξη εφαρμογής που χρησιμοποιεί αυτή την τεχνολογία με αντικείμενο της τα πολιτιστικά αξιοθέατα. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται ανάλυση της τεχνολογίας αυτής αναφέροντας την ιστορία της, τους τρόπους λειτουργίας της, τομείς εφαρμογής της καθώς και τις συσκευές που την υποστηρίζουν. Γίνεται μελέτη της πλατφόρμας Unity που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη εφαρμογών για φορητές συσκευές και της βιβλιοθήκης Vuforia που χρησιμοποιείται για την ενσωμάτωση λειτουργιών επαυξημένης πραγματικότητας στις εφαρμογές αυτές. Εν συνεχεία περιγράφεται η διαδικασία της υλοποίησης μίας εφαρμογής επαυξημένης πραγματικότητας που εμπλουτίζει σημεία πολιτιστικού ενδιαφέροντος με γραφικά και έναν πίνακα πληροφοριών, που θα λειτουργεί σε κινητά τηλέφωνα με λειτουργικό Android και τα γυαλιά Microsoft HoloLens 2. Τέλος, ακολουθούν δοκιμαστικά σωστής λειτουργίας των εφαρμογών και τα τελικά συμπεράσματα.

Λέξεις Κλειδιά:

Επαυξημένη Πραγματικότητα, Πολιτισμός, Ανάπτυξη Εφαρμογής, Android, Microsoft HoloLens 2, Unity, Vuforia.

Abstract

The purpose of this thesis is to study augmented reality and its contribution to culture, as well as the development of an application that uses this technology with cultural heritage as its object of interest. More in detail, this technology is analyzed by referring to its history, its operation types, its fields of application as well as the devices that support it. The Unity platform used for developing applications for mobile devices, and the Vuforia library used to integrate augmented reality features in these applications, are studied. Then, the process of implementing an augmented reality application that enriches cultural heritage sites with graphics and an information panel, which will work on Android smartphones and the Microsoft HoloLens 2 is described. Finally, there are tests of the correct operation of the applications, and the final conclusions.

Keywords:

Augmented Reality, Culture, Application Development, Android, Microsoft HoloLens 2, Unity, Vuforia

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέπων καθηγητή κ. Τσίπουρα Μάρκο για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε κατά την ανάθεση της διπλωματικής, καθώς και την καθοδήγηση του κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της. Θα ήθελα να ευχαριστήσω επίσης τους φίλους μου, την οικογένεια μου, και κυρίως τους γονείς και το θείο μου για την υποστήριξη και τη βοήθεια που μου πρόσφεραν όλο αυτό το χρονικό διάστημα.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	- 1 -
ABSTRACT	3
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	5
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	7
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	10
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	13
1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής	13
1.2 Δομή της εργασίας	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	15
2.1 Εισαγωγή στην επαυξημένη πραγματικότητα	15
2.2 Επαυξημένη, μικτή και εικονική πραγματικότητα	15
2.3 Ιστορική αναδρομή	16
2.4 Τρέχουσα τεχνολογία	17
2.4.1 Είδη συσκευών απεικόνισης	17
2.4.1.1 Φορέσιμες συσκευές απεικόνισης	18
2.4.1.2 Συσκευές ολογραμμάτων (Holographic Displays)	20
2.4.1.3 Συσκευές επαύξεσης χειρός	20
2.4.2 Τρόποι λειτουργίας εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας	21
2.4.2.1 Εφαρμογές βασισμένες σε δείκτες	21
2.4.2.2 Εφαρμογές χωρίς δείκτες	21
2.4.2.3 Εφαρμογές που χρησιμοποιούν τοποθεσία	22
2.5 Γενικές Εφαρμογές	22

2.6 Ειδικότερες εφαρμογές στον πολιτισμό	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ	31
3.1 Καταγραφή απαιτήσεων	31
3.1.1 Απαιτήσεις για τη δημιουργία της εφαρμογής	31
3.2 Η μηχανή ανάπτυξης λογισμικού Unity	32
3.3 Δομή ενός Unity Project	33
3.3.1 Assets	33
3.3.2 Ιεραρχία (Hierarchy)	33
3.3.3 Inspector	33
3.3.4 Components	34
3.3.4.1 Transform	34
3.3.4.2 Mesh Filter/Mesh Renderer	34
3.3.4.3 Rigidbody	34
3.3.4.4 Collider	34
3.3.4.5 Camera	35
3.3.4.6 Video Player/Audio Source	35
3.3.5 Scene view	35
3.3.6 Game view	35
3.3.7 Materials	36
3.3.8 Scripts	36
3.3.9 Prefabs	36
3.4 Το Vuforia SDK	36
3.5 Χαρακτηριστικά του Vuforia	37
3.5.1 Targets	37
3.5.2 Tracking δισδιάστατων στόχων	38
3.5.3 Αναγνώριση τρισδιάστατων στόχων	38
3.6 Λειτουργίες του Vuforia στη Unity	39
3.6.1 ARCamera	39
3.6.2 Στοιχεία προς αναγνώριση	39
3.6.3 Ground Plane	40
3.6.4 Mid Air	40
3.7 Universal Windows Platform	41
3.8 Mixed Reality Toolkit	41

3.9 Microsoft Visual Studio	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ	42
4.1 Λογισμικό	42
4.1.1 Unity SDK	42
4.1.2 Vuforia Engine SDK	43
4.1.3 Mixed Reality Toolkit 2	44
4.1.4 TinkerCad	44
4.2 Υλικό	45
4.3 Σχεδίαση Λειτουργιών	46
4.4 Υλοποίηση εφαρμογής για συσκευές Android	47
4.4.1 Αρχική οθόνη	52
4.4.2 Πληροφορίες	53
4.4.3 Αλλαγή σκηνών	53
4.5 Υλοποίηση εφαρμογής για Microsoft HoloLens 2	54
4.6 Εφαρμογή για Android	56
4.7 Εφαρμογή για Microsoft HoloLens 2	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	64
5.1 Αποτελέσματα της Μελέτης	64
5.1.1 Δοκιμές σε συσκευές Android	65
5.1.2 Δοκιμές στα Microsoft HoloLens 2	67
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	70
6.1 Συμπεράσματα της Μελέτης	70
6.2 Μελλοντική Εργασία	70
6.3 Αποτίμηση και εμπόδια	71
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 – ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ	72
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 – ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	73
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	75
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ - ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ - ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ	77
ΑΠΟΔΟΣΗ ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΩΝ ΌΡΩΝ	78

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 2. 1 Απεικόνιση του reality-virtuality continuum	16
Εικόνα 2. 2 Το πρώτο head-up display του Ivan Sutherland	17
Εικόνα 2. 3 Προσθήκη οργάνων στο πεδίο της όρασης του πιλότου, μέσω ενός head-up display ...	18
Εικόνα 2. 4 Τρόπος λειτουργίας και παράδειγμα συσκευής οπτικής συσκευής απεικόνισης	19
Εικόνα 2. 5 Τρόπος λειτουργίας και παράδειγμα συσκευής απεικόνισης βίντεο	19
Εικόνα 2. 6 Χρήση ολογράμματος ελέφαντα για την παράσταση του τσίρκου Roncalli.....	20
Εικόνα 2. 7 Παράδειγμα επαύξησης πάνω σε δείκτη	21
Εικόνα 2. 8 Παράδειγμα επαύξησης χωρίς δείκτη.....	22
Εικόνα 2. 9 Η λειτουργία Live View των Google Maps	22
Εικόνα 2. 10 Παραδείγματα χρήσης επαυξημένης πραγματικότητας σε διάφορους τομείς του εμπορίου.....	23
Εικόνα 2. 11 Χρήση επαυξημένων γραμμών πάνω στο γήπεδο για αναγνώριση παραβάσεων.....	24
Εικόνα 2. 12 Παράδειγμα χρήσης την πιο διάσημης εφαρμογής μετάφρασης ,του Google Translate	25
Εικόνα 2. 13 Στιγμιότυπο χρήσης της εφαρμογής London Tube	26
Εικόνα 2. 14 Στιγμιότυπο χρήσης της εφαρμογής AR Trails	27
Εικόνα 2. 15 Στιγμιότυπο χρήσης της εφαρμογής ViewRanger.....	27
Εικόνα 2. 16 Η εφαρμογή LIFEPLUS: Revival of life in ancient Pompeii.....	28
Εικόνα 2. 17 Επαύξηση της αρχαίας Ολυμπίας.....	29
Εικόνα 2. 18 Στιγμιότυπο της εφαρμογής Skin And Bones	29
Εικόνα 3. 1 Κενό project της Unity	33
Εικόνα 3. 2 Transform Component.....	34
Εικόνα 3. 3 Camera Component	35
Εικόνα 3. 4 Παράδειγμα καλού και κακού στόχου.....	37
Εικόνα 3. 5 Παράδειγμα στόχου με τα φυσικά του χαρακτηριστικά.....	38
Εικόνα 3. 6 Τοποθέτηση στόχου μέσω του Ground Plane στην εφαρμογή IKEA Place	40
Εικόνα 3. 7 Τοποθέτηση στόχου μέσω του Mid Air	41
Εικόνα 4. 1 Ελάχιστες προδιαγραφές λειτουργίας της Unity για υπολογιστή.....	42
Εικόνα 4. 2 Ελάχιστες προδιαγραφές κινητού τηλεφώνου για σωστή λειτουργία εφαρμογών της Unity.....	43
Εικόνα 4. 3 Παράδειγμα βάσης δεδομένων του Vuforia που περιέχει στόχους.....	44

Εικόνα 4. 4 Το γραφικό περιβάλλον του TinkerCad	45
Εικόνα 4. 5 Στόχος που επαυξάνεται με περίγραμμα αναγνώρισης	48
Εικόνα 4. 6 Παράδειγμα επαύξησης ενός πίνακα πληροφοριών με ηχητικό μέσο	49
Εικόνα 4. 7 Παράδειγμα επαύξησης ενός πίνακα πληροφοριών με βίντεο	49
Εικόνα 4. 8 Παράδειγμα προβολής τρισδιάστατου μοντέλου σε δισδιάστατο στόχο	50
Εικόνα 4. 9 Παράδειγμα επαύξησης τρισδιάστατου μοντέλου σε Multi-Target	50
Εικόνα 4. 10 Αρχική οθόνη σε συσκευές Android	52
Εικόνα 4. 11 Πίνακας πληροφοριών στόχων σε συσκευές Android	53
Εικόνα 4. 12 Συνολική επαύξηση με περίγραμμα αναγνώρισης και ενός πίνακα πληροφοριών	55
Εικόνα 4. 13 Προγραμματισμός πίνακα πληροφοριών στόχων για Microsoft HoloLens 2	56
Εικόνα 4. 14 Σχέδιο αλληλεπίδρασης των σκηνών σε συσκευές Android	57
Εικόνα 4. 15 Η αρχική οθόνη της εφαρμογής για συσκευές Android	57
Εικόνα 4. 16 Ο πίνακας πληροφοριών μέσα στην εφαρμογή για συσκευές Android	58
Εικόνα 4. 17 Παράδειγμα επαύξησης σε δισδιάστατο στόχο με ηχητικό μέσο	59
Εικόνα 4. 18 Παράδειγμα επαύξησης σε δισδιάστατο στόχο με βίντεο	59
Εικόνα 4. 19 Παράδειγμα επαύξησης σε δισδιάστατο στόχο με τρισδιάστατο μοντέλο και ηχητικό μέσο	60
Εικόνα 4. 20 Παράδειγμα απόκρυψης πίνακα πληροφοριών	60
Εικόνα 4. 21 Παράδειγμα επαύξησης σε Multi-Target	60
Εικόνα 4. 22 Ο πίνακας πληροφοριών των στόχων μέσα από τα HoloLens 2	61
Εικόνα 4. 23 Παράδειγμα επαύξησης δισδιάστατου στόχου με μεταφορά του πίνακα πληροφοριών	61
Εικόνα 4. 24 Παράδειγμα επαύξησης δισδιάστατου στόχου με τρισδιάστατο μοντέλο και πίνακα πληροφοριών	62
Εικόνα 4. 25 Παράδειγμα περιστροφής του τρισδιάστατου μοντέλου από απόσταση	62
Εικόνα 4. 26 Παράδειγμα επαύξησης του Multi-Target	62
Εικόνα 4. 27 Παράδειγμα μετακίνησης και μεγέθυνσης του τρισδιάστατου μοντέλου	63
Εικόνα 5. 1 Επαύξηση μέσω συσκευής Android υπό μεγάλη γωνία	66
Εικόνα 5. 2 Επαύξηση σε συσκευή Android με χαμηλό φωτισμό	67
Εικόνα 5. 3 Επαύξηση μέσω HoloLens υπό μεγάλη γωνία	68
Εικόνα 5. 4 Επαύξηση μέσω HoloLens σε χαμηλό φωτισμό	68

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1 :Πίνακας λειτουργιών εφαρμογής για συσκευές Android.....	58
Πίνακας 2 :Πίνακας δοκιμών σε συσκευές Android υπό γωνία	66
Πίνακας 3 :Πίνακας δοκιμών σε συσκευές Android σε χαμηλό φωτισμό.....	67

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει την επαυξημένη πραγματικότητα (Augmented Reality - AR) ως τεχνολογικό πεδίο, δίνοντας μεγαλύτερη βαρύτητα στους τομείς που σχετίζονται με την πολιτιστική κληρονομιά, ενώ έχει ως στόχο την ανάπτυξη μίας εφαρμογής με τη χρήση αυτής της τεχνολογίας και αντικείμενο της τον πολιτισμό.

Η επαυξημένη πραγματικότητα αποτελεί μία τεχνολογία που πρόσφατα πήρε τις διαστάσεις που αντικρίζουμε στην καθημερινότητα μας, που στοχεύει τον εμπλουτισμό της πραγματικότητας με πληροφορίες και γραφικά που έχουν παραχθεί από υπολογιστή. Χρησιμοποιεί πληθώρα συσκευών, όμως η τρέχουσες τεχνολογικές εξελίξεις των κινητών τηλεφώνων και των γυαλιών AR ήταν το κομβικό σημείο ενσωμάτωσης της στην καθημερινότητα μας, καθώς επιτρέπουν ρεαλιστικό εμπλουτισμό σε συνδυασμό με την φορητότητα. Το επίπεδο εμπύθισης του χρήστη στον εικονικό κόσμο εξαρτάται από παράγοντες όπως η συσκευή που χρησιμοποιεί, ο ρεαλισμός των πολυμέσων, καθώς και οι διεπαφές που επιτρέπουν την αλληλεπίδραση με το σημείο ενδιαφέροντος. Έτσι, έχοντας σωστές προδιαγραφές υπάρχει η δυνατότητα επίτευξης αξιοποιημένων αποτελεσμάτων.

Μέχρι πριν λίγα χρόνια, η επαυξημένη πραγματικότητα ήταν ένας τομέας που δεν κάλυπτε μεγάλο μερίδιο της αγοράς. Έτσι, μέχρι πρόσφατα το μερίδιο αγοράς της συγχωνευόταν με αυτό της εικονικής πραγματικότητας (Virtual Reality, VR). Η ραγδαία ανάπτυξη της τα τελευταία χρόνια έχει δημιουργήσει την ανάγκη διαχωρισμού των δύο τεχνολογιών στον τμήμα της οικονομίας. Βάση στατιστικών, το μερίδιο αγοράς της επαυξημένης πραγματικότητας το 2021 άγγιξε τα 23.5 δισεκατομμύρια ευρώ [1]. Το 2022 το μερίδιο έφτασε τα 35 δισεκατομμύρια εμφανίζοντας αύξηση της τάξης του 48% [2]. Οι προβλέψεις για το 2027 εμφανίζουν μερίδιο αγοράς 106 δισεκατομμυρίων. Έτσι από τα στοιχεία των προηγούμενων ετών αλλά και τις προβλέψεις των επόμενων, φαίνεται πως η επαυξημένη πραγματικότητα είναι ένας τομέας της τεχνολογίας με μεγάλη ανάπτυξη και προοπτικές ενσωμάτωσης σε διάφορους τομείς.

Σχετικά με την πολιτιστική κληρονομιά, η επαυξημένη πραγματικότητα έχει εμφανιστεί στη μορφή εφαρμογών αναπαράστασης μνημείων, αρχαίων αντικειμένων και γενικότερων τεκμηρίων πολιτισμού. Ωστόσο, εξ ορισμού η πολιτιστική κληρονομιά [3] περιλαμβάνει εκτός από τον απτό πολιτισμό και τον άυλο πολιτισμό, όπως οι παραδόσεις, η γλώσσα και η γνώση, καθώς και η φυσική κληρονομιά όπως τα τοπία και η βιοποικιλότητα. Γίνεται έτσι φανερό πως η επαυξημένη πραγματικότητα μπορεί να βρει αρκετούς τομείς εφαρμογής στον πολιτισμό.

Κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας θα ασχοληθούμε με τα παρακάτω θέματα:

- Ερευνά της τεχνολογίας AR ως σύνολο, με περισσότερη βαρύτητα τις εφαρμογές της στον τομέα του πολιτισμού

- Ανάπτυξη σχετικής εφαρμογής για τον εμπλουτισμό πολιτιστικών σημείων ενδιαφέροντος, μετά από εκτενή διερεύνηση των διαθέσιμων εργαλείων. Η εφαρμογή θα λειτουργεί σε κινητά τηλέφωνα με λογισμικό Android και στα AR γυαλιά Microsoft HoloLens 2.

1.2 Δομή της εργασίας

Η δομή της υπόλοιπης εργασίας είναι ως εξής:

Στο δεύτερο κεφάλαιο του θεωρητικού υπόβαθρου, θα μελετηθεί η τεχνολογία AR, αναλύοντας αρχικά την ιστορία της και διαχωρίζοντας την από την εικονική πραγματικότητα. Στη συνέχεια θα αναλυθούν οι συσκευές που μπορούν να υποστηρίξουν προγράμματα της τεχνολογίας αυτής, καθώς και οι τρόποι με τους οποίους γίνεται η επαύξηση. Έπειτα θα αναφερθούν γενικότεροι κλάδοι εφαρμογών της, αναλύοντας περισσότερο αυτές που αφορούν τον πολιτισμό.

Στο τρίτο κεφάλαιο της μελέτης και ανάλυσης, γίνεται αποτύπωση των απαιτήσεων που θα χρησιμοποιηθούν σαν γνώμονας κατά την ανάπτυξη της εφαρμογής. Βάση αυτών, γίνεται μελέτη των εργαλείων που ανήκουν στον χώρο της ανάπτυξης εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας και τελικά αναλύεται η διάδραση μεταξύ τους ώστε να έχουμε ως αποτέλεσμα μία λειτουργική εφαρμογή. Στο τέταρτο κεφάλαιο του σχεδιασμού και υλοποίησης, γίνεται η προεργασία του λογισμικού που θα χρησιμοποιήσουμε. Έπειτα, γίνεται αναφορά στις λειτουργίες που θα προσπαθήσουμε να ενσωματώσουμε στην εφαρμογή. Ακολουθεί το στάδιο της υλοποίησης για τις δύο συσκευές και καταλήγουμε στο τελικό αποτέλεσμα μετά από δοκιμές. Στο πέμπτο κεφάλαιο των αποτελεσμάτων, παρουσιάζονται οι διάφορες δοκιμές που έγιναν στις εφαρμογές. Περιλαμβάνονται δεδομένα από διαφορετικές συσκευές, καθώς και δοκιμές σε ακραίες συνθήκες λειτουργίας. Σκοπός είναι η απόδειξη πως η εφαρμογή είναι ικανή να διαχειριστεί περιπτώσεις όπου ο χρήστης διαθέτει παλαιότερο υλικό, ή χρησιμοποιεί την εφαρμογή σε μη ιδανικές συνθήκες λειτουργίας.

Στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο των συμπερασμάτων, αναφέρονται τα συμπεράσματα μετά τη διεκπεραίωση της εργασίας, προτάσεις για μελλοντικές βελτιώσεις, καθώς και μία τελική αποτίμηση.

Κεφάλαιο 2: Θεωρητικό Υπόβαθρο

2.1 Εισαγωγή στην επαυξημένη πραγματικότητα

Με τον όρο επαυξημένη πραγματικότητα περιγράφεται ένα περιβάλλον το οποίο έχει σαν βάση τον πραγματικό κόσμο και έχει εμπλουτιστεί με πρόσθετη πληροφορία μέσω της τεχνολογίας. Έτσι, βελτιώνεται η εμπειρία του χρήστη διεγείροντας περισσότερο μία ή και παραπάνω από τις αισθήσεις του. Στην πράξη, οι περισσότερες εφαρμογές της επαυξημένης πραγματικότητας μέχρι σήμερα εμπλουτίζουν την αίσθηση της όρασης, σε τομείς όπως της υγείας, αρχιτεκτονικής, διασκέδασης, διαφήμισης, ενημέρωσης, του στρατού, της εκπαίδευσης, του τουρισμού και του πολιτισμού. Παρόλα αυτά, με την εξέλιξη των υπολογιστών και τις αλλαγές στις ανάγκες μας, η έρευνα πάνω στον κλάδο μας προσφέρει καινούριες εμπειρίες με γρήγορους ρυθμούς.

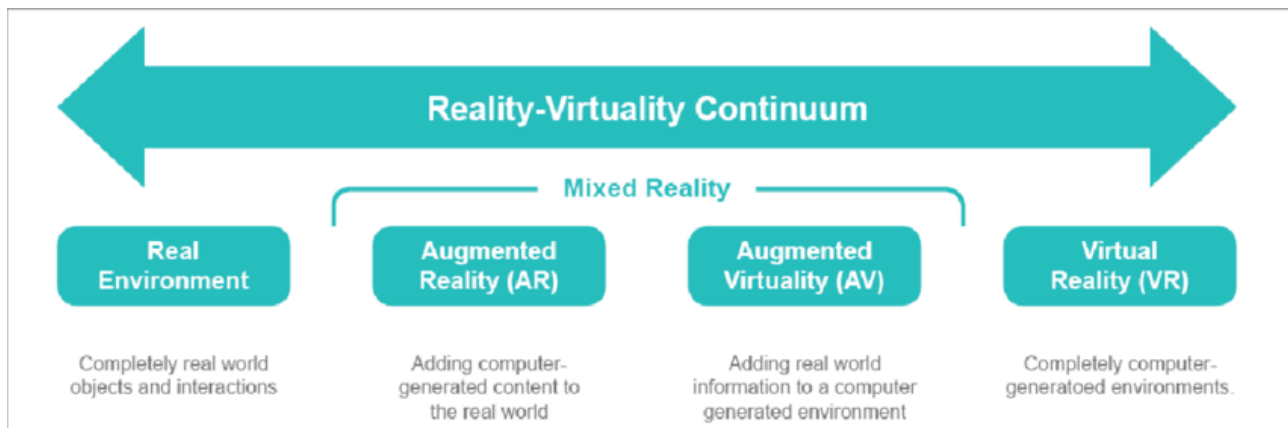
2.2 Επαυξημένη, μικτή και εικονική πραγματικότητα

Οι όροι της επαυξημένης και την εικονικής πραγματικότητας συχνά συγχέονται, καθώς και οι δύο περιγράφουν τεχνολογίες κατά τις οποίες λαμβάνουμε πληροφορίες που έχουν παραχθεί από κάποιο εξωτερικό μέσο. Παρόλα τα κοινά χαρακτηριστικά τους, περιγράφουν δύο διαφορετικές εμπειρίες. Η εικονική πραγματικότητα δημιουργεί ένα πλήρως τεχνητό τρισδιάστατο περιβάλλον, παραγμένο εξ' ολοκλήρου από κάποιο τύπο υπολογιστή. Αγνοεί τελείως τον πραγματικό κόσμο, του οποίου οι συνθήκες δεν επηρεάζουν την προσομοίωση. Αντίθετα, η επαυξημένη πραγματικότητα απαιτεί έστω και σε μικρό βαθμό μέρος του πραγματικού κόσμου, τον οποίο έχει ως σκοπό να εμπλουτίσει. Το λογισμικό που χρησιμοποιείται τρέχει σε πραγματικό χρόνο και επηρεάζεται άμεσα από εξωτερικούς παράγοντες.

Μία πιο εδραιωμένη άποψη πάνω στο φάσμα του πραγματικού και τεχνητού κόσμου δόθηκε το 1994 από τους Paul Milgram και Fumio Kishino, όπου με το έργο τους «A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays» [4] δημοσίευσαν τη συνέχεια πραγματικότητας-εικονικότητας (reality-virtuality continuum) (Εικόνα 2.1) και τον όρο της μικτής πραγματικότητας. Η συνέχεια αναφερόταν μόνο σε θόνες και την αίσθηση της όρασης, όμως έθεσε τη βάση ώστε να είναι δυνατή η διαφοροποίηση των καταστάσεων στις οποίες βρισκόμαστε, δείχνοντας επίσης πως η μικτή πραγματικότητα (Mixed Reality) είναι μια αυθαίρετη συνέχεια και όχι κάτι το οποίο μπορούμε να οριοθετήσουμε αυστηρά.

Το ένα άκρο της συνέχειας εκπροσωπεί το άκρως πραγματικό περιβάλλον, που αποτελείται μόνο από φυσικά αντικείμενα, ενώ το άλλο το άκρως τεχνητό περιβάλλον, που περιέχει μόνο εικονικά στοιχεία. Ανάμεσα τους υπάρχουν οι δύο καταστάσεις όπου ο πραγματικός και ο τεχνητός κόσμος συνυπάρχουν, την μικτή πραγματικότητα. Πιο κοντά στο άκρο της πραγματικότητας υπάρχει η επαυξημένη πραγματικότητα, όπου ο πραγματικός κόσμος εμπλουτίζεται με προϊόντα τεχνητής

φύσεως και πιο κοντά στο άκρο της εικονικής πραγματικότητας τοποθετείται η επαυξημένη εικονικότητα (Augmented Virtuality), που περιγράφει καταστάσεις κατά τις οποίες το μεγαλύτερο μέρος του περιεχομένου είναι εικονικό, αλλά υπάρχουν στοιχεία που προδίδουν την ύπαρξη του πραγματικού κόσμου.



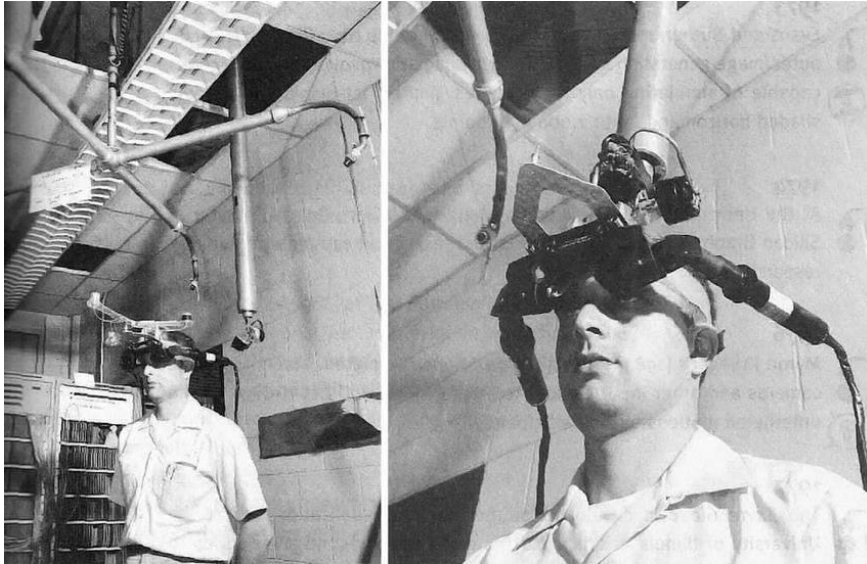
Εικόνα 2. 1 Απεικόνιση του reality-virtuality continuum

Το σχήμα αυτό πέρασε τα όρια της τεχνολογίας και συζητήθηκε από τομείς όπως την ανθρωπολογία, αφού σχετίζεται αρκετά και με τον τρόπο που επικοινωνούμε και αλληλεπιδρούμε με τον κόσμο γύρω μας.

2.3 Ιστορική αναδρομή

Τα πρώτα βήματα στον τομέα μιας πραγματικότητας που αποτελούσε παράγωγο τεχνολογίας απονέμονται συχνά στο έργο του Αμερικανού κινηματογραφιστή Morton Heilig [5]. Η υλοποίηση της ιδέας του άρχισε το 1957 και το πρωτότυπο παρουσιάστηκε το 1962 με όνομα « sensorama », το όνομα του οποίου υποδήλωνε την διέγερση των αισθήσεων. Είχε τη μορφή ενός θαλάμου στην άκρη του οποίου καθόταν ο χρήστης του, αποτελούμενου από μια έγχρωμη οθόνη, στερεοφωνικά ηχεία, μια κινούμενη καρέκλα, ανεμιστήρες και ψεκαστές αρώματος και προσομοίωνε μια βόλτα με μηχανή στους δρόμους της Νέας Υόρκης .

Το 1968, ο Ivan Sutherland, με τη βοήθεια των μαθητών του Bob Sproull, Quentin Foster και Danny Cohen, στην προσπάθεια τους να δημιουργήσουν την απόλυτη οθόνη [6] [7], κατασκεύασαν την πρώτη μηχανή απεικόνισης, το head-mounted display (HMD) (Εικόνα 2.2). Είχε τη μορφή ενός κράνους στηριγμένου στο ταβάνι λόγω του μεγάλου βάρους του και η λειτουργία του ήταν να απεικονίζει σε κάθε μάτι μια δισδιάστατη στερεοσκοπική εικόνα, έτσι ώστε ο συνδυασμός τους να δημιουργεί μια τρισδιάστατη προοπτική. Ανάλογα με την κατεύθυνση του κεφαλιού, οι προβαλλόμενες εικόνες άλλαζαν ώστε το αποτέλεσμα τους να αντικατοπτρίζει τις κινήσεις του χρήστη. Η τότε επεξεργαστική ισχύς και τα μέσα επέτρεπαν μόνο την προβολή περιγραμμάτων, για τα οποία ήταν πολλές φορές δύσκολο να προσδιοριστεί η ακριβής θέση τους λόγω της αδυναμίας αφαίρεσης αντικειμένων που εμπόδιζαν την προβολή. Η δυσκολία αυτή σε συνδυασμό με το μεγάλο τους βάρος, καθιστούσε τη μηχανή αυτή δύσχρηστη, χωρίς να αφαιρεί όμως τα εύσημα για την πρωτοποριακή τεχνολογία που χρησιμοποιούσε, καθώς αποτελεί μέχρι και σήμερα τη βάση για τις περισσότερες μηχανές AR παρόμοιου τύπου.



