



Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Ψηφιακός Πολιτισμός, Έξυπνες Πόλεις, IoT και Προηγμένες Ψηφιακές
Τεχνολογίες»

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	Ψηφιακό Εκκλησιαστικό Μουσείο (Ι. Μ. Αγίου Νεκταρίου Γλυφάδας) Digital Ecclesiastical Museum (Holy Monastery Of Saint Nektarios Of Glyfada)
Ονοματεπώνυμο Φοιτητή	Αναστάσιος Σπύρογλου
Πατρώνυμο	Θεολόγος
Αριθμός Μητρώου	ΨΠΟΛ/19054
Επιβλέπων	Δημήτριος Δ. Βέργαδος, Καθηγητής

Ημερομηνία Παράδοσης **Δεκέμβριος 2025**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Δημήτριος Δ. Βέργαδος
Καθηγητής

Δρ. Κωνσταντίνα Σιούντρη
Διδάσκουσα ΠΜΣ

Δρ. Εμμανουήλ Σκόνδρας
Διδάσκων ΠΜΣ

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Δημήτριο Βέργαδο, για την πολύτιμη καθοδήγηση, τη διαρκή υποστήριξη και τις συμβουλές του καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Ευχαριστώ θερμά την Ιερά Μητρόπολη Γλυφάδας για την παραχώρηση της σχετικής άδειας για την ψηφιοποίηση των εικόνων της Ιεράς Μονής Αγίου Νεκταρίου Γλυφάδας καθώς και τον γέροντα της μονής, Νήφων, για την πνευματική καθοδήγηση, τη βοήθεια και τη συνεργασία που επέδειξε κατά την υλοποίηση της ψηφιοποίησης.

Περίληψη

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή, έχει ως κύριο αντικείμενο τη δημιουργία ενός ψηφιακού μουσείου, με στόχο την προβολή και την ανάδειξη, ιερών λατρευτικών φορητών εικόνων, που φυλάσσονται στο μουσείο της Ιεράς Μονής Αγίου Νεκταρίου Γλυφάδας. Στο ερευνητικό μέρος, εξετάζεται η σημασία της συμβολής των νέων τεχνολογιών στην ανάδειξη και προβολή της πολιτιστικής κληρονομιάς. Παρουσιάζονται μέθοδοι ψηφιοποίησης και παραδείγματα εφαρμογής εργαλείων εικονικής και επταυξημένης πραγματικότητας σε σύγχρονα μουσεία.

Στο πρακτικό μέρος, περιγράφεται η διαδικασία της σχεδίασης και της ανάπτυξης του ψηφιακού μουσείου, αναλύοντας όλα τα βήματα, από την ψηφιοποίηση των φορητών εικόνων έως την ένταξη τους στον ψηφιακό χώρο, επιτρέποντας στο κοινό να περιηγηθεί μέσα σε αυτό.

Η εργασία έχει ως στόχο, να συμβάλει στη σύνδεση της πολιτιστικής κληρονομιάς με ψηφιακές τεχνολογίες, προωθώντας σύγχρονους τρόπους προσέγγισης και παρουσίασης κειμηλίων σε εικονικό περιβάλλον.

Abstract

The current postgraduate thesis focuses on the creation of a digital museum designed to showcase and highlight sacred devotional portable icons preserved in the Museum of the Holy Monastery of Saint Nektarios in Glyfada. The research section examines the role and significance of emerging technologies in the promotion and preservation of cultural heritage. It presents digitization methods as well as examples of virtual and augmented reality applications implemented in contemporary museums.

The practical section outlines the design and development process of the digital museum, analyzing each stage, varying from the digitization of the portable icons to their integration into the digital environment, ultimately enabling visitors to navigate and explore the virtual space. The aim of the thesis is to contribute to bridging cultural heritage with digital technologies, promoting contemporary approaches to the interpretation and presentation of ecclesiastical artifacts within a virtual environment.

Περιεχόμενα

Εισαγωγή	8
Με ποιο τρόπο η εκκλησιαστική κληρονομιά αποτελεί σημαντικό μέρος της πολιτιστικής κληρονομιάς	10
Ερευνητικό Μέρος	10
<i>Πολιτιστική κληρονομιά</i>	10
<i>Πολιτιστική κληρονομιά και νέες τεχνολογίες</i>	10
<i>Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης της τεχνολογίας στην πολιτιστική κληρονομιά</i>	11
<i>Μουσεία</i>	11
<i>Ο επικαιροποιημένος ορισμός του Μουσείου</i>	11
<i>Είδη Μουσείων</i>	12
<i>AR Επαυξημένη Πραγματικότητα</i>	13
<i>Κατηγορίες AR</i>	14
<i>VR Εικονική Πραγματικότητα</i>	14
<i>Κατηγορίες Λογισμικών</i>	15
<i>MR Μικτή Πραγματικότητα</i>	16
<i>Διαφορές μεταξύ VR, AR και MR:</i>	16
<i>XR Εκτεταμένη Πραγματικότητα</i>	17
<i>Παραδείγματα Μουσείων</i>	17
<i>Παραδείγματα Μουσείων στο Metaverse</i>	25
<i>Μέθοδοι Τρισδιάστατης Ψηφιοποίησης</i>	26
<i>Μέθοδοι Δημιουργίας Εικονικών Περιηγήσεων</i>	28
<i>Λογισμικά</i>	30
<i>Λογισμικά Δημιουργίας Εικονικών Περιηγήσεων</i>	31
<i>Επιλογή Κατάλληλης Μεθόδου Ψηφιοποίησης και Δημιουργίας Εικονικών Χώρων και Περιηγήσεων</i>	33
Μελέτη Περίπτωσης	34
<i>Εισαγωγή</i>	34
<i>Τοποθέτηση Φορητών Εικόνων στον Ψηφιακό Χώρο του Μουσείου</i>	34
<i>Ψηφιοποίηση Φορητών Εικόνων</i>	35
<i>Εισαγωγή και Επεξεργασία Φωτογραφιών στο Adobe Lightroom</i>	35
<i>Δημιουργία Τρισδιάστατου Μοντέλου στο Rhino3D</i>	39

Δημιουργία Καμβάδων.....	44
Σχεδιασμός Τρισδιάστατου Μουσείου	45
Δημιουργία Τρισδιάστατης Περιήγησης στο Twinmotion.....	54
Συμπεράσματα	62
Βιβλιογραφία	63

Περιεχόμενα εικόνων

Εικόνα 1 Ο Ivan Sutherland φοράοντας τη συσκευή κεφαλής που δημιούργησε.	14
Εικόνα 2 Ο πίνακας της Μόνα Λίζα προβαλλόμενος σε εικονικό περιβάλλον.	17
Εικόνα 3 Εικονική περιήγηση μέσα στο μουσείου του Λούβρου.	18
Εικόνα 4 Εικονική περιήγηση μέσα στο μουσείου του Λούβρου.	18
Εικόνα 5 Σκανάρισμα πινακίδας στην Ακρόπολη.	19
Εικόνα 6 Εμφάνιση αγάλματος εντός του Παρθενώνα με τη χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας.	20
Εικόνα 7 Επιλέγοντας μέσω κάμερας το σημείο τοποθέτησης του εικονικού εκθέματος... ..	20
Εικόνα 8 Εμφάνιση εικονικού εκθέματος στο σημείο επιλογής.	21
Εικόνα 9 Εμφάνιση ζώου στην αρχική του μορφή σκανάροντας τα οστά του.	22
Εικόνα 10 Εμφάνιση ζώου στην αρχική του μορφή σκανάροντας τα οστά του.	22
Εικόνα 11 Εικονική περιήγηση εντός Αρχαιολογικού Μουσείου Αθηνών.	23
Εικόνα 12 Εικονική περιήγηση εντός Αρχαιολογικού Μουσείου Αθηνών.	23
Εικόνα 13 Τρισδιάστατη κάτοψη Αρχαιολογικού Μουσείου Αθηνών.....	24
Εικόνα 14 Εισαγωγή φωτογραφιών στο Lightroom.....	36
Εικόνα 15 Ρύθμιση περικοπής φωτογραφίας.	37
Εικόνα 16 Ρυθμίσεις φωτισμού φωτογραφίας.	37
Εικόνα 17 Χρωματικές ρυθμίσεις φωτογραφίας.....	38
Εικόνα 18 Φωτογραφία πριν την επεξεργασία στο Lightroom.	38
Εικόνα 19 Φωτογραφία μετά την επεξεργασία στο Lightroom.....	39
Εικόνα 20 Interface Rhino 3D.	39
Εικόνα 21 Επιλογή εργαλείου Polyline.....	40
Εικόνα 22 Επιλογή εργαλείου Circle.....	40
Εικόνα 23 Επιλογή εντολής Extrude Planar Curve.....	41
Εικόνα 24 Δημιουργία κλειστού σχήματος.	41
Εικόνα 25 Εξώθηση κλειστού σχήματος.	42
Εικόνα 26 Δημιουργία βοηθητικού όγκου.	42
Εικόνα 27 Τοποθέτηση βοηθητικού όγκου στο σημείο που θέλουμε να αφαιρέσουμε το τμήμα που επιθυμούμε.	43
Εικόνα 28 Επιλογή εντολής Difference.....	43
Εικόνα 29 Αφαίρεση τμήματος.....	44
Εικόνα 30 Δημιουργία τρισδιάστατων καμβάδων.....	44
Εικόνα 31 Δημιουργία εξωτερικού προαύλιου χώρου.....	45
Εικόνα 32 Δημιουργία κυκλικής πλάκας διαμόρφωσης.....	45
Εικόνα 33 Δημιουργία κελύφους του μουσείου χώρου.	46
Εικόνα 34 Δημιουργία κεντρικής πόρτας.....	46
Εικόνα 35 Δημιουργία κιόνων.....	47
Εικόνα 36 Δημιουργία δοκαριού.....	47

Εικόνα 37 Δημιουργία χαμηλότερων κίωνων.	48
Εικόνα 38 Δημιουργία δοκαριού.	48
Εικόνα 39 Δημιουργία τζαμιών περιμετρικά του μουσείου.	49
Εικόνα 40 Δημιουργία θολωτής στέγης.	49
Εικόνα 41 Δημιουργία κυκλικού παραθύρου στη θολωτή στέγη.	50
Εικόνα 42 Δημιουργία κυκλικής στεφάνης για την τοποθέτηση φωτισμού.	50
Εικόνα 43 Τοποθέτηση εικόνων περιμετρικά του μουσείου.	51
Εικόνα 44 Τοποθέτηση εικόνων περιμετρικά του μουσείου.	51
Εικόνα 45 Δημιουργία ραμπών αναπήρων.	52
Εικόνα 46 Δημιουργία αψίδας με κίονες.	52
Εικόνα 47 Δημιουργία εξωτερικού περιβάλλοντα χώρου.	53
Εικόνα 48 Δημιουργία αυτοκινητοδρόμου.	53
Εικόνα 49 Εισαγωγή μοντέλου στο λογισμικό Twinmotion από το λογισμικό Rhino 3D. ..	54
Εικόνα 50 Interface Twinmotion.	55
Εικόνα 51 Αριστερή στήλη με επιλογές διαφόρων εργαλείων.	55
Εικόνα 52 Δεξιά στήλη με επιλογές διαφόρων εργαλείων.	56
Εικόνα 53 Εισαγωγή μοντέλου στο Twinmotion.	57
Εικόνα 54 Το τρισδιάστατο μοντέλο στο Twinmotion.	57
Εικόνα 55 Τοποθέτηση υλικών στο τρισδιάστατο μοντέλο.	58
Εικόνα 56 Εισαγωγή φωτογραφιών μέσα στα υλικά.	58
Εικόνα 57 Φωτισμός εικόνων.	59
Εικόνα 58 Βιβλιοθήκη με αυτοκίνητα.	59
Εικόνα 59 Βιβλιοθήκη με ανθρώπινους χαρακτήρες.	60
Εικόνα 60 Εξωτερικός περιβάλλοντας χώρος.	60
Εικόνα 61 Εξωτερικός περιβάλλοντας χώρος.	61
Εικόνα 62 Επιλογή Presentation για την εξαγωγή του αρχείου.	61

Περιεχόμενα πινάκων

Πίνακας 1 (Adamopoulos et al., 2020)	27
Πίνακας 2 ΛΕΖΑΝΤΑ	29
Πίνακας 3 ΛΕΖΑΝΤΑ	31
Πίνακας 4 ΛΕΖΑΝΤΑ	33
Πίνακας 5	33

Εισαγωγή

Στη εποχή μας, όπου η ψηφιακή τεχνολογία αναπτύσσεται ολοένα και περισσότερο και διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στην καθημερινή μας ζωή, η ιδέα της ψηφιοποίησης της πολιτιστικής κληρονομιάς και η δημιουργία εικονικών περιβαλλόντων αποκτά ιδιαίτερη σημασία για τον σύγχρονο κόσμο στα πλαίσια της πολιτιστικής εξέλιξης. Η δημιουργία ψηφιακών μουσείων και εικονικών χώρων έργων τέχνης αποτελούν καινοτόμες και ξεχωριστές προσεγγίσεις που επιτρέπουν στον κόσμο την πρόσβαση σε σημαντικά εκθέματα καθώς και σε αντικείμενα υψηλής ιστορικής αξίας χωρίς περιορισμούς και με δυνατότητα αλληλεπίδρασης, όπου στα παραδοσιακά μουσεία δεν δίνουν αυτή τη δυνατότητα.

Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στη δημιουργία ενός ψηφιακού μουσείου, αξιοποιώντας τεχνολογίες τρισδιάστατης μοντελοποίησης καθώς και εικονικής πραγματικότητας, για την παρουσίαση ιερών λατρευτικών φορητών εικόνων που βρίσκονται στο κειμηλιαρχείο της Ιεράς Μητροπόλεως Γλυφάδας το οποίο στεγάζεται σε κτίριο εντός της Ιεράς Μονής Αγίου Νεκταρίου Γλυφάδας.

Μέσω της ψηφιοποίησης αυτής της συλλογής κειμηλίων, το έργο αυτό στοχεύει στη σύνδεση της παράδοσης με την τεχνολογία, με απώτερο σκοπό τη συγκέντρωση, την προστασία, την προβολή και την ανάδειξη του πολιτιστικού πλούτου καθώς δίνεται η ευκαιρία να παρουσιαστούν στο ευρύ κοινό σε έναν σύγχρονο ψηφιακό κόσμο. Η ιδέα αυτή προάγει την πρόσβαση στην ιστορία και την τέχνη από οποιοδήποτε σημείο στον κόσμο, διατηρώντας ταυτόχρονα την αυθεντικότητα και το συμβολικό βάρος αυτών των κειμηλίων καθώς πέρα από την καλλιτεχνική και ιστορική τους αξία, έχουν βαθύ θρησκευτικό και πολιτιστικό νόημα, αντιπροσωπεύοντας την πλούσια χριστιανική παράδοση.

Τα τελευταία χρόνια, η ανάπτυξη της τεχνολογίας προσφέρει πολλές δυνατότητες για την προβολή και την ανάδειξη της τέχνης και της ιστορίας, ιδιαίτερα για εκθέματα που είναι προσβάσιμα μόνο σε συγκεκριμένους χώρους όπως σε μοναστήρια ή κλειστές εκκλησιαστικές συλλογές.

Η απόφαση να ασχοληθώ με τη δημιουργία ενός εικονικού μουσείου προέκυψε από την επιθυμία μου να συμβάλλω στη διατήρηση, τη διάδοση καθώς και την προσβασιμότητα της πολιτιστικής κληρονομιάς.

Η επιλογή του θέματος της διπλωματικής μου εργασίας, συνδέεται με την ακαδημαϊκή μου πορεία πάνω στον χώρο του πολιτισμού καθώς το πρώτο μου πτυχίο είναι πάνω στη Διαχείριση Εκκλησιαστικών Κειμηλίων της Ανώτατης Εκκλησιαστικής Ακαδημίας Αθηνών. Στο πλαίσιο αυτών των σπουδών, απέκτησα γνώσεις που εξειδικεύονται πάνω στη διαχείριση, στη συντήρηση και την ανάδειξη κειμηλίων εκκλησιαστικής κληρονομιάς όπως οι φορητές εικόνες που αποτελούν αντικείμενο της παρούσας εργασίας.

Επιπλέον, το προσωπικό μου ενδιαφέρον και η ενασχόληση πάνω στην τέχνη της φωτογραφίας, με οδήγησε σε επαγγελματικό επίπεδο με αποτέλεσμα αυτό να συμβάλει θετικά στην ακριβή αποτύπωση των υφών, χρωμάτων και λεπτομερειών των αντικειμένων κατά τη διάρκεια της ψηφιοποίησης. Η διπλωματική μου εργασία αποτελεί εξέλιξη των σπουδών μου, συνδυάζοντας το υπόβαθρο μου με τις σύγχρονες μεθόδους τεχνολογίας όπου διδάχτηκα στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών με τίτλο «Ψηφιακός Πολιτισμός, Έξυπνες Πόλεις, IoT και Προηγμένες Ψηφιακές Τεχνολογίες» του Πανεπιστημίου Πειραιώς.

Κατά τη διάρκεια φοίτησής μου στις προπτυχιακές σπουδές, συμμετείχα σε μια εκπαιδευτική επίσκεψη στο κειμηλιαρχείο της Ιεράς Μητροπόλεως Γλυφάδας το οποίο στεγάζεται σε κτίριο εντός της Ιεράς Μονής Αγίου Νεκταρίου Γλυφάδας, όπου είχα την ευκαιρία να ξεναγηθώ στην πολύτιμη συλλογή χριστιανικών ορθόδοξων φορητών εικόνων και άλλων κειμηλίων μεγάλης θρησκευτικής και ιστορικής αξίας. Η εμπειρία αυτή μου άφησε εντυπώσεις όπου ενθάρρυναν και ενίσχυσαν τις σκέψεις και το ενδιαφέρον μου για την ανάδειξη των συγκεκριμένων κειμηλίων. Με αφορμή τη σκέψη μου αυτή, αποφάσισα να εκπονήσω τη διπλωματική εργασία του μεταπτυχιακού πάνω στην ψηφιοποίηση των εκθεμάτων αυτών, δημιουργώντας έναν προσομοιωμένο αρχιτεκτονικό χώρο ψηφιακού μουσείου, επιτρέποντας στο ευρύ κοινό να γνωρίσει τη συλλογή αυτή.