Εικόνα 2. 2 Το πρώτο head-up display του Ivan Sutherland

Για την επόμενη δεκαετία, ομάδες της NASA, της πολεμικής αεροπορίας και μεγάλων πανεπιστημίων ασχολήθηκαν με την ανάπτυξη καινούριων τεχνολογιών. Το 1975, εδραιώθηκε το πρώτο εργαστήριο τεχνητής πραγματικότητας από τον Myron Krueger με όνομα Videoplac, στο οποίο ο χρήστης μπορούσε να αλληλεπιδράσει με το χώρο χωρίς τη χρήση κάποιου head-mounted display. Παρόλη την ερευνά γύρω από το θέμα, ο όρος επαυξημένη πραγματικότητα δεν είχε εδραιωθεί μέχρι το 1992, που χρησιμοποιήθηκε από τους Tom Caudell και David Mizell οπου εργαζόταν για την εταιρία Boeing σε μία έρευνα τους πάνω στην τοποθέτηση καλωδίων στα αεροσκάφη [8]. Το 1995 δημιουργήθηκε από τους Jun Rekimoto και Katashi Nagao το NaviCam, μία συσκευή η οποία εντόπιζε μέσω της κάμερας πολύχρωμους δείκτες και τους ξεχώριζε ανάλογα με το χρώμα τους. Το 1996 ο Jun Rekimoto παρουσιάζει στην έρευνα του δισδιάστατους στόχους, οι οποίοι είχαν τη μορφή ενός barcode [9]. Τα επόμενα χρόνια μέχρι και σήμερα, έχουμε δει τεράστια άλματα στην εξέλιξη της, με κομβικό σημείο την έλευση των έξυπνων κινητών τηλεφώνων και των φορητών υπολογιστών, όπου η επαυξημένη πραγματικότητα έγινε μια τεχνολογία διαθέσιμη στο ευρύ κοινό, είτε στη μορφή εφαρμογών για έξυπνα τηλέφωνα, είτε μέσω φορέσιμων συσκευών απεικόνισης.

2.4 Τρέχουσα τεχνολογία

Έχοντας φτάσει σε ένα επίπεδο ικανούς επεξεργαστικής ισχύος, η ανάπτυξη στον τομέα της επαυξημένης πραγματικότητας γίνεται αισθητά αντιληπτή κυρίως τα τελευταία χρόνια και οι χρήσεις της γίνονται ολοένα μεγαλύτερο μέρος της καθημερινότητας. Παρόλο το εύρος των συσκευών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν, διακρίνονται κάποια κοινά χαρακτηριστικά όπως η παρουσίαση του πραγματικού κόσμου, η δημιουργία και προσθήκη αντικειμένων με σκοπό την προσθήκη ή αφαίρεση πληροφορίας του πραγματικού τοπίου, με τρόπο τέτοιο ώστε να εναρμονίζεται ο αληθινός κόσμος με το τεχνητό αποτέλεσμα και πετυχαίνοντας προβολή απεικόνισής ανάλογης της κατεύθυνσης του χρήστη. Για όλα τα παραπάνω, ο ελάχιστος εξοπλισμός είναι μία μηχανή απεικόνισης με δυνατότητες παραγωγής εικονικού περιεχομένου.

2.4.1 Είδη συσκευών απεικόνισης

Η συνεχής ανάπτυξη του πεδίου της επαυξημένης πραγματικότητας, μας δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιούμε όλο και μεγαλύτερο εύρος συσκευών, είτε αυτές είναι εξ' ολοκλήρου κατασκευασμένες για αυτόν το σκοπό, είτε μέσω συγχώνευσης της σε συσκευές που ήδη χρησιμοποιούμε στην καθημερινότητα μας.

2.4.1.1 Φορέσιμες συσκευές απεικόνισης

Μία τεχνολογία που μέχρι πριν λίγα χρόνια χρησιμοποιούταν κυρίως από πιλότους αεροσκαφών, οι συσκευές απεικόνισης είναι μία μορφή AR κατά την οποία προβάλλονται τα κύρια όργανα του αεροσκάφους στον πιλότο (Εικόνα 2.3), μέσω μίας διάφανους οθόνης τοποθετημένης μπροστά του, που δεν εμποδίζει όμως την όραση του ως προς τον πραγματικό κόσμο, ώστε να έχει πλήρη γνώση του περιβάλλοντος του [10]. Οι πιο σύγχρονες οθόνες τέτοιου τύπου, εμφανίζουν τα δεδομένα με τέτοιο τρόπο που να βρίσκονται πιο μακριά από όσο είναι στα αλήθεια, ώστε να μην χρειάζεται να μεταβάλλουν την συγκέντρωση των ματιών του πιλότου σε άλλο σημείο. Ως αποτέλεσμα όλα τα στοιχεία βρίσκονται στο οπτικό πεδίο της πορείας του πιλότου και η εναλλαγή από τον έλεγχο του αεροσκάφους, στην παρατήρηση των οργάνων καθίσταται ευκολότερη. Οι πρώτες έρευνες για αυτό το είδος επαύξησης αφορούσαν πολεμικά αεροσκάφη, αλλά πλέον υπάρχει ανάπτυξη και σε αυτά που μεταφέρουν πολίτες.

Τα συστήματα που χρησιμοποιεί ένα head-up display σε ένα αεροσκάφος είναι τα παρακάτω :

- Ένας υπολογιστής που συγκεντρώνει τα στοιχεία του αεροσκάφους και τα μετατρέπει στα σύμβολα που θα προβληθούν στον πιλότο.
- Μία μονάδα που φοριέται στο κεφάλι και χρησιμοποιείται για να προβάλλει τις πληροφορίες στην διάφανη οθόνη.
- Μία διάφανη οθόνη, συνήθως κατασκευασμένη από γυαλί ή πλαστικό, η οποία αντανακλά την πληροφορία στα μάτια του πιλότου, χωρίς να διαστρεβλώνει το φως και το περιβάλλον πίσω από αυτή.
- Ένα πίνακα ελέγχου, που διαχειρίζεται ο πιλότος και μεταβάλλει τις πληροφορίες που εμφανίζονται μέσω των αντίστοιχων οργάνων.

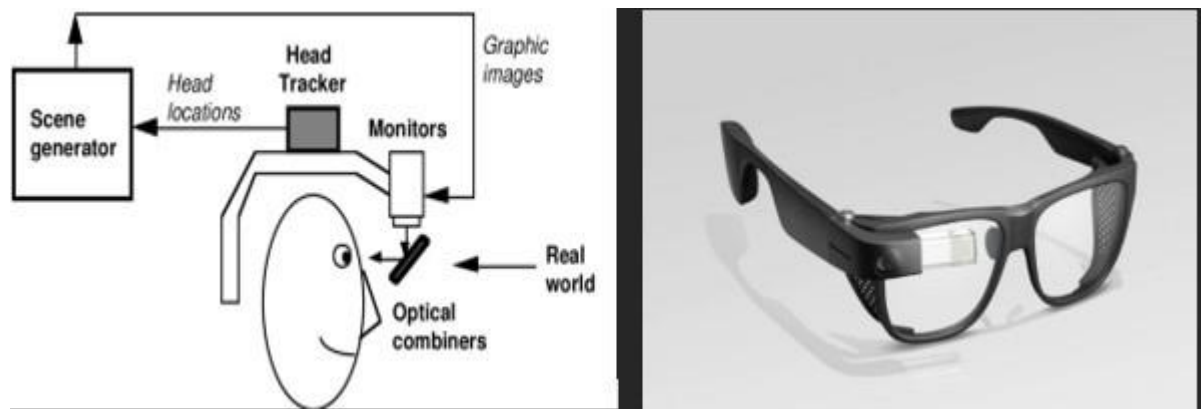


Εικόνα 2. 3 Προσθήκη οργάνων στο πεδίο της όρασης του πιλότου, μέσω ενός head-up display

Πλέον, οι συσκευές απεικόνισης αποτελούν ένα μεγάλο ποσοστό των συσκευών επαύξησης της πραγματικότητας και είναι διαθέσιμες στο ευρύ κοινό. Οι δύο πιο διαδεδομένοι τύποι τέτοιων συσκευών είναι οι [11]:

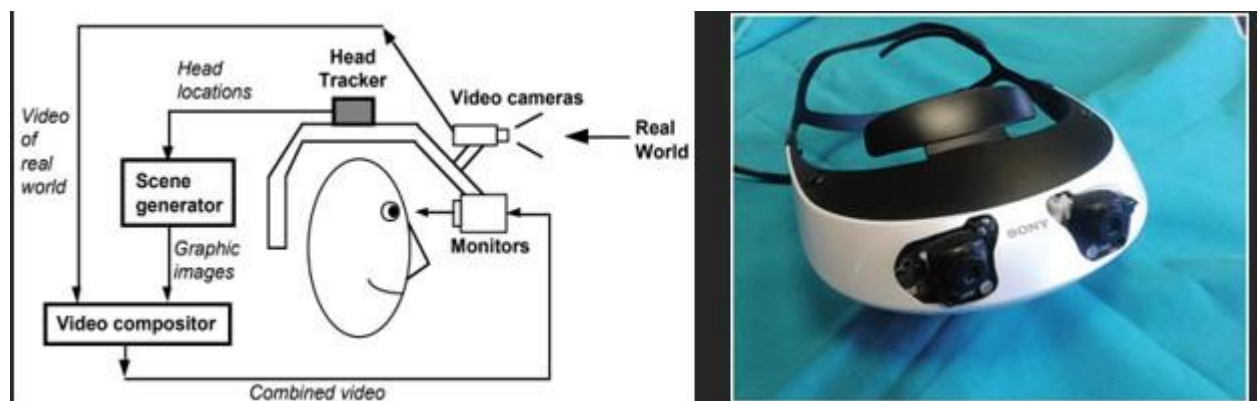
- Οπτικές συσκευές απεικόνισης [12], οι οποίες παραπέμπουν περισσότερο στις συσκευές που χρησιμοποιούνται στα αεροσκάφη. Αποτελούνται πάλι από κάποιο είδος διάφανους οθόνης, συνηθέστερα σε μορφή γυαλιών οράσεως η κάποιας διάφανης οθόνης τοποθετημένης κοντά στο πεδίο της όρασης, πάνω στην οποία προβάλλονται οι εικονικές πληροφορίες, επιτρέποντας στον χρήστη να βλέπει το πραγματικό περιβάλλον. Από επιτυγχάνεται με τη

χρήση ενός ημιανακλαστικού κατόπτρου, που ταυτόχρονα ανακλά και μεταδίδει το φως (Εικόνα 2.4).



Εικόνα 2. 4 Τρόπος λειτουργίας και παράδειγμα συσκευής οπτικής συσκευής απεικόνισης

- Συσκευές απεικόνισης βίντεο, οι οποίες δεν επιτρέπουν στον χρήστη να δει απευθείας το περιβάλλον του μέσω των ματιών του, αλλά ψηφιοποιούν το βίντεο που καταγράφεται και το προβάλλουν εμπλουτισμένο με τις πληροφορίες που έχουν προγραμματιστεί να εμφανίζονται. Η τελική εικόνα που λαμβάνει ο χρήστης, αντικατοπτρίζει την πραγματικότητα και από άποψη περιβάλλοντος και ελευθερίας κινήσεων του (Εικόνα 2.5).



Εικόνα 2. 5 Τρόπος λειτουργίας και παράδειγμα συσκευής απεικόνισης βίντεο

Οι οπτικές συσκευές απεικόνισης έχουν τα εξής προτερήματα:

- Προσφέρουν πιο φυσικό αποτέλεσμα, αφού η ανάλυση του πίσω τοπίου περιορίζεται εξ ολοκλήρου από την όραση του χρήστη που συνήθως είναι ανώτερη από κάθε βιντεοσυσκευή, αντίθετα με τις βιντεοσυσκευές που η ποιότητα του συστήματος καταγραφής και απεικόνισης μπορούν να υποβιβάσουν την τελική εικόνα.
- Η προβολή πάνω στην ημιανακλαστική οθόνη είναι πιο απλή διαδικασία, απαιτεί λιγότερα εξαρτήματα και ως συνέπεια κάνει το συνολικό κόστος πιο προσιτό.
- Με γνώμονα την ασφάλεια, οι οπτικές συσκευές είναι εμφανώς πιο αποτελεσματικές, αφού στην περίπτωση βλάβης του συστήματος, ο χρήστης έχει την δυνατότητα να δει τον πραγματικό κόσμο, ενώ στην περίπτωση κάποιας συσκευής απεικόνισης βίντεο καθίσταται πρακτικά τυφλός, με αποτέλεσμα να είναι η πιο ασφαλής λύση εξοπλισμού σε περιπτώσεις που η όραση του χρήστη ως προς τον πραγματικό κόσμο είναι απαραίτητη.
- Το βάρος τους είναι συνήθως μικρότερο και ο σχεδιασμός τους τέτοιος, ώστε να είναι ευκολότερα στη χρήση.

Στην αντίθετη περίπτωση, οι βιντεοσυσκευές προσφέρουν διαφορετικές δυνατότητες οι οποίες ανάλογα την χρήση τους μπορεί να τις καθιστούν καλύτερη επιλογή. Κάποια από τα θετικά τους είναι:

- Οι συσκευές απεικόνισης βίντεο είναι ανώτερες ως προς την επεξεργασία της τελικής εικόνας. Μπορούν να εξομαλύνουν τα επίπεδα φωτεινότητας που θα δυσκόλευαν τις οπτικές συσκευές, που σε υψηλή φωτεινότητα δεν εμφανίζουν σωστά τα εικονικά στοιχεία, ενώ σε χαμηλή ο πραγματικός κόσμος είναι δυσδιάκριτος.
- Ο συγχρονισμός του εικονικού περιεχομένου με το πραγματικό είναι καλύτερος, αφού η τελική εικόνα μπορεί να καθυστερήσει μέχρι να ολοκληρωθεί η διαδικασία.

Έτσι, γίνεται φανερό πως ανάλογα τη χρήση που στοχεύουμε, κάθε μια από τις δύο συσκευές μπορεί να αποτελέσει την πιο αποτελεσματική λύση. Για παράδειγμα, όταν εφαρμόζονται στον βιομηχανικό τομέα όπου η όραση του χρήστη είναι απαραίτητη για την αποφυγή κάποιου ατυχήματος, οι οπτικές συσκευές απεικόνισης αποτελούν την πιο άρτια επιλογή. Στην αντίθετη περίπτωση, στον τομέα της μάθησης όπου ο χρήστης θα βρίσκεται σε ασφαλές περιβάλλον, η ευελιξία στη δημιουργία μίας εφαρμογής για κάποια συσκευή απεικόνισης βίντεο, καθιστά τις συσκευές αυτές πιο βολικές.

2.4.1.2 Συσκευές ολογραμμάτων (Holographic Displays)

Οι συσκευές ολογραμμάτων χρησιμοποιούν την ιδιότητα της διάθλασης του φωτός για να δημιουργήσουν μία τρισδιάστατη εικόνα, χωρίς να απαιτούν τη χρήση εξοπλισμού που δεσμεύει το χρήστη, παρά μόνο ενός προβολέα και μίας επιφάνειας [13]. Φωτίζοντας μια συνήθως γυάλινη ολογραφική επιφάνεια με έναν ενισχυτή φωτός εξαναγκασμένης εκπομπής ακτινοβολίας (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, LASER), δημιουργούμε κύματα φωτός, η φάση των οποίων επηρεάζεται από την επιφάνεια. Διαμορφώνοντας την φάση, την ένταση και τη γωνία του φωτός, παράγουμε φωτεινά σημεία στο χώρο. Το σύνολο αυτών των σημείων δίνουν την εικόνα που θέλουμε να δημιουργήσουμε (Εικόνα 2.6).



Εικόνα 2. 6 Χρήση ολογράμματος ελέφαντα για την παράσταση του τσίρκου Roncalli

2.4.1.3 Συσκευές επαύξησης χειρός

Οι συγκεκριμένες συσκευές χαρακτηρίζονται από το αρκετά μικρό τους βάρος και μέγεθος, έτσι ώστε να είναι δυνατό ο χρήστης να τις κρατάει στο χέρι του και να βλέπει μέσα από την οθόνη τους το προϊόν της επαύξησης. Είναι εξοπλισμένες με τουλάχιστον μία κάμερα και επεξεργαστική ισχύ αρκετή ώστε να μπορεί να υποστηρίξει κάποια εφαρμογή επεξεργασίας η οποία δίνει και το

τελικό αποτέλεσμα. Συσκευές τέτοιου τύπου έγιναν διαδεδομένες στο ευρύ κοινό με την έλευση των έξυπνων κινητών (smartphones) και των υπολογιστών tablet. Χρησιμοποιούν πληθώρα αισθητήρων όπως το παγκόσμιο σύστημα σιγματοθέτησης (Global Positioning System, GPS), ηλεκτρονικές πυξίδες, αισθητήρες 6 βαθμών ανίχνευσης για μεταβολή σε κάθε άξονα κατεύθυνσης και περιστροφής της συσκευής, επεξεργαστές με εξειδίκευση στα τρισδιάστατα γραφικά και την επεξεργασία τους και με την εξέλιξη της τεχνολογίας καθημερινά όλο και περισσότερα εργαλεία που καθιστούν τη χρήση τέτοιου είδους συσκευών για εφαρμογές με AR ολοένα και πιο εύκολη.

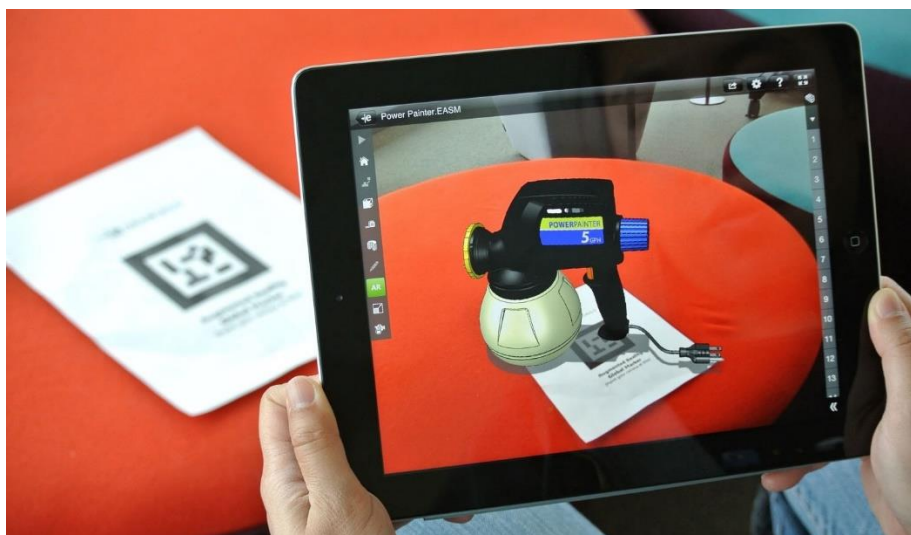
Γενικότερα, οι συσκευές επαύξησης χειρός αποτελούν τον πιο προσιτό και εύκολο στη χρήση τρόπο για να δοκιμάσει και να χρησιμοποιήσει το ευρύ κοινό εφαρμογές επαύξησης της πραγματικότητας. Το μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού έχει στην κατοχή του μία τέτοια συσκευή και η λειτουργία της είναι συγκριτικά με άλλες συσκευές ευκολότερη. Παρόλα αυτά, παρουσιάζει μειονεκτήματα έναντι των φορέσιμων συσκευών, αφού οι τελευταίες εμπλουτίζουν όλο το πεδίο της όρασης του χρήστη, προσθέτοντας το αίσθημα του ρεαλισμού και μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωρίς να κατοχυρώνουν τα χέρια.

2.4.2 Τρόποι λειτουργίας εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας

Υπάρχουν αρκετοί τρόποι λειτουργίας των εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας, όπου ανάλογα την χρήση που προορίζονται επιλέγονται για να προσφέρουν τις επιθυμητές λειτουργίες. Το σενάριο χρήσης, η απαιτούμενη ακρίβεια καθώς και το ποσοστό ρεαλισμού που σκοπεύουμε να επιτύχουμε βοηθούν στην επιλογή του εκάστοτε τρόπου λειτουργίας.

2.4.2.1 Εφαρμογές βασισμένες σε δείκτες

Οι συγκεκριμένες εφαρμογές χρησιμοποιούν διάφορους δείκτες ως βάση όπως εικόνες, ένα QR code, η οποιοδήποτε είδος σχεδίου πάνω στον οποίο θα προβάλλουν το τεχνητό υλικό. Για να πραγματοποιηθεί αυτό, η κάμερα ψάχνει διαρκώς να αναγνωρίσει τον δείκτη που έχει δοθεί και μόλις τον αναγνωρίσει, τοποθετεί επάνω του ότι έχει προγραμματιστεί στην εφαρμογή και εμφανίζει το αποτέλεσμα σε κάποια οθόνη (Εικόνα 2.7). Η ακρίβεια του ως προς το τελικό αποτέλεσμα είναι μεγάλη, αλλά μικρές μεταβολές στην εστίαση της κάμερας μπορούν να αλλοιώσουν το αποτέλεσμα.



Εικόνα 2. 7 Παράδειγμα επαύξησης πάνω σε δείκτη

2.4.2.2 Εφαρμογές χωρίς δείκτες

Αντίθετα, οι εφαρμογές που δεν χρησιμοποιούν δείκτες προβάλλουν το προϊόν της επαύξησης χωρίς να απαιτούν κάποιο δείκτη για να το τοποθετήσουν. Χρησιμοποιούν πόρους όπως η κάμερα, το επιταχυνσιόμετρο και το γυροσκόπιο, ώστε να μοντελοποιήσουν τον τρισδιάστατο χώρο και να

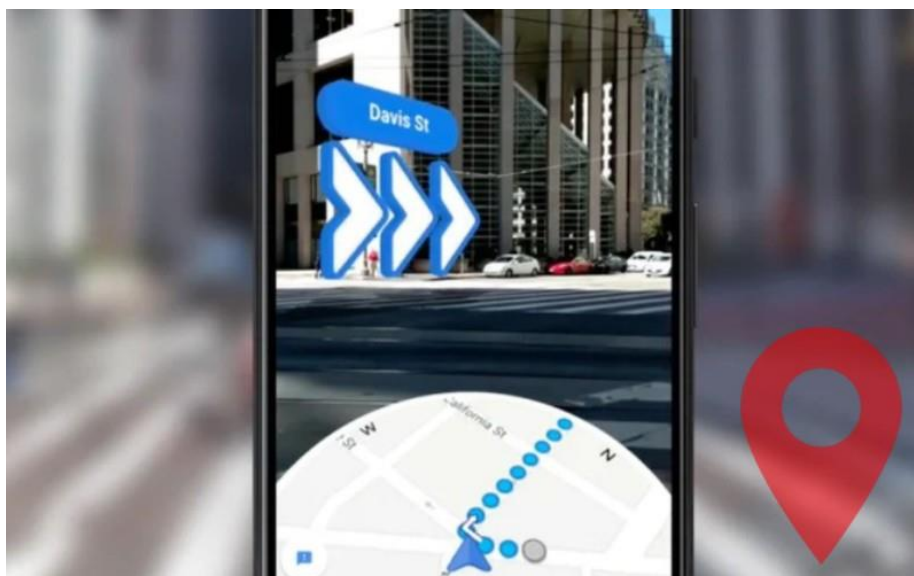
προβάλλουν τρισδιάστατα αντικείμενα πάνω του. Έτσι, οι εφαρμογές τέτοιου τύπου μπορούν να αναλύσουν επιφάνειες και σχήματα σε πραγματικό χρόνο ώστε να προσδιορίσουν τον καλύτερο χώρο για να τοποθετηθεί οποιαδήποτε εικονικό μέσο στο πλέον μοντελοποιημένο περιβάλλον (Εικόνα 2.8). Η ακρίβεια τους είναι υποδεέστερη από αυτή των εφαρμογών με δείκτες, όμως μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περισσότερα περιβάλλοντα.



Εικόνα 2. 8 Παράδειγμα επαύξησης χωρίς δείκτη

2.4.2.3 Εφαρμογές που χρησιμοποιούν τοποθεσία

Οι εφαρμογές αυτού του τύπου κάνουν χρήση μέσω προσδιορισμού θέσης και κατεύθυνσης, όπως GPS, επιταχυνσιόμετρο και γυροσκοπίου, ώστε να προσδιορίσουν τη θέση του χρήστη σε σχέση με το περιβάλλον του (Εικόνα 2.9). Δεν απαιτούν χρήση κάμερας, ενώ μπορούν να δουλέψουν σε οποιοδήποτε σημείο που καλύπτεται από το δίκτυο του GPS, όμως έχουν την χειρότερη ακρίβεια σε σχέση με τις άλλες μορφές, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιείται σε σημεία που αυτή δεν είναι απαραίτητη.



Εικόνα 2. 9 Η λειτουργία Live View των Google Maps

2.5 Γενικές Εφαρμογές

Η επαυξημένη πραγματικότητα μπορεί να προσφέρει διαδραστικότητα στο χρήστη, ενώ ταυτόχρονα προσθέτει κρίσιμες πληροφορίες με σκοπό να δημιουργήσει μία πιο ολοκληρωμένη εικόνα για το θέμα που εξετάζει. Έτσι, κεντρίζει το ενδιαφέρον του, αφού του μεταδίδει μία πιο άρτια εμπειρία. Ως αποτέλεσμα, χρήσεις της επαυξημένης πραγματικότητας αρχίζουν να ενσωματώνονται όλο και περισσότερο είτε σε τομείς της επιστήμης, είτε της καθημερινότητας. Μερικοί από αυτούς είναι:

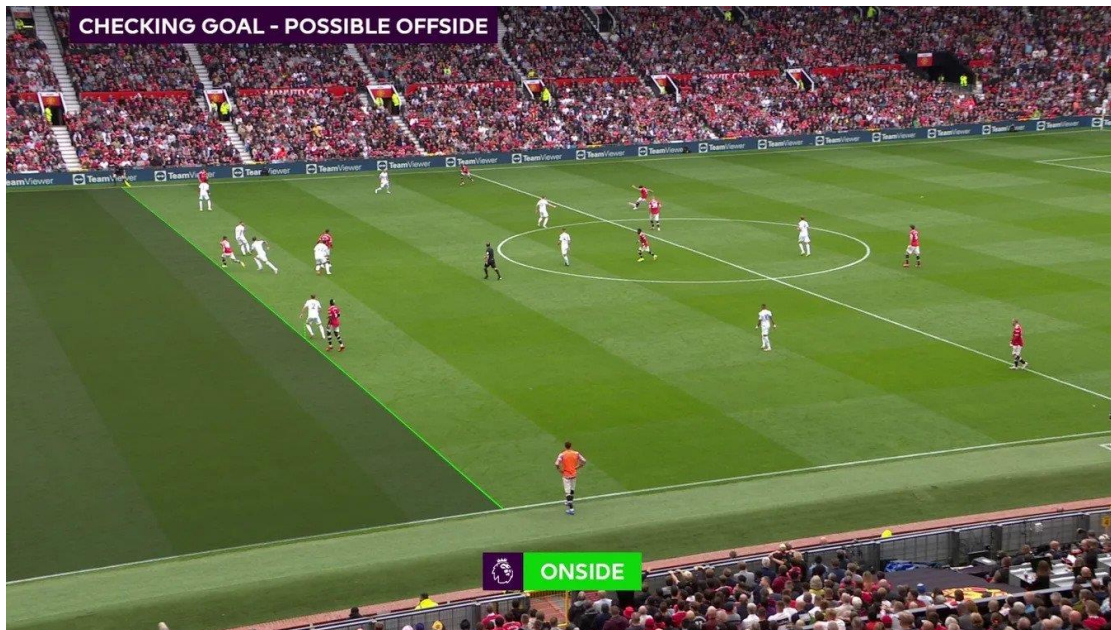
- Στον τομέα του εμπορίου, όπου ο καταναλωτής μέσω της χρήσης του smartphone του μπορεί μέσω κάποιας εφαρμογής να δει, να παραμετροποιήσει και να δοκιμάσει τα προϊόντα κάποιας εταιρίας (Εικόνα 2.10). Ήδη μεγάλες εταιρίες χρησιμοποιούν τέτοιου είδους τεχνολογίες, όπως εταιρίες ενδυμάτων και υποδημάτων, που με τη χρήση της κάμερας του κινητού προσθέτουν πάνω στον χρήστη το προϊόν, ή εταιρίες επίπλων που στοχεύοντας το χώρο που θέλουμε, μπορούν να ενσωματώσουν το έπιπλο που διαλέξαμε. Τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν ποικίλουν, από την αύξηση των πωλήσεων, την ελαχιστοποίηση επιστροφών, ως την συλλογή δεδομένων ώστε οι προβαλλόμενες διαφημίσεις να είναι πιο ενδιαφέρουσες και στοχευμένες στον κάθε πελάτη.



Εικόνα 2. 10 Παραδείγματα χρήσης επαυξημένης πραγματικότητας σε διάφορους τομείς του εμπορίου

- Στην ιατρική, από την εκπαίδευση ως και τη χρήση σε πολύπλοκες εγχειρήσεις [14]. Στην πρώτη περίπτωση, η αφομοίωση των πληροφοριών είναι γρηγορότερη και μπορούν να πραγματοποιηθούν εικονικές επεμβάσεις χωρίς να υπάρχει απαραίτητα κάποιος ασθενής. Ως αποτέλεσμα, ο εκπαιδευόμενος ιατρός θα μπει στον θάλαμο των επεμβάσεων έχοντας ήδη κάποια εικονική εμπειρία, η οποία πλησιάζει σε μεγάλο βαθμό τον πραγματικό κόσμο. Στην δεύτερη κατηγορία, με τη βοήθεια μίας οπτικής αναπαράστασης ο χειρουργός έχει μία σωστότερη αντίληψη του σώματος του ασθενούς. Πληροφορίες όπως οι μαγνητικές τομογραφίες, αξονικές, ή και ακτινογραφίες μπορούν να προβληθούν πάνω στο σώμα του ασθενούς ώστε να υπάρχει γνώση της ανατομίας των αρτηριών και των κόκκαλων του ασθενούς πριν την τομή, γεγονός που αυξάνει την ακρίβεια και κατά συνέπεια το ποσοστό επιτυχίας της εγχείρησης.
- Στην ενημέρωση και την τηλεόραση. Εκτεταμένη χρήση της AR εμφανίζεται στα δελτία ειδήσεων και σε ενημερωτικά προγράμματα, για την καλύτερη περιγραφή καταστάσεων και προβλέψεων. Στα δελτία καιρού, μία οθόνη πάνω στην οποία προβάλλεται η περιοχή που ασχολούμαστε αντικαθιστά όλους τους χάρτες για γρηγορότερη και ακριβέστερη πρόγνωση, καθώς είναι δυνατό να εστιάσουμε σε πολύ συγκεκριμένες περιοχές και να αλλάξουμε ταχύτητα τις πληροφορίες που προβάλλονται, δίνοντας την πρόγνωση για οποιοδήποτε καιρικό φαινόμενο σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα. Άλλος ένας τομέας της τηλεόρασης που βλέπουμε χρήση τα επαυξημένης πραγματικότητας, είναι στους αθλητικούς αγώνες. Με τη βοήθεια της, προβάλλονται πληροφορίες όπως η θέση του οδηγού σε κάποιον αγώνα

αυτοκινήτων, ή σχεδιάζονται εικονικές γραμμές που εξυπηρετούν στην κατανόηση κάποιας παράβασης στην περίπτωση κάποιου αγώνα ποδοσφαίρου (Εικόνα 2.11).

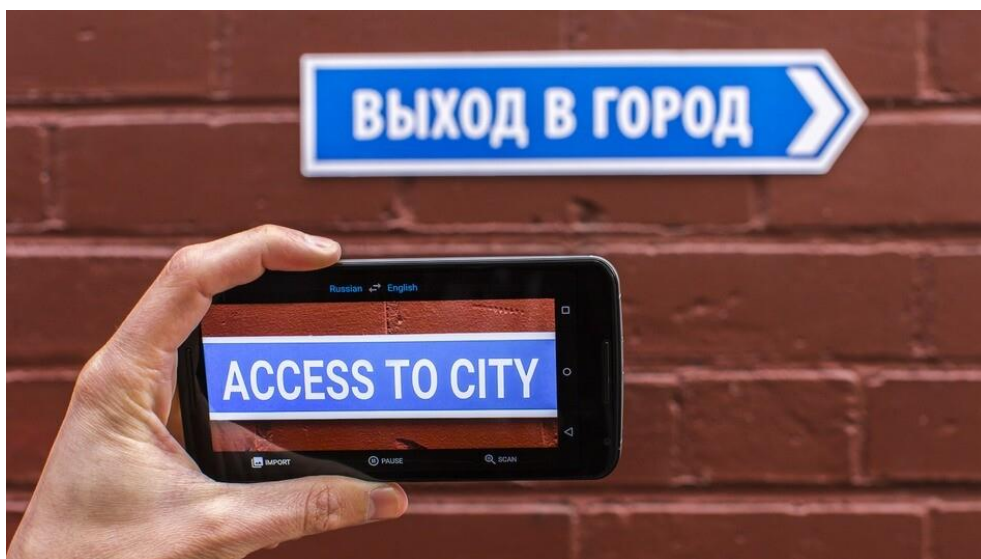


Εικόνα 2. 11 Χρήση επαυξημένων γραμμών πάνω στο γήπεδο για αναγνώριση παραβάσεων

- Στον στρατό, για την εκπαίδευση των στρατιωτών πάνω σε εξοπλισμό, οπλισμό και πτήσεις [15]. Με τη χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας, η εκπαίδευση γίνεται ασφαλέστερα και με μικρότερο κόστος. Διαδικασίες όπως ο καθαρισμός και η συντήρηση του όπλου, μπορούν να γίνουν ευκολότερες με τη χρήση γυαλιών οι οποίες δίνουν πληροφορίες για το αντικείμενο ενδιαφέροντος. Ακόμα, μεγάλη είναι η συμβολή στον τομέα των πτήσεων, όπου με τη βοήθεια κάποιου κράνους, μπορεί να προβληθεί είτε πραγματική πληροφορία όπως το υψόμετρο, η ταχύτητα και η τοπολογία του εδάφους, είτε εικονική όπως κάποιο αντίπαλο αεροσκάφος για λόγους εκπαίδευσης. Τέλος, ειδικά κράνη συνδεδεμένα στο διαδίκτυο και μεταξύ τους, μπορούν να προβάλλουν κρίσιμες πληροφορίες όπως τη θέση των συμμάχων, των αντιπάλων, την τοπολογία του εδάφους, καθώς και μη ορατές εικόνες αντικειμένων που καταγράφηκαν από κάποιο άλλο κράνος ή που ανιχνευθήκαν με τη χρήση της υπέρυθρης ακτινοβολίας, με αποτέλεσμα την καλύτερη αίσθηση του χώρου που περιβάλλει τον στρατιώτη.
- Στον βιομηχανικό τομέα και ειδικότερα στην επισκευή πολύπλοκων μηχανημάτων και των κατασκευών. Από τη μία ο μηχανικός μπορεί να βλέπει τα επίπεδα της μηχανής, το ελλαττωματικό κομμάτι της, πληροφορίες για τα εξαρτήματα της και χρήσιμες πληροφορίες, κάνοντας τη δουλειά του πιο εύκολη και γρήγορη. Από την άλλη σε κάποια κατασκευή ανεξαρτήτου μεγέθους, τα σχέδια της μπορούν να προβάλλονται πάνω σε αυτή, κάτι που προσφέρει καλύτερη κατανόηση και μικρότερα ποσοστά λάθους.
- Στην διασκέδαση, από παιχνίδια ως και συναυλίες, η επαυξημένη πραγματικότητα μπορεί να εμπλουτίσει την εμπειρία του χρήστη. Στην πρώτη περίπτωση, κάποιο παιχνίδι που εμπλέκει τον πραγματικό με τον ψηφιακό κόσμο μπορεί να προκαλέσει μεγαλύτερο ενδιαφέρον στο χρήστη μέσω της διαδραστικότητας του. Στην δεύτερη περίπτωση, από τον εμπλουτισμό μίας εκδήλωσης με πληροφορίες όπως στίχους ή κάποιου είδους εφέ στο πεδίο της όρασης, ως και τη δημιουργία μιας εξ ολοκλήρου εικονικής εκδήλωσης, η επαυξημένη πραγματικότητα δίνει δυνατότητες που αυξάνουν την ικανοποίηση του χρήστη στον τομέα της διασκέδασης.
- Στον τουρισμό, έναν κλάδο που συνδέεται σημαντικά με την προώθηση του πολιτισμού καθώς παρακινεί τον πιθανό επισκέπτη να πραγματοποιήσει κάποιο ταξίδι. Η εξέλιξη των

εφαρμογών AR σε πεδία που αφορούν τον τουρισμό γίνονται διακριτά μέσα από ολοένα και περισσότερα παραδείγματα.

Οι εφαρμογές μετάφρασης κειμένου είναι ένας τύπος εφαρμογών που βρίσκεται σε πληθώρα στους φορητούς υπολογιστές. Η ευκολία χρήσης τους και οι δυνατότητες τους τις κάνουν ιδιαίτερα ελκυστικές στο ευρύ κοινό, αφού μέσω αυτών ο χρήστης μπορεί να καταλάβει σχεδόν οποιαδήποτε γλώσσα. Για να λειτουργήσει μία τέτοια εφαρμογή, η κάμερα του κινητού τηλεφώνου ή κάποιας συσκευής απεικόνισης πρέπει να στραφεί προς το κείμενο που θέλουμε να μεταφράσουμε, και αφού επιλέξουμε τη γλώσσα προτίμησης το κείμενο μεταφράζεται σε αυτή και επικαλύπτει το πραγματικό στην ίδια θέση και με τον ίδιο προσανατολισμό (Εικόνα 2.12). Τέτοιες εφαρμογές μπορούν να λειτουργήσουν είτε σε πραγματικό χρόνο, είτε πάνω σε κάποια εικόνα, καθιστώντας την χρήση τους δυνατή σε πολλές περιστάσεις. Ταυτόχρονα, η εφαρμογή συλλέγει δεδομένα μετάφρασης τα οποία χρησιμοποιούνται για να κάνουν τους αλγορίθμους αρτιότερους, ώστε να μπορούν να μεταφράζουν με καλύτερη γραμματική και να ξεχωρίζουν εκφράσεις. Έτσι, είναι ένας τύπος εφαρμογής που μπορούμε να προβλέψουμε πως θα εξελιχθεί ακόμα παραπάνω, αφού με τη συμβολή των χρηστών της γίνεται όλο και πιο ακριβής. Παράδειγμα χρήσης τέτοιου είδους εφαρμογών σε πολιτιστικά αξιοθέατα, είναι η χρήση ενός μοναδικού πίνακα πληροφοριών, τον οποίο ο χρήστης μπορεί να μεταφράσει στην γλώσσα του, μειώνοντας έτσι τον αριθμό των πινάκων που περιβάλλουν το σημείο αναφοράς και κατά συνέπεια διατηρώντας το σε μεγάλο βαθμό ανέγγιχτο από ανθρώπινες παρεμβάσεις. Κατά συνέπεια, ταξιδιώτες από οποιαδήποτε χώρα θα έχουν πρόσβαση στις πληροφορίες του αντικειμένου.



Εικόνα 2. 12 Παράδειγμα χρήσης την πιο διάσημης εφαρμογής μετάφρασης ,του Google Translate

Τα συστήματα επαυξημένης πραγματικότητας μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για σκοπούς μετακίνησης. Μέσω αυτών, ο χρόνος και ο προσπάθεια για κάποια μετακίνηση μειώνεται δραστικά, καθώς το σύστημα μπορεί να σε κατευθύνει μεσώ εικονικών οδηγιών στην κοντινότερη στάση λεωφορείου, τρένου ή άλλου μέσου μετακίνησης. Ένα από τα γνωστότερα παραδείγματα τέτοιας χρήσης, είναι η εφαρμογή London Tube (Εικόνα 2.13), όπου επιτρέπει στους επισκέπτες του Λονδίνου να βρουν εύκολα τον κοντινότερο σταθμό υπόγειου τρένου, στάση λεωφορείου ή τοποθεσίες για ενοικίαση ποδηλάτου μέσω οδηγιών που προβάλλονται στην οθόνη της συσκευής. Εκτός αυτού, η εφαρμογή δίνει πληροφορίες για δρομολόγια και στάσεις σε ευρύτερες περιοχές μέσω ενός χάρτη. Αυτή η τεχνολογία δίνει τη λύση στη δυσκολία μετακίνησης σε χώρους με πολιτιστικά αξιοθέατα, μουσεία ή και περιοχές πολιτιστικής κληρονομιάς, καθώς ο επισκέπτης συχνά δεν έχει

γνώση των μέσων που θα τον βοηθήσουν να φτάσει στον προορισμό του, όταν βρίσκεται σε μία ξένη για αυτόν περιοχή.



Εικόνα 2. 13 Στιγμιότυπο χρήσης της εφαρμογής London Tube

2.6 Ειδικότερες εφαρμογές στον πολιτισμό

Οι εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας στον πολιτισμό είναι ένας ραγδαία αναπτυσσόμενος τομέας, αφού δίνει τη δυνατότητα να γίνει η περιήγηση ευκολότερη και εμπλουτισμένη με διαδραστικό περιεχόμενο.

Ένα είδος εφαρμογών AR για φορητές συσκευές που μπορούν να βοηθήσουν τον εμπλουτισμό της πολιτιστικής κληρονομιάς, είναι αυτές που δημιουργούν επαυξημένα μονοπάτια. Μία από τις λειτουργίες τους είναι η χάραξη ενός εικονικού μονοπατιού πάνω στο χάρτη, ώστε να μειωθεί η πιθανότητα παρέκκλισης από αυτό, αυξάνοντας έτσι την ασφάλεια του χρήστη. Κατά τη διαδρομή, είναι επίσης δυνατό να προβάλλονται μέσω της οθόνης πληροφορίες σε μορφή κειμένου, ήχου, φωτογραφιών ή βίντεο, σε σημεία που θεωρούνται άξια προσοχής, δίνοντας έτσι μια πιο ολοκληρωμένη άποψη για τη σημασία κάποιων περιοχών (Εικόνα 2.14). Ένα μεγάλο ποσοστό των εφαρμογών αυτών, αφορούν μονοπάτια ορειβασίας, η μονοπάτια σε δυσπρόσιτες περιοχές, όπου συχνά είτε είναι δύσκολο να τοποθετηθούν πινακίδες κατεύθυνσης και πληροφοριών, είτε καταστρέφονται γρήγορα λόγω των καιρικών συνθηκών και της άγριας ζωής. Οι εφαρμογές αυτές δίνουν τη δυνατότητα να έχουμε εύκολα προσβάσιμες οδηγίες και πληροφορίες που συχνά δεν θα μπορούσαν να καλυφθούν από έναν μικρό πίνακα, διατηρώντας ταυτόχρονα το φυσικό τοπίο ανέγγιχτο. Η μεγάλη ακρίβεια αυτών των εφαρμογών ως προς την θέση δεν είναι αναγκαία και πολλά σημεία αλλάζουν οπτικά ανάλογα την εποχή και το πέρασμα του χρόνου, οπότε συχνά χρησιμοποιούνται οι αισθητήρες τοποθεσίας της συσκευής, ώστε να παρέχουν ένα αποδεκτό αποτέλεσμα ανεξάρτητα από την κατάσταση του σημείου που θα θέλαμε να πάρουμε πληροφορίες. Ένα παράδειγμα μίας τέτοιας εφαρμογής είναι το AR Trails: Travelling with AR, οποία εξυπηρετεί ακριβώς αυτός τον σκοπό. Η εφαρμογή αυτή είναι διαθέσιμη για συσκευές Android ή iOS. Στις λειτουργίες της υπάρχει και η επιλογή Leave Your Virtual Trace, κατά την οποία ο χρήστης μπορεί να τραβήξει μία φωτογραφία, ένα βίντεο, ή να αφήσει κάποιο ηχητικό μήνυμα και να το συνδέσει με την τοποθεσία που βρίσκεται. Στη συνέχεια κάποιος άλλος χρήστης που βρίσκεται στην τοποθεσία αυτή μπορεί να δει ή να ακούσει το πολυμέσο, να το βαθμολογήσει και να το σχολιάσει. Έτσι η κάθε περιοχή εμπλουτίζεται από τις εμπειρίες των χρηστών της. Τέλος, υπάρχει η δυνατότητα με τη

συνεργασία των χρηστών να αυξηθούν τα μονοπάτια, εξελίσσοντας με αυτόν τον τρόπο την εφαρμογή με τη συμβολή των χρηστών της.



Εικόνα 2. 14 Στιγμιότυπο χρήσης της εφαρμογής AR Trails

Υπάρχουν επίσης παρόμοιες εφαρμογές, οι οποίες δεν στοχεύουν σημεία αλλά ευρύτερες περιοχές, όπως οροσειρές, λίμνες ή ποτάμια (Εικόνα 2.15). Μπορούν να δώσουν πληροφορίες για το ύψος ενός βουνού ή την απόσταση του χρήστη από αυτό, τη διαδρομή και τον τρόπο με τον οποίο μπορούν να φτάσουν εκεί, το μέγεθος κάποιας λίμνης, καθώς και γενικότερες πληροφορίες για την τοποθεσία που έχουμε στρέψει την κάμερα της φορητής μας συσκευής. Τέτοια εργαλεία βοηθούν προορισμούς που βρίσκονται εκτός κάποιας πόλης να γίνουν πιο ελκυστικοί, βοηθώντας την ανάπτυξη του τουρισμού και της έμφασης του πολιτισμού στις περιοχές αυτές.



Εικόνα 2. 15 Στιγμιότυπο χρήσης της εφαρμογής ViewRanger

Τα τελευταία χρόνια, έχουν κάνει την εμφάνισή τους εφαρμογές με τις οποίες ο χρήστης μέσω του φορητού υπολογιστή του ή γυαλιών AR, μπορεί να αναπαράξει κατεστραμμένα κτίρια, καθώς και πληροφορίες για αυτά. Αρχαιολογικά μνημεία και τοποθεσίες έντονης ιστορικής σημασίας μπορούν να εμφανιστούν στην οθόνη επικαλύπτοντας το πραγματικό κτίριο, δείχνοντας στον χρήστη τη μορφή του την εποχή που χτίστηκε. Η εικόνα μπορεί να συνοδεύεται από πληροφορίες για το ίδιο το κτίριο ή για την ιστορική σημασία πίσω από αυτό, προσφέροντας έτσι διαδραστικά γνώσεις για την κουλτούρα του τόπου και της εποχής. Οι εκδοχές αυτών των εφαρμογών ποικίλουν, από την εμφάνιση ενός τρισδιάστατου μοντέλου της πρόσοψης του μνημείου, ως και ένα πλήρως εικονικό κτίριο τοποθετημένο πάνω στο πραγματικό, μέσα στο οποίο μπορείς να μετακινηθείς και να δεις σε πραγματικό χρόνο εξωτερικά και εσωτερικά κάθε μέρος του. Σαν αποτέλεσμα, ο χρήστης μπορεί να διαπιστώσει καλύτερα την πραγματική μορφή του κτίσματος και τις τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή του, σε αντίθεση με κάποια δισδιάστατη φωτογραφία. Αυτή η τεχνολογία ήδη έχει εφαρμοστεί σε διάφορους αρχαιολογικούς τόπους, όπως η αρχαία Ολυμπία, η αρχαία Ρώμη, διάφορα κάστρα στο νοτιοδυτικό Λουξεμβούργο καθώς και σε διάφορα μουσεία.

Ορόσημο σε αυτό το είδος εφαρμογών μπορεί να θεωρηθεί η ερευνά LIFEPLUS: Revival of life in ancient Pompeii (Εικόνα 2.16) που έγινε το 2002 [16], στα πλαίσια της οποίας υλοποιήθηκε μία εφαρμογή που χρησιμοποιεί μία φορητή μονάδα επεξεργασίας, ακουστικά και ένα Head-Mounted Display, για να δώσει τη δυνατότητα στους επισκέπτες της Πομπηίας να αντικρίσουν το περιβάλλον που υπήρχε την αρχαία εποχή. Είχε ως στόχο την τρισδιάστατη ανακατασκευή των κτιρίων, περιλαμβάνοντας τη γλωρίδα, την πανίδα αλλά και τρισδιάστατα κινούμενα μοντέλα που αναπαριστούσαν τους ανθρώπους της εποχής.



Εικόνα 2. 16 Η εφαρμογή LIFEPLUS: Revival of life in ancient Pompeii

Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας, η απαίτηση για ογκώδη εξοπλισμό εξαλείφθηκε και έτσι αναπτύχθηκαν όλο και περισσότερες εφαρμογές που χρησιμοποιούνται μέσω κάποιου κινητού τηλεφώνου. Παράδειγμα τέτοιας εφαρμογής είναι η νέα προσθήκη στο Metaverse της Microsoft [17],

μέσω της οποίας ο επισκέπτης της αρχαίας Ολυμπίας μπορεί να εξερευνήσει τα αρχαία μνημεία από κάθε οπτική γωνία (Εικόνα 2.17).



Εικόνα 2. 17 Επαύξηση της αρχαίας Ολυμπίας

Σε μία μικρότερη κλίμακα, η επαυξημένη πραγματικότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εικονική αποκατάσταση εκθεμάτων μουσείων. Η αναπαράσταση του αντικειμένου στην αρχική του μορφή και η προβολή πληροφοριών είτε μέσω κειμένου είτε κάποιου ακουστικού μέσου, εμπνέει το χρήστη σε μία εμπειρία αρκετά πιο ελκυστική από ένα απλό κείμενο δίπλα από το έκθεμα. Παράδειγμα τέτοιας χρήσης μπορούμε να βρούμε στο εθνικό μουσείο φυσικής ιστορίας στην Ουάσιγκτον, όπου μέσω την εφαρμογής *Skin & Bones* (Εικόνα 2.18) επιτρέπει στους επισκέπτες να εμφανίσουν μέσω του κινητού τηλεφώνου τους ένα τρισδιάστατο μοντέλο ενός ζώου, ενώ ταυτόχρονα βλέπουν μέσα από την κάμερα του κινητού [18]. Έτσι τοποθετώντας την κάμερα δίπλα από τα οστά κάποιου ζώου, μπορούν να συγκρίνουν το σκελετό του με μία απεικόνιση του όταν ήταν ζωντανό.



Εικόνα 2. 18 Στιγμιότυπο της εφαρμογής Skin And Bones

Σε συνδυασμό με τις παραπάνω λειτουργίες, έχουν εμφανιστεί επίσης εικονικοί οδηγοί, οι οποίοι αναλύουν το αντικείμενο και την ιστορία του, αναπαράγοντας ηχογραφημένα μηνύματα.

Τα ξενοδοχεία είναι επίσης ένας κλάδος ο οποίος έμμεσα προωθεί τους ταξιδιώτες να επισκεφθούν σημεία που προβάλλουν την πολιτιστική κληρονομιά. Μέσω της επαυξημένης πραγματικότητας, δημιουργούνται διαδραστικοί χάρτες στου χώρους του καταλύματος πάνω στους οποίους με τη χρήση του κινητού τηλεφώνου εμφανίζονται πληροφορίες στις τοποθεσίες που θεωρούνται άξιες επίσκεψης. Έτσι, προβάλλεται ο πολιτισμός της περιοχής και η πιθανότητα επίσκεψης του ταξιδιώτη σε κάποιο σημείο πολιτιστικού ενδιαφέροντος αυξάνεται.

Κεφάλαιο 3: Μελέτη και ανάλυση

3.1 Καταγραφή απαιτήσεων

Στόχος της εφαρμογής, είναι ο εμπλουτισμός της ξενάγησης του χρήστη σε σημεία ιστορικού και πολιτιστικού ενδιαφέροντος, με τη χρήση μέσων που υποστηρίζουν λειτουργίες AR, όπως κάποιο έξυπνο κινητό με λογισμικό Android ή τα Microsoft HoloLens 2. Ο χρήστης θα μπορεί δει την αρχική κατάσταση του αντικειμένου ή του κτιρίου που τον ενδιαφέρει, καθώς και να λάβει πληροφορίες για αυτό μέσω γραπτού κειμένου ή κάποιου ηχητικού ή βιντεοσκοπημένου μηνύματος. Ο τρόπος λειτουργίας της εφαρμογής θα βασίζεται στην αναγνώριση του αντικειμένου μέσω της κάμερας της συσκευής, αφού αυτό προστεθεί στην τοπική βάση δεδομένων της εφαρμογής.

Οι λόγοι που επιλέχθηκε αυτή η τεχνολογία είναι κυρίως λειτουργικοί, καθώς πολλές φορές τα κτίρια ή τα αντικείμενα ιστορικής σημασίας δεν βρίσκονται σε περιοχές με επαρκή κάλυψη δικτύου για να χρησιμοποιηθεί cloud recognition, ή δεν καλύπτονται από το δίκτυο γεωγραφικής τοποθεσίας σε βαθμό που να καθιστά την εφαρμογή λειτουργική. Επίσης λειτουργία της εφαρμογής θα εμπλουτίζει το σημείο ενδιαφέροντος προσθέτοντας πληροφορίες πάνω του, οπότε έπρεπε να χρησιμοποιηθεί ο τρόπος λειτουργίας με τη μεγαλύτερη ακρίβεια. Έτσι, με γνώμονα το γεγονός ότι όλες οι σύγχρονες έξυπνες συσκευές χρησιμοποιούν κάποιο σύστημα κάμερας, η αναγνώριση του αντικειμένου μέσω αυτής κρίθηκε πως είναι η καλύτερη τεχνολογία.

Επίσης η τεχνολογία αναγνώρισης χωρίς τη χρήση κάποιου εξωτερικού δείκτη, αποσκοπεί στην διατήρηση του περιβάλλοντος του ιστορικού χώρου. Η προσθήκη κάποιου marker θα έπρεπε να γίνει πάνω στο ιστορικό αντικείμενο ή σε κάποια πινακίδα κοντά του, αλλοιώνοντας έτσι τον χώρο. Επιπροσθέτως, οι δείκτες είναι επιρρεπείς σε μεγάλες φθορές, καθώς τα περισσότερα κτίρια βρίσκονται σε εξωτερικούς χώρους και οι καιρικές συνθήκες όπως η έντονη ηλιοφάνεια που μπορεί να ξεθωριάσει τον δείκτη ή τα ακραία χειμερινά φαινόμενα που μπορεί να τον καταστρέψουν είναι ένας παράγοντας που δεν είναι δυνατό να προβλέψουμε.

3.1.1 Απαιτήσεις για τη δημιουργία της εφαρμογής

- Υποστήριξη Λογισμικού: Η εφαρμογή θα υποστηρίζεται από Android smartphones και Microsoft HoloLens 2. Κατέχοντας μερίδιο αγοράς ανώτερο του 70% [19], σε συνδυασμό με την ελευθερία που προσφέρει στην ανάπτυξη εφαρμογών, το λειτουργικό Android καθίσταται η καλύτερη επιλογή για την ανάπτυξη της εφαρμογής. Η δυνατότητα να εγκαταστήσουμε εφαρμογές που δεν βρίσκονται στο κατάστημα του κινητού τηλεφώνου, καθώς και η πληθώρα ελεύθερων εφαρμογών και πακέτων για την ανάπτυξη τους, διευκολύνουν την διαδικασία ανάπτυξης στην πλατφόρμα αυτή. Στην περίπτωση των HoloLens 2, επιλέχθηκαν καθώς οι δυνατότητες τους στον

τομέα της επαύξησης καθώς και η υπολογιστική τους δύναμη, σε συνδυασμό με την υποστήριξη τους σε τομέα πληροφοριών και ελεύθερου λογισμικού, είναι από τις αρτιότερες στην τωρινή αγορά.

- **Υποστήριξη Υλικού:** Η εφαρμογή θα απαιτεί μία οθόνη αφής με επαρκές μέγεθος, κάτι που καλύπτεται από το μεγαλύτερο ποσοστό σύγχρονων κινητών τηλεφώνων με λειτουργικό Android, αλλά όχι από άλλες έξυπνες συσκευές όπως κάποιο έξυπνο ρολόι, καθώς δεν είναι δυνατό να εμφανιστούν οι πληροφορίες, αλλά ούτε και να αλληλεπιδράσει με αυτές σε μία τόσο μικρή οθόνη. Ακόμα, απαιτείται μία οπίσθια κάμερα, μέσω της οποίας θα συλλέγονται οι πληροφορίες και θα αναγνωρίζονται οι στόχοι. Όσο καλύτερη είναι η ανάλυση της κάμερας, τόσο πιο ακριβής και γρήγορη θα είναι και η αναγνώριση των αντικειμένων. Επιπροσθέτως, η επεξεργαστική ισχύς, ο αποθηκευτικός χώρος καθώς και η μνήμη ram της συσκευής, θα πρέπει να είναι επαρκής ώστε να μην υπάρχουν προβλήματα επεξεργασίας. Στην περίπτωση που η εφαρμογή θα χρησιμοποιηθεί για γυαλιά AR, κάθε κατασκευαστής έχει τις δικές του προϋποθέσεις όσον αφορά το λογισμικό, οπότε θα περιοριστούμε μόνο στη χρήση των Microsoft HoloLens 2, τα οποία καλύπτουν και τις απαιτήσεις κάμερας, επεξεργαστικής ισχύος, μνήμης και αναπαραγωγής στο τρισδιάστατο περιβάλλον των γυαλιών.

- Για τις πληροφορίες των σημείων ενδιαφέροντος, χρειάζεται προηγούμενη γνώση της διαμόρφωσης του χώρου για την επιλογή της πλευράς του αντικειμένου που θα επαυξάνεται, καθώς και επαρκές φωτογραφικό υλικό για τη δημιουργία στόχων. Ακόμα θα χρειαστεί κάποια έγκυρη πηγή που θα δώσει τις πληροφορίες για το αντικείμενο. Τέλος για τη δημιουργία κάποιου είδους χάρτη, είναι αναγκαίο να γνωρίζουμε την ευρύτερη περιοχή ώστε να μπορέσουμε να δώσουμε στο χρήστη μία καλύτερη εικόνα του χώρου και των σημείων που μπορούν να επαυξηθούν.

- Στην περίπτωση της τρισδιάστατης επαύξησης του αντικειμένου, θα χρειαστούν τα τρισδιάστατα μοντέλα της αρχικής κατάστασης του. Για τη δημιουργία τους, απαιτείται ιστορική γνώση για την επαλήθευση των πληροφοριών, καθώς και προγράμματα γραφιστικής.

Τελικά, μετά την έρευνα των διαθέσιμων εργαλείων, οι απαιτήσεις μας μπορούν να υλοποιηθούν μέσω των παρακάτω εργαλείων.

3.2 Η μηχανή ανάπτυξης λογισμικού Unity

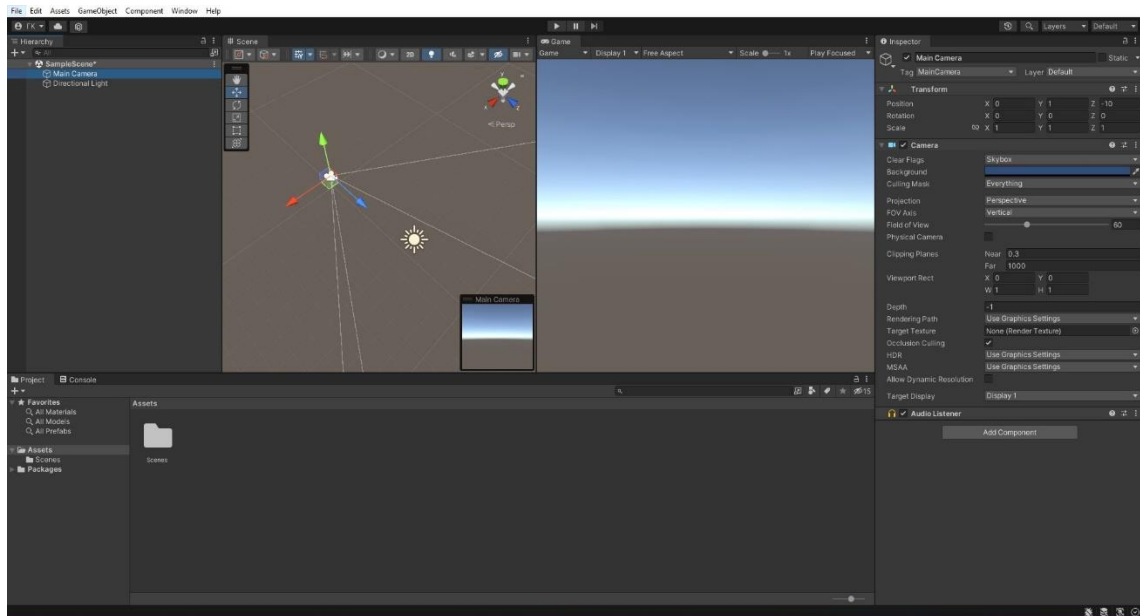
Η Unity είναι μία πλατφόρμα ανάπτυξης παιχνιδιών που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ανάπτυξη λογισμικού σχεδόν για κάθε είδος σύγχρονου υπολογιστή [20]. Το εύρος των λειτουργιών της την καθιστά ικανή για δημιουργία όχι μόνο παιχνιδιών, αλλά και τρισδιάστατων εφαρμογών. Οι δυνατότητες της καθώς και τα πρόσθετα πακέτα που προσφέρονται ελεύθερα κρίθηκαν επαρκή για τις ανάγκες που παρουσιάστηκαν παραπάνω.