Ένα ακόμη κίνητρο για την ψηφιοποίηση των φορητών εικόνων ήταν η ευαισθησία αυτών των αντικειμένων στις φθορές, καθώς ένα ψηφιακό αντίγραφο πέρα από τη μορφή αρχειοθέτησης αποτελεί και ένα έργο που ζει σε έναν χώρο όπου δεν απειλείται από φθορές καθώς δίνει τη δυνατότητα σε περισσότερους επισκέπτες να το εξερευνήσουν, προάγοντας έτσι το σεβασμό και την κατανόηση των εκθεμάτων.

Με ποιο τρόπο η εκκλησιαστική κληρονομιά αποτελεί σημαντικό μέρος της πολιτιστικής κληρονομιάς.

Η εκκλησιαστική κληρονομιά αποτελεί βασικό πυλώνα της πολιτιστικής κληρονομιάς καθώς αποτελεί αναπόσπαστο και σημαντικό μέρος της διότι συνδέεται στενά με την ταυτότητα, την ιστορία και τις παραδόσεις ενός τόπου. Οι εκκλησίες και οι ναοί αποτελούν σημαντικούς σταθμούς της ιστορικής διαδρομής ενός λαού καθώς ενσωματώνουν την πνευματικότητα, την αρχιτεκτονική και την τέχνη, από την περίοδο του Βυζαντίου μέχρι και την σύγχρονη Ελλάδα. Μέσα από την ιστορία της εκκλησίας καταγράφονται σημαντικά ιστορικά γεγονότα όπως εθνικοί αγώνες ή περίοδοι κατοχής καθώς οι εκκλησίες λειτουργούσαν και ως κέντρα αντίστασης και διατήρησης της ταυτότητας του λαού (Αλμπανάκη, 2019).

Στο πλαίσιο της αρχιτεκτονικής και της τέχνης, οι ναοί από μόνοι τους αποτελούν σημαντικά δημιουργήματα αρχιτεκτονικής καθώς επίσης περιλαμβάνουν μοναδικές τοιχογραφίες, ψηφιδωτά, ξυλόγλυπτα τέμπλα, λατρευτικά λειτουργικά αντικείμενα και φορητές εικόνες αποτυπώνοντας την εξέλιξη της τέχνης. Η εκκλησιαστική κληρονομιά δεν περιλαμβάνει μόνο υλικά στοιχεία αλλά αφορά και την πνευματική κληρονομιά καθώς εκφράζει θρησκευτικές αντιλήψεις που οδήγησαν σε έθιμα και γιορτές καθώς και σε κέντρα παιδείας και διατήρησης της ελληνικής γλώσσας, όπως συντέλεσαν σε αυτά τα μοναστήρια κατά την περίοδο της Τουρκοκρατίας. Σημαντική είναι επίσης η συμβολή της εκκλησιαστικής κληρονομιάς και στον τουρισμό, καθώς οι εκκλησιαστικοί χώροι προσελκύουν χιλιάδες επισκέπτες προσφέροντας οικονομικά και κοινωνικά οφέλη (Αλμπανάκη, 2019).

Ερευνητικό Μέρος

Πολιτιστική κληρονομιά

Τα τελευταία χρόνια, υπάρχει ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον για τη διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο η πολιτιστική κληρονομιά επηρεάζει την ικανότητα των ατόμων να αντιμετωπίζουν τις σύγχρονες προκλήσεις. Μια επίσκεψη σε ένα μουσείο μπορεί να βοηθήσει τον επισκέπτη στην πλοήγηση στον σημερινό κόσμο προσφέροντας ένα περιβάλλον που ευνοεί την κατανόηση και τον προβληματισμό για την ιστορία και τον πολιτισμό. Η εμπάθυση στην πολιτιστική κληρονομιά μπορεί να εμπνεύσει νέες προοπτικές για καθημερινά θέματα, υποστηρίζοντας την προσωπική ανάπτυξη (Ζαχαριά, Μαλαπέρδα, Παναγιωτίδη, Κουρή, 2022).

Πολιτιστική κληρονομιά και νέες τεχνολογίες

Η Σοφία Χανδακά, Επιμελήτρια Πολιτισμών του Κόσμου στο Μουσείο Μπενάκη, αναφέρει: «Ζούμε ήδη σε έναν κόσμο στον οποίον η ψηφιακή διάσταση είναι απαραίτητη και συμπληρωματική της φυσικής διάστασης των πραγμάτων. Μια επιμελημένη σύγκλιση των δύο κόσμων θα μπορούσε να δημιουργήσει νέα αφηγήματα, σε διαφορετικές πλατφόρμες. Συνοδοιπόροι θα έλεγα, λοιπόν, είναι τα μουσεία και οι νέες τεχνολογίες, αρκεί να θυμόμαστε να συμπεριλάβουμε όλους – διότι ψηφιακά διαθέσιμο περιεχόμενο δεν σημαίνει απαραίτητα και προσβάσιμο περιεχόμενο» (Ορφανίδου, 2021).

Στη σημερινή εποχή η ιλιγγιώδης ανάπτυξη της τεχνολογίας έχει ανοίξει νέους ορίζοντες στον κόσμο της ψηφιακής πολιτιστικής κληρονομιάς, δημιουργώντας καινούργιες εφαρμογές ενώ παράλληλα συμβάλλει στην πληρέστερη διαχείριση, διάσωση και ανάδειξη του πολιτισμού σε πολιτιστικούς οργανισμούς, μουσεία και αρχαιολογικούς χώρους. Με το πέρασμα του χρόνου, ολοένα και περισσότεροι οργανισμοί στον κλάδο του πολιτισμού, προβαίνουν σε ψηφιοποίηση των συλλογών τους, με απώτερο σκοπό την προσέλκυση του ενδιαφέροντος του κοινού (Μικελάκης, 2016).

Η UNESCO ορίζει την ψηφιοποίηση ως τη «δημιουργία ψηφιακών αντικειμένων από τα φυσικά αυθεντικά με τη χρήση σαρωτών, φωτογραφικών μηχανών και άλλων ηλεκτρονικών συσκευών. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει την επιλογή, την αξιολόγηση, την προτεραιοποίηση, την προετοιμασία των γνήσιων αντικειμένων για ψηφιοποίηση, τη συλλογή και δημιουργία μεταδεδομένων, την ψηφιοποίηση και δημιουργία βάσεων δεδομένων, την εισαγωγή ψηφιακών πόρων σε συστήματα διανομής και αποθετήρια. Αυτή η διαδικασία συνοδεύεται με τη διαχείριση, η οποία περιλαμβάνει τη διαχείριση των πνευματικών δικαιωμάτων, τον ποιοτικό έλεγχο και τέλος την αξιολόγηση» (Γαρουφαλή & Χανταβαρίδου, 2024; Digital Preservation Coalition, 2015).

(Βλ. <https://www.dpconline.org/handbook>).

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης της τεχνολογίας στην πολιτιστική κληρονομιά

Είναι γεγονός ότι η VR και AR τεχνολογία μπορεί να προσφέρει μια μοναδική ξεχωριστή και ρεαλιστική εμπειρία, ωστόσο είναι σημαντικό να λάβουμε υπόψιν τις ανησυχίες που υπάρχουν γύρω από τα μειονεκτήματα της. Παρακάτω αναφέρονται τα θετικά και αρνητικά στοιχεία της χρήσης αυτής της τεχνολογίας.

Στα θετικά μπορούμε να τονίσουμε πως η ανάδειξη της πολιτιστικής κληρονομιάς μέσω της τεχνολογίας αποτελεί μια μη καταστρεπτική μέθοδο, είναι σημαντικό διότι ο χρήστης μπορεί να δει και να περιεργαστεί από όλες τις πτυχές του ένα ευαίσθητο πολιτιστικό αντικείμενο χωρίς να έρθει σε άμεση επαφή με αυτό (Νάντζη,2020; Gluk, n.d).

Σημαντική επίσης είναι η ανάδειξη αντικειμένων που είναι μη προσβάσιμη για το κοινό, όπως στις ακόλουθες κατηγορίες:

- αποθήκες μουσείων όπου εμπεριέχουν αντικείμενα που δεν μπορούν να εκτεθούν λόγω έλλειψης χώρου είτε γιατί δεν έχουν συντηρηθεί
- υπάρχει η δυνατότητα να προβληθούν αρχαιολογικά μέρη και αντικείμενα τα οποία έχουν καταστραφεί και δεν υπάρχουν πλέον.
- λατρευτικοί χώροι όπως το Άγιο Όρος όπου δεν έχουν πρόσβαση οι γυναίκες.
- άτομα που δεν έχουν τη δυνατότητα να παρευρεθούν στο φυσικό περιβάλλον του μουσείου είτε γιατί μένουν σε απομακρυσμένα μέρη, είτε λόγω μεγάλης ηλικίας ή είναι άτομα με ειδικές ανάγκες
- Μπορεί να προσελκύσει κοινό με νεαρότερη ηλικία καθώς οι νέοι ασχολούνται περισσότερο με διαδραστικές εμπειρίες (Νάντζη,2020; Gluk, n.d.).

Ωστόσο αναφορικά με τα αρνητικά χαρακτηριστικά της τεχνολογίας στον πολιτισμό μπορούμε να αναφέρουμε ότι:

- μπορεί να αποκλείσει ένα μέρος του κοινού το οποίο δεν έχει εξοικείωση με την τεχνολογία και μπορεί να φανεί περίπλοκη διαδικασία και να υπάρξει δυσκολία στην κατανόηση
- η πολυπλοκότητα και ευαισθησία μερικών αντικειμένων μπορεί να αποτελέσει δυσκολία στην ψηφιοποίηση τους
- η διάρκεια της εμπειρίας σε ένα μουσειακό χώρο μπορεί να αποτελέσει πρόβλημα στη συνεχή ροή των επισκεπτών
- η τεχνολογία της εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας μπορεί να απομονώσει το κοινό στον χώρο επίσκεψης, καθώς αυτό θα είναι προσηλωμένο στο μέσο προβολής και δεν θα υπάρχει συζήτηση μεταξύ των επισκεπτών σχετικά με τα εκθέματα που βλέπουν (Gluk, n.d.).
- η εύρεση οικονομικών πόρων αποτελεί μια ακόμη δυσκολία καθώς το κόστος είναι υψηλό για τη δημιουργία ενός τελικού αποτελέσματος τόσο στο κομμάτι του λογισμικού όσο και στον εξοπλισμό (Charr, 2025; Ναντζή,2020; Gluk, n.d.).

Μουσεία

Ο επικαιροποιημένος ορισμός του Μουσείου

Σύμφωνα με την Έκτακτη Γενική Συνέλευση του ICOM που έγινε στην Πράγα, ο νέος ορισμός του Μουσείου αποδόθηκε ως εξής: «Το Μουσείο είναι ένας μόνιμος, μη κερδοσκοπικός οργανισμός, στην υπηρεσία της κοινωνίας ο οποίος ερευνά, συλλέγει, συντηρεί, ερμηνεύει και εκθέτει τεκμήρια υλικής και άυλης κληρονομιάς. Ανοιχτά και προσβάσιμα στο κοινό, χωρίς αποκλεισμούς, τα μουσεία προάγουν την ποικιλομορφία και την αειφορία. Λειτουργούν και επικοινωνούν με επαγγελματική δεοντολογία και με τη συμμετοχή των κοινοτήτων, προσφέροντας ποικίλες εμπειρίες με σκοπό τη εκπαίδευση, την ψυχαγωγία, τον αναστοχασμό και τη διάδοση της γνώσης» (ICOM, 2023)(Βλ. Άρ.).

Το μουσείο αποτελεί σημαντικό θεσμό και διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στη διατήρηση, συντήρηση και ανάδειξη της πολιτιστικής κληρονομιάς καθώς αποτελούν θεματοφύλακες της ιστορίας, του πολιτισμού, της τέχνης και της επιστήμης. Κάθε μουσείο έχει το δικό του χαρακτήρα

και εξυπηρετεί μοναδικούς σκοπούς καθώς αναδεικνύει τις διαφορετικές πτυχές της ανθρώπινης ιστορίας, τέχνης, παράδοσης και επιστήμης, εξυπηρετώντας διάφορες ανάγκες όπως είναι η εκπαίδευση, η έρευνα και η ψυχαγωγία (ICOM, 2023).

Είδη Μουσείων

Παρακάτω παρουσιάζονται τα κύρια είδη μουσείων:

Αρχαιολογικά Μουσεία

Τα αρχαιολογικά μουσεία περιέχουν κυρίως αρχαία ευρήματα και αρχαιολογικά αντικείμενα όπως γλυπτά, κεραμικά και καθημερινά χρηστικά αντικείμενα από αρχαίους πολιτισμούς (Geoffrey, 2025).

Ιστορικά Μουσεία

Τα ιστορικά μουσεία επικεντρώνονται στη παρουσίαση εκθεμάτων όπως ντοκουμέντα και αντικείμενα που σχετίζονται με σημαντικά ιστορικά γεγονότα, προσωπικότητες και περιόδους της ανθρώπινης ιστορίας (WhichMuseum, n.d.).

Θρησκευτικά Μουσεία

Κύριο περιεχόμενο των θρησκευτικών μουσείων είναι τα ιερά λατρευτικά αντικείμενα, κειμήλια, έργα τέχνης με θρησκευτικό περιεχόμενο όπως είναι οι τοιχογραφίες, οι φορητές εικόνες και τα ξυλόγλυπτα, άμφια, βιβλία και χειρόγραφα (Geoffrey, 2025).

Λαογραφικά ή Εθνογραφικά Μουσεία

Τα λαογραφικά ή εθνογραφικά μουσεία εξετάζουν θέματα της πολιτιστικής κληρονομιάς διαφορετικών λαών και κοινοτήτων καθώς παρουσιάζουν αντικείμενα που σχετίζονται με τον υλικό, πνευματικό και κοινωνικό βίο όπως εργαλεία από τη καθημερινή ζωή, ενδυμασίες, έθιμα και παιχνίδια (Geoffrey, 2025).

Μουσεία Φυσικής Ιστορίας

Τα μουσεία φυσικής ιστορίας έχουν σαν περιεχόμενο εκθέματα όπως είναι οι σκελετοί ζώων, διάφορα απολιθώματα, έντομα, φυτά, υδροβιολογικά και γεωλογικά δείγματα (WhichMuseum, n.d.).

Μουσεία Τέχνης

Το περιεχόμενο των μουσείων τέχνης περιλαμβάνουν καλλιτεχνικές δημιουργίες όπως ζωγραφικούς πίνακες, γλυπτά, είδη κεραμικής, ψηφιδωτά, είδη υφαντικής και ψηφιακή τέχνη όπως φωτογραφία και βίντεο (WhichMuseum, n.d.).

Μουσεία Σύγχρονης Τέχνης

Τα μουσεία σύγχρονης τέχνης εστιάζουν στη νεότερη τέχνη όπως αυτή του 20^{ου} και 21^{ου} αιώνα και περιέχουν εκθέματα όπως ζωγραφική, γλυπτική, ψηφιακή τέχνη όπως φωτογραφία και βίντεο καθώς και θεματικές εκθέσεις που εστιάζουν σε κοινωνικοπολιτικά θέματα (Geoffrey, 2025).

Επιστημονικά και Τεχνολογικά Μουσεία

Τα εκθέματα των επιστημονικών και τεχνολογικών μουσείων περιλαμβάνουν κυρίως τεχνολογικά αντικείμενα, επιστημονικές ανακαλύψεις και εφευρέσεις, μηχανήματα καθώς και διαδραστικές εφαρμογές (WhichMuseum, n.d.).

Παιδικά Μουσεία

Το παιδικό μουσείο είναι ένα είδους μουσείου που περιλαμβάνει διαδραστικές εκθέσεις που είναι σχεδιασμένες και προσαρμοσμένες για παιδιά και περιλαμβάνουν παιχνίδια, κατασκευές και εκπαιδευτικές δραστηριότητες τόσο των παιδιών όσο και για των γονιών και των εκπαιδευτικών. Οι εκπαιδευτικές δραστηριότητες και τα εκθέματα είναι συνήθως σχεδιασμένα από ειδικούς επιστήμονες ώστε να συμβάλλουν στην ανάπτυξη του παιδιού, ενισχύοντας την κριτική σκέψη και τη δημιουργικότητά τους (Geoffrey, 2025).

Θεματικά Μουσεία

Τα θεματικά μουσεία επικεντρώνονται σε ένα συγκεκριμένο θέμα, αντικείμενο ή κλάδο γνώσης, εστιάζοντας στην παρουσίαση μιας εξειδικευμένης ματιάς στην ιστορία, την τέχνη ή την επιστήμη ενός τομέα. Κάποια θεματικά μουσεία που μπορούμε να αναφέρουμε είναι τα εξής: εγκληματολογικό μουσείο, μουσείο αυτοκινήτου, μουσείο ανατομίας, μουσείο κοσμήματος, μουσείο συναισθημάτων, μουσείο αφής, μουσείο οίνου (WhichMuseum, n.d.).

Ψηφιακά Μουσεία

Τα ψηφιακά μουσεία είναι μια σύγχρονη εξέλιξη βασισμένη στην τεχνολογία και λειτουργούν συνήθως ως επέκταση των παραδοσιακών μουσείων καθώς βασίζονται στις συλλογές και το περιεχόμενο των ήδη υπάρχοντων μουσείων. Σε άλλη περίπτωση βέβαια μπορεί να υπάρξει και φανταστικός ψηφιακός χώρος με ψηφιακά εκθέματα. Αξιοποιώντας την τεχνολογία, τα ψηφιακά μουσεία προσφέρουν εικονικές περιηγήσεις και διαδραστικά εκθέματα (Geoffrey, 2025; WhichMuseum, n.d.).

AR Επαυξημένη Πραγματικότητα

Η επαυξημένη πραγματικότητα τα τελευταία χρόνια αποτελεί ένα πεδίο αυξημένου ενδιαφέροντος με ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών συνδυάζοντας ψηφιακές πληροφορίες με τον πραγματικό κόσμο.