Το περιβάλλον αυτό επιλέχθηκε διότι είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα, με μεγάλη υποστήριξη είτε από την εταιρία, είτε από την κοινότητα των χρηστών της, ενώ είναι συμβατό με το μεγαλύτερο ποσοστό εφαρμογών δημιουργίας τρισδιάστατων γραφικών. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη της εφαρμογής για φορητές συσκευές (Android) και για γυαλιά εικονικής πραγματικότητας (Microsoft HoloLens 2), με αλλαγές στον κώδικα και τις ρυθμίσεις ανάλογα τη συσκευή, κρατώντας όμως παρόμοιο τον βασικό κώδικα. Κρίνεται έτσι δυνατή η μεταφορά και σε άλλες πλατφόρμες όπως κονσόλες και διαφορετικά λειτουργικά συστήματα. Ταυτόχρονα, διαθέτει ένα φιλικό περιβάλλον εργασίας και πληθώρα ενσωματωμένων εργαλείων, ενώ δίνει την επιλογή να προσθέσουμε ακόμα περισσότερες λειτουργίες μέσω κάποιου πακέτου. Σε κάθε σημείο της ανάπτυξης μπορούμε να προσθέσουμε και να αφαιρέσουμε αντικείμενα (GameObjects) με ευκολία, ενώ σε κάθε στάδιο της μπορούμε να έχουμε προεπισκόπηση του προγράμματος στο τρισδιάστατο περιβάλλον του, είτε να το δοκιμάσουμε μέσω της κάμερας του υπολογιστή ή του smartphone αν έχουμε εγκατεστημένη τη Unity σε αυτό.

Γενικά, η Unity είναι μια από τις πιο χρησιμοποιημένες μηχανές, με εφαρμογή σε παιχνίδια, εφαρμογές επαυξημένης και εικονικής πραγματικότητας, έως και προγράμματα εκπαίδευσης. Οι συνεχείς ενημερώσεις της προσφέρουν την τελευταία τεχνολογία σε τομείς επεξεργασίας και κωδικοποίησης ώστε να υποστηρίζονται οι νεότερες συσκευές.

3.3 Δομή ενός Unity Project

Ένα unity project απαρτίζεται από όλα τα αρχεία της εφαρμογής, τις σκηνές, τον κώδικα που έχουμε αναπτύξει, τα αντικείμενα (GameObjects) καθώς και τα πολυμέσα που έχουμε εισάγει για την ανάπτυξη του λογισμικού. Στην Εικόνα 3.1 φαίνεται ένα νέο project στη Unity, τα εργαλεία που έχουμε στη διάθεση μας για να παραμετροποιήσουμε την εφαρμογή μας καθώς και μία προεπισκόπηση αυτής.



Εικόνα 3. 1 Κενό project της Unity

3.3.1 Assets

Στο κάτω μέρος του project εμφανίζονται τα Assets, τα οποία είναι όλα τα αρχεία που έχουμε εισάγει στο εκάστοτε project με σκοπό να τα χρησιμοποιήσουμε στην εφαρμογή, ταξινομημένα σε φακέλους. Τα αρχεία αυτά μπορεί να είναι πολυμέσα, μοντέλα, κάποιο κομμάτι κώδικα(script), καθώς και ολόκληρες σκηνές

3.3.2 Ιεραρχία (Hierarchy)

Στο αριστερό μέρος εμφανίζεται η Ιεραρχία των αντικειμένων που χρησιμοποιούμε σε κάθε σκηνή. Μπορούμε να διακρίνουμε όλα τα GameObjects, να τα επιλέξουμε ώστε να τα τροποποιήσουμε, καθώς και να θέσουμε τη σχέση τους με τα υπόλοιπα χρησιμοποιώντας τη λειτουργία της Unity με όνομα Parenting. Μέσω αυτού, μπορούμε να θέσουμε κάποιο αντικείμενο ως γονέα και να περάσουμε κάποιο άλλο σαν παιδί του, με σκοπό να κληρονομήσει τις ιδιότητες του, όπως τη θέση, το μέγεθος και τον προσανατολισμό του. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να μετακινήσουμε και να διαμορφώσουμε μια ομάδα αντικειμένων συνδεδεμένων μεταξύ τους, έτσι ώστε η μεταξύ τους θέση, ο προσανατολισμός και το μέγεθος τους να παραμείνουν αμετάβλητα. Μπορούμε με τον ίδιο τρόπο να ενθυλακώσουμε κάποιο ακόμα παιδί σε κάποιο άλλο, δίνοντας έτσι μεγάλες δυνατότητες ταξινόμησης των αντικειμένων.

3.3.3 Inspector

Στα δεξιά, μετά την επιλογή οποιουδήποτε αντικειμένου εμφανίζεται το ανάλογο Inspector, το οποίο αποτελεί το εργαλείο που δείχνει και διαμορφώνει τις ιδιότητες του εκάστοτε αντικείμενου, asset, υλικού ή οποιοδήποτε άλλου κομματιού της εφαρμογής. Μπορούμε να διακρίνουμε και να

αλλάζουμε τις βασικές ιδιότητες του, καθώς και να προσθέσουμε λειτουργίες με τη χρήση κάποιου εξαρτήματος (Component) ή κάποιου script. Μεγάλο μέρος ιδιοτήτων μπορούν να αλλάξουν μέσα από το περιβάλλον της Unity μέσω οπτικού προγραμματισμού, ενώ για πιο σύνθετες εργασίες απαιτείται πολλές φορές η ανάπτυξη κάποιου script.

3.3.4 Components

Τα Components περιγράφουν τα φυσικά χαρακτηριστικά ενός GameObject, καθώς και τις ιδιότητες του ως προς τον εαυτό του αλλά και ως προς τα συγγενικά αντικείμενα.

3.3.4.1 Transform

Δημιουργείται με τη δημιουργία του αντικειμένου και δεν είναι δυνατό να διαγραφεί. Η λειτουργία του σχετίζεται με την τοποθέτηση του αντικειμένου στο χώρο, προσαρμόζοντας την θέση, τον προσανατολισμό και την κλίμακα μεγέθυνσης του με γνώμονα το ύψος, το πλάτος και το βάθος, ή αλλιώς τους άξονες x, y και z (Εικόνα 3.2).



Εικόνα 3. 2 Transform Component

3.3.4.2 Mesh Filter/Mesh Renderer

Κάθε τρισδιάστατο μοντέλο στη Unity αναπαρίσταται μέσω κάποιου γεωμετρικού πλέγματος (Mesh). Ο σχεδιασμός τους μπορεί να είναι από ένα απλό κύβο, έως και πολύπλοκα σχήματα σχεδιασμένα μέσα σε κάποιο πρόγραμμα τρισδιάστατων γραφικών. Τα αρχεία που υποστηρίζει η Unity είναι τα .obj, .fbx, .max, .blend, .dae και .dxf. Μέσω του Mesh Filter μπορούμε να αλλάξουμε το σχηματισμό της γεωμετρίας του μοντέλου, ενώ μέσω του Mesh Renderer μπορούμε να τροποποιήσουμε τις ιδιότητες του όπως την αλληλεπίδραση του με το φως, την σκιά του, την αντανάκλαση που δημιουργεί κλπ.

3.3.4.3 Rigidbody

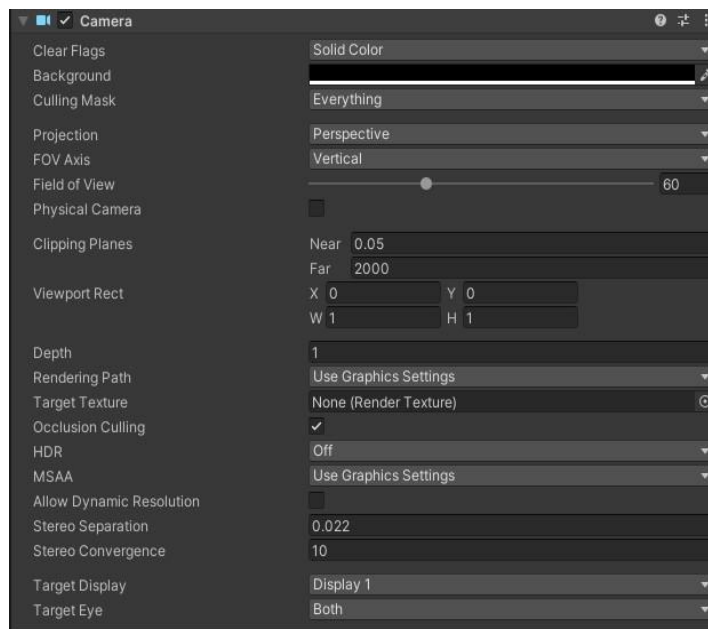
Αποτελεί την έτοιμη λύση της Unity για την αναπαράσταση φυσικών φαινομένων όπως η βαρύτητα, η μάζα κλπ. Έτσι μας επιτρέπεται να αναπαραστήσουμε ρεαλιστικά κάποιο αντικείμενο που επηρεάζεται από τους νόμους της φυσικής, τόσο ως προς τη σκηνή όσο και ως προς τα άλλα αντικείμενα.

3.3.4.4 Collider

Το Collider μας επιτρέπει να δημιουργήσουμε ένα πλαίσιο γύρω από ένα διδιάστατο ή τρισδιάστατο σχήμα, ώστε να περιορίσουμε την περιοχή όπου το σχήμα αυτό θα θεωρείται επιλεγμένο από το χρήστη. Επίσης χρησιμεύει για να θέσουμε τα όρια του σχήματος, λειτουργία που είναι χρήσιμη κυρίως στα γυαλιά AR όταν θέλουμε να παραμορφώσουμε το σχήμα, δηλαδή να το μεγθύνουμε ή να το περιστρέψουμε.

3.3.4.5 Camera

Το Component Camera βρίσκεται στο αντικείμενο που έχουμε επιλέξει να υπηρετεί το σκοπό της εισόδου για την προβολή του πραγματικού κόσμου (Εικόνα 3.3). Περιέχει ρυθμίσεις όπως το χρήσιμο οπτικό πεδίο, τον άξονα της, καθώς και ρυθμίσεις για τα γραφικά και την ανάλυση της. Μπορεί να προστεθεί σε παραπάνω από ένα GameObject, αλλά σε κάθε στιγμή λειτουργίας της εφαρμογής, το στιγμιότυπο μόνο μίας κάμερας είναι ενεργό.



Εικόνα 3. 3 Camera Component

3.3.4.6 Video Player/Audio Source

Αποτελούν πρόσθετα Components που δεν υπάρχουν προ εγκατεστημένα σε κάποιο GameObject. Χρησιμοποιούνται για την αναπαραγωγή βίντεο ή ήχου. Οι κοινές τους ρυθμίσεις περιλαμβάνουν λειτουργίες όπως αναπαραγωγή με την έναρξη της εφαρμογής, αναπαραγωγή μετά την εύρεση του αντικειμένου που έχει τεθεί ως στόχος, ή επανάληψη όταν τελειώσει το υλικό. Πρόσθετα, το Audio Source περιέχει ρυθμιστή έντασης, χροιάς και άλλες ρυθμίσεις παραμόρφωσης. Αξίζει να αναφερθεί πως έχουν ενσωματωμένα scripts με μεθόδους για τις βασικές τους λειτουργίες, όπως αναπαραγωγή, παύση και διακοπή, τα οποία μπορούν να ενσωματωθούν σε κάποιο κουμπί ώστε ο χρήστης να έχει έλεγχο της αναπαραγωγής.

3.3.5 Scene view

Το scene view είναι το παράθυρο που μας επιτρέπει να έχουμε συνεχώς ανοιχτή μια εικονική προεπισκόπηση της σκηνής μας. Ανοίγει με το άνοιγμα της σκηνής και μας εμφανίζει όλα τα αντικείμενα που έχουμε προσθέσει, ενώ μας επιτρέπει να επεξεργαστούμε τη θέση, το μέγεθος, τη φορά τους κλπ.

3.3.6 Game view

Το game view είναι ένα παράθυρο στο οποίο γίνεται μια προεπισκόπηση της εκτέλεσης της εφαρμογής μας. Είναι αρκετά σημαντικό καθώς μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε χωρίς να κατασκευάσουμε το εκτελέσιμο αρχείο, ενώ μπορεί να προσομοιώσει όλες τις αναλογίες οθόνης και την τοποθέτηση των αντικειμένων σε αυτές. Η εικόνα προέρχεται είτε από την κάμερα του

υπολογιστή, είτε από την κάμερα κάποιου συνδεδεμένου κινητού που φέρει την εφαρμογή Unity για φορητές συσκευές.

3.3.7 Materials

Η χρήση των Materials έχει ως σκοπό τη μεταβολή της εμφάνισης κάποιου αντικειμένου. Μας δίνεται η δυνατότητα να διαλέξουμε αρχικά κάποιο shader, τον αλγόριθμο δηλαδή που υπολογίζει το χρώμα κάθε εικονοστοιχείου και στη συνέχεια ανάλογα το shader που διαλέξαμε, μπορούμε να αλλάξουμε διαφορετικές ρυθμίσεις όπως το χρώμα, η ανακλαστικότητα του, το πόσο σκληρό φαίνεται το υλικό του κλπ. Έτσι πετυχαίνουμε την ρεαλιστικότερη δυνατή απεικόνιση, ή την κάθε απεικόνιση που σχεδιάζουμε να αναπαραστήσουμε.

3.3.8 Scripts

Τα scripts είναι κομμάτια κώδικα πολλές φορές απαραίτητα για την ανάπτυξη κάποιας εφαρμογής. Παρά τις μεγάλες δυνατότητες της Unity, πολλές διαδικασίες είναι αναγκαίο να καθοριστούν από τον προγραμματιστή μέσω κάποιου script. Ο αντίκτυπος κάποιας ενέργειας του χρήστη, η αυτοματοποίηση συγκεκριμένων φαινομένων σε συγκεκριμένες στιγμές, πολύπλοκα γραφικά εφέ μέχρι και η δημιουργία κάποιου προγράμματος τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να επιτευχθούν μέσα από ένα κομμάτι κώδικα. Η μόνη γλώσσα που υποστηρίζει η Unity χωρίς την χρήση κάποιου plugin είναι η C#. Στην δημιουργία κάποιου script, κληρονομείται αυτόματα η κλάση MonoBehaviour, η οποία μας επιτρέπει να χρησιμοποιήσουμε συναρτήσεις όπως οι Start(), Update(), OnEnable()/OnDisable() κλπ.

- Η συνάρτηση Start() καλείται πρώτη όταν ενεργοποιείται το script και αρχικοποιεί τις μεταβλητές.
- Η Update() καλείται σε κάθε στιγμιότυπο της εφαρμογής και ενημερώνει την κατάσταση του αντικειμένου που την έχουμε συνδέσει ώστε να πετύχουμε λειτουργίες συνεχούς χρόνου.
- Οι OnEnable()/ OnDisable() είναι συναρτήσεις που ενεργοποιούν/απενεργοποιούν κάποια λειτουργία, γραφικό ή αντικείμενο.

Γενικότερα, η κλάση MonoBehaviour μας παρέχει πληθώρα διαφορετικών συναρτήσεων που μας επιτρέπουν να διαμορφώσουμε τη συμπεριφορά κάθε αντικειμένου.

3.3.9 Prefabs

Το σύστημα Prefab της Unity, επιτρέπει να αποθηκεύσουμε ολόκληρα GameObjects μαζί με όποια προσθήκη έχουμε κάνει, τις ιδιότητες τους και τα child GameObjects ως assets τα οποία μπορούμε να επαναχρησιμοποιήσουμε αυτούσια αργότερα. Έτσι, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αντικείμενα με συγκεκριμένες λειτουργίες πολλές φορές προσπερνώντας την διαδικασία παραγωγής τους. Το στιγμιότυπο αυτό, είναι δυνατό μετά την εισαγωγή του να αλλάξει, κάτι που το καθιστά ιδανικό όχι μόνο για αντιγραφή του ίδιου αντικειμένου, αλλά και για πολλαπλασιασμό αντικειμένων με κοντινές ιδιότητες.

3.4 Το Vuforia SDK

Το Vuforia Software Development Kit (SDK) αποτελεί ένα από τα πιο γνωστά πακέτα πρόσθετων εργαλείων της Unity στον τομέα της επαυξημένης πραγματικότητας, αφού προσφέρει αρκετά χρήσιμα και αξιόπιστα εργαλεία για τη δημιουργία μεγάλου εύρους εφαρμογών τέτοιου τύπου [21]. Χρησιμοποιεί την όραση του υπολογιστή, τεχνικές δηλαδή που επιτρέπουν στον υπολογιστή να καταλάβει και να αλλάξει τον ψηφιακό κόσμο, για να ανιχνεύσει αντικείμενα και περιοχές μέσω κάποιου είδους κάμερας.

Οι κύριες λειτουργίες του Vuforia περιστρέφονται γύρω από την τοποθέτηση εικονικών αντικειμένων στην σκηνή που καταγράφει η κάμερα, με τέτοιο τρόπο ώστε η θέση και ο προσανατολισμός τους να συνάδει με τις απαιτήσεις της εφαρμογής, μπλέκοντας έτσι τον πραγματικό κόσμο με τον εικονικό. Αυτό συνήθως γίνεται μέσω κάποιου στόχου, είτε διςδιάστατου είτε τριςδιάστατου, είτε μέσω αναγνώρισης πολλαπλών στόχων. Ακόμα υπάρχει και η επιλογή εμφάνισης κάποιου αντικειμένου χωρίς να επηρεάζεται από κάποιο συγκεκριμένο στόχο, όπως ένα μοντέλο στο πάτωμα. Έτσι, οι δυνατότητες του Vuforia μας επιτρέπουν να δημιουργήσουμε εφαρμογές με μία πληθώρα εργαλείων και αποτελεσμάτων.

3.5 Χαρακτηριστικά του Vuforia

Το Vuforia είναι ένα πακέτο πρόσθετων εργαλείων που βασίζεται στην μηχανή ανάπτυξης εφαρμογών Unity. Έτσι, βασιζόμενο στις ήδη υπάρχουσες λειτουργίες της, αυξάνει τις δυνατότητες της ενσωματώνοντας εργαλεία που μας επιτρέπουν να δημιουργήσουμε εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας.

3.5.1 Targets

Όπως προαναφέρθηκε, το Vuforia χρησιμοποιεί στόχους για να τοποθετήσει εικονικά αντικείμενα με θέση και προσανατολισμό ανάλογο του στόχου αυτού. Ο στόχος αυτός ονομάζεται target και είναι ένα διατεταγμένο σύνολο από φυσικά χαρακτηριστικά που έχει οριστεί από τον προγραμματιστή. Έτσι, η εφαρμογή θα προγραμματιστεί να αναγνωρίζει ανά πάσα στιγμή κάποιο target ώστε να το επαυξήσει.

Μέσω του target manager της ιστοσελίδας του Vuforia μπορούμε να θέσουμε κάποιον στόχο προς αναγνώριση από την εφαρμογή. Η εγκυρότητα του target είναι ένας συνδυασμός μεγάλου αριθμού φυσικών χαρακτηριστικών και ταξινόμησης τους τέτοιας ώστε να είναι ευδιάκριτα (Εικόνα 3.4). Τα φυσικά χαρακτηριστικά αναφέρονται κυρίως σε περιοχές με γωνίες, ή έντονες εναλλαγές στην τιμή red-green-blue (RGB) αυξημ και την αντίθεση, ενώ με τον όρο ευδιάκριτα εννοούμε να μην είναι επαναλαμβανόμενα. Για παράδειγμα, ένα target από ένα αυτοκίνητο, αποτελείται από πολλά φυσικά στοιχεία διατεταγμένα με τέτοιο τρόπο ώστε αν προσπαθήσουμε να αναγνωρίσουμε το αυτοκίνητο από διαφορετικές διευθύνσεις, να είναι δυνατό. Σε αντίθεση με κάποιο τετράγωνο, που ενώ έχει τέσσερα φυσικά στοιχεία, αν περιστρέψουμε το τετράγωνο 90⁰, δεν θα διαφέρει στην αναγνώριση καθώς η θέση των φυσικών στοιχείων του θα είναι η ίδια με αυτή του μη περιστραμμένου τετραγώνου. Γενικότερα, όταν κάποιος στόχος εντοπιστεί, αντιστοιχίζεται στο αντικείμενο και δημιουργείται η πόζα του.



Εικόνα 3. 4 Παράδειγμα καλού και κακού στόχου

Αξίζει να σημειωθεί ότι το Vuforia προσφέρει ένα διαδικτυακό εργαλείο μέσω του οποίου μπορούμε να δημιουργήσουμε targets από μία εικόνα, από εικόνες όλων των πλευρών ενός αντικειμένου, κυβοειδή ή κυλινδρικά αντικείμενα, καθώς και τρισδιάστατα μοντέλα και να τους αποθηκεύσουμε είτε τοπικά είτε στο Cloud. Μας δίνει επιπλέον μία αξιολόγηση από ένα έως και πέντε αστέρια, που μας δείχνει το πόσο εύκολο είναι να επαυξηθεί, πόσο καλός δηλαδή είναι ο στόχος. Η χρήση κάποιου τρισδιάστατου στόχου ή στόχου που περιέχει εικόνες από όλες τις πλευρές του αντικειμένου, μας δίνει τη δυνατότητα να αναγνωρίσουμε ένα αντικείμενο στοχεύοντας το από διαφορετικές πλευρές, σε αντίθεση με μία απλή εικόνα που αναγνωρίζεται μόνο από την πρόσοψη της.

3.5.2 Tracking δισδιάστατων στόχων

Για να γίνει αναγνώριση(Track) ενός δισδιάστατου target, το Vuforia ψάχνει μέσω της κάμερας συνεχώς για μοτίβα φυσικών χαρακτηριστικών παρόμοια με αυτά που χαρακτηρίζουν το target που έχουμε θέσει. Τα χαρακτηριστικά αυτά και η μεταξύ τους θέση χρησιμοποιούνται για να αναγνωριστεί ο προσανατολισμός του αντικειμένου. Αφού εντοπιστεί ο απαραίτητος αριθμός φυσικών χαρακτηριστικών, ο target τίθεται ως αναγνωρισμένος. Το Vuforia, προσφέρει και την λειτουργία extended tracking, μέσω της οποίας ένας στόχος μπορεί να αναγνωριστεί, χωρίς να έχει εμφανιστεί πλήρως στο οπτικό πεδίο της κάμερας. Για παράδειγμα, ένα αυτοκίνητο που έχει στο πίσω μέρος του κάποια φυσικά χαρακτηριστικά είναι δυνατό να αναγνωριστεί από το Vuforia από τη στιγμή που θα έρθει το πίσω μέρος του αυτοκινήτου εντός πλάνου. Αυτό συμβαίνει επειδή το πίσω μέρος του έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά από το μπροστινό, γεγονός που καθιστά το Vuforia ικανό να ξεχωρίσει τα δύο μέρη του αυτοκινήτου (Εικόνα 3.5). Η λειτουργία αυτή μπορεί να χρησιμεύσει σε περιπτώσεις που θέλουμε ταχύτερη αναγνώριση, καθώς και για πολύ μεγάλα αντικείμενα που θα ήταν δύσκολο να έρθουν ολόκληρα στο οπτικό πεδίο της κάμερας.



Εικόνα 3. 5 Παράδειγμα στόχου με τα φυσικά του χαρακτηριστικά

3.5.3 Αναγνώριση τρισδιάστατων στόχων

Η αναγνώριση τρισδιάστατων γραφικών του Vuforia λειτουργεί με παρόμοιο τρόπο με αυτή των δισδιάστατων εικόνων. Και στις δύο περιπτώσεις, κατανεμημένα φυσικά χαρακτηριστικά του αντικειμένου που έχουμε θέσει αποτελούν το κομμάτι που αναζητά το Vuforia. Η διαδικασία δημιουργίας των target όμως διαφέρει. Ενώ στην περίπτωση ενός δισδιάστατου γραφικού αρκεί μία εικόνα ώστε να αναλυθούν τα εικονοστοιχεία της, στην άλλη περίπτωση χρειαζόμαστε ένα

τρισεδιάστατο μοντέλο ώστε να καθοριστούν τα φυσικά του χαρακτηριστικά. Το Vuforia προσέφερε ένα εργαλείο για την αποτύπωση κάποιου τρισεδιάστατου αντικειμένου, το οποίο όμως δούλευε αρτιότερα σε μικρά αντικείμενα. Το εργαλείο όμως αυτό σταμάτησε να είναι διαθέσιμο το 2021. Για τη χρήση μεγαλύτερων στόχων, απαιτείται κάποιο τρισεδιάστατο μοντέλο δημιουργημένο στην κατάλληλη εφαρμογή, όπως το AutoCAD. Αξίζει να σημειωθεί πως η τεχνική αναγνώρισης του τρισεδιάστατου στόχου δεν επηρεάζεται από το χρώμα, αλλά από τη γεωμετρία του σχήματος, κάτι που έχει ως αποτέλεσμα να γίνεται καλύτερη αναγνώριση σε διαφορετικές συνθήκες ενός στόχου που έχει δημιουργηθεί από κάποια εφαρμογή τρισεδιάστατων μοντέλων. Το κύριο προτέρημα της αναγνώρισης ενός τρισεδιάστατου στόχου είναι η δυνατότητα να κοιτάμε το αντικείμενο μέσα από την κάμερα από διάφορες οπτικές γωνίες, διατηρώντας ενεργή την επαύξηση του σε κάθε σημείο του.

3.6 Λειτουργίες του Vuforia στη Unity

Το Vuforia λειτουργεί ως ένα πρόσθετο πακέτο εργαλείων στην Unity και προσφέρει λειτουργίες και έτοιμα αντικείμενα για τη δημιουργία εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας. Μετά τη δημιουργία ενός τρισεδιάστατου project, προστίθεται ξεχωριστά ώστε να έχουμε πρόσβαση στις λειτουργίες του.

3.6.1 ARCamera

Το GameObject ARCamera αποτελεί τη βάση κάθε εφαρμογής επαυξημένης πραγματικότητας του Vuforia. Αντικαθιστά την βασική κάμερα, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα καταγραφής του πραγματικού περιβάλλοντος. Οι ρυθμίσεις του περιλαμβάνουν το πεδίο για το μοναδικό κλειδί ταυτοποίησης (App License Key), το οποίο μας δίνεται από την ιστοσελίδα του Vuforia και υπηρετεί ως αναγνωριστικό της εφαρμογής μας. Ακόμα στο inspector υπάρχουν οι επιλογές transform για την τοποθέτηση της στο χώρο, η ρύθμιση Camera που μπορούμε να μεταβάλλουμε τις ρυθμίσεις της κάμερας όπως η γωνία θέασης και η ανάλυση της, το Vuforia Behavior μέσω του οποίου καθορίζουμε τη σχετική της θέση στον χώρο ή την επιλογή να προσθέσουμε scripts για την λειτουργία της κλπ.

3.6.2 Στοιχεία προς αναγνώριση

Αποτελεί τα Image, Multi, Cylinder και Model target και είναι τα αντικείμενα στα οποία αντιστοιχίζουμε τα target που θέλουμε να αναγνωρίζουμε. Το Image είναι μια απλή εικόνα, ενώ το Multi αποτελεί ένα σύμπλεγμα εικόνων με κάποια χωρική συσχέτιση. Στη 2^η περίπτωση, όταν έστω μία από τις εικόνες του Multi Target αναγνωρίζεται, τότε η εφαρμογή συμπεριφέρεται σαν να έχει αναγνωρίσει και όλες τις υπόλοιπες στον προκαθορισμένο προσανατολισμό και θέση. Στην περίπτωση των τρισεδιάστατων μοντέλων, το Cylinder είναι ένας απλός κύλινδρος, ενώ το Model Target ένα οποιοδήποτε συμβατό τρισεδιάστατο μοντέλο. Έτσι, μπορούμε να εισάγουμε εικόνες ή τρισεδιάστατα μοντέλα, που έχουν επαρκή φυσικά στοιχεία και είναι εύκολα αναγνωρίσιμα. Σύμφωνα με τους κατασκευαστές του Vuforia, τα ιδανικά στοιχεία ενός καλού στόχου είναι:

- Μεγάλη λεπτομέρεια: για παράδειγμα μια σκηνή όπως μία μίξη αντικειμένων είναι καλύτερη από έναν δρόμο, καθώς βρίσκουμε περισσότερες γωνίες και στοιχεία που μπορούν να χαρακτηριστούν ως φυσικά χαρακτηριστικά
- Εναλλαγές στην αντίθεση: Σκηνές όπου βρίσκουμε ανοιχτόχρωμες και σκουρόχρωμες περιοχές, καθώς και κάποιο περιβάλλον με καλό φωτισμό
- Έλλειψη μοτίβων που επαναλαμβάνονται: Συμμετρικά ή επαναλαμβανόμενα μοτίβα, καθώς και περιοχές χωρίς κάποιο ευδιάκριτο χαρακτηριστικό είναι δύσκολο να αναγνωριστούν.

Επίσης αξίζει να αναφέρουμε και κάποιους περιορισμούς στο Service του Vuforia που δημιουργεί αυτούς τους στόχους, αφού επιτρέπει αρχεία τύπου PNG ή JPG, με χρωματισμό 8 ή 24bit και μεγέθους κάτω των 2MB.

Μπορούμε επίσης να προσαρμόσουμε μέσω του inspector τα χαρακτηριστικά τους όπως τη θέση και την φορά τους, τη συμπεριφορά αναγνώρισης τους, καθώς και τις λειτουργίες που θα εκτελούνται όταν αναγνωριστούν, είτε μέσω κάποιας έτοιμης λειτουργίας, είτε μέσω κάποιου script που έχουμε δημιουργήσει εμείς.

3.6.3 Ground Plane

Το Ground Plane δίνει τη δυνατότητα να τοποθετούμε αντικείμενα πάνω σε οριζόντιες επιφάνειες χωρίς την ανάγκη αναγνώρισης συγκεκριμένου στόχου. Μπορούμε επίσης να θέσουμε anchors, σημεία δηλαδή τα οποία μένουν σταθερά κατά τη μετακίνηση μας στο χώρο. Χωρίζεται σε δύο GameObjects, το Ground Plane Stage και το Plane Finder. Το πρώτο λειτουργεί ως ένα αόρατο οπτικό πεδίο 100 τετραγωνικών εκατοστών, το οποίο χρησιμοποιείται για την χωρική τοποθέτηση του εικονικού αντικειμένου προσομοιώνοντας κάποια επιφάνεια, την κλίμακα του αντικειμένου και το μέγεθος του. Στην ιεραρχία, αποτελεί τον γονέα του αντικειμένου που θέλουμε να προβάλλουμε εικονικά. Το Plane Finder, είναι το GameObject που είναι υπεύθυνο να δέχεται κάποια εντολή από το χρήστη για να ξεκινήσει να ψάχνει την ιδανική επιφάνεια για να τοποθετήσει το γραφικό. Γνωστό παράδειγμα είναι εφαρμογές μεγάλων εταιριών επίπλων, όπως το IKEA Place (Εικόνα 3.6), που τοποθετεί έπιπλα σε κατάλληλες επιφάνειες.



Εικόνα 3. 6 Τοποθέτηση στόχου μέσω του Ground Plane στην εφαρμογή IKEA Place

3.6.4 Mid Air

Παρόμοια με το Ground Plane, το Mid Air μας επιτρέπει να τοποθετήσουμε αντικείμενα στον αέρα (Εικόνα 3.7). Χρησιμοποιεί επίσης Anchors και βασίζεται σε δυο Game Objects, τα Mid Air Stage και Mid Air Positioner, τα οποία έχουν ίδιες λειτουργίες με τα ανάλογα αντικείμενα του Ground Plane. Μία σημαντική διαφορά τους είναι η ύπαρξη και ενός 3^{ου} άξονα που υποδηλώνει το ύψος που θέλουμε να εμφανίζεται το αντικείμενο.



Εικόνα 3. 7 Τοποθέτηση στόχου μέσω του Mid Air

3.7 Universal Windows Platform

Το Universal Windows Platform (UWP) [22] είναι μια υπολογιστική πλατφόρμα της Microsoft για ανάπτυξη λογισμικού που στοχεύει υπολογιστές με Windows 10 και νεότερο, Xbox One και Microsoft HoloLens, χρησιμοποιώντας τον ίδιο βασικό κώδικα. Υποστηρίζει τις γλώσσες προγραμματισμού C++, C# , VisualBasic και XAML, ενώ προστίθεται στην Unity ως Module του Editor. Επιτρέπει τη δημιουργία εφαρμογών για διάφορες συσκευές αφού αυτοματοποιεί τις αλλαγές σε ανάλυση, κατανομή διεπαφών και μέγεθος οθόνης ανάλογα με τη συσκευή που στοχεύουμε. Τέλος, επιτρέπει μη μετατροπή του project σε Visual Studio Solution, έτσι ώστε να μπορέσουμε να το χρησιμοποιήσουμε σε κάποιον προσομοιωτή, ή να το εγκαταστήσουμε σε κάποια συσκευή.

3.8 Mixed Reality Toolkit

Το Mixed Reality Toolkit (MRTK) είναι ένα λογισμικό της Microsoft, το οποίο προσθέτει σε κάποιο Unity Project όλα τα απαιτούμενα πακέτα, assets, scripts και λειτουργίες για τη δημιουργία μίας AR εφαρμογής για τα Microsoft HoloLens. Αυτές οι λειτουργίες συμπεριλαμβάνουν τα στοιχεία διεπαφής καθώς και τις λειτουργίες εισόδου που υποστηρίζουν τα HoloLens, όπως τις χειρονομίες και την ανίχνευση του βλέμματος [23].

3.9 Microsoft Visual Studio

Το Visual Studio είναι ένα περιβάλλον ανάπτυξης λογισμικού από την εταιρία Microsoft. Χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη εφαρμογών για υπολογιστές, για κινητά τηλέφωνα, για ιστοσελίδες και για υπηρεσίες ιστού. Επιτρέπει την ανάπτυξη κώδικα σε αρκετές γλώσσες προγραμματισμού, ενώ διαθέτει εργαλεία που βοηθούν το χρήστη να συντάξει σωστότερο κώδικα με ευκολία. Αποτελεί την προεπιλογή για την ανάπτυξη των script της μηχανής Unity και χρησιμοποιείται για την δημιουργία πακέτων εφαρμογών για τα Microsoft HoloLens 2.

Κεφάλαιο 4: Σχεδιασμός και Υλοποίηση

4.1 Λογισμικό

Από την παραπάνω μελέτη προέκυψαν τα εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη της εφαρμογής, αφού οι δυνατότητες τους επαρκούν για να καλύψουν τις αρχικές μας απαιτήσεις. Οι λειτουργίες που προσφέρουν καθιστούν ικανή την ανάπτυξη της εφαρμογής με γνώμονα τις απαιτήσεις που προαναφέρθηκαν, ενώ ταυτόχρονα επιτρέπουν σε μεγάλο βαθμό την επεκτασιμότητα της. Εκτός των παραπάνω, θα χρησιμοποιηθούν και κάποια προγράμματα σχεδίασης για τις εφαρμογές που θα αναπτυχθούν σε δοκιμαστικό επίπεδο.

4.1.1 Unity SDK

Το περιβάλλον Unity αποτελεί το βασικό εργαλείο της ανάπτυξης, πάνω στο οποίο θα προστεθούν τα απαραίτητα πρόσθετα πακέτα λογισμικού που θα μας επιτρέψουν να έχουμε τις λειτουργίες που ζητάμε. Οι ελάχιστες απαιτήσεις για τη χρήση του Unity Editor, του περιβάλλοντος προγραμματισμού της Unity είναι οι εξής:

Minimum requirements	Windows
Operating system version	Windows 7 (SP1+) and Windows 10, 64-bit versions only
CPU	X64 architecture with SSE2 instruction set support
Graphics API	DX10, DX11, and DX12-capable GPUs
Additional requirements	Hardware vendor officially supported drivers

Εικόνα 4. 1 Ελάχιστες προδιαγραφές λειτουργίας της Unity για υπολογιστή

Ενώ οι ελάχιστες απαιτήσεις για τρέχει σωστά μία εφαρμογή σχεδιασμένη από τη Unity σε κάποιο Android smartphone είναι οι εξής:

Operating system	Android
Version	4.4 (API 19)+
CPU	ARMv7 with Neon Support (32-bit) or ARM64
Graphics API	OpenGL ES 2.0+, OpenGL ES 3.0+, Vulkan
Additional requirements	<ul style="list-style-type: none"> - 1GB+ RAM - Supported hardware devices must meet or exceed Google's Android Compatibility Definition (Version 9.0) limited to the following Device Types: <ul style="list-style-type: none"> 1. Handheld (Section 2.2) 2. Television (Section 2.3) 3. Tablets (Section 2.6) - Hardware must be running Android OS natively. Android within a container or emulator is not supported. - For development: Android SDK (10/API 29), Android NDK (r19) and OpenJDK, which are installed by default with Unity Hub.

Εικόνα 4. 2 Ελάχιστες προδιαγραφές κινητού τηλεφώνου για σωστή λειτουργία εφαρμογών της Unity

Η εγκατάσταση του Unity Editor γίνεται μέσω του Unity Hub, μίας αυτόνομης εφαρμογής η οποία επιτρέπει να βρίσκουμε, να εγκαθιστούμε και να παραμετροποιούμε τον Unity Editor, ενώ διευκολύνει ταυτόχρονα την διαχείριση των Unity Projects. Ο Editor θα χρησιμοποιηθεί με την προσθήκη των modules Visual Studio Community 2022, Android Build support, Windows Build Support και Universal Windows Platform Build Support.

4.1.2 Vuforia Engine SDK

Το Vuforia Engine SDK είναι το πρόσθετο πακέτο που θα χρησιμοποιηθεί για την αναγνώριση των στόχων. Μετά τη δημιουργία του project, προσθέτουμε το πακέτο που έχουμε κατεβάσει από την επίσημη ιστοσελίδα πατώντας Assets -> Import Package -> Custom Package και επιλέγοντας το. Για τη χρήση των λειτουργιών του πακέτου και την αφαίρεση του λογότυπου, πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένα κλειδί δημιουργημένο από το Vuforia developer portal. Αφού δημιουργήσαμε έναν λογαριασμό, στην ενότητα License Manager, επιλέξαμε το Get Basic, εισήγαμε το όνομα της άδειας και δημιουργήσαμε ένα μοναδικό κλειδί. Ακόμα, μέσω του developer portal δημιουργούμε και τους στόχους που θα έχουμε μέσα στην εφαρμογή μας. Μέσω του Target Manager, επιλέγουμε Add Database, της δίνουμε ένα όνομα και επιλέγουμε τύπο βάσης Device. Στη συνέχεια επιλέγουμε τη βάση που δημιουργήσαμε και προσθέτουμε εικόνες από τους στόχους σε μορφή jpg η png μεγέθους έως 2mb, θέτουμε το πλάτος του αντικειμένου σε μέτρα, δίνουμε ένα όνομα στο στόχο και τον προσθέτουμε. Αφού τελειώσει η επεξεργασία, εμφανίζεται και ο δείκτης ο οποίος κρίνει την αναγνωρισιμότητα του στόχου (Εικόνα 4.3). Για να χρησιμοποιήσουμε τους δείκτες επιλέγουμε το Download Database με την επιλογή Unity Editor και κατεβάζουμε ένα αρχείο που μπορεί να προστεθεί στη Unity ως Custom Package.




FamousPaintings [Edit Name](#)

Type: Device

Targets (3)

Add Target

Download Database (All)

<input type="checkbox"/> Target Name	Type	Rating ⓘ	Status ▾	Date Modified
<input type="checkbox"/>  Guernica	Image	★★★★★	Active	Nov 22, 2022 12:10
<input type="checkbox"/>  AmericanGothic	Image	★★★★☆	Active	Nov 22, 2022 12:02
<input type="checkbox"/>  BirthOfVenus	Image	★★★★★	Active	Nov 22, 2022 12:01

Εικόνα 4. 3 Παράδειγμα βάσης δεδομένων του Vuforia που περιέχει στόχους

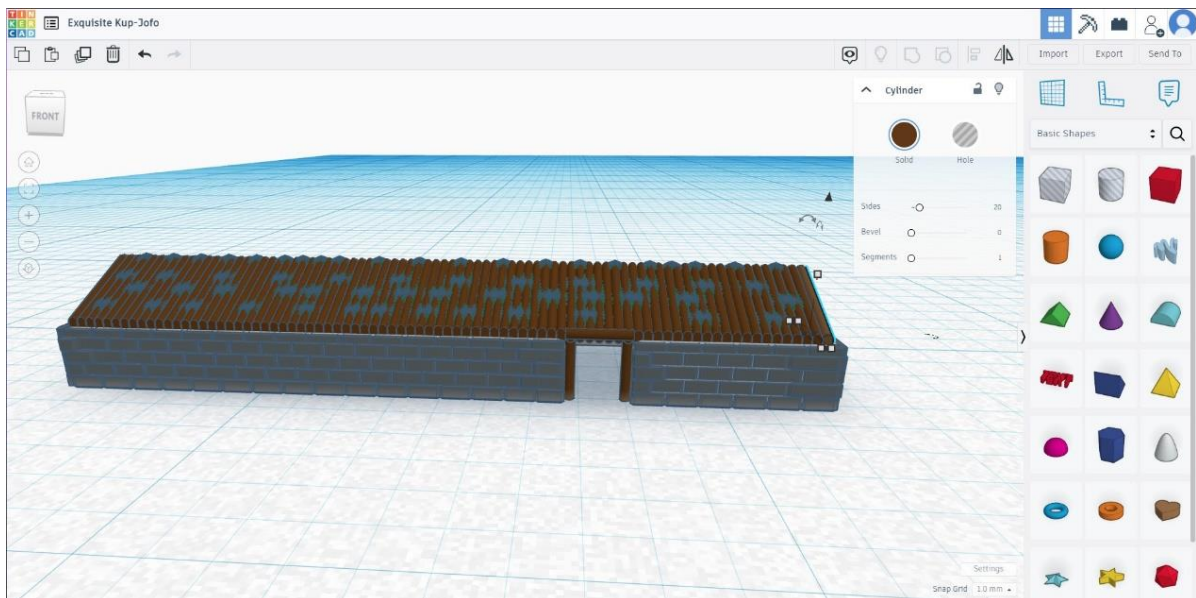
4.1.3 Mixed Reality Toolkit 2

Όπως και το Vuforia SDK, έτσι και το Mixed Reality Toolkit (MRTK) είναι ένα πρόσθετο πακέτο για την Unity, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί μόνο στον τομέα της ανάπτυξης για τα Microsoft HoloLens 2. Η εγκατάσταση του γίνεται μέσω του εργαλείου Microsoft Mixed Reality Feature Tool, που μπορούμε να βρούμε στην επίσημη ιστοσελίδα της Microsoft. Ανοίγοντας το πρόγραμμα, επιλέγουμε το Unity project που θέλουμε και επιλέγουμε τα εργαλεία που θέλουμε να προσθέσουμε. Αυτά στην περίπτωση μας είναι τα:

- Mixed Reality Toolkit Foundation 2.8.2: Το βασικό πακέτο ανάπτυξης λογισμικού για τα Microsoft HoloLens 2.
- Mixed Reality Toolkit Extensions 2.8.2: Περιέχει τη φυσική των χεριών και τις διεργασίες για στόχους που χάθηκαν και για την αλλαγή σκηνών.
- Mixed Reality Toolkit Tools 2.8.2: Προσθέτει την εργαλειοθήκη για την ανάπτυξη της εφαρμογής.
- Mixed Reality OpenXR Plugin 1.5.1: Πρόσθετο για την υποστήριξη της σουίτας εργαλείων για τα HoloLens 2

4.1.4 TinkerCad

Το TinkerCad είναι μια δωρεάν εφαρμογή τρισδιάστατου σχεδιασμού που τρέχει μέσω του φυλλομετρητή. Ανήκει στην εταιρία Autodesk και χρησιμοποιείται για την δημιουργία απλών τρισδιάστατων μοντέλων (Εικόνα 4.4). Η απλότητα της εφαρμογής την καθιστά την ιδανική λύση για τη δημιουργία τρισδιάστατων γραφικών που θα χρησιμοποιηθούν για δοκιμαστικούς σκοπούς. Υποστηρίζει αρκετά διαδεδομένες μορφές γραφικών, όπως OBJ και STL, οπότε δεν θα υπάρχει πρόβλημα συμβατότητας.



Εικόνα 4. 4 Το γραφικό περιβάλλον του TinkerCad

4.2 Υλικό

Ένα από τα σημαντικότερα κομμάτια της ανάπτυξης, είναι να βρεθεί το υλικό που υποστηρίζει την εφαρμογή, ενώ ταυτόχρονα αντικατοπτρίζει τον μέσο χρήστη. Πάνω σε αυτές τις συσκευές θα σχεδιαστεί, θα υλοποιηθεί και θα δοκιμαστεί η εφαρμογή. Οι παρακάτω συσκευές ήταν διαθέσιμες και τηρούσαν τα παραπάνω κριτήρια:

- Realme GT Neo 2
 - Οθόνη 6.62 ιντσών ανάλυσης 1080x2400
 - Επεξεργαστής Qualcomm Snapdragon 870
 - Μηχανή γραφικών Qualcomm Adreno 650
 - 8GB Ram
 - Αισθητήρας Κάμερας 64MP
 - Android 12
 - Έτος παραγωγής 2022
- Huawei Nova 5T
 - Οθόνη 6.26 ιντσών ανάλυσης 1080x2340
 - Επεξεργαστής HiSilicon KIRIN 980
 - Μηχανή γραφικών ARM Mali-G76
 - 6GB Ram
 - Αισθητήρας Κάμερας 48MP
 - Android 11
 - Έτος παραγωγής 2020
- Xiaomi Mi 8
 - Οθόνη 6.21 ιντσών ανάλυσης 1080x2248
 - Επεξεργαστής Qualcomm Snapdragon 845
 - Μηχανή γραφικών Qualcomm Adreno 630
 - 6GB Ram
 - Αισθητήρας Κάμερας 12MP
 - Android 8.1
 - Έτος παραγωγής 2018

- Microsoft HoloLens 2
 - Δυο οθόνες ανάλυσης 1440x936, μία για το κάθε μάτι
 - Επεξεργαστής Qualcomm Snapdragon 850
 - Μηχανή γραφικών Qualcomm Adreno 630
 - 4GB Ram
 - Αισθητήρας κάμερας 8MP
 - Windows Holographic OS
 - Έτος παραγωγής 2019

4.3 Σχεδίαση Λειτουργιών

Μετά από εκτενή μελέτη του λογισμικού, διαμορφώθηκε ένα πλάνο λειτουργιών της εφαρμογής, καθώς και η δομή της. Αυτό περιλαμβάνει:

- Αρχική οθόνη: Θα περιέχει το κουμπί έναρξης της λειτουργίας επαύξησης, καθώς και κουμπιά που θα μεταφέρουν τον χρήστη σε κάποιο χάρτη στον οποίο μπορεί να δει τα σημεία ενδιαφέροντος.
- Χάρτης αντικειμένων ενδιαφέροντος: Θα δίνει στον χρήστη πληροφορίες είτε μέσω σημείων σε κάποιο χάρτη, είτε με εικόνες του σημείου ενδιαφέροντος για να γνωρίζει ο χρήστης τα σημεία που μπορούν να εμπλουτιστούν με εικονική πληροφορία. Ο χάρτης θα είναι σε μορφή εικόνας ενσωματωμένης στην εφαρμογή για να εξαλείψουμε το πρόβλημα έλλειψης σήματος στις εκάστοτε περιοχές.
- Επαύξηση πάνω στο αντικείμενο: Στην περίπτωση κάποιου αντικειμένου που δεν έχει αλλοιωθεί, όπως κάποιος πίνακας ζωγραφικής, θα εμφανίζεται κάποιο περίγραμμα ώστε να δείχνει το αντικείμενο που επαυξάνεται, ενώ στην περίπτωση που έχει αλλοιωθεί, όπως για παράδειγμα ένα αρχαίο αντικείμενο, είναι δυνατή η προβολή ενός δισδιάστατου ή τρισδιάστατου γραφικού που δείχνει την αρχική κατάσταση του αντικειμένου.
- Πρόσθετη πληροφορία: Σε κάθε περίπτωση που η κάμερα αναγνωρίζει κάποιο σημείο ενδιαφέροντος, θα εμφανίζονται κάποιες γραπτές πληροφορίες όπως το όνομα του αντικειμένου, η χρονολογία κατασκευής του, ο κατασκευαστής ή μια σύντομη περιγραφή του. Επιπλέον, ανάλογα το αντικείμενο είναι δυνατή η προβολή κάποιου βίντεο είτε η αναπαραγωγή περισσότερων πληροφοριών μέσα από κάποιο αρχείο ήχου. Σε κάθε περίπτωση, θα συνοδεύεται από κάποια μορφή χειρισμού, όπως κουμπιά αναπαραγωγής, παύσης ή διακοπής. Όταν το σημείο ενδιαφέροντος χαθεί από το πεδίο όρασης της κάμερας, θα εξαφανίζονται και οι πρόσθετες πληροφορίες.
- Φίλτρο πληροφοριών: Θα υπάρχει ένα φίλτρο πληροφοριών, το οποίο στην ενεργοποίηση/απενεργοποίηση του θα έχει το αντίστοιχο αποτέλεσμα στον πίνακα πρόσθετων πληροφοριών. Αναπόφευκτα, ο πίνακας αυτός για να είναι λειτουργικός, θα πρέπει να καλύπτει κάποιο σεβαστό πεδίο της όρασης του χρήστη. Σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να επικαλύψει μέρος του σημείου ενδιαφέροντος, αν πχ ο χρήστης είναι πολύ κοντά σε αυτό και δεν έχει την επιλογή να απομακρυνθεί. Έτσι, δίνεται η δυνατότητα επαύξησης μόνο του σημείου χωρίς τον πίνακα, ώστε να βρίσκεται ολόκληρο στο βλέμμα του χρήστη.

Στόχος είναι η υλοποίηση όλων των παραπάνω, με μικρές μεταβολές που ίσως προκύψουν από φυσικές δυσκολίες καθώς και περιορισμούς στο λογισμικό το οποίο αλλάζει με ταχύτατους ρυθμούς λόγω της εξίσου γρήγορης ανάπτυξης του κλάδου. Ιδανικά, θα δημιουργηθεί μία εφαρμογή η οποία θα προσφέρει μία διαφορετική διαδραστική εμπειρία στους επισκέπτες των σημείων ενδιαφέροντος.

4.4 Υλοποίηση εφαρμογής για συσκευές Android

Αφού καταλήξαμε στο σχεδιασμό και τις λειτουργίες της εφαρμογής και επιλέχθηκαν τα προγράμματα που θα χρησιμοποιηθούν, φτάνουμε στο σημείο της υλοποίησης της. Μετά την εγκατάσταση του απαραίτητου λογισμικού και την απόκτηση του κλειδιού χρήσης του Vuforia, δημιουργήσαμε το 3D project στη Unity, δίνοντας του ονομασία. Με την έναρξη του project, αλλάζουμε την πλατφόρμα την οποία στοχεύει η εφαρμογή, πατώντας File -> Build Settings -> Android -> Switch Platform. Οι υπόλοιπες ρυθμίσεις της εφαρμογής θα διαμορφωθούν στο τελικό στάδιο, μετά από δοκιμαστικές εφαρμογές για την καλύτερη υποστήριξη τους από διάφορες συσκευές.

Προσθέσαμε το πακέτο του Vuforia ακολουθώντας τον οδηγό και στη συνέχεια διαγράφουμε την υπάρχουσα Main Camera και την αντικαθιστούμε με την AR Camera του Vuforia Engine. Για τη χρήση της, απαιτείται το κλειδί που λάβαμε από την ιστοσελίδα του. Για να το εισάγουμε, επιλέγουμε την Camera και στο inspector πατάμε το Open Vuforia Engine Configuration και βάζουμε το κλειδί στο πεδίο Add License. Ακόμα στο inspector της κάμερας, υπάρχει η επιλογή του world center mode, που μας δίνει την επιλογή να επιλέξουμε ποιο θέλουμε να είναι το κέντρο του κόσμου της εφαρμογής. Διαθέτει τις εξής επιλογές:

- **FIRST_TARGET:** Το κέντρο του κόσμου είναι ο πρώτος στόχος που θα αναγνωρίσει το Vuforia.
- **SPECIFIC_TARGET:** Ένας στόχος που έχουμε θέσει πως αν αναγνωριστεί θα αποτελέσει το κέντρο του κόσμου για την εφαρμογή.
- **DEVICE:** Η συσκευή αποτελεί το κέντρο του κόσμου της εφαρμογής.

Επιλέξαμε το Device καθώς θέλουμε να έχουμε τη δυνατότητα να κινούμαστε στο χώρο και να αναγνωρίζουμε διαφορετικούς στόχους. Θέσαμε επίσης στο πεδίο Max Simultaneous Image Targets την τιμή 1, για να γίνεται αναγνώριση μόνο ενός στόχου στο πεδίο της όρασης της κάμερας, για λόγους ευστάθειας της εφαρμογής και λειτουργικότητας, καθώς η εμφάνιση δύο πινάκων πληροφοριών θα χρειαζόταν να καλύπτουν ολόκληρη την οθόνη για να είναι ευανάγνωστοι.

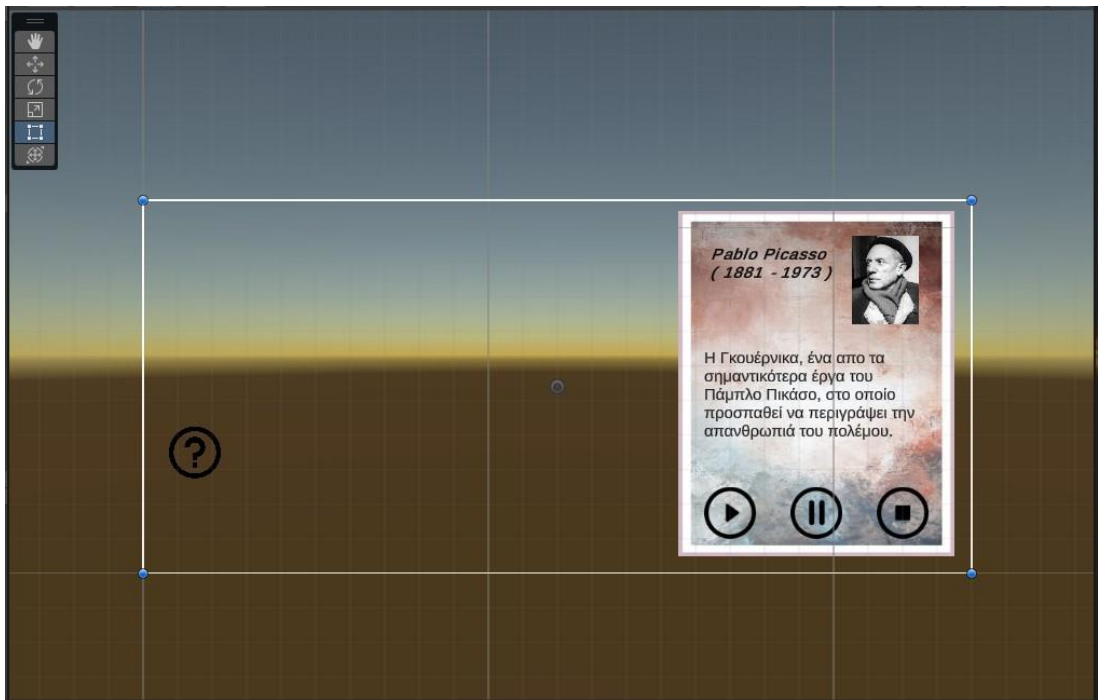
Στη συνέχεια, θέλουμε να προσθέσουμε την βάση δεδομένων με τους στόχους που θα χρησιμοποιήσουμε. Σε κάθε στάδιο της εφαρμογής, μπορούμε να αναπροσαρμόσουμε αυτή τη βάση, προσθέτοντας ή μεταβάλλοντας τους στόχους μέσα από την ιστοσελίδα του Vuforia. Αφού δημιουργήσουμε τη βάση όπως αναφέρθηκε παραπάνω, την προσθέτουμε ως Custom Package.

Για να δημιουργήσουμε τον 1^ο δισδιάστατο στόχο, επιλέγουμε το Vuforia Engine -> Image Target σε κάποιο κενό σημείο στο Hierarchy. Ανοίγοντας το Inspector του στόχου που δημιουργήσαμε, στο script Image Target Behavior, μπορούμε να επιλέξουμε τον στόχο μας από κάποια βάση δεδομένων, από κάποια εικόνα, ή μέσω Cloud Recognition. Για την εφαρμογή μας επιλέγουμε μέσω βάσης δεδομένων, επιλέγουμε τη βάση μας και διαλέγουμε τον στόχο που επιθυμούμε. Ο 1^{ος} στόχος αποτελεί έναν πίνακα ζωγραφικής, ο οποίος δεν θα έχει κάποια επαύξηση τρισδιάστατου αντικειμένου πάνω του, αλλά ένα περίγραμμα που θα δείχνει πως ο στόχος ανιχνεύτηκε (Εικόνα 4.5). Στην άκρη της οθόνης θα παρέχονται πληροφορίες μέσω κάποιου οπτικοακουστικού υλικού και κάποιου κειμένου. Για να ενεργοποιηθεί οποιαδήποτε επαύξηση πάνω στον στόχο όταν αυτός ανιχνεύεται, αρκεί να τοποθετηθεί το προϊόν της επαύξησης ως παιδί στην ιεραρχία, με γονέα τον στόχο. Για το περίγραμμα, χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα Cylinders από το μενού των 3D Objects, τοποθετημένα με τέτοιο τρόπο και μέγεθος ώστε να περιβάλλουν τον στόχο. Για να είναι ευδιάκριτο, δημιουργήθηκε στα assets ένα νέο Material, στο οποίο δόθηκε ένα έντονο πράσινο χρώμα. Στη συνέχεια προστέθηκε στο περίγραμμα μέσω του Inspector στο Element του μενού Mesh Renderer.