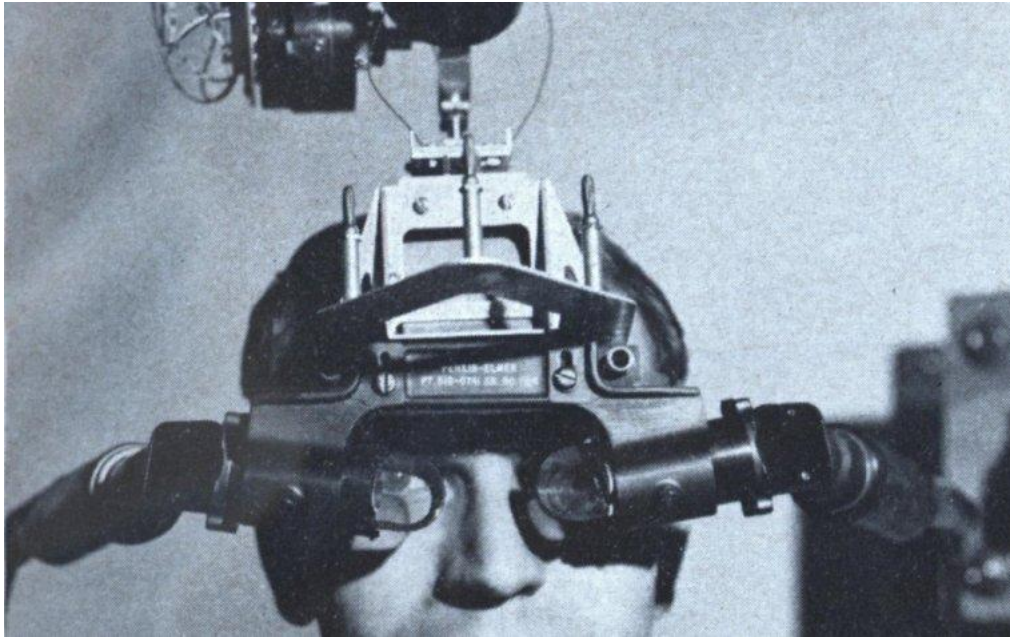
Η τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας αναφέρεται στην ενσωμάτωση ψηφιακών πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο στο περιβάλλον ενός χρήστη εμφανίζοντας το περιεχόμενο στον πραγματικό κόσμο μέσω συσκευών AR που είναι εξοπλισμένες με κάμερα, αισθητήρα και οθόνη. Με τη βοήθεια αυτών των συσκευών, καταγράφεται ο φυσικός κόσμος και στη συνέχεια, ενσωματώνεται ψηφιακό περιεχόμενο όπως τρισδιάστατα μοντέλα, βίντεο ή εικόνα στην οθόνη του χρήστη (Arena et al., 2022).

Η βρετανική εταιρεία υπολογιστών ορίζει την επαυξημένη πραγματικότητα ως "συνδυασμό του ψηφιακού κόσμου με τον φυσικό και ως εκ τούτου την αύξηση της πραγματικής εμπειρίας" (BCS-The Chartered Institute for IT, 2014).

Η τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας αναπτύσσεται κυρίως σε τομείς όπως είναι η εκπαίδευση, η πολιτιστική κληρονομιά, η ιατρική και η βιομηχανία.

Ο όρος "επαυξημένη πραγματικότητα" ορίστηκε για πρώτη φορά από τους Caudell και Mizell, ερευνητές της εταιρείας Boeing Computer Services Research, οι οποίοι ανέπτυξαν μια διαφανή οθόνη τοποθετημένη στο κεφάλι, επιτρέποντας την εμφάνιση διαγραμμάτων όπου δημιουργούνται από υπολογιστή πάνω από πραγματικά αντικείμενα για τη σωστή κατασκευή μερών αεροσκαφών (Caudell & Mizell, 1992).

Ωστόσο το 1968 ο Ivan Sutherland δημιούργησε «Το Σπαθί του Δομοκλή», την πρώτη οθόνη όπου τοποθετήθηκε στο κεφάλι (Εικ. 1). Η συσκευή αυτή θεωρείται προκάτοχος των σημερινών οθονών AR και VR. Λειτουργούσε με αισθητήρα κεφαλής εμφανίζοντας εικόνες ανάλογα την κίνηση της κεφαλής, δημιουργώντας μια μοναδική εμπειρία ενισχύοντας την αισθητηριακή αντίληψη του χρήστη για το περιβάλλον γύρω του (reflection, n.d.).



Εικόνα 1 Ο Ivan Sutherland φοράντας τη συσκευή κεφαλής που δημιούργησε.

Με την ενσωμάτωση ψηφιακών στοιχείων στον πραγματικό κόσμο, η AR προσφέρει διαδραστικά περιβάλλοντα για τους χρήστες αλληλοεπιδρώντας με τον πραγματικό κόσμο μέσω κινητών συσκευών όπως smartphones, tablets, smart glasses και σταθερών συσκευών όπως υπολογιστών (reflection, n.d.).

Κατηγορίες AR

1. Βασισμένη σε δείκτες Marker-based AR

Στην κατηγορία αυτή οι πληροφορίες του θέματος εμφανίζονται στην οθόνη στοχεύοντας ένα διακριτό marker που έχει οριστεί όπως ένα QR Code. Η εφαρμογή ανιχνεύει το αντικείμενο που βρίσκεται μπροστά του μέσω της κάμερας στοχεύοντας το marker και στη συνέχεια εμφανίζεται η 3D απεικόνιση του αντικειμένου (Courseta, 2025).

2. Χωρίς δείκτες Non-marker-based AR

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται χωρίς markers (δείκτες) και ανιχνεύουν αντικείμενα του περιβάλλοντος. Χρησιμοποιείται κυρίως σε εφαρμογές εντοπισμού θέσης (GPS), για ψηφιακή πυξίδα και μέτρηση ταχύτητας (Courseta, 2025).

3. Με χρήση προβολικών συστημάτων (projections)

Η εφαρμογή των συστημάτων προβολής λειτουργεί με τεχνητό φως το οποίο προβάλλει μια εικόνα πάνω σε μια επιφάνεια. Με την αλληλεπίδραση του χρήστη αγγίζοντας το θέμα, η εφαρμογή ανιχνεύει τις κινήσεις του και η αρχική εικόνα διαφοροποιείται βάση του τελικής μορφής που έδωσε ο χρήστης (Courseta, 2025).

4. Τεχνολογία υπέρθεσης (overlaps)

Η τεχνολογία υπέρθεσης αντικαθιστά πλήρως ή ένα μέρος του αντικειμένου με μια εικονική όψη. Είναι απαραίτητο να γίνει η σωστή ανίχνευση του θέματος καθώς αν επιτύχει η αναγνώριση δεν θα είναι σε θέση να γίνει η αντικατάσταση με το εικονικό αντικείμενο (Courseta, 2025).

VR Εικονική Πραγματικότητα

Η εικονική πραγματικότητα είναι ένα τεχνητό τρισδιάστατο περιβάλλον που δημιουργείται από λογισμικό υπολογιστή και επιτρέπει στους χρήστες να εξερευνούν και να αλληλοεπιδρούν με ένα προσομοιωμένο εικονικό περιβάλλον που αγγίζει την πραγματικότητα. Η εμπύηση του χρήστη στο εικονικό περιβάλλον γίνεται με τη βοήθεια υπολογιστή ή άλλων συσκευών όπως γυαλιά, ακουστικά, γάντια ή κοστούμια.

Ένας από τους πρώτους ορισμούς της εικονικής πραγματικότητας επινοήθηκε από τον Jaron Lanier τη δεκαετία του '80 του οποίου η έρευνα και η μηχανική συνέβαλαν σε μια σειρά προϊόντων στην αναδυόμενη βιομηχανία VR: "Ένα αλληλεπιδραστικό, τρισδιάστατο περιβάλλον, παραγόμενο από υπολογιστή, στο οποίο μπορεί κάποιος να εμβυθιστεί" (Lanier et al., 1989).

Μπορεί επίσης να διευρυνθεί ο όρος "Εικονική Πραγματικότητα", υιοθετώντας τον ορισμό που δίνουν οι Macpherson και Kerpell, ότι Ε.Π. είναι «μία κατάσταση που δημιουργείται στο μυαλό και που μπορεί, με μεταβαλλόμενο ποσοστό επιτυχίας, να απασχολεί την προσοχή ενός ανθρώπου με τρόπο παρόμοιο με αυτόν στο πραγματικό περιβάλλον. Οι συσκευές που χρησιμοποιούνται συμβάλλουν στη δημιουργία αυτής της κατάστασης» (Φωκίδης & Τσολακίδης, 2007).

Ένας λόγος που συνδέει την πρώιμη έρευνα VR για την ανάπτυξη τεχνολογίας στις Ηνωμένες Πολιτείες ήταν ο ρόλος του Υπουργείου Άμυνας, του Εθνικού Ιδρύματος Επιστημών και της Εθνικής Υπηρεσίας Αεροναυτικής και Διαστήματος (NASA). Οι οργανισμοί αυτοί χρηματοδότησαν τα έργα προς πανεπιστημιακά ερευνητικά εργαστήρια για την ανάπτυξη τομέων όπως των γραφικών υπολογιστών και προσομοιώσεων (Μουστάκας et al., 2015).

Για την καλύτερη κατανόηση της εικονικής πραγματικότητας, έχει επινοηθεί ο όρος Εμβύθιση. Εμβύθιση, λοιπόν, είναι η ψευδαίσθηση που έχει ο χρήστης αναφορικά με την ύπαρξη του μέσα σε ένα εικονικό περιβάλλον και πρακτικά προσεγγίζεται ως ο βαθμός στον οποίο το σύστημα ΕΠ επιτυγχάνει να απομονώσει το χρήστη από το φυσικό του περιβάλλον (Slater et al., 1994). Η τεχνολογία εικονικής πραγματικότητας εφαρμόζεται κυρίως σε τομείς όπως η πολιτιστική κληρονομιά, εκπαίδευση, αρχιτεκτονική, βιομηχανία και σε στρατιωτικές εφαρμογές (Slater et al., 1994).

Τα συστήματα της εικονικής πραγματικότητας διαφοροποιούνται ανάλογα με τον σκοπό και την τεχνολογία που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί και χωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες (Mandal, 2013):

- Non-immersive (Μη εμβυθιστική)
Η συγκεκριμένη τεχνολογία VR αναφέρεται στην περιήγηση ενός προσομοιωμένου 3D περιβάλλοντος με την χρήση ενός υπολογιστή μέσω της οθόνης του. Ο χρήστης ελέγχει το εικονικό περιβάλλον μέσω πληκτρολογίου ή του ποντικιού και θεωρείται η πιο διαδεδομένη μορφή του VR λόγω εξοπλισμού και χαμηλού κόστους.
- Semi-immersive (Ημι-εμβυθιστική)
- Αυτός ο τύπος του AR αναφέρεται στη μερική εμβύθιση του χρήστη στο εικονικό περιβάλλον μέσω υπολογιστή με τη χρήση γυαλιών ή ακουστικών, επικεντρώνοντας την εμπειρία στην τρισδιάστατη πτυχή της εικονικής πραγματικότητας.
- Fully immersive (Πλήρως εμβυθιστική)
Η Fully immersive κατηγορία αποτελεί την ολοκληρωμένη VR εμπειρία καθώς ο χρήστης εμβυθίζεται εντελώς στο προσομοιωμένο περιβάλλον. Η τεχνολογία αυτή ενσωματώνει και συνδυάζει την όραση, τον ήχο, την αφή και σε ορισμένες περιπτώσεις την όσφρηση. Ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει εξοπλισμό όπως κάλυμμα κεφαλής, γυαλιά, γάντια ακόμα και διαδρόμους ή ποδήλατα για τη μετακίνηση μέσα στον τρισδιάστατο χώρο.

Κατηγορίες Λογισμικών

Στο παρακάτω κεφάλαιο θα αναλύσουμε τα λογισμικά που είναι απαραίτητα για τη δημιουργία εικονικής πραγματικότητας.

1. Βάση Προγραμματισμού
Ο δημιουργός-προγραμματιστής έχει τον απόλυτο έλεγχο της δημιουργίας του εικονικού κόσμου βάση μιας γλώσσας κώδικα, σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να υπάρξει μια ομάδα προγραμματιστών για την ολοκλήρωση ενός έργου. Θεωρείται ο πιο δύσκολος τρόπος δημιουργίας εικονικών περιβαλλόντων καθώς απαιτούνται άριστες γνώσεις της γλώσσας. Η πιο ισχυρή γλώσσα προγραμματισμού είναι η C++ και έπειτα η VRML (Miguel, 2025).
2. Βάση έτοιμων εργαλείων (Davies, n.d; Miguel, 2025):

- Προγράμματα
 - ARKit AR
 - Hololink AR
 - EasyAR
 - Echo3d AR
 - Vossle AR
 - Vuuforia AR
 - Unity VR/AR
 - Unreal Engine by Epic Games
 - Twinmotion by Epic Games
 - 3ds Max
 - Blender
 - Maya by Autodesk
 - A-Frame web framework
 - Babylon.js 3D engine
- Βοηθητικά Προγράμματα
 - Rhino 3D & SketchUp
 - 3DF Zephyr
 - MeshLab
 - Photoshop/Lightroom

MR Μικτή Πραγματικότητα

Η μικτή πραγματικότητα (MR) είναι μια αναδυόμενη τεχνολογία που περιγράφει περιβάλλοντα στα οποία τα θέματα από τον πραγματικό και εικονικό κόσμο μπορούν να αλληλοεπιδράσουν μεταξύ τους σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας τεχνολογίες ανίχνευσης και απεικόνισης. Η μικτή πραγματικότητα συνδυάζει την εικονική (VR) και την επαυξημένη πραγματικότητα (AR). Οι ερευνητές Paul Milgram και Fumio Kishino επινόησαν τον όρο το 1994 για να περιγράψουν το συνεχές μεταξύ εντελώς πραγματικών και εικονικών περιβαλλόντων (Milgram & Kishino, 1994).

Τα τρία σημαντικά χαρακτηριστικά της μικτής πραγματικότητας (MR) είναι:

1. ο συνδυασμός του πραγματικού και του εικονικού θέματος
2. η αλληλεπίδραση μεταξύ τους σε πραγματικό χρόνο και
3. η χαρτογράφηση μεταξύ του εικονικού και του πραγματικού θέματος για τη δημιουργία αλληλεπιδράσεων μεταξύ τους (Milgram & Kishino, 1994).

Για τη χρήση μικτής πραγματικότητας απαιτείται συνήθως μια συσκευή headset γυαλιών όπως για παράδειγμα τα HoloLens της Microsoft. Είναι συσκευή γυαλιών όπου τοποθετείται στο κεφάλι με ενσωματωμένο υπολογιστή και Wi-Fi, που περιλαμβάνουν αισθητήρες και κάμερες όπου χαρτογραφούν συνεχώς το περιβάλλον του χρήστη. Μέσα από το διάφανο γυαλί της συσκευής, ο χρήστης μπορεί να δει το φυσικό περιβάλλον καθώς αυτό συνδυάζεται με εικονικές τρισδιάστατες αναπαραστάσεις και εικόνες (Adobe, n.d).

Διαφορές μεταξύ VR, AR και MR:

Η εικονική πραγματικότητα (VR) είναι μια εμπειρία προσομοίωσης που δημιουργείται με την είσοδο του χρήστη από υπολογιστή, με τον εξοπλισμό να παρέχει τον κύριο ρόλο και αποκλείει εντελώς την τον χρήστη από τον πραγματικό κόσμο, εμβυθίζοντάς τον σε εντελώς εικονικούς κόσμους.

Η επαυξημένη πραγματικότητα (AR) δημιουργεί ψηφιακό περιεχόμενο όπως αντικείμενα όπου συμπληρώνει αυτό που βλέπουμε πάνω στον πραγματικό κόσμο και αυτό επιτυγχάνεται μέσω ειδικών γυαλιών AR είτε μέσω της κάμερας στο τηλέφωνο ή το tablet ή άλλης συσκευής.

Η μικτή πραγματικότητα (MR) συνδυάζει την τεχνολογία εικονικής (VR) και επαυξημένης (AR) πραγματικότητας μέσω συσκευών όπως είναι το headset της HoloLense της Microsoft.

Με το VR, φοράτε ένα ακουστικό που αποκλείει εντελώς τον πραγματικό κόσμο. Με το AR, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε μια συσκευή όπως ένα smartphone για να οδηγήσετε την εμπειρία. Με τον MR, χρησιμοποιείτε γυαλιά ή ακουστικά (Adobe, n.d).

XR Εκτεταμένη Πραγματικότητα

Η εκτεταμένη πραγματικότητα (XR) είναι ένας περιεκτικός όρος που περιλαμβάνει τη συγχώνευση τεχνολογιών εμβύθισης που συνδυάζουν το φυσικό και τον εικονικό κόσμο περιλαμβάνοντας την εικονική πραγματικότητα (VR), την επαυξημένη πραγματικότητα (AR) και τη μικτή πραγματικότητα (MR) (Alizadehsalehi et al, 2020).

Με την εξέλιξη της εκτεταμένης πραγματικότητας δημιουργούνται νέα δεδομένα στον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους, ενσωματώνοντας τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης και προηγμένες προσομοιώσεις (Solutions, 2019).

Στην ουσία, είναι ένας εκτεταμένος και διασυνδεδεμένος ψηφιακός κόσμος όπου οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να αλληλοεπιδρούν, να κοινωνικοποιούνται, να εργάζονται, να μαθαίνουν και να παίζουν σε ένα κοινό εικονικό περιβάλλον μεταξύ τους. Το XR Metaverse αξιοποιεί τις τελευταίες εξελίξεις στις τεχνολογίες XR για να δημιουργήσει έναν απρόσκοπτο και πλούσιο διαδραστικό ψηφιακό χώρο (Lee et al, 2021).

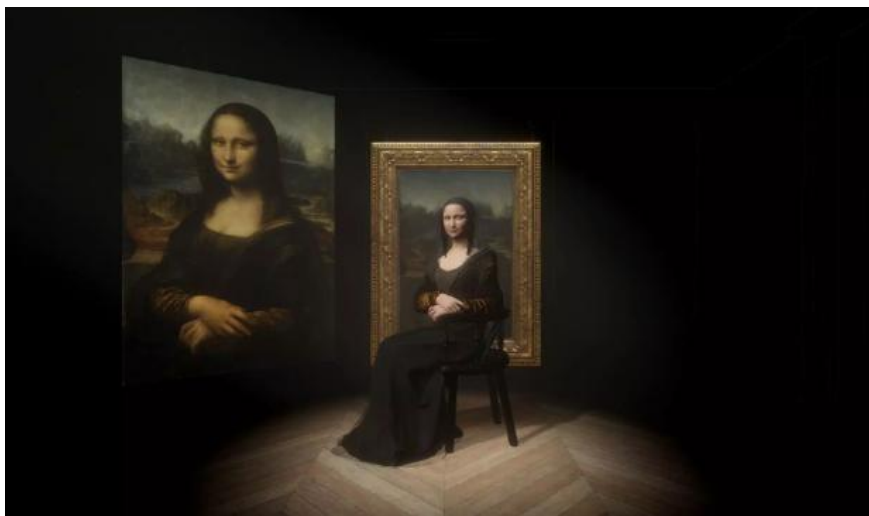
Η τεχνολογία αυτή έχει κυρίως εφαρμογή στον κόσμο του Metaverse. Το XR τροποποιεί την πραγματικότητα, ενσωματώνοντας ψηφιακά στοιχεία σε διάφορους βαθμούς, και δημιουργεί μια σύνδεση ανάμεσα στον φυσικό και τον ψηφιακό κόσμο (Alizadehsalehi et al, 2020; Lee et al, 2021).

Παραδείγματα Μουσείων

Στη συνέχεια θα ακολουθήσουν παραδείγματα από εφαρμογές της τεχνολογίας AR και VR στον χώρο του πολιτισμού.

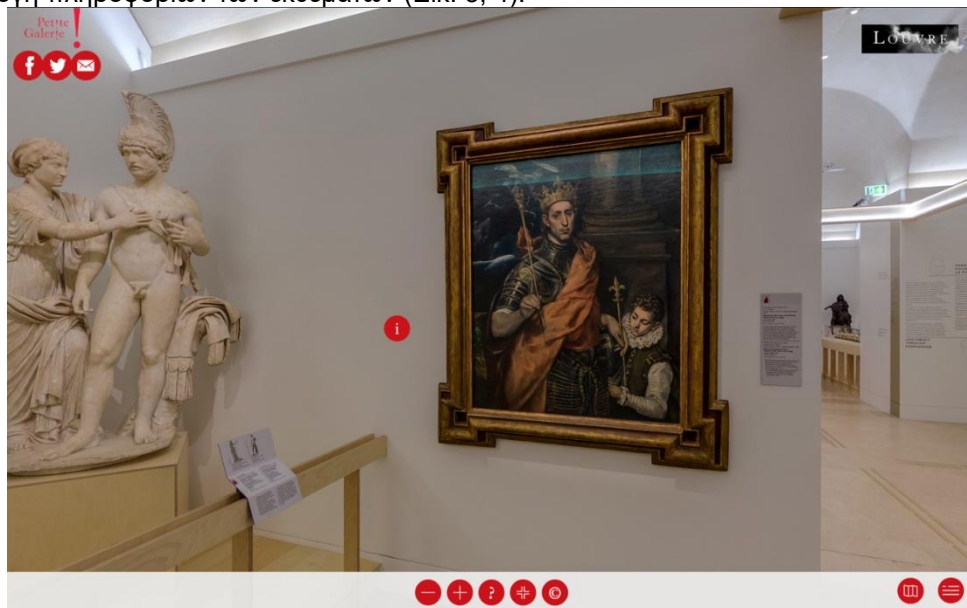
Μουσείο Λούβρου, Γαλλία

Σύμφωνα με τον Gareth Harris της εφημερίδας Art, το μουσείο του Λούβρου σε συνεργασία με τη την εταιρεία HTC Vive δημιούργησε την εμπειρία εικονικής πραγματικότητας με τίτλο «Μόνα Λίζα: Πέρα από το γυαλί». Η δημιουργία αυτή δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να διασχίσει το προστατευτικό γυαλί και να εξερευνήσει λεπτομέρειες που δεν μπορεί να παρατηρήσει με γυμνό μάτι καθώς και τις τεχνικές που χρησιμοποίησε ο Leonardo Da Vinci κατά τη δημιουργία του έργου του (Εικ. 2). Σύμφωνα με μια δήλωση του έργου: «οι επισκέπτες θα έχουν τη σπάνια ευκαιρία να βυθιστούν στον πιο εμβληματικό πίνακα του κόσμου, κάνοντας ένα βήμα πίσω από το γυαλί για να αποκτήσουν πρόσβαση στο ενδιαφέρον πορτρέτο από κοντά με έναν εντελώς νέο, μεταμορφωτικό τρόπο» (Gareth, 2019).

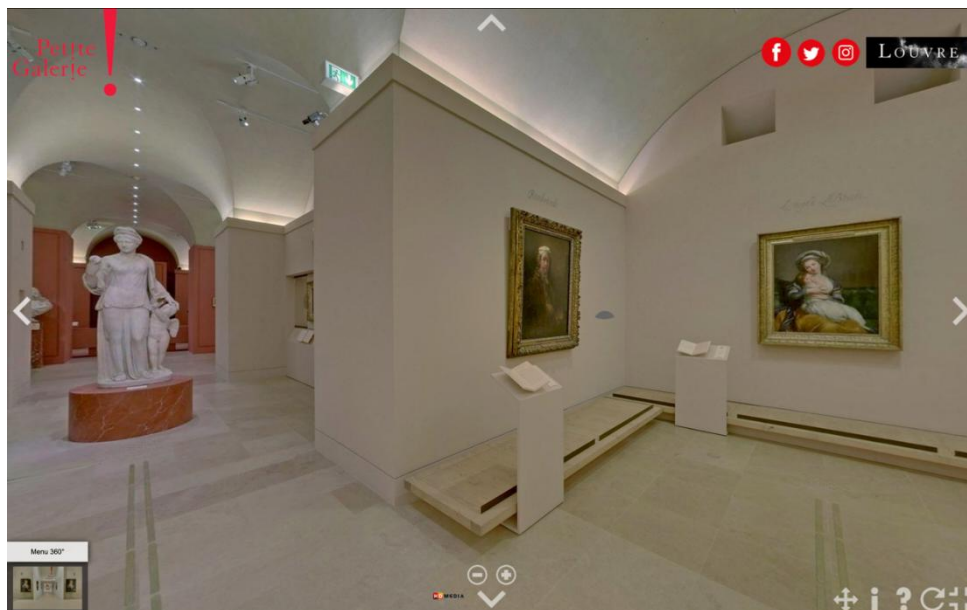


Εικόνα 2 Ο πίνακας της Μόνα Λίζα προβαλλόμενος σε εικονικό περιβάλλον.

Επίσης στην ιστοσελίδα του μουσείου, υπάρχουν περιηγήσεις εικονικής πραγματικότητας διάφορων συλλογών. Η περιήγηση γίνεται κάνοντας κλικ στα σημεία που είναι τοποθετημένα τα βέλη, επιλέγοντας την κατεύθυνση όπου θέλουμε να περιηγηθούμε καθώς επίσης παρέχεται και η επιλογή πληροφοριών των εκθεμάτων (Εικ. 3, 4).



Εικόνα 3 Εικονική περιήγηση μέσα στο μουσείου του Λούβρου.



Εικόνα 4 Εικονική περιήγηση μέσα στο μουσείου του Λούβρου.

Cosmote Chronos

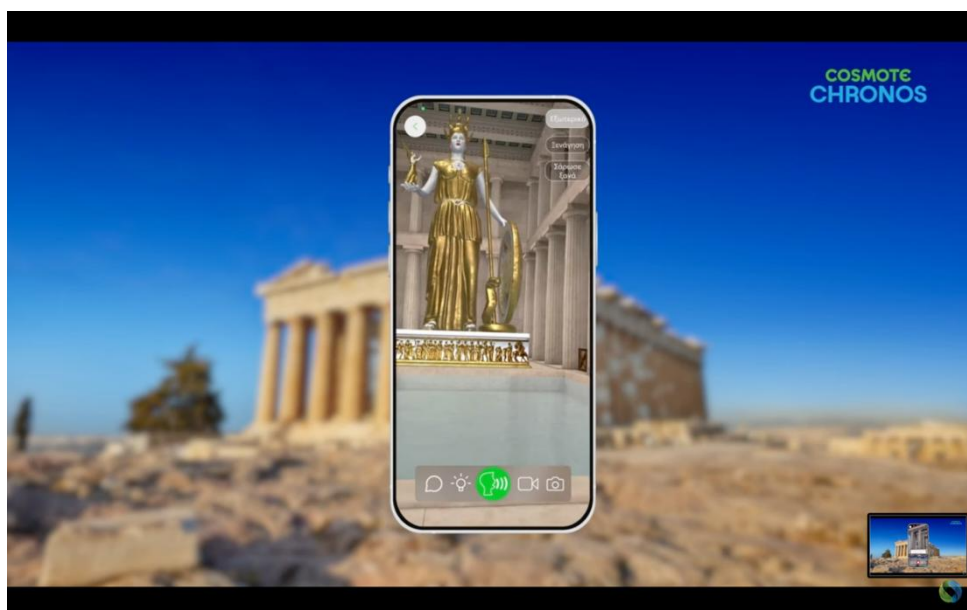
Η Cosmote σε συνεργασία με την εταιρία Moptil, του Υπουργείου Πολιτισμού και Αθλητισμού και του Μουσείου Ακρόπολης δημιούργησε την εφαρμογή Cosmote Chronos, μια εφαρμογή που συνδυάζει την τεχνολογία της εικονικής πραγματικότητας (VR), της επαυξημένης πραγματικότητας (AR) και της τεχνητής νοημοσύνης (AI). Η εφαρμογή αυτή χωρίζεται σε περιηγήσεις δύο κατηγοριών, μια βασισμένη στα μνημεία της Ακρόπολης όταν ο χρήστης βρίσκεται εκεί δια ζώσης και μια όταν χρήστης βρίσκεται μακριά από το μνημείο με δυνατότητα ομαδικής ή ατομικής ξενάγησης βάση της τεχνητής νοημοσύνης (Moptil, 2023).

Ο χρήστης στην πρώτη περίπτωση, σκανάροντας την πινακίδα που βρίσκεται στο μνημείο με τη φορητή του συσκευή, τότε το μνημείο εμφανίζεται με την αρχική του μορφή, όπως ήταν προγενέστερα και μπορεί να περιηγηθεί γύρω ή μέσα σε αυτό (Cosmote, n.d) (Εικ. 5, 6).

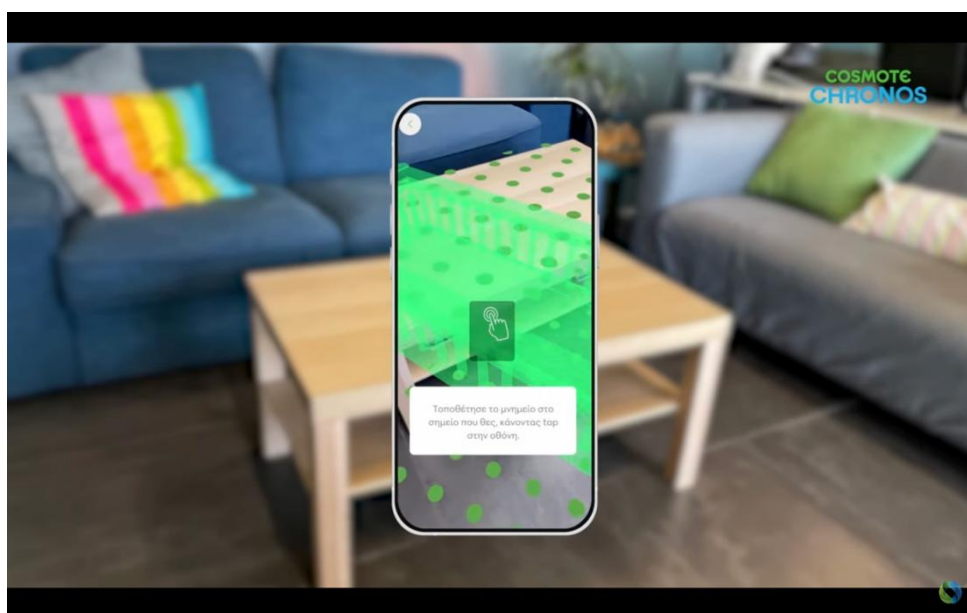
Στη δεύτερη περίπτωση ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει την εφαρμογή σε οποιοδήποτε σημείο βρίσκεται, αυτό επιτυγχάνεται με την επιλογή του μνημείου που θέλει να δει, έπειτα μέσω της κάμερας του επιλέγει που θα το τοποθετήσει το μνημείο και έχει τη δυνατότητα να περιηγηθεί μέσα ή γύρω από αυτό αγγίζοντας την οθόνη ή περπατώντας στο φυσικό χώρο που βρίσκεται (Cosmote, n.d) (Εικ. 7, 8).



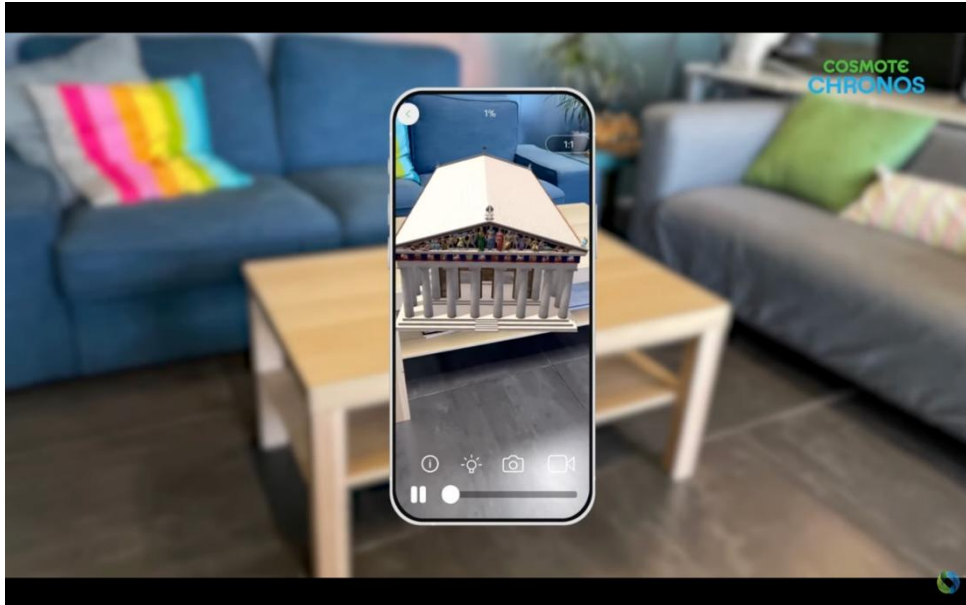
Εικόνα 5 Σκανάρισμα πινακίδας στην Ακρόπολη.



Εικόνα 6 Εμφάνιση αγάλματος εντός του Παρθενώνα με τη χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας.



Εικόνα 7 Επιλέγοντας μέσω κάμερας το σημείο τοποθέτησης του εικονικού εκθέματος.

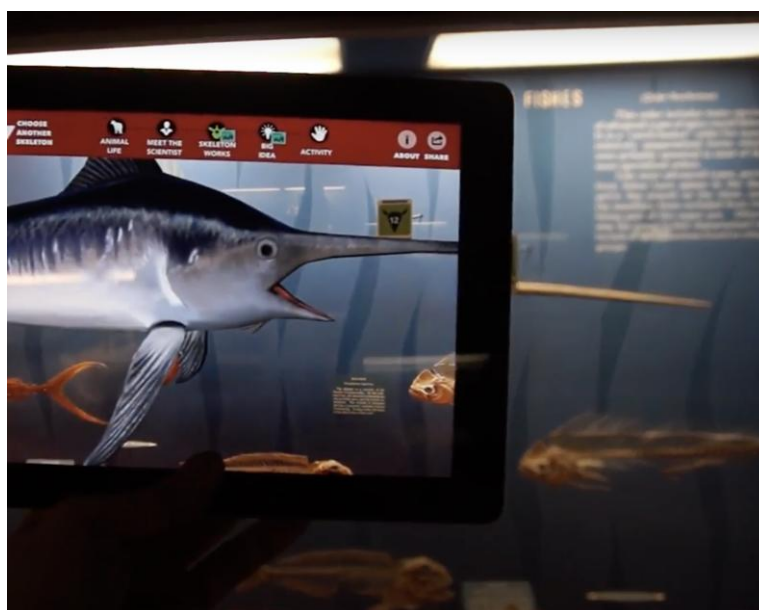


Εικόνα 8 Εμφάνιση εικονικού εκθέματος στο σημείο επιλογής.

The Smithsonian Institution

Το Smithsonian Institution το 2015 ανέπτυξε την «Skin and Bones», μια εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας για φορητές συσκευές βασισμένη στην συλλογή από σκελετών ζώων όπου εκθέτουν στο μουσείο τους. Με την εφαρμογή αυτή ο χρήστης σκανάρωντας με τη φορητή συσκευή του κάποια οστά ζώου, αυτό ζωντανεύει στη οθόνη του με την αρχική μορφή όπου ήταν (Εικ. 9, 10). Το ζώο έχει τη δυνατότητα να κινηθεί, να βγάλει τους πραγματικούς του ήχους καθώς και να δείξει πως κ κινηγούσε άλλα πλάσματα. Η Diana Marques, η οποία συνέβαλε στην ανάπτυξη της εφαρμογής "Skin and Bones", ανέφερε πως οι επισκέπτες που χρησιμοποίησαν την εφαρμογή της επαυξημένης πραγματικότητας σταμάτησαν πιο συχνά και έμειναν περισσότερο στα εκθέματα. Ίσως το πιο σημαντικό, αξιολόγησαν τη συνολική εμπειρία των επισκεπτών τους καλύτερα από εκείνους που δεν αλληλεπιδρούν με AR (Smithsonian, n.d).

Επίσης το Εθνικό Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Smithsonian δημιούργησε στην ιστοσελίδα του μια Virtual περιήγηση της συλλογής. Ο χρήστης επιλέγοντας τα βελάκια ή τα σημεία στην χάρτη που εμφανίζονται στην οθόνη μπορεί να κατευθυνθεί σε οποιοδήποτε σημείο θέλει καθώς και να διαβάσει τις πληροφορίες για το κάθε έκθεμα (Smithsonian, n.d).



Εικόνα 9 Εμφάνιση ζώου στην αρχική του μορφή σκανάροντας τα οστά του.



Εικόνα 10 Εμφάνιση ζώου στην αρχική του μορφή σκανάροντας τα οστά του.