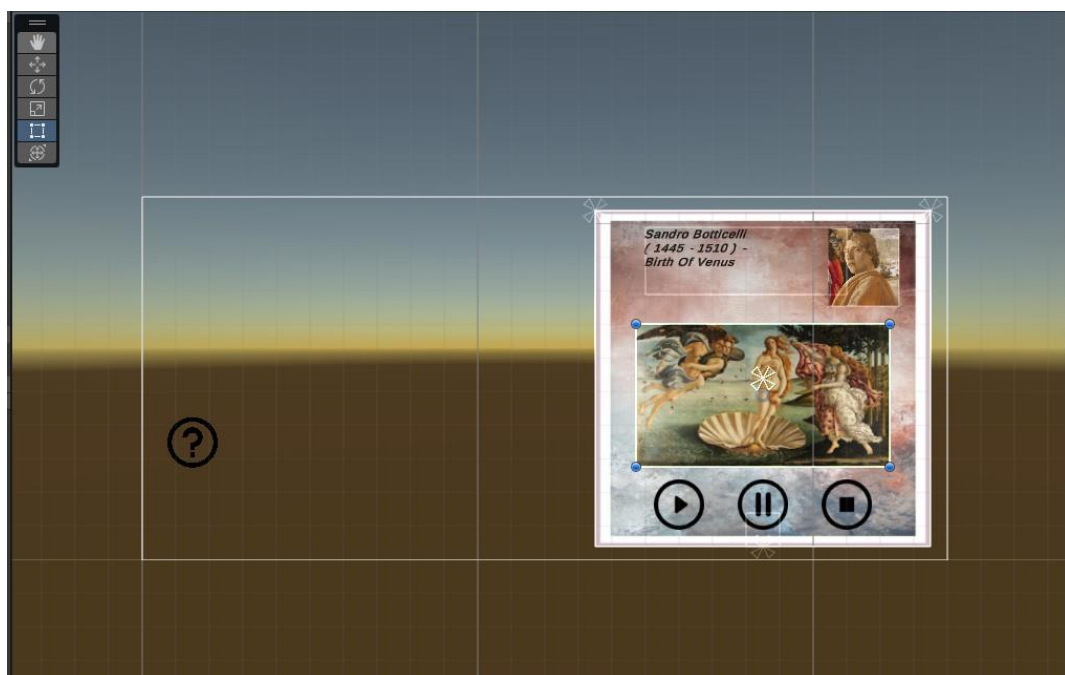
Εικόνα 4. 5 Στόχος που επαυζάνεται με περίγραμμα αναγνώρισης

Το υλικό που θα προστεθεί σε στόχους τέτοιου τύπου, θα είναι κάποιο οπτικοακουστικό μέσο που θα εμφανίζεται στην άκρη της οθόνης στη μορφή ενός πίνακα. Κρίθηκε πως ο πίνακας αυτός, είναι προτιμότερο να μένει σταθερός σε κάποια μεριά της οθόνης όσο ο στόχος είναι εντός του πεδίου της όρασης, καθώς έτσι θα είναι ευκολότερη η αλληλεπίδραση μαζί του καθώς και η ανάγνωση του. Έτσι, η λύση ήταν να χρησιμοποιήσουμε ένα Canvas, στον οποίο δώσαμε την ιδιότητα του Render Mode -> Screen Space Overlay. Έτσι, δημιουργήθηκε ένας χώρος που θα αναπαριστά την οθόνη του κινητού. Στην ρύθμιση του Canvas Scaler, το Ui Scale Mode τέθηκε ως Scale With Screen Size και το Reference Resolution ως 2400x1080, αφού αυτή είναι η ανάλυση των συσκευών που θα πραγματοποιήσουμε τα δοκιμαστικά. Με αυτόν τον τρόπο, έχουμε ένα σημείο αναφοράς ως προς την ανάλυση της συσκευής, αλλά ο πίνακας θα αλλάζει μέγεθος ανάλογα με τη συσκευή που θα τρέχει την εφαρμογή. Στη συνέχεια δημιουργήθηκε ως παιδί του ένα Panel, που βρίσκεται στην άκρη του Canvas και θα περιέχει όλες τις πληροφορίες. Τοποθετήθηκαν κάποιες βασικές πληροφορίες, καθώς και 3 κουμπιά τα οποία θα εκτελούν τις λειτουργίες της εκκίνησης, παύσης και διακοπής του ακουστικού μέσου. Για τη σύνδεση των κουμπιών με τον ήχο που θα παράγουν, προστέθηκε ένα Audio -> Audio Source στην ιεραρχία και στη συνέχεια, διαμορφώθηκε σε κάθε κουμπί η λειτουργία On Click() που αναπαριστά την λειτουργία του κουμπιού όταν πατηθεί. Σε κάθε περίπτωση, προστέθηκε το αρχείο του ήχου και δόθηκαν οι εντολές Play, Pause και Stop αντίστοιχα. Το αποτέλεσμα φαίνεται στην Εικόνα 4.6. Δημιουργήθηκε και ένας 2^{ος} στόχος με τις ίδιες ιδιότητες για δοκιμαστικούς σκοπούς.



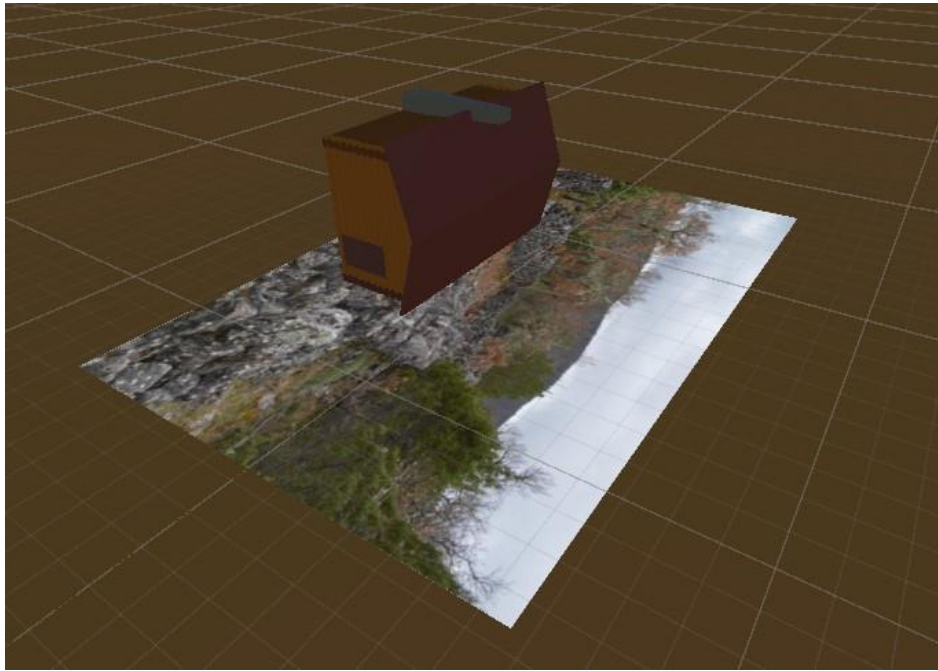
Εικόνα 4. 6 Παράδειγμα επαύξησης ενός πίνακα πληροφοριών με ηχητικό μέσο

Στον 3^ο στόχο, έγινε αλλαγή του ηχητικού μέσου με κάποιο βίντεο [24]. Η δημιουργία του είναι παρόμοια με αυτή των προηγούμενων στόχων, με τη διαφορά πως αφαιρέθηκαν οι πληροφορίες από τον πίνακα και προστέθηκε στη θέση τους ένα αντικείμενο τύπου UI -> Raw Image. Προστέθηκε μετά σε αυτό το Component Video Player, όπου συνδέεται με το βίντεο (Εικόνα 4.7).



Εικόνα 4. 7 Παράδειγμα επαύξησης ενός πίνακα πληροφοριών με βίντεο

Για τον 4^ο στόχο, ακολουθήθηκε την ίδια λογική, όμως σε αυτή την περίπτωση αντί να τοποθετηθεί ένα περίγραμμα γύρω από το στόχο, θα εμφανίζεται ένα τρισδιάστατο μοντέλο μπροστά του (Εικόνα 4.8). Το μοντέλο δημιουργήθηκε στο TinkerCad που αναλύθηκε νωρίτερα, ενώ η μορφή του είναι .OBJ για τη γεωμετρία του σχήματος και .mtl για τα Materials. Η χρήση κάποιου τρισδιάστατου μοντέλου έχει ως αποτέλεσμα την μεγάλη αύξηση στο μέγεθος της τελικής εφαρμογής, ανάλογη με το μέγεθος και τη λεπτομέρεια του μοντέλου που θα χρησιμοποιηθεί.



Εικόνα 4. 8 Παράδειγμα προβολής τρισδιάστατου μοντέλου σε δισδιάστατο στόχο

Για τον 5^ο στόχο, η αρχική εκτίμηση ήταν να δημιουργηθεί ένα τρισδιάστατο μοντέλο ενός πραγματικού αντικειμένου, πάνω στο οποίο θα τοποθετούσαμε κάποιο άλλο μοντέλο. Για να επιτευχθεί αυτό, ήταν αναγκαίο είτε να έχουμε κάποιο smartphone με τον αισθητήρα LiDAR, οποίος χρησιμοποιείται για να καθορίσει την απόσταση της κάμερας από το αντικείμενο, είτε κάποιο 3D Scanner. Καθώς δεν υπήρχε πρόσβαση σε κάποια από αυτές τις τεχνολογίες, έγιναν δοκιμές μέσω της εφαρμογής PolyCam για συσκευές Android, αλλά το αποτέλεσμα αφενός δεν ήταν σωστό, αφετέρου δεν είχε την απαραίτητη λεπτομέρεια για να αποτελέσει έναν αναγνωρίσιμο στόχο. Έτσι, η εναλλακτική ήταν να χρησιμοποιηθεί η λειτουργία Multi-Target του Vuforia Engine, όπου ο στόχος αποτελείται από φωτογραφίες από κάθε πλευρά του αντικειμένου. Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε ένα ελεύθερο μοντέλο από την ιστοσελίδα <https://free3d.com>, για να επικαλυφθεί ο στόχος (Εικόνα 4.9).



Εικόνα 4. 9 Παράδειγμα επαύξησης τρισδιάστατου μοντέλου σε Multi-Target

Σε κάθε στόχο, αφαιρέθηκε στο εκάστοτε αρχείο βίντεο ή ήχου η επιλογή Play On Awake, ώστε να μην αρχίζει η αναπαραγωγή του μέσου τη στιγμή που εμφανίζεται ο στόχος, αλλά όταν ο χρήστης πατήσει το κουμπί Play.

Στη συνέχεια, αφού δημιουργήθηκαν οι στόχοι και η οποιαδήποτε επαύξηση τους αντιστοιχεί, προσπαθήσαμε να διορθώσουμε κάποια πρακτικά θέματα. Αρχικά υλοποιήθηκε ένα κουμπί που θα εμφανίζεται μαζί με το υλικό, το οποίο δίνει τη δυνατότητα να κλείσουμε τον πίνακα πληροφοριών, ώστε να έχουμε περισσότερο χώρο στην οθόνη, στην περίπτωση που ο χρήστης βρίσκεται κοντά στο σημείο ενδιαφέροντος και ο πίνακας το επικαλύπτει. Για να υλοποιηθεί αυτή τη λειτουργία, φτιάξαμε τον παρακάτω κώδικα.

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

public class PanelToggler : MonoBehaviour
{
    bool isOn = false;
    [SerializeField] GameObject InformationPanel;

    public void togglePanel()
    {
        if (isOn)
        {
            InformationPanel.SetActive(false);
            isOn = false;
        }
        else
        {
            InformationPanel.SetActive(true);
            isOn = true;
        }
    }
}
```

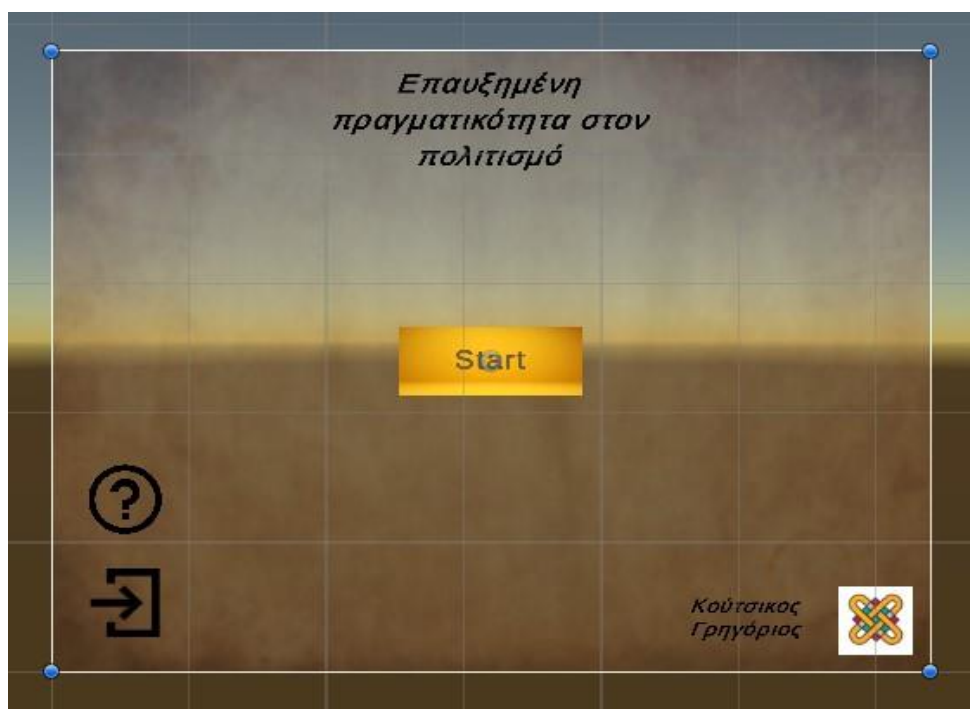
Αρχικά δημιουργήσαμε την κλάση PanelToggler, η οποία λειτουργεί ως συμπληρωματική της MonoBehaviour. Η MonoBehaviour είναι η βασική κλάση της Unity, πάνω στην οποία πρέπει να δημιουργούνται όλα τα scripts και να την κληρονομούν. Στη συνέχεια φτιάξαμε τη μεταβλητή isOn τύπου bool, η οποία αντιπροσωπεύει την κατάσταση του πίνακα πληροφοριών. Φτιάξαμε επίσης ένα αντικείμενο InformationPanel και του δώσαμε την ιδιότητα SerializedField ώστε να είναι εμφανές στο Inspector, κάτι απαραίτητο αφού η μεταβλητή έχει εμβέλεια Private. Στη συνέχεια η συνάρτηση togglePanel ελέγχει αν ο πίνακας είναι ανοιχτός και αν είναι τον κλείνει και το αντίστροφο. Για να ενσωματώσουμε το script αυτό στο κουμπί του κάθε αντικειμένου, προσθέσαμε σε κάθε πίνακα ως Component τον κώδικα που δημιουργήσαμε και στη συνέχεια σε κάθε κουμπί του εκάστοτε αντικειμένου, προσθέτουμε στη συνάρτηση On Click() το αντικείμενο του πίνακα. Εν συνεχεία επιλέχθηκε η συνάρτηση που θέλουμε να τρέχει όποτε πατιέται το κουμπί επιλέγοντας PanelToggler -> togglePanel().

Άλλο ένα πρακτικό μέρος που αλλάξαμε, είναι η αυτόματη παύση του ήχου/βίντεο όταν ο στόχος χαθεί, ώστε αν ο χρήστης φύγει από το σημείο του στόχου, να μην υπάρχει ανάγκη να γυρίσει πίσω για να κλείσει τον ήχο που παίζει στο παρασκήνιο. Αυτό υλοποιήθηκε προσθέτοντας σε κάθε Image Target το αντίστοιχο αρχείο ήχου/βίντεο στη συνάρτηση On Target Lost() και θέτοντας την εντολή AudioSource.Pause() και MediaPlayer.Pause() αντίστοιχα.

Τέλος, για να γίνει η εφαρμογή πιο πρακτική, δημιουργήθηκε μία αρχική οθόνη για αυτή. Το κουμπί που θα μεταφέρει το χρήστη στην αρχική οθόνη θα βρίσκεται στην κάτω αριστερή γωνία της οθόνης της συσκευής.

4.4.1 Αρχική οθόνη

Η αρχική οθόνη της εφαρμογής (Εικόνα 4.10), θα αποτελεί την πρώτη επαφή του χρήστη με την εφαρμογή, οπότε θα ήταν συνετό να δημιουργηθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι εύκολή στη χρήση, χωρίς να είναι απαραίτητο κάποιο εγχειρίδιο. Έτσι, δημιουργήθηκε μία νέα σκηνή, στην οποία τοποθετήθηκε ένα Canvas. Ως παιδί του δημιουργήθηκε ένα panel στο οποίο δόθηκε μία εικόνα που θα αποτελέσει το φόντο του μενού. Στην προσπάθεια να κρατηθεί η εφαρμογή όσο πιο απλή στη χρήση γίνεται, τοποθετήθηκε ένας τίτλος, ένα κουμπί για την έναρξη της σκηνής αναγνώρισης, ένα κουμπί δείχνει τα σημεία ενδιαφέροντος, ένα για την έξοδο από την εφαρμογή και το λογότυπο του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας το οποίο μας μεταφέρει στην επίσημη ιστοσελίδα.



Εικόνα 4. 10 Αρχική οθόνη σε συσκευές Android

Για τη λειτουργία του λογότυπου ως σύνδεσμο με την ιστοσελίδα χρησιμοποιήθηκε το παρακάτω script.

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

public class UrlOpen : MonoBehaviour
{
    public string url;
    public void Open()
    {
        Application.OpenURL(url);
    }
}
```

Στο script δημιουργήθηκε η συνάρτηση Open, η οποία περιέχει την εντολή OpenURL της βιβλιοθήκης Application, με παράμετρο ένα URL που θα τέθηκε στη συνέχεια μέσα από το περιβάλλον της Unity. Στη συνέχεια τοποθετήθηκε το script ως component στο λογότυπο, τέθηκε στην συνάρτηση On Click() η μέθοδος UriOpen.Open και δόθηκε η ιστοσελίδα στο πεδίο URL.

4.4.2 Πληροφορίες

Οι πληροφορίες (Εικόνα 4.11) θα έχουν ως σκοπό να δώσουν στο χρήστη τις τοποθεσίες των σημείων ενδιαφέροντος πάνω σε κάποιο χάρτη, καθώς και μικρογραφίες αυτών, ώστε να είναι πιο εύκολη η αναγνώριση τους. Στην υλοποίησή μας, τα σημεία βρίσκονται σε διάφορα σημεία του κόσμου, οπότε θα παραλειφθεί ο χάρτης.

Το πρόβλημα που αντιμετωπίσαμε είναι πως οι πληροφορίες ήταν αδύνατο να τοποθετηθούν σε μία σελίδα με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι διακριτές και ευανάγνωστες. Οι λύσεις ήταν είτε να δημιουργηθούν πολλαπλές σκηνές, είτε να μετατραπεί το Panel σε κυλιόμενο. Επιλέχθηκε το κυλιόμενο panel για λόγους πρακτικότητας. Έτσι, προστέθηκε στο panel το component Scroll Rect, και τέθηκε ως υλικό μία εικόνα πάνω στην οποία τοποθετήθηκαν τα σημεία ενδιαφέροντος.



Εικόνα 4. 11 Πίνακας πληροφοριών στόχων σε συσκευές Android

4.4.3 Αλλαγή σκηνών

Η εφαρμογή αποτελείται από τρεις σκηνές, το μενού, τις πληροφορίες και τη σκηνή που ανιχνεύει και επαυξάνει το περιεχόμενο. Κάθε μία από αυτές έχει κουμπιά για την πλοήγηση από τη μία σκηνή στην άλλη. Το script που εκτελεί αυτές τις λειτουργίες βρίσκεται παρακάτω:

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

public class SceneControl : MonoBehaviour
{

    public void MainMenu()
```

```

    {
        SceneManager.LoadScene("MainMenu");
    }

    public void MainInfo()
    {
        SceneManager.LoadScene("MainInfo");
    }

    public void PaintingDemo()
    {
        SceneManager.LoadScene("ArDemo");
    }

    public void QuitApp()
    {
        Application.Quit();
    }
}

```

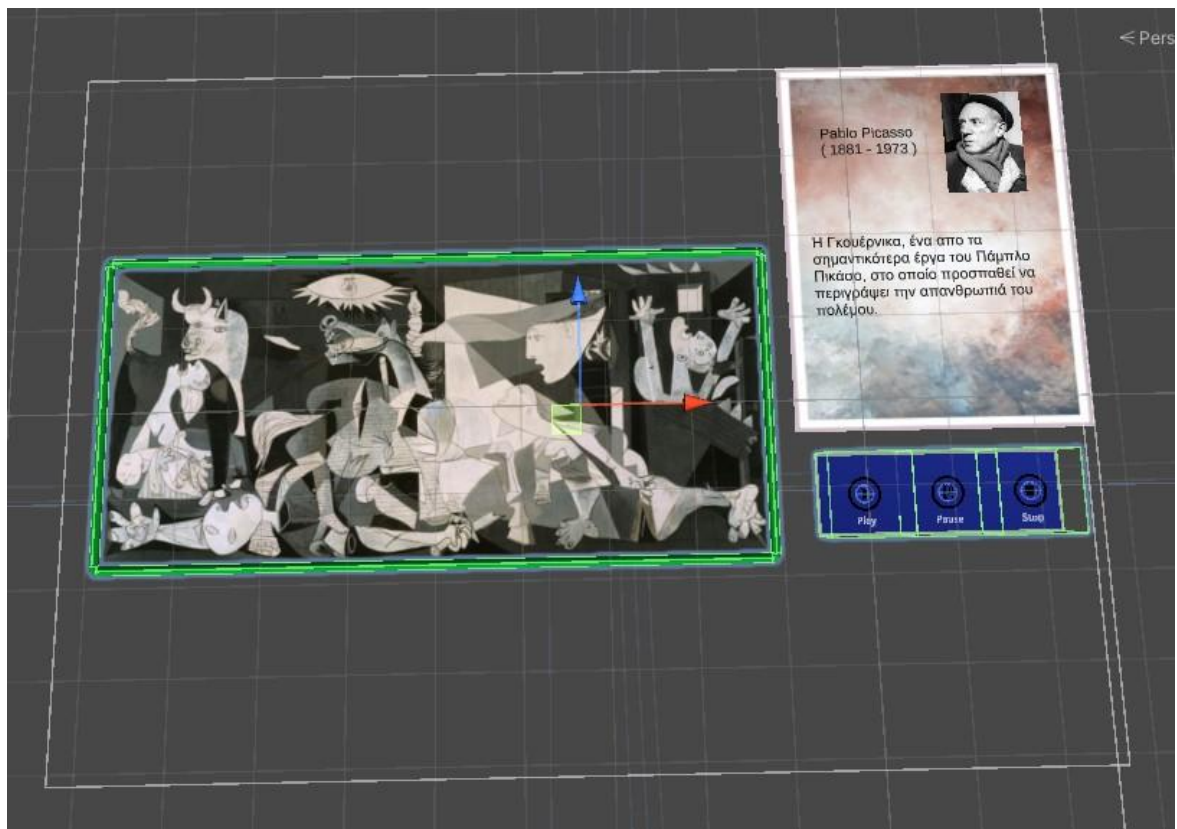
Ενσωματώνοντας το script ως component στα αντίστοιχα κουμπιά, αλλάχθηκε η συνάρτηση On Click() του καθενός και τέθηκε να εκτελεί την αντίστοιχη λειτουργία. Έτσι, κάθε σκηνή έχει επιστροφή στο αρχικό μενού, όπου ο χρήστης έχει πρόσβαση σε κάθε άλλη σκηνή.

4.5 Υλοποίηση εφαρμογής για Microsoft HoloLens 2

Η λογική που ακολουθήσαμε για την ανάπτυξη της εφαρμογής για τα HoloLens 2 είναι παρόμοια με αυτή που ακολουθήσαμε και στις συσκευές Android. Μετά την εγκατάσταση του πακέτου του Vuforia, εγκαταστήσαμε μέσω του Mixed Reality Toolkit 2 τα πακέτα που μελετήθηκαν στο κεφάλαιο του λογισμικού, ώστε να έχουμε πρόσβαση στις λειτουργίες της συσκευής. Αφού προστεθούν τα πακέτα, επιλέχθηκε το Mixed Reality -> Project -> Apply Recommended Project Settings for HoloLens 2. Κάθε σκηνή, είναι αναγκαίο να διαμορφωθεί έτσι ώστε να είναι συμβατή με τα HoloLens 2. Αυτό πραγματοποιείται μέσω της επιλογής Mixed Reality -> Toolkit -> Add to Scene and Configure.

Δημιουργήσαμε αρχικά μία σκηνή την οποία διαμορφώσαμε για λειτουργία στη συσκευή μας μέσω του εργαλείου Configure Scene for Microsoft HoloLens 2. Στη συνέχεια προστέθηκε στη Main Camera το Component Vuforia Behaviour, ώστε η κάμερα να έχει τις λειτουργίες αναγνώρισης του Vuforia και προστέθηκε το License στο Vuforia Engine Configuration.

Στη συνέχεια, κατηγοριοποιήσαμε όλο το υλικό που θα επανζηθεί στο GameObject VuforiaContent και προστέθηκε όλο το υλικό όπως και στην εφαρμογή για Android. Λόγω της διαφοράς στη λειτουργία των γυαλιών επανζημένης πραγματικότητας με αυτή των κινητών τηλεφώνων, έπρεπε να γίνουν κάποιες τροποποιήσεις για την ορθή λειτουργία της εφαρμογής. Το πρόσθετο υλικό όπως ο πίνακας πληροφοριών και η αναπαραγωγή βίντεο/ήχου, θα εμφανίζεται σε θέση σχετική με αυτή του αντικειμένου ενδιαφέροντος, καθώς τα HoloLens δεν υποστηρίζουν Canvas με Render Mode Screen Space – Overlay. Έτσι, τέθηκε το Canvas του κάθε αντικειμένου σε μορφή World Space, αφού τον μετατρέψαμε πρώτα σε MRTK Canvas με την αυτοματοποιημένη διαδικασία του MRTK, ώστε να υποστηρίζεται από τη συσκευή. Ως αποτέλεσμα, ο πίνακας πληροφοριών θα εμφανίζεται δίπλα από το αντικείμενο και θα αιωρείται κοντά του. Επίσης, τα κουμπιά αναπαραγωγής του πολυμέσου, αντικαταστάθηκαν με τα τρισδιάστατα κουμπιά που προσφέρει το MRTK Toolbox, για μία πιο εμπυθιστική εμπειρία (Εικόνα 4.12).

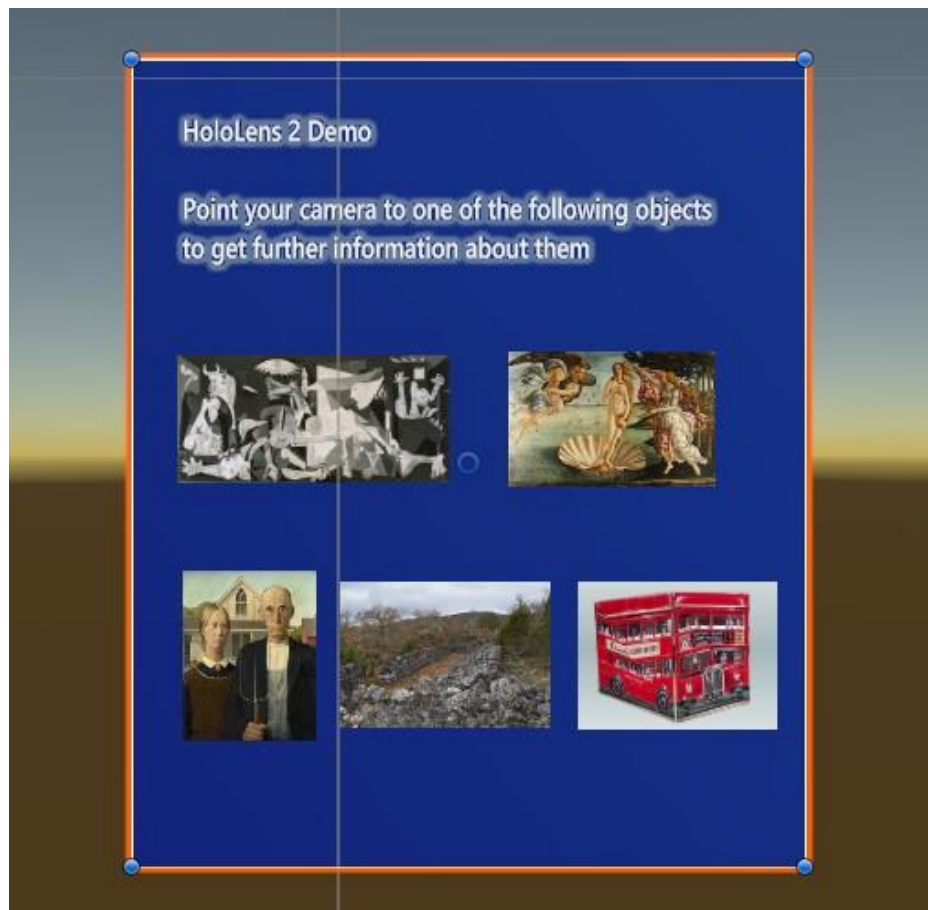


Εικόνα 4. 12 Συνολική επαύξηση με περίγραμμα αναγνώρισης και ενός πίνακα πληροφοριών

Στους στόχους που επαυξάνονται με τρισδιάστατα μοντέλα, προστέθηκε η λειτουργία αλληλεπίδρασης με αυτά. Αυτό υλοποιήθηκε επιλέγοντας το μοντέλο και προσθέτοντας και παραμετροποιώντας τα components Object Manipulator και NearInteractionGrabbable. Με αυτά τα δύο πρόσθετα, ο χρήστης θα μπορεί να επιλέξει το μοντέλο από κοντά ή μακριά, να το μετακινήσει, να το περιστρέψει και να το μεγεθύνει. Με αυτόν τον τρόπο αντικρούουμε τυχόν λάθη αναγνώρισης και τοποθέτησης του μοντέλου.

Για την ευκολότερη λειτουργία της εφαρμογής, δόθηκε και σε κάθε πίνακα πληροφοριών η δυνατότητα παραμόρφωσης του. Με αυτόν τον τρόπο, ο χρήστης μπορεί να τον προσαρμόσει στις ανάγκες μεγέθους και απόστασης, ώστε να μπορεί να διακρίνει καλύτερα το περιεχόμενό του. Αυτή η λειτουργία πραγματοποιήθηκε για να αντικρούσει την πιθανότητα που το αντικείμενο ενδιαφέροντος δεν βρίσκεται αρκετά κοντά στον χρήστη. Ως συνέπεια, αφαιρέθηκε το κουμπί εμφάνισης πληροφοριών αφού πλέον ο χρήστης θα έχει τη δυνατότητα να τον μετακινήσει σε όποιο σημείο του χώρου θέλει και να καθορίσει τί υπάρχει στο οπτικό του πεδίο.

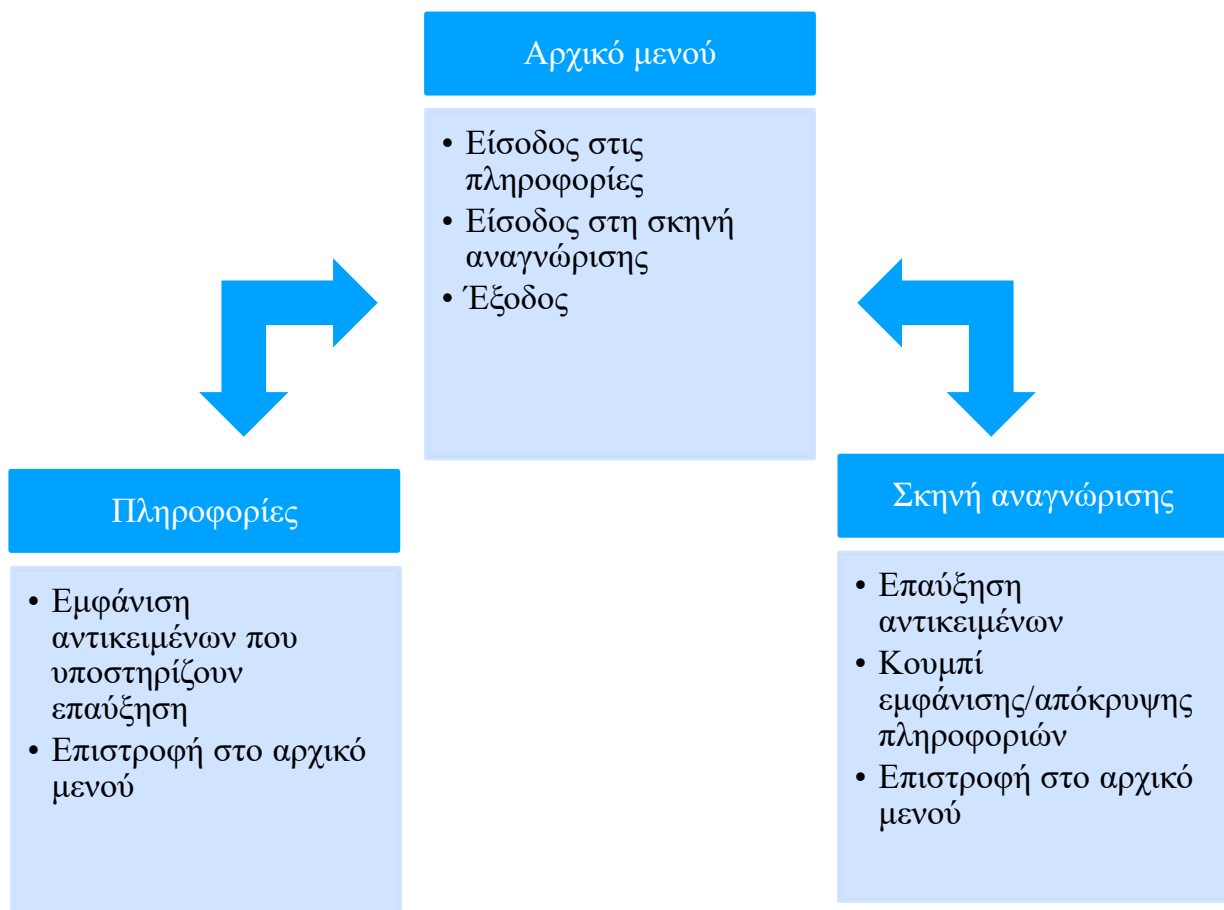
Λόγω της φύσης των γυαλιών AR, η προσθήκη κάποιου αρχικού μενού δεν κρίθηκε αναγκαία. Έτσι όλο το πρόγραμμα αποτελείται από μία σκηνή. Οι πληροφορίες για τα σημεία ενδιαφέροντος, εμφανίζονται με το άνοιγμα της εφαρμογής σε μορφή ενός πίνακα (Εικόνα 4.13), τον οποίο ο χρήστης μπορεί να μετακινεί και να αλληλεπιδρά μαζί του, κρατώντας τον ανοιχτό σε κάθε στιγμιότυπο της εφαρμογής.



Εικόνα 4. 13 Προγραμματισμός πίνακα πληροφοριών στόχων για Microsoft HoloLens 2

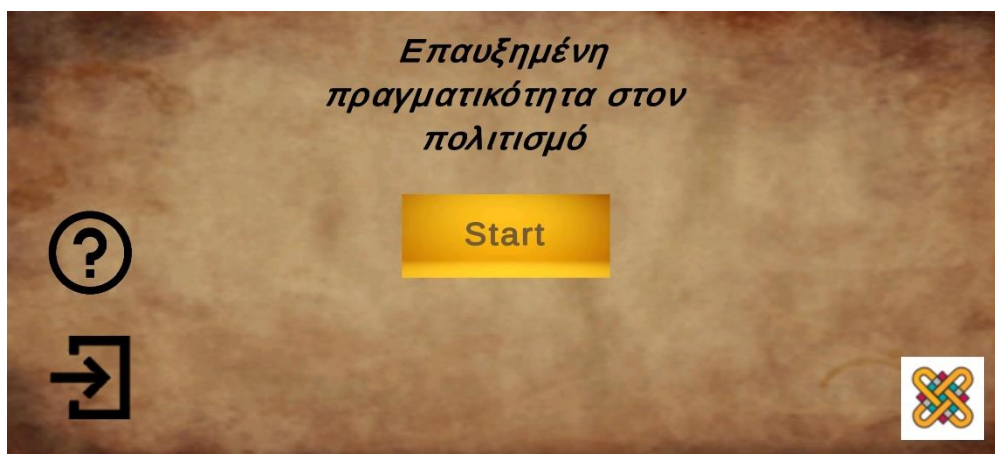
4.6 Εφαρμογή για Android

Στην εφαρμογή για συσκευές Android, μετά την εκκίνηση της ζητείται άδεια χρήσης της κάμερας της συσκευής της πρώτη φορά που ανοίγουμε την εφαρμογή. Η πρώτη σκηνή που ανοίγει είναι αυτή του αρχικού μενού, μέσω της οποίας μπορούμε να μεταφερθούμε στη σκηνή πληροφοριών, τη σκηνή αναγνώρισης σημείου ενδιαφέροντος και επαύξησης του, ή να κλείσουμε την εφαρμογή. Από τις σκηνές επαύξησης και πληροφοριών, μπορούμε μόνο να μεταφερθούμε στο αρχικό μενού. Η συσχέτιση των σκηνών υλοποιήθηκε με αυτόν τον τρόπο για λόγους ευχρηστίας, ώστε να μην καταλαμβάνεται μεγάλο μέρος κάθε σκηνής από κουμπιά. Το γεγονός πως η εναλλαγή των σκηνών γίνεται με αμελητέα ταχύτητα προώθησε αυτόν τον τρόπο υλοποίησης. Ακολουθεί σχηματικά στην εικόνα 4.14 ένα σχέδιο λειτουργιών της κάθε σκηνής και πρόσβασης από τη μία σκηνή στις άλλες.



Εικόνα 4. 14 Σχέδιο αλληλεπίδρασης των σκηνών σε συσκευές Android

Μετά την είσοδο στην εφαρμογή, εμφανίζεται το αρχικό μενού (Εικόνα 4.15).



Εικόνα 4. 15 Η αρχική οθόνη της εφαρμογής για συσκευές Android

Έχοντας μπει στις πληροφορίες της εφαρμογής (Εικόνα 4.16), μπορούμε να πλοηγηθούμε τραβώντας τον πίνακα προς τα πάνω ή κάτω, ή να επιστρέψουμε στο αρχικό μενού.



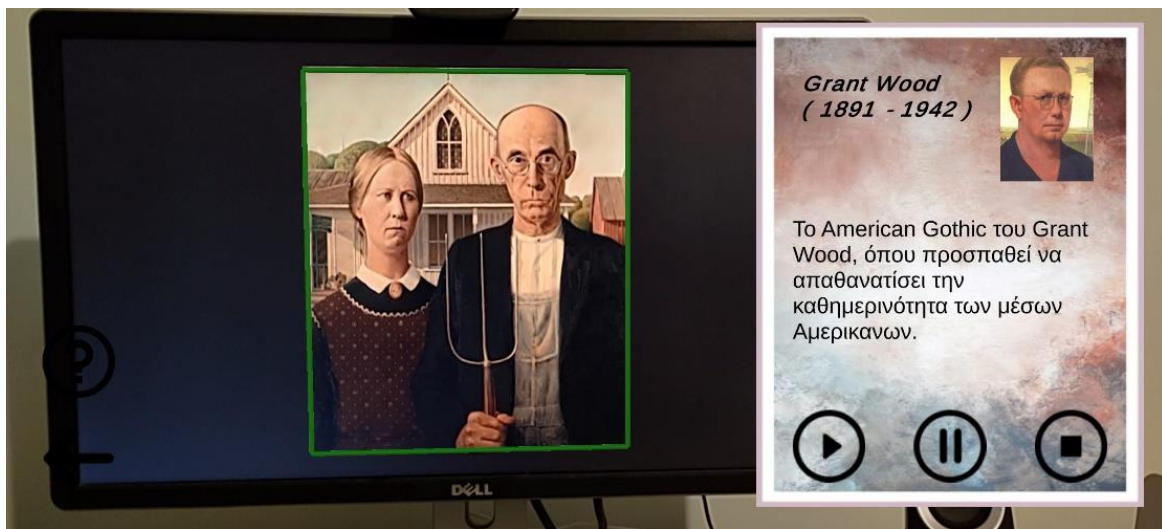
Εικόνα 4. 16 Ο πίνακας πληροφοριών μέσα στην εφαρμογή για συσκευές Android

Πατώντας το κουμπί Start, κλείνει το αρχικό μενού και φορτώνεται η σκηνή αναγνώρισης. Στον Πίνακα 1 περιγράφονται οι λειτουργίες της σκηνής αναγνώρισης από την οπτική του χρήστη και από την οπτική της εφαρμογής.

Πίνακας 1 :Πίνακας λειτουργιών εφαρμογής για συσκευές Android

Οπτική Χρήστη	Οπτική Εφαρμογής
Εκκίνηση σκηνής αναγνώρισης.	Σε αυτό το στάδιο, η εφαρμογή προσπαθεί να αναγνωρίσει οποιοδήποτε στόχο έχουμε θέσει. Το μόνο κουμπί που εμφανίζεται είναι αυτό που μας μεταφέρει στην αρχική οθόνη.
Στόχευση κάποιου αντικειμένου που έχουμε θέσει ως στόχο.	Η εφαρμογή προσαρμόζει την επαύξηση πάνω στο στόχο και ενεργοποιεί τον πίνακα πληροφοριών. Επίσης εμφανίζεται το κουμπί πληροφοριών. Η ταχύτητα με την οποία η επαύξηση θα προσαρμοστεί πάνω στο στόχο σχετίζεται με την πολυπλοκότητα της. Για παράδειγμα ένα απλό πλαίσιο θα εμφανιστεί γρηγορότερα από ένα τρισδιάστατο μοντέλο. Οι αναγνωρισμένοι στόχοι μένουν φορτωμένοι, οπότε στην περίπτωση που ο χρήστης προσπαθήσει να τους αναγνωρίσει ξανά, θα φορτώσουν γρηγορότερα.
Χρήση των κουμπιών πολυμέσων.	Πραγματοποιείται έλεγχος του πολυμέσου, μέσω των συναρτήσεων Play(), Pause(), Stop().
Ο χρήστης πατάει το κουμπί πληροφοριών όσο ο πίνακας είναι ανοιχτός.	Ο πίνακας συνεχίζει να είναι φορτωμένος στο παρασκήνιο, παρόλα αυτά εξαφανίζεται από την οθόνη. Η επαύξηση πάνω στο αντικείμενο παραμένει. Στην περίπτωση που ο χρήστης είχε θέσει σε λειτουργία τη συνάρτηση Play(), το πολυμέσο θα συνεχίσει την αναπαραγωγή του όσο ο στόχος παραμένει στην οθόνη.
Ο χρήστης πατάει το κουμπί πληροφοριών όσο ο πίνακας είναι κλειστός.	Ανοίγει ο πίνακας πληροφοριών, ενώ η κατάσταση του πολυμέσου δεν αλλάζει.
Ο στόχος χάνεται από το οπτικό πεδίο της κάμερας.	Εξαφανίζεται η επαύξηση, ο πίνακας και το κουμπί πληροφοριών, ενώ στο πολυμέσο εφαρμόζεται η συνάρτηση Pause(), ώστε να γίνει παύση.
Ο χρήστης πατάει το κουμπί επιστροφής στο αρχικό μενού.	Κλείνει η σκηνή επαύξησης και ανοίγει αυτή του αρχικού μενού.

Στη σκηνή αναγνώρισης, ακολουθούν παραδείγματα για τους στόχους που εμπλουτίζονται με ένα περίγραμμα αναγνώρισης και έναν πίνακα πληροφοριών. Στην εικόνα 4.17 ο πίνακας περιέχει γραπτές πληροφορίες και ένα ηχητικό μέσο, ενώ στην εικόνα 4.18 το κείμενο και το ηχητικό μέσο στον διαφορετικό στόχο αντικαταστάθηκαν με ένα βίντεο.

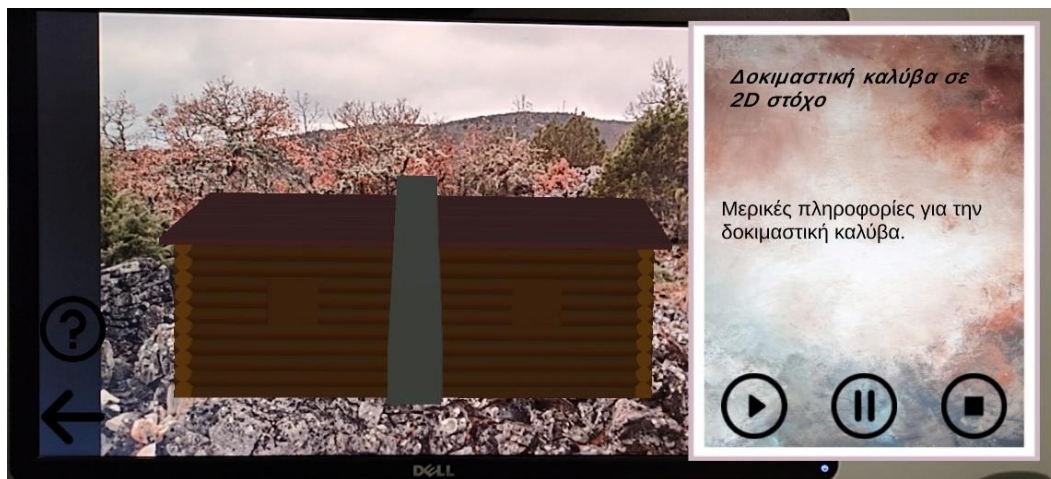


Εικόνα 4. 17 Παράδειγμα επαύξησης σε διδιάστατο στόχο με ηχητικό μέσο



Εικόνα 4. 18 Παράδειγμα επαύξησης σε διδιάστατο στόχο με βίντεο

Ο παρακάτω στόχος επαυξάνεται και με ένα τρισδιάστατο μοντέλο εκτός από τον πίνακα πληροφοριών. Φαίνεται επίσης η λειτουργία του κουμπιού ενεργοποίησης/απενεργοποίησης του πίνακα στις εικόνες 4.19 και 4.20 αντίστοιχα.



Εικόνα 4. 19 Παράδειγμα επαύξησης σε δισδιάστατο στόχο με τρισδιάστατο μοντέλο και ηχητικό μέσο



Εικόνα 4. 20 Παράδειγμα απόκρυψης πίνακα πληροφοριών

Ο τελευταίος στόχος ο οποίος επικαλύπτει πλήρως ένα αντικείμενο που έχουμε θέσει ως Multi-Target και αναγνωρίζεται από οποιαδήποτε από τις τέσσερις πλευρές του (Εικόνα 4.21).

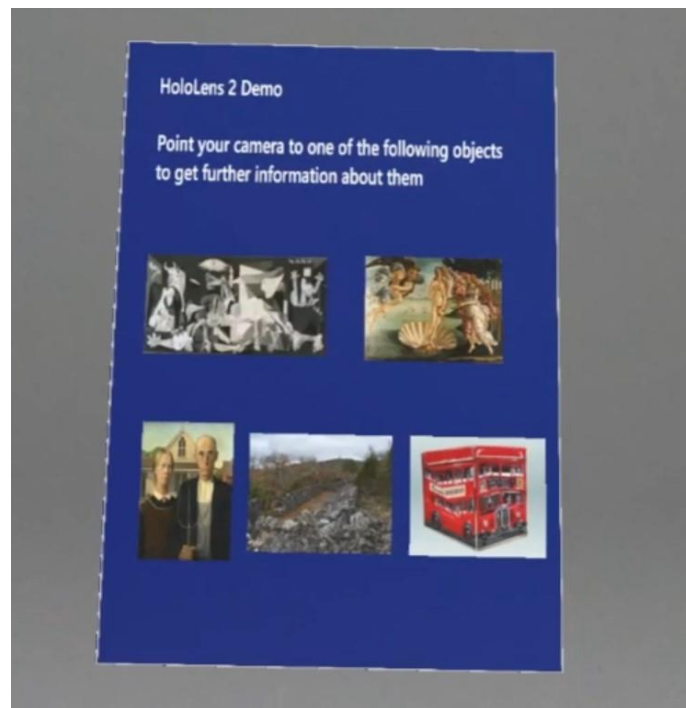


Εικόνα 4. 21 Παράδειγμα επαύξησης σε Multi-Target

4.7 Εφαρμογή για Microsoft HoloLens 2

Στην εφαρμογή για τα HoloLens 2, κατά την πρώτη εκκίνηση ζητούνται οι άδειες χρήσης των αισθητήρων αναγνώρισης ματιών, χεριών και κάμερας. Αφού δοθούν και οι τρεις άδειες, γίνεται έναρξη της βασικής σκηνής. Με την έναρξη της, εμφανίζεται σε μικρή απόσταση μπροστά από το

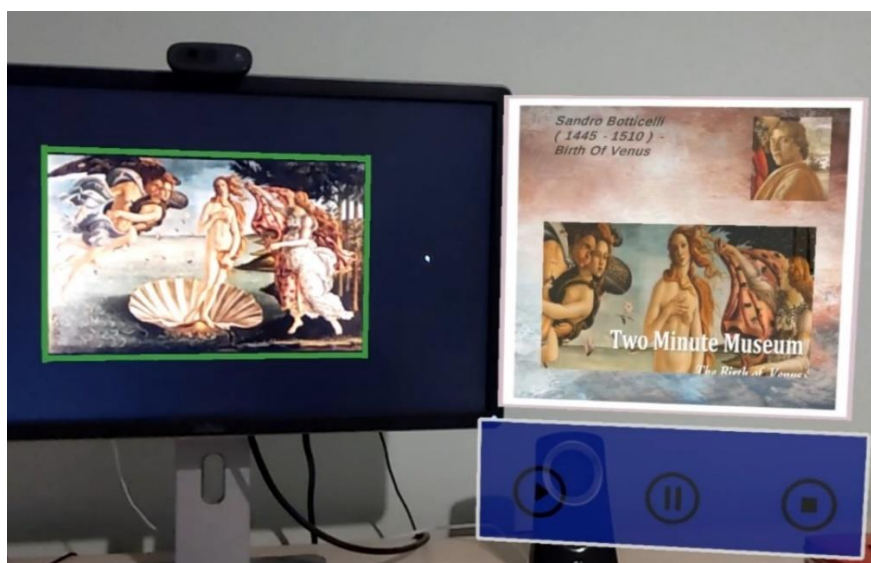
χρήστη ο πίνακας που περιέχει τους στόχους (Εικόνα 4.22), καθώς και μία μικρή περιγραφή. Ο πίνακας αυτός δεν κλείνει, και μπορεί να μεταφερθεί από τον χρήστη σε όποιο σημείο επιλέξει. Επίσης, έχει την ιδιότητα να αλλάζει το μέγεθος του και να περιστρέφεται, είτε αγγίζοντας τον είτε χρησιμοποιώντας την λειτουργία των HoloLens 2 για παραμόρφωση του από απόσταση.



Εικόνα 4. 22 Ο πίνακας πληροφοριών των στόχων μέσα από τα HoloLens 2

Ακολουθούν παραδείγματα από διάφορους στόχους καθώς και τις λειτουργίες που έχουν τα γραφικά που εμφανίζονται.

Στην εικόνα 4.23 φαίνεται ένας δισδιάστατος στόχος, στον οποίο έχει προσαρμοστεί ένα διάγραμμα αναγνώρισης καθώς και ένας πίνακας με τον τίτλο του πίνακα, τον ζωγράφο, και ένα βίντεο με πληροφορίες. Ο πίνακας πληροφοριών έχει μεταφερθεί πιο κοντά, έτσι ώστε να είναι πιο ευδιάκριτος.



Εικόνα 4. 23 Παράδειγμα επαύξησης δισδιάστατου στόχου με μεταφορά του πίνακα πληροφοριών

Στην εικόνα 4.24 βρίσκεται το παράδειγμα δισδιάστατου στόχου που επαυξάνεται με ένα τρισδιάστατο μοντέλο και έναν πίνακα πληροφοριών με ακουστικό μέσο. Φαίνεται επίσης η μετακίνηση του στόχου χρησιμοποιώντας την λειτουργία μετακίνησης από απόσταση.



Εικόνα 4. 24 Παράδειγμα επαύξησης δισδιάστατου στόχου με τρισδιάστατο μοντέλο και πίνακα πληροφοριών



Εικόνα 4. 25 Παράδειγμα περιστροφής του τρισδιάστατου μοντέλου από απόσταση

Ο επόμενος στόχος της εικόνας είναι ένας Multi-Target, ο οποίος αναγνωρίζεται και από τις 4 πλευρές του, και επαυξάνεται με ένα τρισδιάστατο μοντέλο που περιβάλλει το στόχο. Σε αυτόν το στόχο εφαρμόστηκε παραμόρφωση του μοντέλου πιάνοντας τον στόχο από κοντινή απόσταση, όπως φαίνεται στην εικόνα 4.27.



Εικόνα 4. 26 Παράδειγμα επαύξησης του Multi-Target



Εικόνα 4. 27 Παράδειγμα μετακίνησης και μεγέθυνσης του τρισδιάστατου μοντέλου

Τέλος, παρατηρήθηκε, πως αν μεγεθύνουμε κάποιο μοντέλο και μεταφερθούμε μέσα σε αυτό, μπορούμε να εξερενήσουμε το εσωτερικό του. Με αυτόν τον τρόπο, κάποιο μοντέλο στο οποίο έχει σχεδιαστεί και το εσωτερικό του, μπορεί να δώσει πληροφορίες στον χρήστη και για αυτό. Αυτή η λειτουργία αυξάνει τις δυνατότητες εμπλουτισμού σε περιπτώσεις κάποιου κτιρίου, αφού αυξάνονται οι πληροφορίες που μπορεί να λάβει ο χρήστης, ενώ ταυτόχρονα αυξάνει το επίπεδο του ρεαλισμού.

Κεφάλαιο 5: Αποτελέσματα

5.1 Αποτελέσματα της Μελέτης

Η διαδικασία που ακολουθήσαμε στο στάδιο της ανάπτυξης, είχε σκοπό να εξάγει μία εφαρμογή η οποία θα εξυπηρετεί τον χρήστη με τον πιο αποδοτικό τρόπο. Έτσι, δόθηκε ιδιαίτερο βάρος σε πολλούς τομείς εκτός της λειτουργικότητας, ώστε να προσφέρει μια ολοκληρωμένη και άρτια εμπειρία.

Στο στάδιο της αξιολόγησης μίας εφαρμογής, ο προγραμματιστής καλείται να μελετήσει κάποιες πτυχές του προγράμματος του και να κρίνει την συνολική του συμπεριφορά. Έχουν αναπτυχθεί πολυάριθμες μελέτες και προδιαγραφές γύρω από την αξιολόγηση μίας εφαρμογής. Σύμφωνα με την έρευνα των Dongsong Zang & Boonlit Adipat [25], η ευχρηστία της εφαρμογής συνοψίζεται από τα παρακάτω:

- Ευκολία εκμάθησης της εφαρμογής: περιγράφει την ταχύτητα και την ευκολία με την οποία ο χρήστης μπορεί να καταλάβει τις λειτουργίες της εφαρμογής. Έχοντας αυτό σαν γνώμονα, οι λειτουργίες και το περιβάλλον της εφαρμογής υλοποιήθηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε η εκμάθηση της να είναι εύκολη. Από την προσθήκη του χάρτη σημείων ενδιαφέροντος, κουμπιών με εικονίδια που ανταποκρίνονται στη λειτουργία τους, έως την σήμανση του αναγνωρισθέντος αντικειμένου και την αυτόματη τοποθέτηση του τρισδιάστατου γραφικού, οι λειτουργίες της εφαρμογής σχεδιάστηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι εύκολες στη χρήση.
- Δυνατότητα απομνημόνευσης: το χαρακτηριστικό αυτό αναφέρεται στην δυνατότητα του χρήστη να χρησιμοποιεί την εφαρμογή μετά από μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς να χρειάζεται να μάθει τις λειτουργίες της από την αρχή. Η ευκολία χρήσης της εφαρμογής, εξαλείφει τον χρόνο εκμάθησης της, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει πρόβλημα για τον χρήστη αν έχει καιρό να την χρησιμοποιήσει.
- Αποδοτικότητα: αναφέρεται στην ταχύτητα χρήσης της εφαρμογής. Χωρίζεται στην ταχύτητα της εφαρμογής, αλλά και την ταχύτητα που ο χρήστης μπορεί να ολοκληρώσει κάποια διαδικασία, αφού πρώτα μάθει να χρησιμοποιεί την εφαρμογή. Για να επιτευχθεί υψηλός βαθμός αποδοτικότητας, χρησιμοποιήθηκαν μηχανές ανάπτυξης τελευταίας τεχνολογίας και έγιναν αλλαγές στα γραφικά τέτοιες ώστε να διατηρηθεί ικανοποιητικό επίπεδο στην εμφάνιση της εφαρμογής, ενώ ταυτόχρονα να είναι αρκετά μικρά σε μέγεθος ώστε να επεξεργάζονται γρήγορα.
- Αριθμός σφαλμάτων: περιγράφει τον αριθμό των λαθών που είναι πιθανό να κάνει ο χρήστης, καθώς και τη σοβαρότητα τους. Το σχεδιάγραμμα χρήσης της εφαρμογής υλοποιήθηκε με

τέτοιο τρόπο, ώστε κάθε λάθος ενέργεια που μπορεί να κάνει ο χρήστης, να μπορεί να διορθωθεί πολύ γρήγορα.

- Ικανοποίηση του χρήστη: αυτό το χαρακτηριστικό αντικατοπτρίζει την τελική εικόνα που θα έχει ο χρήστης μετά τη χρήση της εφαρμογής.

Έχοντας αναπτύξει μία ικανοποιητική έκδοση της εφαρμογής βασιζόμενοι στα παραπάνω κριτήρια, ακολούθησαν δοκιμές ως προς τις δυνατότητες της και τη λειτουργικότητα της σε διάφορες σύγχρονες και παλαιότερες συσκευές, κάτω από ακραίες συνθήκες. Έτσι, δοκιμάστηκε σε διάφορα κινητά τηλέφωνα και καταγράφηκαν τα αποτελέσματα.

Οι δοκιμές στόχευαν να διακρίνουν τις διαφορές στον τρόπο που λειτουργεί η εφαρμογή ανάλογα με το λογισμικό και τα τεχνικά χαρακτηριστικά της συσκευής, σε διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας. Για παράδειγμα, σαφής περιορισμός για την ορθή λειτουργία της είναι ο επαρκής φωτισμός και η σωστή γωνία θέασης, ώστε να αναγνωρίζεται το αντικείμενο. Ακόμα, τεχνικός περιορισμός της συσκευής είναι η ικανή επεξεργαστική ισχύς και ένα σύστημα κάμερας.

5.1.1 Δοκιμές σε συσκευές Android

Από τις δοκιμές που έγιναν σε διάφορες συσκευές με λειτουργικό Android, τα αποτελέσματα έδειξαν πως οποιοδήποτε σχετικά σύγχρονο κινητό τηλέφωνο με το συγκεκριμένο λειτουργικό μπορεί να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις της εφαρμογής. Οι διαφορές των νεότερων με τις πιο παλιές συσκευές φάνηκαν κυρίως στον χρόνο αναγνώρισης, με μικρότερες έως και μηδαμινές αποκλίσεις στην αναγνώριση υπό γωνία και την αναγνώριση σε πιο σκοτεινό περιβάλλον.

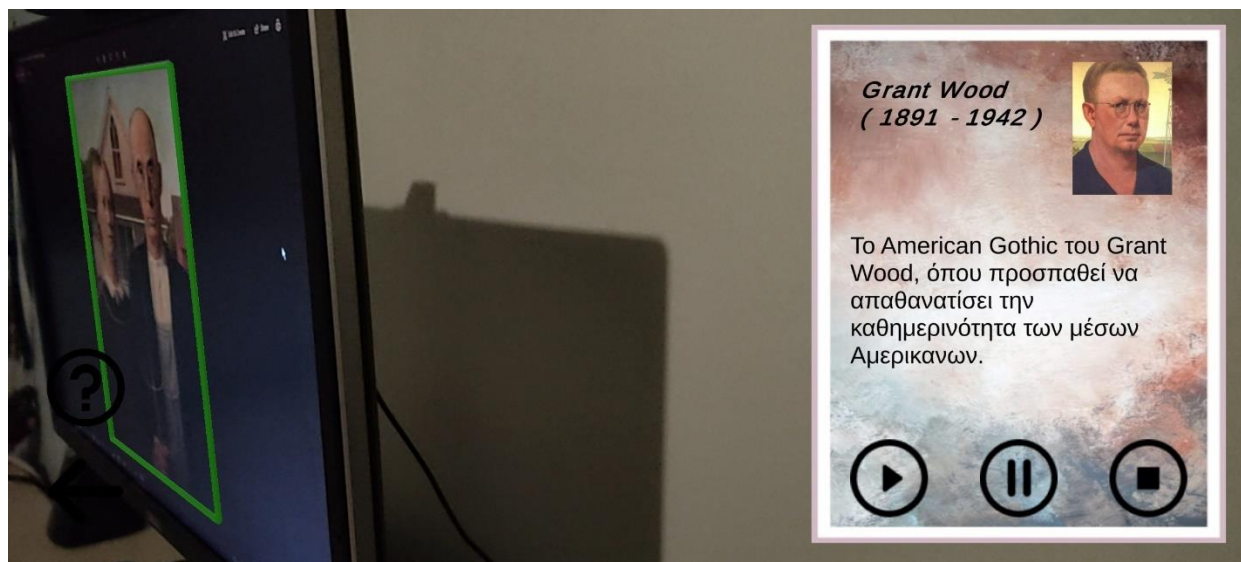
Κάθε συσκευή ανταποκρίθηκε γρήγορα στην εμφάνιση του πίνακα πληροφοριών, καθώς αποτελεί μία δισδιάστατη εικόνα που δεν απαιτεί μεγάλη επεξεργαστική ισχύ. Έτσι, επιλέξαμε τον χρόνο που χρειάστηκε η κάθε συσκευή για να εμφανίσει τον πίνακα ως γνώμονα για τον χρόνο αναγνώρισης. Περισσότερος χρόνος χρειάστηκε σε κάθε περίπτωση για την εμφάνιση κάποιου τρισδιάστατου μοντέλου. Τέλος παρατηρήθηκε πως από την στιγμή που κάποιος στόχος αναγνωρίζεται, κάθε φορά που προσπαθούμε να τον ξανά αναγνωρίσουμε, η διαδικασία της αναγνώρισης και της επαύξησης του γίνεται σε μηδαμινό χρόνο, λόγω της αποθήκευσης των δεδομένων στην μνήμη ram της συσκευής. Ακόμα, αν αναγνωρίσουμε κάποιο στόχο, μένει αναγνωρισμένος υπό μεγαλύτερη γωνία σε σχέση με την περίπτωση που προσπαθούμε να τον αναγνωρίσουμε για πρώτη φορά. Για παράδειγμα, ένας στόχος που στοχεύουμε με γωνία 60° μπορεί να μην βρεθεί. Αν όμως στοχεύσουμε την πρόσοψη του στόχου, ή υπό κάποια μικρή γωνία και μετακινηθούμε σε γωνία 70°, ο στόχος θα παραμείνει αναγνωρισμένος και η επαύξηση του θα παραμείνει ακριβής (Εικόνα 5.1).