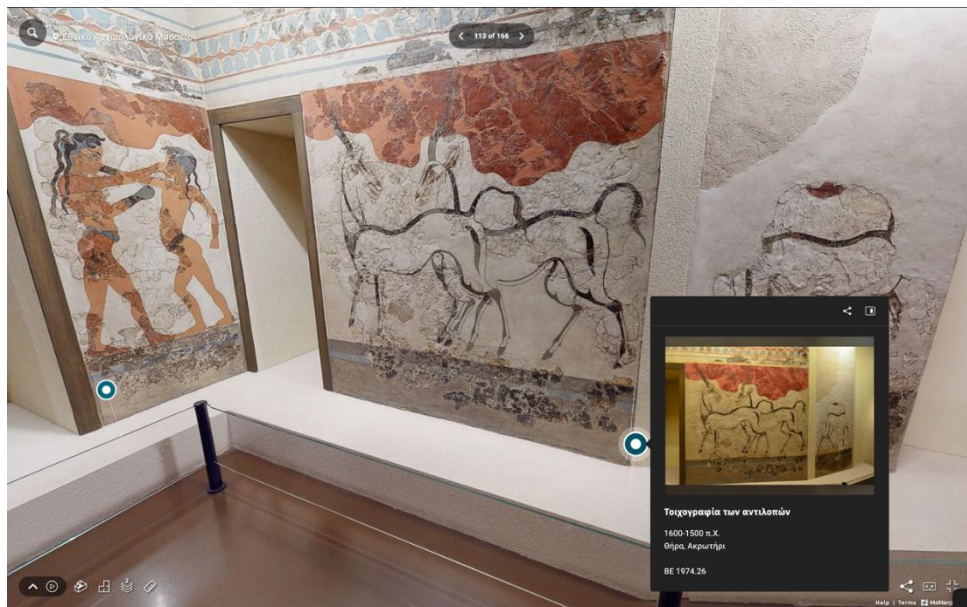
Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο Αθήνας

Το Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο είναι το μεγαλύτερο μουσείο της Ελλάδας με τεράστιες συλλογές που περιλαμβάνουν αρχαίους θησαυρούς κυρίως από το ελληνικό παρελθόν.

Σε συνεργασία με την εταιρεία PostScriptum, δημιουργήθηκε μια ψηφιακή περιήγηση του μουσείου με 36 αίθουσες. Ο χρήστης μπορεί να περιηγείται ελεύθερα στις αίθουσες του μουσείου και να διαβάσει πληροφορίες για τα επιλεγμένα εκθέματα.

Η περιήγηση γίνεται με τα βελάκια στα πλήκτρα του υπολογιστή ή απλά πατώντας κλικ με το ποντίκι προς την κατεύθυνση που θέλουμε να πάμε. Επιλέγοντας τις μπλε κουκίδες

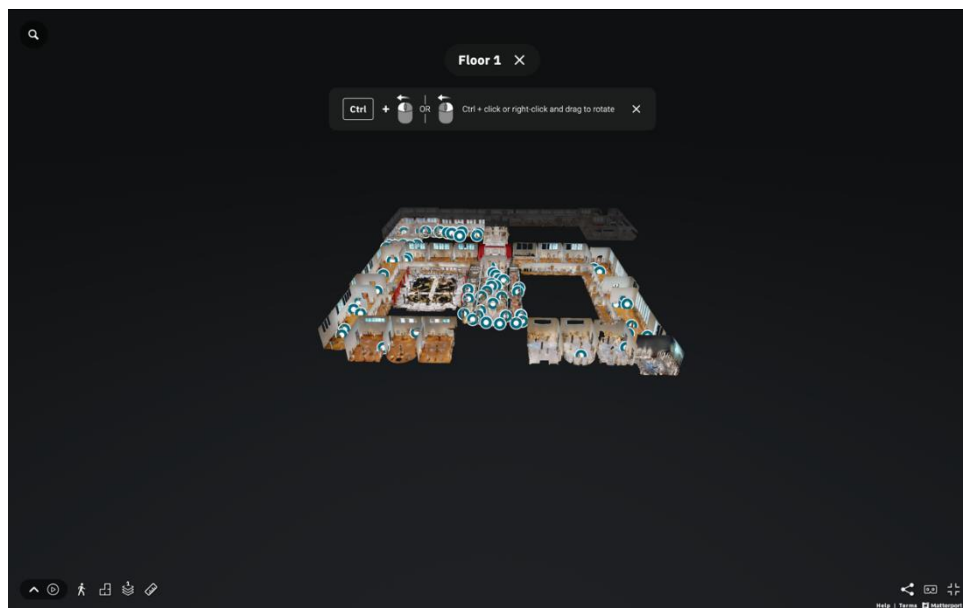
μπορούμε να αντλήσουμε πληροφορίες για το έκθεμα (Εικ. 11, 12). Κάτω αριστερά στην οθόνη υπάρχουν εικονίδια επιλογής ορόφου, κάτοψης, dollhouse για καλύτερη επιλογή σημείου ξενάγησης και μετρητή αποστάσεων (Μάρκου, 2023) (Εικ. 13).



Εικόνα 11 Εικονική περιήγηση εντός Αρχαιολογικού Μουσείου Αθηνών.



Εικόνα 12 Εικονική περιήγηση εντός Αρχαιολογικού Μουσείου Αθηνών.



Εικόνα 13 Τρισδιάστατη κάτοψη Αρχαιολογικού Μουσείου Αθηνών.

Το Metaverse στον πολιτισμό

Το Μετασύμπαν (Metaverse) θα μπορούσε να περιγραφεί ως η επόμενη φάση εξέλιξης της τρέχουσας έκδοσης του διαδικτύου καθώς δεν υπάρχει ακόμα κάποιος καθολικά αποδεκτός όρος.

Είναι μια νέα διαδικτυακή αλληλεπίδραση ψηφιακών κόσμων μέσω του οποίου μπορούμε να περιηγηθούμε με avatar που δημιουργείται από έναν υπολογιστή, χρησιμοποιώντας συσκευές εικονικής πραγματικότητας (VR) και επαυξημένης πραγματικότητας (AR) για να συνδεθούμε με άλλους χρήστες.

Η λέξη Metaverse επινοήθηκε για πρώτη φορά από τον Neal Stephenson το 1992 στο μυθιστόρημά του «Snow Crash» για να περιγράψει μια εναλλακτική 3D πραγματικότητα (Oripib, n.d).

Ένα Metaverse μπορεί να είναι οποιοσδήποτε 3D εικονικός χώρος που τροφοδοτείται από τεχνολογίες, συμπεριλαμβανομένης της εικονικής πραγματικότητας (VR), της επαυξημένης πραγματικότητας (AR), της τεχνητής νοημοσύνης (AI), του Διαδικτύου των πραγμάτων (IoT) και του blockchain, που επιτρέπει στους ανθρώπους να αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους (και σε ορισμένες περιπτώσεις, με μη ανθρώπινα είδωλα) (Lau, 2023).

«Θεωρούμε το Μετασύμπαν ως μια συγχώνευση εικονικής, επαυξημένης και φυσικής πραγματικότητας, ώστε να μπορέσουμε να εμπλακούμε στον ψηφιακό κόσμο όπως και στον φυσικό κόσμο», λέει ο Per Ola Kristensson, καθηγητής διαδραστικής Μηχανικής Συστημάτων του Cambridge.

«Όλα αυτά είναι παραδείγματα επέκτασης της πραγματικότητας του κόσμου μας (Walsh, 2023)

Ο τρόπος με τον οποίον εισήχθη το Metaverse στη ζωή μας ήταν τα ψηφιακά παιχνίδια, ξεκινώντας από το 2016 με το παιχνίδι Pokémon Go, το οποίο ενσωμάτωσε την τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας στα παιχνίδια των έξυπνων συσκευών. Στη συνέχεια ακολούθησαν και άλλα παιχνίδια όπως το Fortnite, το Minecraft και το Roblox, όπου οι παίκτες μπορούν να αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους με τη μορφή avatars σε εικονικά περιβάλλοντα. Έπειτα, το 2023 η ανάπτυξη Metaverse εισχώρησε και σε άλλους τομείς όπως στο marketing, στην αγορά και πώληση αγαθών, στην αρχιτεκτονική, στην εκπαίδευση καθώς και στην επίσκεψη ή δημιουργία μουσείων (Walsh, 2023; Lau, 2023).

Μουσεία και Metaverse

Το meta-μουσείο είναι μια νέα ιδέα που περιλαμβάνει εικονικά περιβάλλοντα μουσείων που δεν έχουν τοποθετηθεί στον πραγματικό κόσμο παρά μόνο στον ψηφιακό. Πρόκειται για ψηφιακούς χώρους που δημιουργήθηκαν για την φιλοξενία και την ανάδειξη εκθεμάτων και συλλογών (Mase et al., 2000).

Σκοπός του είναι να υποστηρίξει την εκπαίδευση και την επικοινωνία με τα εκθέματα μέσα από μια διασκεδαστική και διαδραστική εμπειρία. Οι συνηθισμένες έως τώρα ψηφιακές μορφές μουσείων απομακρυσμένης επίσκεψης, περιορίζονται στον πραγματικό χώρο του μουσείου με τα αντίστοιχα εκθέματα που προβάλλονται σε αυτό. Σε ένα meta-μουσείο δεν υπάρχει ο περιορισμός του χώρου και των εκθεμάτων καθώς ο δημιουργός του είναι αυτός που θα ορίσει τα μεγέθη αυτών ανάλογα με τις ανάγκες. Στα φυσικά μουσεία ο αριθμός των εκθεμάτων περιορίζεται λόγω χώρου. Για παράδειγμα το Λούβρο αποτελείται από περίπου 480.000 αντικείμενα και από αυτά εκτίθενται περίπου τα 38.000, καθώς και το Βρετανικό Μουσείο αποτελείται από 8 εκατομμύρια αντικείμενα και από αυτά εκτίθενται τα 80.000, δηλαδή το 1%. Τα μουσεία στο Μετασύμπαν θα μπορούν να βοηθήσουν στην απελευθέρωση και τη δυναμική προβολή όλων αυτών των συλλογών και θα επιτρέψουν στα μουσεία την ελευθερία να συνδεθούν με το κοινό τους. Τα μουσεία στο Metaverse θα μπορούν να συνεργάζονται και να μοιράζονται εκθέματα μεταξύ άλλων μουσείων, υπερβαίνοντας τα εμπόδια που συνήθως προκύπτουν στις παραδοσιακές εκθέσεις δίνοντας τη δυνατότητα να δημιουργηθούν ποικίλες και περιεκτικές εκθέσεις όπου στα δεν μπορούν να δημιουργηθούν στα φυσικά μουσεία (University of Glasgow, 2023; Mase et al., 2000).

Οι εμπειρίες αυτής της τεχνολογίας δεν έχουν σκοπό να αντικαταστήσουν τα υπάρχοντα μουσεία, αλλά θα προσθέσουν και θα χτίσουν πάνω σε αυτά προσφέροντας μια νέα προσέγγιση στον πολιτισμό.

Ο καθηγητής Neil McDonnell, που εδρεύει στο Advanced Research Centre, University of Glasgow, δήλωσε: "τα μουσεία Εικονικής Πραγματικότητας προσφέρουν μετασχηματιστικές επεκτάσεις στην παραδοσιακή εμπειρία του μουσείου: μπορούν να φιλοξενήσουν συλλογές οποιοδήποτε μεγέθους, να δείξουν μακρινά αντικείμενα δίπλα-δίπλα και να έχουν πρόσβαση από οπουδήποτε στον κόσμο. Οι δυνατότητές τους είναι εξαιρετικές. Ωστόσο, υπάρχουν αρκετές προκλήσεις-οικονομικές, τεχνολογικές και πολιτιστικές – οι οποίες μέχρι στιγμής έχουν περιορίσει την καθολική χρήση, συμπεριλαμβανομένης της δαπάνης για την παραγωγή μιας ειδικής εμπειρίας VR, καθώς και της έλλειψης τεχνικών δεξιοτήτων για την ψηφιοποίηση συλλογών και περιουσιακών στοιχείων σε 3D" (Mase et al., 2000).

Παραδείγματα Μουσείων στο Metaverse

Μουσείο Dezentral

Ως παράδειγμα ενός Metaverse μουσείου, θα μπορούσαμε να αναφέρουμε το ψηφιακό μουσείο Dezentral. Είναι το πρώτο αποκεντρωμένο εικονικό μουσείο NFT στον χώρο του Metaverse που φιλοξενεί 222 πλαίσια NFT και αποτελείται από τρεις ορόφους. Οι επισκέπτες έχουν τη δυνατότητα αγοράς ή ενοικίασης πλαισίου για να παρουσιάσουν την τέχνη τους. Ο χρήστης μπορεί να περιηγηθεί στον χώρο του μουσείου μέσω ενός avatar και να κατευθυνθεί με το εικονικό joystick όπου εμφανίζεται στην οθόνη. Έπειτα έχει τη δυνατότητα πλησιάζοντας ένα έκθεμα, να πατήσει στο πλαίσιο πληροφοριών όπου θα εμφανιστεί και να τον κατευθύνει στη σελίδα πληροφοριών για το συγκεκριμένο NFT (Licorish, 2022).

«Το Musee Dezentral είναι ένα μέρος όπου οι άνθρωποι μπορούν να έρθουν και να βιώσουν την τέχνη NFT με τρόπο παρόμοιο με ένα μουσείο, χωρίς μερικούς από τους περιορισμούς των παραδοσιακών μουσείων. Όλη η ομάδα μας έχει μια μακρά ιστορία δημιουργίας συναρπαστικών εμπειριών μετασύμπαντος με βάση το πρόγραμμα περιήγησης. Ωστόσο, είδαμε την ανάγκη να δημιουργήσουμε ένα μέρος όπου η τέχνη NFT θα μπορούσε να ανυψωθεί πέρα από την απλή προβολή της στον υπολογιστή ή το smartphone θα μπορούσε να είναι σημαντικό για εμάς να δημιουργήσουμε ένα τεράστιο πολιτιστικό μετασύμπαν που είναι διαθέσιμο 24/7 σε οποιονδήποτε στον κόσμο έχει πρόσβαση στο διαδίκτυο» ανέφερε το μέλος της ομάδας Musee Dezentral, Aaron Cunningham (Licorish, 2022).

Μέθοδοι Τρισδιάστατης Ψηφιοποίησης

Η ψηφιοποίηση πολιτιστικών αντικειμένων σε τρισδιάστατη μορφή, αποτελεί έναν πολύ σημαντικό πυλώνα για τη διατήρηση, την τεκμηρίωση και την ανάδειξη της πολιτιστικής κληρονομιάς. Μπορεί να γίνει με διάφορες μεθόδους όπου εξυπηρετούν διαφορετικές ανάγκες ώστε να προσφέρουν εξαιρετικά αποτελέσματα σε λεπτομέρεια και ακρίβεια. Οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι είναι (Ανδρουλάκη 2018):

1. Φωτογραμμετρία (Photogrammetry)

Η μέθοδος της φωτογραμμετρίας χρησιμοποιεί φωτογραφίες που λαμβάνονται από πολλές γωνίες λήψης και στη συνέχεια επεξεργάζονται μέσω εξειδικευμένων λογισμικών όπως το 3DF Zephyr, Meshlab και το Agisoft Metashape, για τη δημιουργία ενός τρισδιάστατου μοντέλου υψηλής ανάλυσης. Είναι ευρέως διαδεδομένη διότι αποτυπώνει με μεγάλη ακρίβεια τόσο τη γεωμετρία όσο και την υφή των αντικειμένων και είναι σχετικά οικονομική και εύκολη στη χρήση καθώς ο βασικός εξοπλισμός που απαιτείται μπορεί να είναι, μία φωτογραφική μηχανή, drone ή και ένα smartphone και το λογισμικό επεξεργασίας. Έχει εφαρμογή κυρίως στην καταγραφή γλυπτών ή άλλων πολιτιστικών αντικειμένων, στην τεκμηρίωση αρχαιοτήτων και αναπαράσταση μνημείων και αρχαιολογικών χώρων (Medina et al., 2020).

Πλεονεκτήματα

- Χαμηλό κόστος
- Ευκολία χρήσης
- Υψηλή ακρίβεια στο αποτέλεσμα

Μειονεκτήματα

- Απαιτεί ιδανικές συνθήκες φωτισμού
- Δυσκολία αποτύπωσης γυαλιστερών επιφανειών

2. Τρισδιάστατη Σάρωση (3D Scanning)

Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει την χρήση τρισδιάστατων σαρωτών λέιζερ (3D Scanners), όπου καταγράφουν με ακρίβεια την γεωμετρία, δημιουργώντας νέφη σημείων (point clouds) όπου με τη χρήση λογισμικού, μετατρέπονται σε τρισδιάστατα μοντέλα παρέχοντας υψηλή ακρίβεια και λεπτομέρεια αποτελέσματος. Η μέθοδος της τρισδιάστατης σάρωσης χρησιμοποιείται κυρίως για την καταγραφή, αρχιτεκτονικών δομών όπως ιστορικών κτιρίων ή ναών, αρχαιολογικών αντικειμένων μεγάλου μεγέθους και αναπαραστάσεων αρχαιολογικών χώρων. Κάποια από τα λογισμικά που χρησιμοποιούνται είναι το, 3DF Zephyr, το Metashape, το Artec Studio και το Reality Capture. Χαρακτηρίζεται ως μία ακριβή μέθοδος καθώς απαιτείται η χρήση εξειδικευμένου εξοπλισμού υψηλού κόστους (Cheng et al. 2015).

Πλεονεκτήματα

- Υψηλή ακρίβεια και λεπτομέρεια αποτελέσματος

Μειονεκτήματα

- Υψηλό κόστος εξοπλισμού
- Απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις

3. Τεχνολογία Σάρωσης LiDAR (Light Detection And Ranging)

Το LiDAR είναι ένα σύστημα αποτύπωσης παλμικού λέιζερ που χρησιμοποιείται κυρίως για σαρώσεις μεγάλων επιφανειών όπως οι αρχαιολογικοί χώροι, τα ιστορικά κτίρια και τρισδιάστατα αντικείμενα μεγάλης κλίμακας. Παρέχει υψηλή ακρίβεια και το κόστος είναι υψηλό καθώς απαιτεί ακριβό εξοπλισμό (Novaković, 2017).

Πλεονεκτήματα

- Καταγραφή μεγάλων επιφανειών με υψηλή ακρίβεια

Μειονεκτήματα

- Υψηλό κόστος εξοπλισμού
- Απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις

4. Μοντελοποίηση Τρισδιάστατων Αντικειμένων με Σχεδιαστικό Λογισμικό

Η μοντελοποίηση τρισδιάστατων αντικειμένων με την χρήση σχεδιαστικού λογισμικού όπως το Rhino 3D, SketchUp και το 3ds Max, αποτελεί μια εναλλακτική προσέγγιση στην ψηφιοποίηση πολιτιστικών αντικειμένων έναντι των δημοφιλών μεθόδων όπως της 3D σάρωσης και φωτογραμμετρίας. Η διαδικασία αυτή είναι ιδανική όταν οι διαθέσιμες τεχνολογίες τρισδιάστατης σάρωσης δεν έχουν τη δυνατότητα να αποδώσουν την ακρίβεια και τη λεπτομέρεια. Αυτή η μέθοδος γίνεται μέσω της χρήσης φωτογραφιών, σχεδίων και ακριβών μετρήσεων. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την αποτύπωση πολύπλοκων αντικειμένων διότι ο χρήστης έχει τον πλήρη έλεγχο στη δημιουργία του (Liu et al., 2020).

Πλεονεκτήματα

- Πλήρης σχεδιαστικός έλεγχος από το χρήστη
- Ιδανικό για περίπλοκα σχέδια
- Ακρίβεια σχεδιασμού

Μειονεκτήματα

- Απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις λογισμικών
- Χρειάζεται συνήθως μεγάλο χρονικό διάστημα για να υλοποιηθεί

Μέθοδος	Χρήση	Λογισμικά	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Φωτογραμμετρία	Γλυπτά, αρχαία αντικείμενα, αναπαραστάσεις μνημείων	3DFZephyr, Meshlab, Agisoft Metashape	Χαμηλό κόστος, ευκολία χρήσης, υψηλή ακρίβεια αποτελέσματος	Απαιτεί ιδανικές συνθήκες φωτισμού, δυσκολία αποτύπωσης γυαλιστερών επιφανειών
Τρισδιάστατη Σάρωση	Ιστορικά κτίρια, αρχαιολογικά αντικείμενα	Artec Studio, Reality Capture	Υψηλή ακρίβεια και λεπτομέρεια αποτελέσματος	Υψηλό κόστος εξοπλισμού, απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις
Τεχνολογία Σάρωσης LiDAR	Αρχαιολογικοί χώροι, ιστορικά κτίρια	LiDAR Scanners	Καταγραφή μεγάλων επιφανειών με υψηλή ακρίβεια	Υψηλό κόστος εξοπλισμού, απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις
Μοντελοποίηση Με Σχεδιαστικό Λογισμικό	Πολύπλοκα αντικείμενα με απαιτήσεις	Rhino 3D, SketchUp, 3ds Max	Πλήρης σχεδιαστικός έλεγχος από το χρήστη, ιδανικό για περίπλοκα σχέδια, ακρίβεια σχεδιασμού	Απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις λογισμικών, χρειάζεται συνήθως μεγάλο χρονικό διάστημα για να υλοποιηθεί

Πίνακας 1 (Adamopoulos et al., 2020)

Μέθοδοι Δημιουργίας Εικονικών Περιηγήσεων

Η δημιουργία εικονικών περιηγήσεων αποτελεί πολύ ένα σημαντικό και σύγχρονο εργαλείο για την ανάδειξη της πολιτιστικής κληρονομιάς και των μουσειακών συλλογών. Οι μέθοδοι δημιουργίας εικονικών περιηγήσεων ταξινομούνται ανάλογα με το είδος του περιεχομένου που χρησιμοποιείται για την περιήγηση.

Οι κύριες μέθοδοι είναι:

1. Εικονική Περιήγηση με την Χρήση 360° Φωτογραφιών

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στη χρήση πανοραμικών φωτογραφικών λήψεων 360°, υψηλής ανάλυσης, καλύπτοντας ολόκληρη την οπτική γωνία ενός σημείου, από έναν πραγματικό χώρο, οι οποίες λαμβάνονται από κάμερες 360°. Οι φωτογραφίες αυτές συνδέονται μεταξύ τους μέσω λογισμικών όπως τα Virtual Maker, Matterport, Kuula, Pano2VR, δημιουργώντας έτσι μια αλληλουχία εικόνων, που επιτρέπει την περιήγηση του χρήστη με φυσική κίνηση, σε διάφορα σημεία ενός χώρου (Osman et al., 2009).

Πλεονεκτήματα

- Ρεαλιστική αναπαράσταση του χώρου βασισμένη σε πραγματικά δεδομένα
- Απαιτεί ελάχιστο χρόνο υλοποίησης
- Είναι αρκετά απλό στη χρήση χωρίς να χρειάζονται εξειδικευμένες γνώσεις.
- Είναι χαμηλό σε κόστος

Μειονεκτήματα

- Περιορισμένη ευελιξία καθώς εξαρτάται από τις φωτογραφίες που έχουν ληφθεί
- Περιορισμός του χρήστη καθώς δεν επιτρέπει τη δημιουργία φανταστικών χώρων
- Δεν υπάρχει δυνατότητα αλληλεπίδρασης καθώς δεν είναι πραγματικό 3D

2. Εικονική Περιήγηση με Τρισδιάστατη Σάρωση του Χώρου (3D Scanning)

Η μέθοδος τρισδιάστατης σάρωσης χώρων για τη δημιουργία εικονικών περιηγήσεων βασίζεται στην χρήση τεχνολογιών με εξειδικευμένο εξοπλισμό όπως, η σάρωση με το LiDAR, με τρισδιάστατους σαρωτές (3D Scanners) και με τη χρήση της φωτογραμμετρίας. Η τεχνολογία αυτή εστιάζει στην ακριβή αναπαράσταση του φυσικού χώρου καθώς καταγράφει την γεωμετρία και τις διαστάσεις του με ακρίβεια δίνοντας ένα ρεαλιστικό αποτέλεσμα φυσικού χώρου. Τα λογισμικά που χρησιμοποιούμε περισσότερο σε αυτήν τη μέθοδο είναι τα, 3DFZephyr, RealityCapture και το Meshlab (Barszcz et al., 2023).

Πλεονεκτήματα

- Η τρισδιάστατη σάρωση παρέχει λεπτομερή καταγραφή του χώρου
- Απαιτεί ελάχιστο χρόνο υλοποίησης
- Ευκολία ενσωμάτωσης των δεδομένων σε σχεδιαστικά προγράμματα

Μειονεκτήματα

- Χρειάζεται εξειδίκευση για την χρήση αυτής της μεθόδου
- Τα δεδομένα της τρισδιάστατης σάρωσης είναι μεγάλα σε όγκο
- Περιορισμός αποτύπωσης πολύπλοκων και σκοτεινών σημείων
- Απαιτεί εξειδικευμένη γνώση για την χρήση του εξοπλισμού των τρισδιάστατων σαρωτών.

3. Δημιουργία Εικονικής Περιήγησης με τη Χρήση Σχεδιαστικών Λογισμικών

Η μέθοδος σχεδίασης και δημιουργίας εικονικών περιηγήσεων περιλαμβάνει τη σχεδίαση ενός χώρου από το μηδέν, με τη χρήση εξειδικευμένων λογισμικών τρισδιάστατης μοντελοποίησης και εικονικής περιήγησης όπως τα, Rhino 3D, Blender, Unity και Twinmotion. Αυτή η μέθοδος είναι ιδανική για περιπτώσεις που θέλουμε να αναπαραστήσουμε έναν φανταστικό ή υπαρκτό χώρο για να παρουσιάσουμε πολιτιστικά αντικείμενα ή μνημεία, δίνοντας στον χρήστη την πλήρη σχεδιαστική ελευθερία. Μετά τη μοντελοποίηση, οι χώροι μπορούν να ενσωματωθούν σε λογισμικά και πλατφόρμες για τη δημιουργία ρεαλιστικής εικονικής περιήγησης (Kulbaka et al., 2021).

Πλεονεκτήματα

- Ελευθερία σχεδιασμού τρισδιάστατου χώρου
- Χαμηλή σε κόστος
- Πλήρη αλληλεπίδραση του χώρου

Μειονεκτήματα

- Απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις λογισμικών
- Χρειάζεται συνήθως μεγάλο χρονικό διάστημα για να υλοποιηθεί

Μέθοδος	Χρήση	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Εικονική Περιήγηση Με Την Χρήση 360° Φωτογραφιών	Ρεαλιστική αναπαράσταση πραγματικών χώρων	Ρεαλιστική αναπαράσταση, ελάχιστος χρόνος υλοποίησης, απλό στη χρήση, χαμηλό κόστος	Περιορισμένη ευελιξία, χωρίς αλληλεπίδραση
Εικονική Περιήγηση Με Τρισδιάστατη Σάρωση Του Χώρου (3D Scanning)	Ακριβής αναπαράσταση φυσικών χώρων	Λεπτομερής καταγραφή, ελάχιστος χρόνος υλοποίησης, ενσωμάτωση δεδομένων σε σχεδιαστικά λογισμικά	Υψηλός όγκος δεδομένων, δυσκολία αποτύπωσης πολύπλοκων σημείων, απαιτεί εξειδικευμένη γνώση
Δημιουργία Εικονικής Περιήγησης Με Τη Χρήση Σχεδιαστικών Λογισμικών	Αναπαράσταση φανταστικών ή υπαρκτών χώρων	Ελευθερία σχεδιασμού, πλήρης αλληλεπίδραση, χαμηλό κόστος	Απαιτεί εξειδικευμένη γνώση λογισμικών, χρειάζεται μεγάλο χρονικό διάστημα υλοποίησης

Πίνακας 2 ΛΕΖΑΝΤΑ

Λογισμικά

Λογισμικά Σχεδιασμού Τρισδιάστατων Μοντέλων

Τα λογισμικά που χρησιμοποιούνται συνήθως για τη σχεδίαση και δημιουργία ενός τρισδιάστατου χώρου είναι:

Rhino 3D

Το Rhino 3D είναι ένα κορυφαίο λογισμικό μοντελοποίησης ελευθέρως μορφής που χρησιμοποιείται ευρέως για τη σχεδίαση και την τρισδιάστατη μοντελοποίηση. Δημιουργήθηκε από μια αμερικάνικη εταιρεία που ονομάζεται Robert McNeel & Associates και η πρώτη έκδοση του προγράμματος Rhino 1.0, κυκλοφόρησε το 1998. «Το Rhino μπορεί να δημιουργήσει, να επεξεργαστεί, να αναλύσει, να τεκμηριώσει, να αποδώσει, να ζωντανέψει και να μεταφράσει καμπύλες NURBS, επιφάνειες και στερεά, γεωμετρία υποδιαίρεσης (SubD), σύννεφα σημείων και πλέγματα πολυγώνων» (Καροορ, 2022). Τα NURBS είναι ένα μαθηματικό μοντέλο αναπαραστάσεων 3D γεωμετριών που περιγράφουν με ακρίβεια οποιοδήποτε σχήμα από μια απλή γραμμή, κύκλο ή καμπύλη στην πιο σύνθετη 3D οργανική επιφάνεια ελευθέρως μορφής ή στερεό(Καροορ, 2022).

Είναι αρκετά δημοφιλές λόγω της δυνατότητας εισαγωγής και εξαγωγής πολλών διαφορετικών τύπων αρχείων διευκολύνοντας τη συνεργασία με άλλα λογισμικά και πλατφόρμες όπως το Autocad. Ένα κύριο χαρακτηριστικό του λογισμικού είναι ότι, συνδυάζεται με BIM λογισμικά όπως το VisualArq και συνδέεται με plug-in λογισμικά φωτορεαλισμού (rendering) όπως το Vray και το Twinmotion (Καροορ, 2022).

Οι κύριες εφαρμογές του περιλαμβάνουν τη δημιουργία, αρχιτεκτονικών σχεδίων ιδιαίτερα για την κατασκευή κτιρίων και εσωτερικών χώρων, βιομηχανικών σχεδίων, επίπλων, κοσμημάτων, αυτοκινήτων, κ.α. Ωστόσο, η χρήση του μπορεί να είναι απαιτητική για αρχάριους λόγω της περίπλοκης εκμάθησης που απαιτεί (Καροορ, 2022).

SketchUp

Το SketchUp είναι ένα αρκετά δημοφιλές σχεδιαστικό λογισμικό που δημιουργήθηκε το 2000, για γρήγορη και εύκολη δημιουργία δισδιάστατων και τρισδιάστατων μοντέλων, χρησιμοποιείται κυρίως στον τομέα της αρχιτεκτονικής, του σχεδιασμού εσωτερικών χώρων και το σχεδιασμό προϊόντων. Είναι φιλικό στην εκμάθηση για τους αρχάριους και παρέχει απλό περιβάλλον προς τους χρήστες. Παρά την ευκολία του, στερείται προηγμένων δυνατοτήτων που απαιτούνται για τη δημιουργία περίπλοκων έργων (Bethany, 2018).

Blender

Το Blender είναι ένα δωρεάν ισχυρό λογισμικό ανοιχτού κώδικα που παρέχει ισχυρά εργαλεία για τη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων, animations, rendering και προσομοιώσεων. Είναι ευρέως διαδεδομένο και αναγνωρισμένο λογισμικό για τις δυνατότητες του, κυρίως στον τομέα του σχεδιασμού παιχνιδιών (game design) και των ειδικών εφέ. Παρά τις ισχυρές δυνατότητες του, το περιβάλλον εργασίας μπορεί να φανεί περίπλοκο στους νέους χρήστες (Chillingworth, 2023).

3ds Max

Το 3ds Max είναι ένα από τα δημοφιλέστερα επαγγελματικά λογισμικά σχεδιασμού, που χρησιμοποιείται ευρέως για τη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων, rendering και animations. Είναι ιδανικό για εφαρμογές κυρίως σε αρχιτεκτονικά έργα, για βιομηχανικό σχεδιασμό καθώς και για τη βιομηχανία βιντεοπαιχνιδιών. Παρά τα πλεονεκτήματά του, το υψηλό κόστος και οι απαιτήσεις για πρόσβαση σε υπολογιστή υψηλών προδιαγραφών, αποτελούν μειονεκτήματα για νέους χρήστες (Petty, n.d.).

Λογισμικό	Χρήση	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Rhino 3D	Τρισδιάστατος σχεδιασμός, αρχιτεκτονική, βιομηχανικός σχεδιασμός, σχεδιασμός προϊόντων	Υψηλή ακρίβεια στον σχεδιασμό	Περίπλοκο στην εκμάθηση
SketchUp	Τρισδιάστατος σχεδιασμός, αρχιτεκτονική, σχεδιασμός προϊόντων	Απλό στην χρήση	Περιορισμένες δυνατότητες
Blender	Τρισδιάστατος σχεδιασμός, animations, gaming, εφέ	Δωρεάν, ισχυρά εργαλεία	Περίπλοκο στην εκμάθηση για νέους χρήστες
3ds Max	Τρισδιάστατος σχεδιασμός, αρχιτεκτονική, βιομηχανικός σχεδιασμός, animations, gaming	Ισχυρές δυνατότητας animation και rendering	Υψηλό κόστος, απαιτεί ισχυρό υπολογιστή

Πίνακας 3 ΛΕΖΑΝΤΑ

Λογισμικά Δημιουργίας Εικονικών Περιηγήσεων

Τα λογισμικά που χρησιμοποιούνται συνήθως για τη δημιουργία εικονικής περιήγησης μέσα σε έναν τρισδιάστατο χώρο είναι:

Unity

Το Unity είναι ένα από τα δημοφιλέστερα και πιο ευέλικτα λογισμικά ανάπτυξης παιχνιδιών, εικονικών περιηγήσεων και διαδραστικών εφαρμογών. Χρησιμοποιείται κυρίως για τη δημιουργία τρισδιάστατων και δισδιάστατων παιχνιδιών, εικονικών περιηγήσεων, εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας καθώς και προσομοιώσεων. Το Unity διακρίνεται για την ευελιξία του, για τη μεγάλη του κοινότητα, την πρόσβαση σε μια εκτενή βιβλιοθήκη assets και εργαλείων μέσω του Unity Asset Store και τη δυνατότητα εξαγωγής σε πολλά μέσα όπως υπολογιστές, κινητές συσκευές και συσκευές VR. Ωστόσο, για την πλήρη αξιοποίηση των δυνατοτήτων του, απαιτείται χρόνος για την πλήρη εκμάθηση του, επίσης οι χρήστες θα πρέπει να έχουν γνώσεις προγραμματισμού κυρίως στην γλώσσα C# (Lacoma, 2023).

Unreal Engine

Η Unreal Engine είναι ένα από τα ισχυρότερα λογισμικά για τη δημιουργία παιχνιδιών, εικονικών περιηγήσεων και αρχιτεκτονικών απεικονίσεων. Η ιστορία της ξεκινά από τη δεκαετία του 1990, όπου αρχικά αναπτύχθηκε από την Epic Games και παρουσιάστηκε για πρώτη φορά με την κυκλοφορία του παιχνιδιού Unreal. Διαθέτει εξαιρετικά ρεαλιστικά γραφικά με φωτισμό και λεπτομέρεια. Υποστηρίζει τόσο προγραμματισμό όσο και το σύστημα οπτικών εργαλείων (Blueprints) για πιο εύκολη ανάπτυξη χωρίς τη χρήση κώδικα. Απευθύνεται κυρίως σε game developers, σε κινηματογραφιστές για τη δημιουργία οπτικών εφέ και σε αρχιτέκτονες. Παρά τη υψηλή του απόδοση, απαιτεί υπολογιστή με δυνατά χαρακτηριστικά και είναι δύσκολο στην εκμάθηση (Mack & Ruud, 2019).

Twinmotion

Το Twinmotion είναι ένα λογισμικό οπτικοποίησης που επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν τρισδιάστατες, ρεαλιστικές σκηνές, κινούμενων εικόνων και εικονικών περιηγήσεων σε πραγματικό χρόνο. Απευθύνεται κυρίως σε αρχιτέκτονες, σχεδιαστές εσωτερικών χώρων, επαγγελματίες στον χώρο της κατασκευής και σε καλλιτέχνες. Είναι αρκετά εύκολο στη εκμάθηση, διαθέτει απλό και φιλικό interface καθώς βασίζεται σε έτοιμα εργαλεία και επιτρέπει την ταχύτατη μετατροπή τρισδιάστατων μοντέλων σε ρεαλιστικά περιβάλλοντα. Το Twinmotion αναπτύχθηκε το 2005 και ανήκει από το 2019, στην μητρική Αμερικάνικη εταιρεία ανάπτυξης παιχνιδιών, την Epic Games. Βασίζεται στην ισχυρή μηχανή γραφικών την Unreal Engine η οποία επιτρέπει στο Twinmotion να αποδίδει ρεαλιστικά γραφικά, φωτισμούς και κινούμενους χαρακτήρες, σε πραγματικό χρόνο. Το Twinmotion έχει συμβατότητα και υποστηρίζει την εισαγωγή μοντέλων από πολλά λογισμικά σχεδίασης όπως το Rhino 3D, το SketchUp, το Archicad και το Revit. Έχει τη δυνατότητα άμεσης σύνδεσης με το πρόγραμμα σχεδίασης όπου δημιουργήθηκε το τρισδιάστατο μοντέλο, οπότε οποιαδήποτε αλλαγή γίνει στο μοντέλο από το σχεδιαστικό λογισμικό, στέλνεται απευθείας στο Twinmotion με ένα κλικ, αποφεύγοντας έτσι τη διαδικασία φόρτωσης του μοντέλου από την αρχή. Διαθέτει πάνω από 700.000 assets και παρέχει μια ευρεία γκάμα εργαλείων για τη δημιουργία φωτισμών, υφών και υλικών και κίνησης καθώς τα περισσότερα από αυτά τα στοιχεία είναι διαδραστικά (Wu et al., 2020).