Παρακάτω στον πίνακα αναγράφονται τα αποτελέσματα των δοκιμών, που έγιναν με τη χρήση τριγωνομετρίας υπολογίζοντας τη γωνία βάση της απόστασης του κινητού από το στόχο σε κάθε άξονα, και ενός απλού χρονομέτρου για την εύρεση του χρόνου αναγνώρισης. Η έλλειψη οργάνων μέτρησης καθιστούν τα αποτελέσματα μη ακριβή, όμως μπορούν να μας δώσουν μια σωστή εικόνα για τη λειτουργία της εφαρμογής σε διάφορες συσκευές μεσαίας κατηγορίας διάφορων χρονολογιών (Πίνακας 2).

Πίνακας 2 :Πίνακας δοκιμών σε συσκευές Android υπό γωνία

	Realme Gt Neo 2 (2022) (64MP)	Huawei Nova 5T (2020) (48MP)	Xiaomi Mi 8 (2018) (12MP)
Γωνία επαύξησης	60°	60°	50°
Γωνία επαύξησης μετά από αναγνώριση	70°	70°	60°
Χρόνος αναγνώρισης	Μηδενικός	Μηδενικός	Μηδενικός
Χρόνος επαύξησης σε τριδιάστατο μοντέλο, από τη στιγμή που αναγνωρίζεται ο στόχος.	1sec	1.5sec	2sec

Από τα παραπάνω δεδομένα φαίνεται πως η εφαρμογή λειτουργεί σε ικανοποιητικό βαθμό ακόμα και σε παλαιότερες συσκευές. Εξαιρέση από τα παραπάνω αποτελέσματα αποτελεί ο Multi-Target, ο οποίος χρειάστηκε για την αναγνώριση του λίγο μεγαλύτερο χρόνο και κυμαινόταν από 2 ως και 5 δευτερόλεπτα.

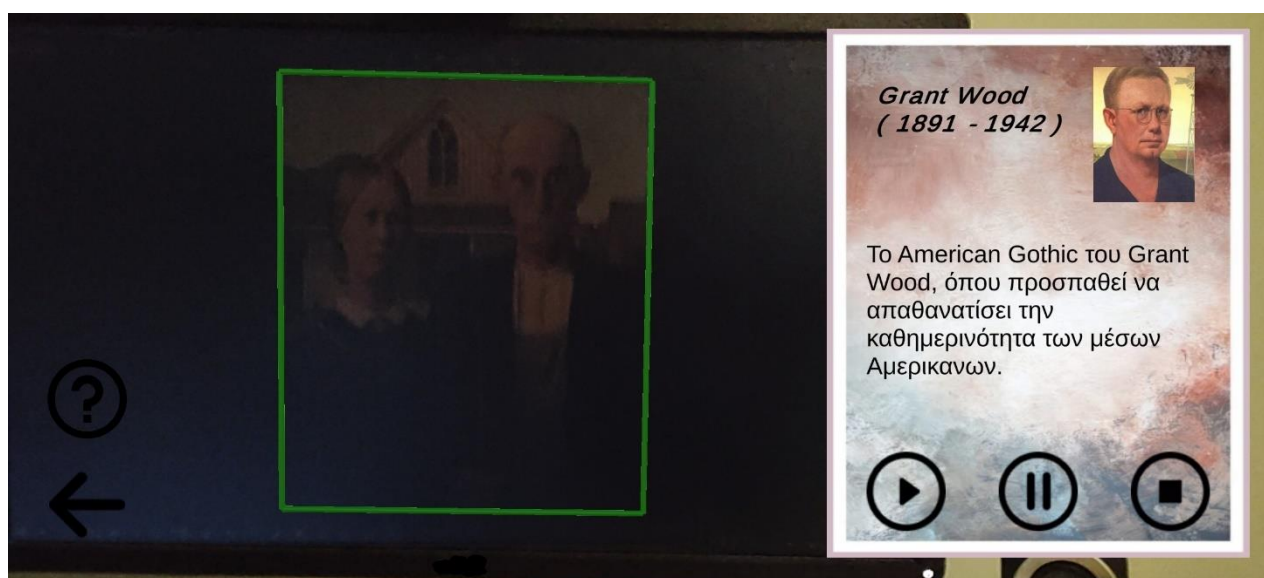


Εικόνα 5. 1 Επαύξηση μέσω συσκευής Android υπό μεγάλη γωνία

Δοκιμάστηκε επίσης και η αναγνώριση των στόχων σε πολύ σκοτεινό περιβάλλον, για το οποίο δεν είχαμε κάποια μονάδα μέτρησης, αλλά διαπιστώθηκε πως η αναγνώριση γίνεται ακόμα και σε περιβάλλοντα με λίγο φωτισμό. Διαπιστώθηκε πως ο μεγαλύτερος παράγοντας που επηρεάζει τη λειτουργία σε χαμηλό φωτισμό, είναι το σύστημα της κάμερας, καθώς κάποιοι φακοί διαχειρίζονται καλύτερα συνθήκες χαμηλού φωτισμού. Έτσι, σε κάποιες συσκευές η εικόνα παρουσιαζόταν φωτεινότερη χωρίς να αλλάξουμε την ένταση του φωτισμού στο δωμάτιο. Για να απομονώσουμε και να δοκιμάσουμε τη θεωρία πως ένα καλύτερο σύστημα γραφικών μπορεί να επηρεάσει την αναγνώριση, δοκιμάζοντας κάθε συσκευή μεταβάλλαμε το φως του δωματίου έτσι ώστε η εικόνα που λαμβάνει κάθε συσκευή να είναι η ίδια. Έτσι, σε συσκευές με σύστημα κάμερας που λαμβάνει περισσότερο φως, μειώσαμε την ένταση του φωτός στο δωμάτιο ώστε η εικόνα που εμφανίζεται στην οθόνη κάθε συσκευής να είναι η ίδια. Δοκιμάσαμε τότε να αναγνωρίσουμε τους στόχους και η εφαρμογή λειτουργήσε σωστά (Εικόνα 5.2) και στις τρεις συσκευές, απαιτώντας λίγο περισσότερο χρόνο για την αναγνώριση. Στον Πίνακα 3 φαίνονται τα αποτελέσματα του Πίνακα 2 σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού.

Πίνακας 3 :Πίνακας δοκιμών σε συσκευές Android σε χαμηλό φωτισμό

	Realme Gt Neo 2 (2022) (64MP)	Huawei Nova 5T (2020) (48MP)	Xiaomi Mi 8 (2018) (12MP)
Γωνία επαύξησης	45°	45°	40°
Γωνία επαύξησης μετά από αναγνώριση	60°	60°	50°
Χρόνος αναγνώρισης	1	1	3
Χρόνος επαύξησης σε τριδιάστατο μοντέλο, από τη στιγμή που αναγνωρίζεται ο στόχος.	1sec	1.5sec	2sec



Εικόνα 5. 2 Επαύξηση σε συσκευή Android με χαμηλό φωτισμό

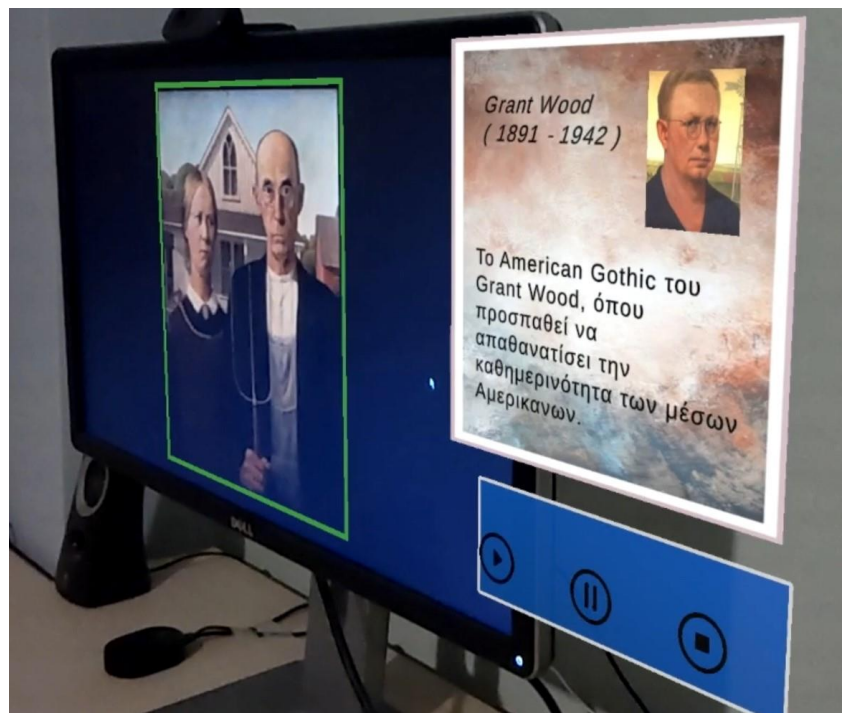
Σε κάθε περίπτωση, οι στόχοι που χρησιμοποιήθηκαν είχαν βαθμό αναγνώρισης 4 ή 5 αστεριών από την ιστοσελίδα του Vuforia, οπότε τα αποτελέσματα αφορούν στόχους που είναι εύκολα αναγνωρίσιμοι.

5.1.2 Δοκιμές στα Microsoft HoloLens 2

Από τις δοκιμές που έγιναν στη συσκευή παράχθηκαν κάποια αποτελέσματα και συμπεράσματα ως προς τη λειτουργία της εφαρμογής.

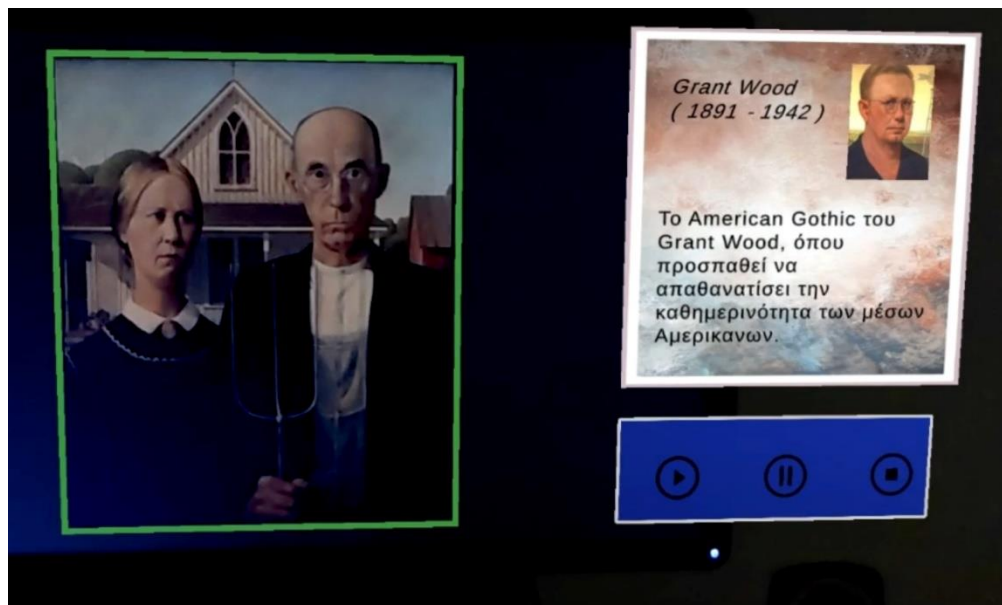
Συγκριτικά με την έκδοση της εφαρμογής για κινητά τηλέφωνα, παρατηρήθηκε πως οι χρόνοι και η αποτελεσματικότητα τοποθέτησης πάνω στο στόχο ήταν παρόμοιοι στο μεγαλύτερο μέρος της εφαρμογής. Η εμφάνιση της οποιασδήποτε επαύξησης γινόταν τη στιγμή που ο στόχος αναγνωριζόταν, και παρέμενε ενεργή χωρίς παρεμβολές. Ακόμα, παρατηρήθηκε πως από τη στιγμή που ένας στόχος αναγνωριζόταν στο χώρο, η αναγνώριση του σε κάποια άλλη χρονική στιγμή αφού έχουμε μετακινηθεί στο χώρο γινόταν χωρίς καμία χρονική παρεμβολή, καθώς η συσκευή είχε συνδέσει το σημείο που βρισκόταν το αντικείμενο με αυτό. Έτσι, κοιτώντας έναν στόχο που είχαμε αναγνωρίσει προηγουμένως υπό γωνία 90° εμφάνιζε την επαύξηση του. Έτσι, αν και η γωνία που αναγνωρίζεται ένας στόχος είναι κοντά στις 60° (Εικόνα 5.3), η γωνία κατά την οποία εμφανίζεται ένας ήδη αναγνωρισμένος στόχος παύει να αποτελεί κριτήριο αναγνώρισης. Ο χρόνος που απαιτείται

για να αναγνωριστεί ένας στόχος κάτω από καλό φωτισμό είναι σχεδόν μηδενικός, όπως επίσης και ο χρόνος που απαιτείται για την τρισδιάστατη επαύξηση.



Εικόνα 5. 3 Επαύξηση μέσω HoloLens υπό μεγάλη γωνία

Σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού, η εφαρμογή ανταποκρίνεται σωστά απαιτώντας χρόνο περίπου 2 δευτερολέπτων για την επαύξηση, ενώ οι γωνίες είναι παρόμοιες με αυτές των κινητών τηλεφώνων. Συγκριτικά με την έκδοση του κινητού τηλεφώνου, η επαύξηση σε σκοτεινό περιβάλλον χρειάζεται περισσότερο χρόνο, ενώ το ποσοστό φωτεινότητας που καθιστά την εφαρμογή λειτουργική είναι λίγο μεγαλύτερο (Εικόνα 5.4).



Εικόνα 5. 4 Επαύξηση μέσω HoloLens σε χαμηλό φωτισμό

Αρκετά διαφορετικά αποτελέσματα σε σχέση με την εφαρμογή για κινητά τηλέφωνα διαπιστώθηκαν στον Multi-Target. Ο χρόνος που χρειάστηκε για την αναγνώριση του δεν ήταν σταθερός και μετά από δοκιμές η κύμανση του ήταν από 5 έως 20 δευτερόλεπτα, ανάλογα τον φωτισμό και τη γωνία που τον στοχεύαμε. Ακόμα, η τοποθέτηση του τρισδιάστατου μοντέλου δεν

ήταν πάντα ακριβής, καθώς σε κάποιες περιπτώσεις η γωνία που είχε τοποθετηθεί ήταν λανθασμένη με μικρές όμως αποκλίσεις.

Συμπερασματικά, η έκδοση των HoloLens 2 υπερτερεί σε περιβάλλοντα με καλό φωτισμό, γεγονός που μπορούμε να αποδώσουμε στην προορισμένη χρήση του σε περιβάλλοντα επαυξημένου περιεχομένου, και στο πλήθος των αισθητήρων τους. Στην περίπτωση χαμηλού φωτισμού και αναγνώρισης Multi-Target όμως τα κινητά τηλέφωνα είχαν καλύτερη απόδοση. Χωρίς να δίνονται πληροφορίες σχετικά με την κάμερα των HoloLens εκτός από την ανάλυση της, μπορούμε να υποθέσουμε πως η χαμηλότερη ανάλυση της βασικής κάμερας συγκριτικά με αυτή των κινητών τηλεφώνων έπαιξε πρωταγωνιστικό ρόλο.

Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα

6.1 Συμπεράσματα της Μελέτης

Η επαυξημένη πραγματικότητα είναι μία τεχνολογία που πήρε την σημερινή την μορφή αρκετά πρόσφατα, αλλά αναπτύσσεται με ταχύτετους ρυθμούς λόγω των τεράστιων δυνατοτήτων της και της αποδοχής του κόσμου. Έχουν σημειωθεί σημαντικές εξελίξεις τόσο στην τεχνολογία, όσο και στο υλικό που τη χρησιμοποιεί, κάνοντας την έτσι προσβάσιμη στο ευρύτερο κοινό. Κατά την εκπόνηση της διπλωματικής αναφέραμε την ιστορία της τεχνολογίας, και συνεχίσαμε με έρευνα πάνω στις διάφορες τεχνολογίες που εντάσσονται στον τομέα της επαυξημένης πραγματικότητας, καθώς και στο υλικό το οποίο χρησιμοποιείται για την υποστήριξη των εφαρμογών της. Μελετήθηκαν οι υπάρχουσες εφαρμογές της πάνω στον τομέα του πολιτισμού και αναπτύχθηκε ένα λογισμικό επαύξησης για φορητές συσκευές.

Η εφαρμογή που αναπτύχθηκε αφορά την ενημέρωση του χρήστη για σημεία πολιτιστικού ενδιαφέροντος. Λειτουργεί σε έξυπνα κινητά τηλέφωνα με λογισμικό Android και στα γυαλιά Microsoft HoloLens 2. Μπορεί να εφαρμοστεί είτε σε εσωτερικούς χώρους όπως κάποιο μουσείο, αλλά και σε εξωτερικούς σε μικρά κτίρια. Μεγάλη έμφαση δόθηκε σε σημεία ενδιαφέροντος δυσπρόσιτων περιοχών, στα οποία δεν υπάρχει κάλυψη δικτύου ή αναγνώρισης τοποθεσίας. Ακόμα, παρόλο που οι στόχοι που είχαμε θέσει επιτευχθήκαν, έγινε χρήση τεχνολογιών που επιτρέπουν την εύκολη συντήρηση και αναβάθμιση των εφαρμογών στο προσεχές μέλλον. Σκοπός της είναι η πληροφόρηση του χρήστη μέσω κάποιου οπτικοακουστικού μέσου για το αντικείμενο, κάνοντας έτσι την ξενάγηση του στο σημείο αξιομνημόνευτη.

6.2 Μελλοντική Εργασία

Η παρούσα εφαρμογή αναπτύχθηκε με σκοπό να διερευνηθούν οι δυνατότητες που μπορεί να προσφέρει η επαυξημένη πραγματικότητα στον τομέα του πολιτισμού. Για να αποτελέσει ένα ολοκληρωμένο εμπορικό προϊόν θα πρέπει να προστεθούν δυνατότητες ή και διαφορετικές τεχνολογικές λειτουργίες οι οποίες θα καθιστούν την εμπειρία της εφαρμογής άρτια. Στην παρούσα κατάσταση της, η εφαρμογή συμπεριλαμβάνει διαφορετικούς τρόπους ενημέρωσης για σημεία ενδιαφέροντος και αποτελεί μία βάση για μελλοντικές μελέτες.

Αρχικά, η εφαρμογή απαιτεί περισσότερους στόχους, οι οποίοι όμως θα αυξήσουν σημαντικά το μέγεθος της εφαρμογής. Έτσι, θα ήταν συνετό να προστεθούν ως πακέτα τα οποία ο χρήστης θα μπορεί να εισάγει στην εφαρμογή ή και να τα διαγράψει, ώστε να κρατάει μόνο τα σημεία που τον ενδιαφέρουν. Εναλλακτικά, μπορούν να δημιουργηθούν διαφορετικές εκδόσεις της εφαρμογής με προεγκατεστημένους τους στόχους μίας συγκεκριμένης περιοχής, εξαλείφοντας έτσι την ανάγκη για κάποια διαδικτυακή βάση δεδομένων.

Στη συγκεκριμένη έρευνα, προσπαθήσαμε να αναπτύξουμε μία εφαρμογή η οποία θα λειτουργεί σε περιοχές που δεν έχουν σύνδεση δικτύου και τοποθεσίας. Έτσι, χρησιμοποιήσαμε μόνο τεχνολογίες αναγνώρισης εικόνας, ώστε να επαυξάνονται οι στόχοι που αναγνωρίζονται μόνο μέσω της κάμερας. Αν και η συγκεκριμένη τεχνολογία εξυπηρετεί το σκοπό, έχει ως μειονέκτημα την δυσκολία αναγνώρισης μεγάλων περιοχών, όπως κάποιο αρχαίο θέατρο ή κάποιο μεγάλο κτίριο. Σε κάποια μελλοντική έκδοση της εφαρμογής, θα μπορούσε να προστεθεί και η δυνατότητα να γίνεται ανίχνευση μέσω γεωγραφικής τοποθεσίας, έτσι ώστε να εξυπηρετείται ο σκοπός την επαύξησης μόνο μέσω της κάμερας, αλλά να υπάρχει και η δυνατότητα εύρεσης μεγαλύτερων περιοχών και κτιρίων, όταν υπάρχει επαρκές σήμα για να το υποστηρίξει.

6.3 Αποτίμηση και εμπόδια

Οι δυνατότητες της επαυξημένης πραγματικότητας έχουν ως μοναδικό περιορισμό τις τρέχουσες τεχνολογικές εξελίξεις της εκάστοτε εποχής. Από τη μελέτη και την υλοποίηση της εφαρμογής, καθώς και τα δοκιμαστικά σενάρια χρήσης που εκτελέστηκαν, συμπεραίνουμε πως το υλικό που χρησιμοποιούμε, μπορεί να αυξήσει και να μειώσει την απόδοση των εφαρμογών. Η επεξεργαστική ισχύς, τα συστήματα κάμερας, καθώς και οι τεχνολογίες ανίχνευσης όπως η ανίχνευση εικόνας ή ανίχνευσης μέσω του δικτύου τοποθεσίας, αν και βρίσκονται σε ένα ικανοποιητικό στάδιο ανάπτυξης, μπορούν να περιορίσουν τις δυνατότητες των εφαρμογών που απαιτούν ακρίβεια.

Συμπερασματικά, η επαυξημένη πραγματικότητα είναι μία επαναστατική τεχνολογία που μειώνει το χάσμα μεταξύ πραγματικού και εικονικού κόσμου, προσφέροντας πληροφορίες και συναρπαστικές δυνατότητες, με μοναδικό περιορισμό την τεχνολογική εξέλιξη.

Παράρτημα 1 – Εκδόσεις λογισμικού

Η γνώση της έκδοσης του λογισμικού που αναπτύχθηκε η εφαρμογή είναι σημαντική, καθώς η κάθε έκδοση του εκάστοτε λογισμικού υποστηρίζει διαφορετικές λειτουργίες, οι οποίες μπορεί να μην τρέχουν σωστά σε κάποια άλλη έκδοση. Αυτό το φαινόμενο παρατηρήθηκε στην προσπάθεια να κάνουμε ενημέρωση τις βιβλιοθήκες μας και κατέληξε σε καταστροφή του Project. Για την ανάπτυξη των τελικών εφαρμογών χρησιμοποιήθηκε το εξής λογισμικό στις παρακάτω εκδόσεις του.

Unity Hub 3.4.1 <https://unity.com/download>

Unity Editor 2021.3.16f1 (Πρόσβαση στην έκδοση μέσω του Unity Hub)

Vuforia 10.12.3 <https://developer.vuforia.com/downloads/sdk>

Microsoft Mixed Reality Toolkit 2.8.2 <https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=102778>

Tinkercad <https://www.tinkercad.com>

Παράρτημα 2 - Εγκατάσταση

Αρχείο εγκατάστασης για συσκευή Android:



Βιβλιογραφία

- [1] Augmented Reality Market Size, Share & Trends Analysis Report, <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/augmented-reality-market#:~:text=b.-,The%20global%20augmented%20reality%20market%20size%20was%20estimated%20at%20USD,USD%2038.56%20billion%20by%202022.>
- [2] Augmented Reality and Virtual Reality Market By Technology Type, <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/augmented-reality-virtual-reality-market-1185.html#:~:text=What%20is%20the%20current%20size,25.3%25%20from%202022%20to%202027.>
- [3] Πολιτιστική Κληρονομιά https://el.wikipedia.org/wiki/Πολιτιστική_κληρονομιά
- [4] P. Milgram, F. Kishino, “A *Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays*”, IEICE Transactions on Information and Systems, 1994.
- [5] History of Virtual Reality, https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_reality#History
- [6] I. E. Sutherland, “*The Ultimate Display*”, Information Processing Techniques Office, ARPA, OSD, Proceedings of the IFIP Congress, 1965, pp. 506-508.
- [7] I. E. Sutherland, “*A Head-Mounted Three-Dimensional Display*”, AFIPS '68 (Fall, part I): Proceedings of the December 9-11, 1968, fall joint computer conference, 1968, pp. 757–764.
- [8] T. P. Caudell, D. Mizell, “*Augmented reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing processes*”, Boeing Computer Services, Research and Technology, P.O. BOX 24346, MS 7L-22, 1992
- [9] The History of Mobile Augmented Reality <http://arxiv.org/pdf/1505.01319v3.pdf>
- [10] H. Schaffernak, B. Moesl, W. Vorraber, W. Vorraber, “*Potential Augmented Reality Application Areas for Pilot Education: An Exploratory Study*”, Institute of Engineering and Business Informatics, Graz University of Technology, 2020.
- [11] J. P. Rolland, H. Fuchs, “*Comparison of optical and video see-through, head-mounted displays*”, The International Society for Optical Engineering, 1994.
- [12] R. T. Azuma, “*Predictive Tracking for Augmented Reality*”, Department of Computer Science CB #3175, 1995, 20-24

- [13] A. Maimone, A.Georgiou, J.S. Kollin, “*Holographic Near-Eye Displays for Virtual and Augmented Reality*”, Microsoft Research, ACM Transactions on Graphics, Vol. 36, No. 4, Article 85, 2017
- [14] Ho-Gun Ha, J. Hong, “*Augmented Reality in Medicine*”, Hanyang University College of Medicine, 2016
- [15] AR in Defense, <https://www.designtechproducts-ptc-ar.com/articles/ar-defence>
- [16] G. Papagiannakis, M. Ponder, T. Molet, S. Kshirsagar, F. Cordier, N. Magnenat-Thalmann, D. Thalmann, “*LIFEPLUS: Revival of life in ancient Pompeii*”, MIRALab, University of Geneva, 2002
- [17] Microsoft's metaverse brings ancient Greece to life with augmented reality, <https://www.windowscentral.com/microsoft-brings-ancient-greece-life-augmented-reality>
- [18] Smithsonian Brings Historic Specimens to Life in Free “Skin and Bones” Mobile App, <https://www.si.edu/newsdesk/releases/smithsonian-brings-historic-specimens-life-free-skin-and-bones-mobile-app>
- [19] Mobile operating systems' market share <https://www.statista.com/statistics/272698/global-market-share-held-by-mobile-operating-systems-since-2009/>
- [20] Unity Manual, 2022, <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html>
- [21] Vuforia Manual, 2022, <https://library.vuforia.com>
- [22] Game Development - Write Games for the Universal Windows Platform with Unity, 2015, <https://learn.microsoft.com/en-us/archive/msdn-magazine/2015/windows-10-special-issue/game-development-write-games-for-the-universal-windows-platform-with-unity>
- [23] Mixed Reality Toolkit 2, 2022, <https://learn.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/mrtk-unity/mrtk2/?view=mrtkunity-2022-05>
- [24] Two Minute Museum “The Birth of Venus – Sandro Botticelli”, YouTube, 2020, <https://www.youtube.com/watch?v=Qt8qKm7Z0XA&t=1s> [Accessed: 12 Νοεμβρίου 2022]
- [25] D. Zhang, B. Adipat, “*Challenges, Methodologies, and Issues in the Usability Testing of Mobile Applications*”, International Journal of Human–Computer Interaction, 18(3), 2005

Συντομογραφίες - Αρκτικόλεξα

Κλπ
GPS
SDK
RGB
HMD
AR
VR

και λοιπά
Global Positioning System
Software Development Kit
Red-Green-Blue
Head-Mounted Display
Augmented Reality
Virtual Reality

Απόδοση Ξενόγλωσσων Όρων

Augmented Reality	Επαυξημένη Πραγματικότητα
Virtual Reality	Εικονική Πραγματικότητα
Reality-Virtuality Continuum	Συνεχές Πραγματικότητας-Εικονικότητας
Mixed Reality	Μικτή Πραγματικότητα
Augmented Virtuality	Επαυξημένη Εικονικότητα
Head-Mounted Display	Φορέσιμη Συσκευή Απεικόνισης
Cloud Recognition	Αναγνώριση Σύννεφου
Marker	Δείκτης
Track	Αναγνώριση
Target	Στόχος
App License Key	Κλειδί Ταυτοποίησης Εφαρμογής
(Software) Module	Δομοστοιχείο (Λογισμικού)
Custom Package	Προσαρμοσμένο Πακέτο
Hierarchy	Ιεραρχία