Μας προσφέρει τη δυνατότητα, να ανοίγουν οι πόρτες, να μεγαλώνουν τα δέντρα, οι άνθρωποι και τα οχήματα μπορούν να κινηθούν κατά μήκος ενός προκαθορισμένου μονοπατιού το οποίο έχει ορίσει ο χρήστης καθώς μπορούμε να κάνουμε και εναλλαγή στην ώρα και στις καιρικές συνθήκες. Το Twinmotion εξάγει την εργασία σε διάφορες μορφές όπως, σε κινητές render, αρχείο VR όπου μπορεί ο χρήστης να περπατήσει εικονικά στη σκηνή που δημιούργησε, διαδραστικό βίντεο 360 μοιρών και πανοραμικές φωτογραφίες. Ωστόσο, απαιτεί ισχυρό υπολογιστή για μεγαλύτερες σκηνές, έχει περιορισμένες προηγμένες δυνατότητες συγκριτικά με άλλα λογισμικά όπως το Unreal Engine επίσης έχει περιορισμό στις επιπρόσθετες πληροφορίες που θέλει να εντάξει ο χρήστης σε μια εικονική περιήγηση που έχει δημιουργήσει όπως για παράδειγμα να αναδύονται παράθυρα πληροφοριών σε εκθέματα όταν πλησιάζει ο χρήστης ένα έκθεμα. Ένα ακόμα αρνητικό είναι πως το αρχείο εξαγωγής της εικονικής περιήγησης είναι αρκετά μεγάλο με αποτέλεσμα να μην μπορεί να καταχωρηθεί σε κάποια ιστοσελίδα (Wu et al., 2020).

Virtual Maker

Το Virtual Maker είναι μια εξειδικευμένη πλατφόρμα για τη δημιουργία εικονικών περιηγήσεων μέσω 360° φωτογραφιών. Αποτελείται από ένα φιλικό περιβάλλον εργασίας προς τον χρήστη, που επιτρέπει την εύκολη και γρήγορη εισαγωγή φωτογραφιών για τη δημιουργία διαδραστικών περιηγήσεων. Επίσης, δίνει τη δυνατότητα προσθήκης σημείων ενδιαφέροντος, καθώς και πληροφοριών, βίντεο και ήχου. Είναι ιδανικό για χρήστες χωρίς εξειδικευμένες γνώσεις καθώς χαρακτηρίζεται από την απλότητα και την ταχύτητα του. Ωστόσο, το Virtual Maker έχει περιορισμούς ως προς τα σύνθετα έργα όταν απαιτούν τρισδιάστατα μοντέλα ενώ το αποτέλεσμα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ποιότητα των φωτογραφιών που λήφθηκαν (<https://www.virtualmaker.net/>).

Λογισμικό	Χρήση	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Unity	Δημιουργία παιχνιδιών, ανάπτυξη VR/AR εφαρμογών	Ευελιξία, μεγάλη κοινότητα, υποστήριξη VR/AR	Απαιτείται μεγάλο διάστημα για εκμάθηση, χρειάζεται γνώση γλώσσας προγραμματισμού
Unreal Engine	Δημιουργία παιχνιδιών, εικονικών περιηγήσεων, αρχιτεκτονικών απεικονίσεων	Ρεαλιστικά γραφικά, ισχυρό rendering engine	Υψηλές απαιτήσεις προδιαγραφών υπολογιστή, δύσκολο στην εκμάθηση
Twinmotion	Αρχιτεκτονική απεικόνιση, εικονικές περιηγήσεις	Υψηλές ρεαλιστικές σκηνές, φιλικό interface, εύκολο στην εκμάθηση	Υψηλές απαιτήσεις προδιαγραφών

			υπολογιστή, περιορισμένες προηγμένες δυνατότητες
Virtual Maker	Δημιουργία περιηγήσεων	VR	Εύκολο και γρήγορο στη χρήση
			Περιορισμός σε σύνθετα έργα, το αποτέλεσμα εξαρτάται από την ποιότητα των φωτογραφιών

Πίνακας 4 ΛΕΖΑΝΤΑ

Επιλογή Κατάλληλης Μεθόδου Ψηφιοποίησης και Δημιουργίας

Εικονικών Χώρων και Περιηγήσεων

Ψηφιοποίηση μικρών αντικειμένων

Για την ψηφιοποίηση μικρών αντικειμένων, οι καταλληλότερες μέθοδοι είναι η φωτογραμμετρία και η τρισδιάστατη σάρωση διότι προσφέρουν υψηλή λεπτομέρεια με άμεσα αποτελέσματα.

Αποτύπωση μεγάλων χώρων και επιφανειών

Η χρήση της μεθόδου τρισδιάστατης σάρωσης ή LiDAR ενδείκνυται όταν πρόκειται για αποτύπωση μεγάλων χώρων με απόλυτη ακρίβεια. Αυτές οι μέθοδοι είναι ιδανικές για την καταγραφή αρχαιολογικών χώρων και ιστορικών κτιρίων.

Δημιουργία φανταστικών χώρων ή ειδικά προσαρμοσμένων χώρων

Για τη Δημιουργία φανταστικών και προσαρμοσμένων χώρων, είναι απαραίτητη η χρήση σχεδιαστικών λογισμικών όπως το Rhino 3D και το Blender, καθώς επιτρέπουν τη δημιουργία χώρων από το μηδέν, παρέχοντας πλήρη ευελιξία και ελευθερία στο σχεδιασμό.

Δημιουργία εικονικής περιήγησης σε τρισδιάστατο χώρο

Για τη δημιουργία εικονικής περιήγησης σε τρισδιάστατο χώρο, η μέθοδος με τη χρήση 360° πανοραμικών φωτογραφιών προσφέρει μια εύκολη και οικονομική λύση για τη δημιουργία εικονικών περιηγήσεων, είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για εσωτερικούς χώρους μουσείων και ιστορικών κτιρίων.

Ανάγκη	Κατάλληλη Μέθοδος	Λογισμικό	Εφαρμογή
Ψηφιοποίηση μικρών αντικειμένων	Φωτογραμμετρία	3DF Zephyr, Meshlab	Αρχαιολογικά αντικείμενα, μικρά αγάλματα
Αποτύπωση μεγάλων χώρων και επιφανειών	Τρισδιάστατη σάρωση	3DF Zephyr, Agisoft Metashape, Artec Studio, Reality Capture	Αρχαιολογικοί χώροι, ιστορικά κτίρια
Δημιουργία φανταστικών χώρων ή ειδικά προσαρμοσμένων χώρων	Μοντελοποίηση με σχεδιαστικό λογισμικό	Rhino 3D, Blender	Μοντελοποίηση κτιρίων και χώρων
Δημιουργία εικονικής περιήγησης σε τρισδιάστατο χώρο	360° πανοραμικές φωτογραφίες	Virtual Matterport, Pano2VR	Εσωτερικοί χώροι μουσείων και ιστορικών κτιρίων

Πίνακας 5 ΛΕΖΑΝΤΑ

Μελέτη Περίπτωσης

Εισαγωγή

Το παρόν έργο έχει σκοπό να παρουσιάσει τη διαδικασία δημιουργίας ενός εικονικού μουσείου, το οποίο έχει σχεδιαστεί με τη χρήση προηγμένων λογισμικών επεξεργασίας φωτογραφιών, τρισδιάστατης μοντελοποίησης και rendering.

Ο αρχιτεκτονικός ρυθμός του μουσείου είναι εμπνευσμένος από τα περίκεντρα κτίρια, συγκεκριμένα τις Ροτόντες. Οι περίκεντροι ναοί εμφανίζονται ως σημαντικά αρχιτεκτονικά κτίρια από την παλαιοχριστιανική περίοδο και συνεχίζουν την εξέλιξη τους ιδιαίτερα έως τη βυζαντινή. Ανάλογα με τη μορφή τους διακρίνονται σε κυκλικά, οκταγωνικά, εξαγωνικά, τρίκογχα και τετράκογχα κτίρια. Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η ανάπτυξη τους γύρω από έναν κεντρικό άξονα σε ύψος. Οι ναοί αυτοί έχουν σχεδιαστεί με γνώμονα τη σύνδεση των πιστών στο κέντρο, προσδίδοντας μια αίσθηση συγκέντρωσης και ηρεμίας, ενώ ο θόλος τους, όπου συμβολίζει τον ουράνιο θόλο, επιτρέπει στο φως να εισχωρήσει ενισχύοντας την ιερότητα του χώρου. Η αισθητική και ο συμβολισμός των περίκεντρων ναών, διαμόρφωσαν σημαντικά την χριστιανική αρχιτεκτονική και ναοδομία καθώς αποτέλεσαν πρότυπο χώρου που συμβολίζει την πνευματική ανύψωση και την ενότητα του ανθρώπου με το θείο.

Για τη ψηφιοποίηση των εκθεμάτων του Κειμηλιαρχείου, ακολουθήθηκαν και τηρήθηκαν όλα τα προβλεπόμενα και απαραίτητα μέτρα. Συγκεκριμένα, υπέβαλα αίτηση προς την Ιερά Μητρόπολη Γλυφάδας καθώς και στο Κειμηλιαρχείο, περιγράφοντας αναλυτικά το σκοπό της διπλωματικής μου εργασίας και τη διαδικασία της ψηφιοποίησης. Πρώτο βήμα στη διαδικασία της ψηφιοποίησης ήταν η φωτογράφιση των φορητών εικόνων, όπου πραγματοποιήθηκε με απόλυτο σεβασμό στα ιερά κειμήλια, ακολουθώντας μη καταστρεπτικές και επεμβατικές μεθόδους, με τη χρήση ειδικών μέσων και τεχνικών που δεν εξέθεσαν τα εκθέματα σε παράγοντες οι οποίοι θα μπορούσαν να προκαλέσουν φθορά σε αυτά.

Για την επεξεργασία φωτογραφιών επιλέχθηκε το λογισμικό της Adobe το Lightroom, για να διασφαλιστεί η βέλτιστη ποιότητα και αισθητική του αποτελέσματος, καθώς οι φωτογραφίες θα χρησιμοποιηθούν ως υλικό όπου θα εισαχθεί στην επιφάνεια των τρισδιάστατων καμβάδων, στο πρόγραμμα του φωτορεαλισμού. Στη συνέχεια, το ψηφιακό τρισδιάστατο σχέδιο του μουσείου και η δημιουργία των καμβάδων, δημιουργήθηκαν στο Rhino 3D, αξιοποιώντας τις δυνατότητες του λογισμικού για την ακριβή διαμόρφωση του αρχιτεκτονικού χώρου, όγκων και επιφανειών, δημιουργώντας ένα περιβάλλον κατάλληλο για την παρουσίαση των φορητών εικόνων, καθώς μπορεί να ανταπεξέλθει πλήρως σε όλες τις σχεδιαστικές προκλήσεις. Επέλεξα τη συγκεκριμένη μέθοδο ψηφιοποίησης, αρχικά, για να αποφευχθεί κάθε είδους επαφή και μετακίνηση των φορητών εικόνων ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος φθοράς τους, αποτελεί μια μέθοδο με χαμηλό κόστος και δίνεται η πλήρη ελευθερία σχεδιασμού του μουσειακού χώρου. Το τελευταίο στάδιο περιλαμβάνει την ενσωμάτωση του τρισδιάστατου μοντέλου και των φωτογραφιών πάνω στους τρισδιάστατους καμβάδες, στο λογισμικό Twinmotion, όπου έγινε η τελική επεξεργασία για την απόδοση του μουσειακού χώρου συνδυάζοντας τα εκθέματα με στοιχεία φωτισμού, υψής επιφανειών και ρεαλισμού δίνοντας μια ζωντανή και ρεαλιστική μορφή που αποδίδει την αίσθηση και την ατμόσφαιρα ενός πραγματικού φυσικού μουσείου. Η επιλογή του Twinmotion έγινε διότι ξεχωρίζει για την ευκολία και το φιλικό του περιβάλλον προς το χρήστη καθώς η διαδικασία δημιουργίας εικονικών περιηγήσεων είναι γρήγορη και δεν απαιτεί γνώσεις προγραμματισμού σε αντίθεση με το Unity. Επίσης παρέχει υψηλή ποιότητα ρεαλιστικών γραφικών και συνεργάζεται με άλλα σχεδιαστικά λογισμικά όπως το Rhino 3D και το SketchUp και παρέχεται δωρεάν με κάποιους περιορισμούς οι οποίοι δεν αποτέλεσαν εμπόδιο στη διαδικασία δημιουργίας του έργου.

Τοποθέτηση Φορητών Εικόνων στον Ψηφιακό Χώρο του Μουσείου

Οι φορητές εικόνες τοποθετήθηκαν περιμετρικά του τοίχου στο εσωτερικό του μουσείου, ακολουθώντας μια κυκλική πορεία βάσει χρονολογικής εξέλιξης των εικόνων, από τις παλαιότερες προς τις νεότερες εικόνες, ξεκινώντας την ξενάγηση, από τα αριστερά προς τα δεξιά.

Η τοποθέτηση των εκθεμάτων στα μουσεία βάσει χρονολογικής εξέλιξης είναι μια πάγια και διαδεδομένη πρακτική, προσφέροντας στους επισκέπτες τη δυνατότητα να παρακολουθήσουν την έκθεση με τη φυσική ροή της εξέλιξης των γεγονότων κατανοώντας σε μεγαλύτερο βάθος την ιστορική αφήγηση της έκθεσης.

Θέλοντας να προσφέρω στο θεατή τη βέλτιστη εμπειρία προβολής, ακολούθησα τον πρακτικό κανόνα τοποθέτησης έργων τέχνης από το κέντρο τους σε απόσταση 145 με 152 εκατοστών από το έδαφος, συγκεκριμένα τις τοποθέτησα στα 150 εκατοστών από το πάτωμα, καθώς αυτό αποτελεί το μέσο ύψος των ματιών ενός ενήλικα σε όρθια θέση. Αυτή η μέθοδος διασφαλίζει στο θεατή το κατάλληλο ύψος προβολής χωρίς να απαιτείται μεγάλη κλίση του κεφαλιού του προς τα πάνω ή προς τα κάτω κατά την παρατήρηση του εκθέματος.

Στα επόμενα κεφάλαια θα παρουσιαστούν αναλυτικά τα διάφορα στάδια που ακολουθήθηκαν για τη δημιουργία του εικονικού μουσείου, δίνοντας έμφαση στη μεθοδολογία και τα εργαλεία που επιλέχθηκαν. Ξεκινώντας από τη φωτογράφιση των εκθεμάτων, την έμπνευση και το σχεδιασμό της γεωμετρίας καθώς και τη διαδικασία εξαγωγής και ενσωμάτωσης του τρισδιάστατου μοντέλου σε περιβάλλον VR.

Ψηφιοποίηση Φορητών Εικόνων

Ξεκινώντας με τη διαδικασία της φωτογράφισης, χρησιμοποίησα επαγγελματική φωτογραφική μηχανή υψηλής ανάλυσης, συγκεκριμένα την κάμερα DSLR Nikon D750 συνοδευόμενη από το φακό AF-S NIKKOR 24–70mm f/2.8E ED. Για τη διασφάλιση της σταθερότητας της εικόνας, τη λεπτομερή καταγραφή των εικόνων και την αποφυγή παραμορφώσεων αρχιτεκτονικών παραμέτρων χρησιμοποιήθηκε ειδικό φωτογραφικό τρίποδο. Η σωστή και ακριβής λήψη των φωτογραφιών έπαιξε καθοριστικό ρόλο για την αποτύπωση της λεπτομέρειας και της αυθεντικής αναπαράστασης των εικόνων. Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας μέτρο, κατέγραψα με ακρίβεια τις διαστάσεις κάθε φορητής εικόνας, θέλοντας να εξασφαλίσω ότι κάθε ψηφιακό έκθεμα ανταποκρίνεται στις πραγματικές αναλογίες και διαστάσεις των αυθεντικών αντικειμένων.

Εισαγωγή και Επεξεργασία Φωτογραφιών στο Adobe Lightroom

Το Adobe Lightroom είναι ένα αρκετά δημοφιλές λογισμικό επεξεργασίας φωτογραφιών πολλαπλών λειτουργιών, ειδικά σχεδιασμένο για φωτογράφους καθώς παρέχει ευελιξία και ακρίβεια στην επεξεργασία φωτογραφιών, δημιουργία slide shows, τύπωση φωτογραφιών και δημιουργία web galleries. Σε αντίθεση με άλλα λογισμικά επεξεργασίας, το Lightroom έχει την υπεροχή και το πλεονέκτημα στην οργάνωση και να ταξινομήση μεγάλων όγκων φωτογραφιών (Frasher & Schewe, 2009).

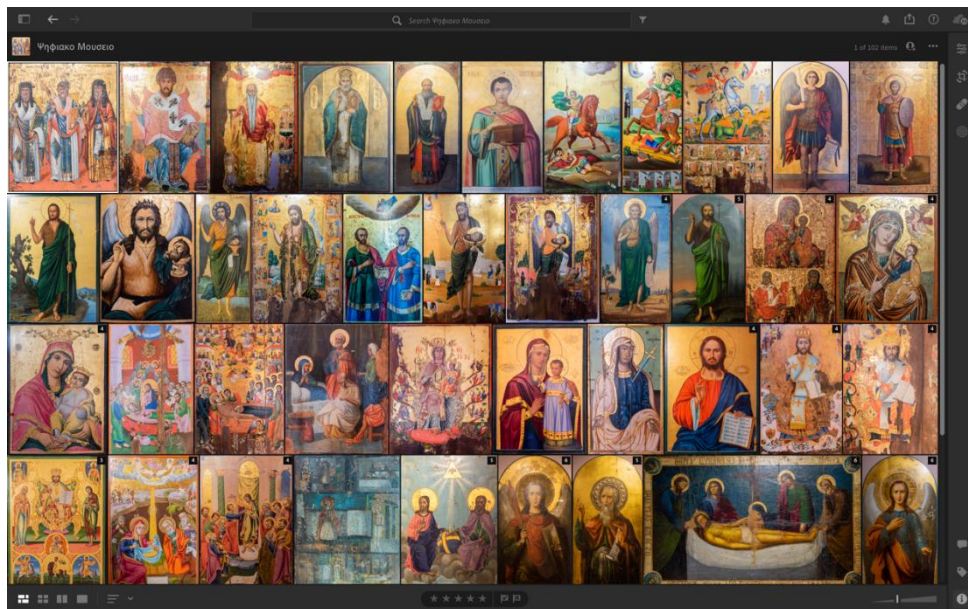
Κατά την επεξεργασία φωτογραφιών, οι αλλαγές καταγράφονται στη βάση δεδομένων του λογισμικού και εφαρμόζονται μόνο στο περιβάλλον του Lightroom καθώς οι πρωτότυπες φωτογραφίες διατηρούνται στην αρχική τους μορφή, πράγμα που σημαίνει ότι οποιαδήποτε αλλαγή κάνουμε είναι εύκολα αναστρέψιμη, χωρίς να επηρεάζεται το πρωτότυπο αρχείο. Έτσι, μπορούμε ανά πάσα στιγμή να κάνουμε αλλαγές ή εξαγωγή (export) στις φωτογραφίες που έχουμε εισάγει και επεξεργαστεί μέσα στο λογισμικό σε οποιαδήποτε μορφή θέλουμε (Frasher & Schewe, 2009).

«Η καρδιά του Lightroom είναι μια βάση δεδομένων (database) στην οποία καταγράφεται κάθε αλλαγή που κάνουμε στις φωτογραφίες μας. Έτσι, οι αλλαγές που κάνουμε είναι αναστρέψιμες ανά πάσα στιγμή, κάτι που μας απαλλάσσει από το άγχος που έχουμε συνήθως να μην καταστρέψουμε τις πρωτότυπες φωτογραφίες μας» (Λυκάκης, 2011).

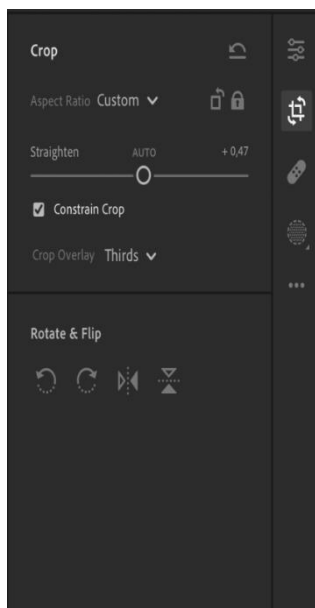
Ως αρχικό βήμα, εισήγαγα με import στο Lightroom, όλες τις φωτογραφίες των φορητών εικόνων, αυτό αποτελεί ένα σημαντικό βήμα που επιτρέπει την οργάνωση, την προβολή και την άμεση πρόσβαση σε όλες τις φωτογραφίες (Εικ. 14). Στη συνέχεια, αφού προχώρησα στη διαλογή των φωτογραφιών και τη επιλογή της καλύτερης λήψης από κάθε φορητή εικόνα ξεκίνησα τη

διαδικασία της επεξεργασίας. Στόχος μου ήταν να αναδείξω με ακρίβεια τα χρώματα και τις λεπτομέρειες κάθε εικόνας, ώστε το τελικό αποτέλεσμα να συνάδει άρτια με τις αυθεντικές εικόνες.

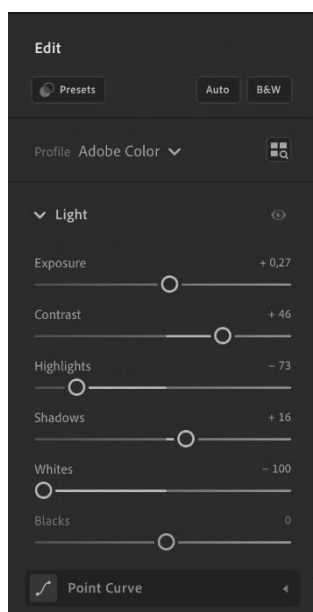
Κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας των φωτογραφιών χρησιμοποίησα συγκεκριμένες ρυθμίσεις βάση των απαιτήσεων της κάθε φωτογραφίας. Αρχικά χρησιμοποίησα το εργαλείο Crop (περικοπή) για να βελτιώσω το κάδρο των φωτογραφιών καθώς και να αφαιρέσω περιττά στοιχεία από το φόντο (Εικ. 15), ενισχύοντας τη συμμετρία κάθε εικόνας. Στη συνέχεια, για τη βελτίωση της φωτεινότητας, της αντίθεσης και της τονικότητας, επεξεργάστηκα τις ρυθμίσεις από την εργαλειοθήκη Edit, στην καρτέλα Light, θέτοντας αλλαγές στις τιμές των, Exposure, Contrast, Highlights, Shadows, Whites και Blacks (Εικ. 16). Επιπλέον, προχώρησα σε κατάλληλες ρυθμίσεις στην καρτέλα Color, για να φέρω τα χρώματα των φωτογραφιών στα επιθυμητά επίπεδα ώστε να πετύχω τη φυσική και ρεαλιστική απεικόνιση των εκθεμάτων. Συγκεκριμένα, εστίασα στη ρύθμιση της θερμοκρασίας χρωμάτων με τη ρύθμιση Temperature για να διορθώσω οποιαδήποτε απόκλιση προς ζεστές ή ψυχρές αποχρώσεις και έπειτα για τη διόρθωση του κορεσμού των χρωμάτων, έφερα σε κατάλληλες τιμές τη ρύθμιση Saturation (Εικ 17). Τέλος, μετά την ολοκλήρωση της επεξεργασίας των φωτογραφιών, προχώρησα στην εξαγωγή αυτών με την επιλογή του Export στη μέγιστη ανάλυση που επιτρέπει το πρόγραμμα. Παρακάτω μπορούμε να δούμε ένα παράδειγμα επεξεργασίας μιας φορητής εικόνας, πριν και μετά της τελικής επεξεργασίας (Εικ. 18, 19).



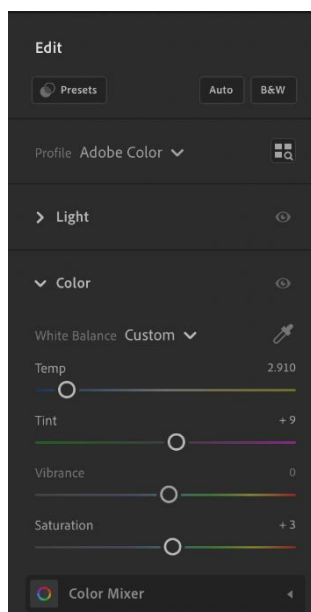
Εικόνα 14 Εισαγωγή φωτογραφιών στο Lightroom



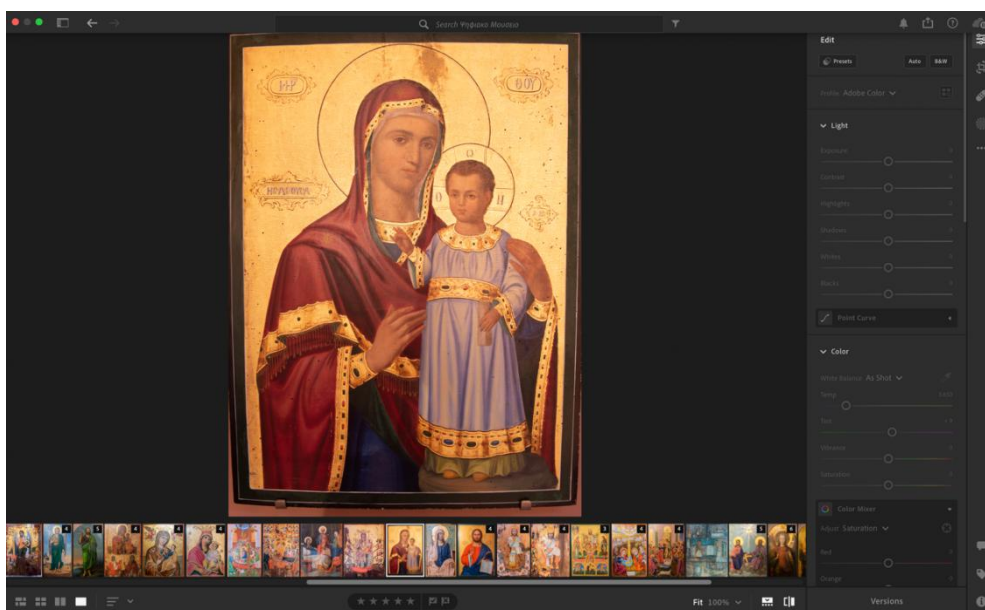
Εικόνα 15 Ρύθμιση περικοπής φωτογραφίας.



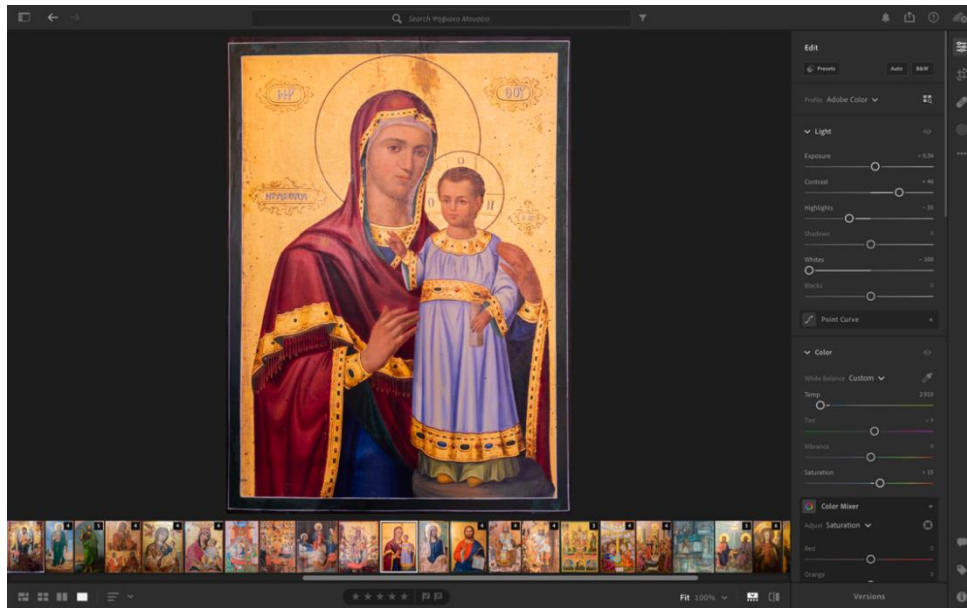
Εικόνα 16 Ρυθμίσεις φωτισμού φωτογραφίας.



Εικόνα 17 Χρωματικές ρυθμίσεις φωτογραφίας



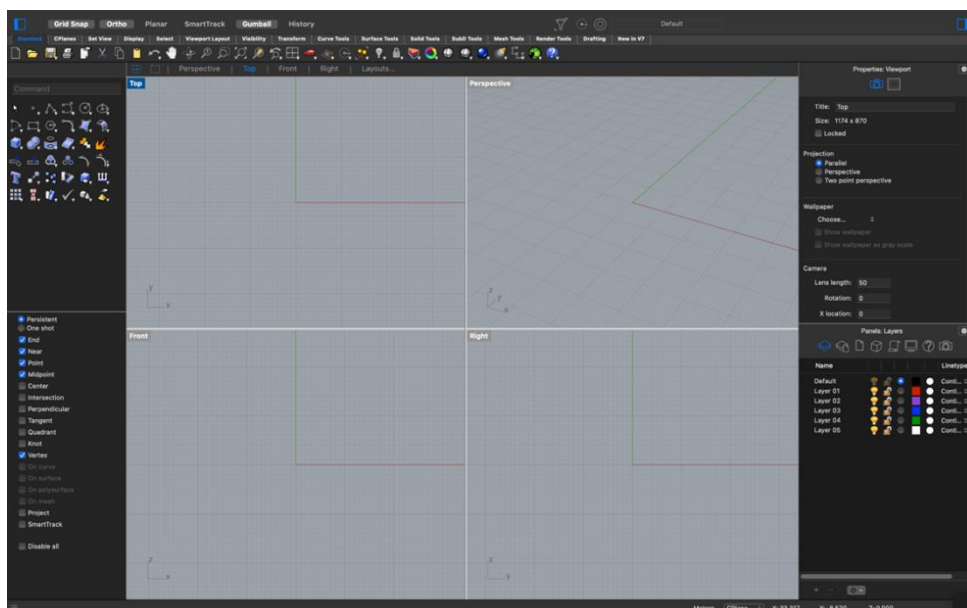
Εικόνα 18 Φωτογραφία πριν την επεξεργασία στο Lightroom.



Εικόνα 19 Φωτογραφία μετά την επεξεργασία στο Lightroom.

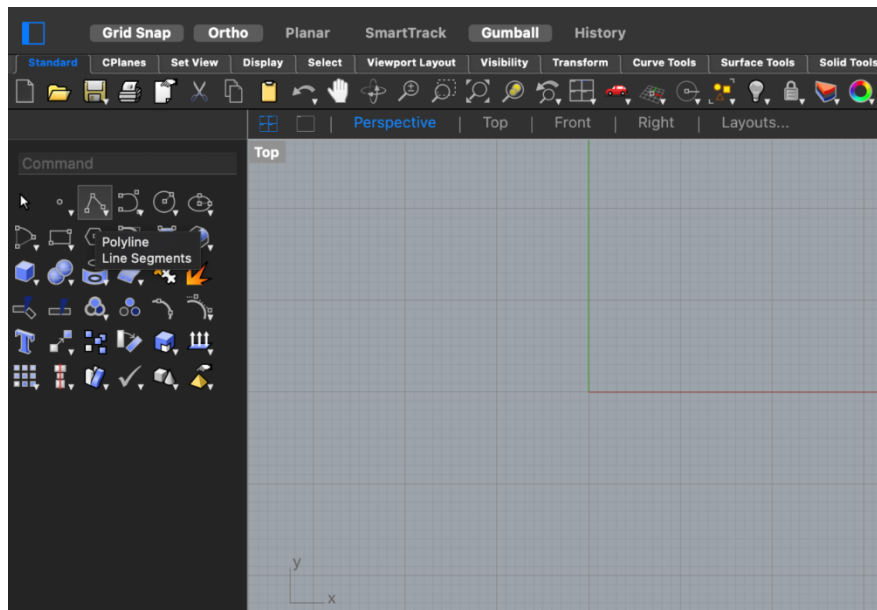
Δημιουργία Τρισδιάστατου Μοντέλου στο Rhino3D

Κατά την εκκίνηση του προγράμματος, εμφανίζεται το κύριο Interface (εικ. 20) που αποτελείται από μία κύρια οθόνη η οποία είναι διαιρεμένη σε τέσσερις κυρίως προβολές, την Top (προβολή κάτοψης), Front (προβολή πρόσοψης), Right/Left (πλάγια προβολή δεξιάς ή αριστερής πλευράς), Perspective (προβολή σε προοπτικό επίπεδο). Στο πάνω μέρος όπως και αριστερά διακρίνουμε διάφορες επιλογές εργαλείων που μας επιτρέπει την πρόσβαση σε βασικές λειτουργίες, επίσης το πεδίο εισαγωγής εντολών (Command line) στο οποίο πληκτρολογούμε τις εντολές, βρίσκεται στο αριστερό μέρος πάνω από τα εργαλεία. Τέλος για την καλύτερη οργάνωση του σχεδίου μας, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τα Layers όπου τα συναντάμε στον κάτω αριστερό πίνακα του Interface.

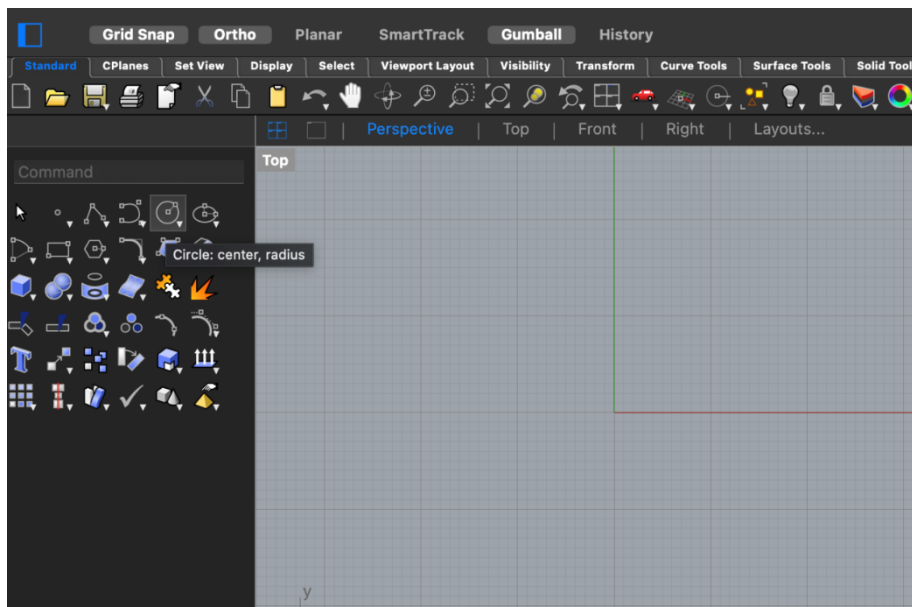


Εικόνα 20 Interface Rhino 3D.

Ένα από τα κύρια εργαλεία όπου χρησιμοποιήσα για τη δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου, είναι το Polyline (εικ. 21), το οποίο επιτρέπει τη δημιουργία ευθείων γραμμών όπου μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους με σημεία (points) και να αποτελέσουν βάση για τη μοντελοποίηση μιας σύνθετης γεωμετρίας. Είναι επίσης σημαντικό εργαλείο είναι το Circle (εικ. 22), όπου επιτρέπει τη δημιουργία κύκλων από το κέντρο, την ακτίνα, τη διάμετρο ή από τον ορισμό τριών σημείων και είναι ιδανική για τη σχεδίαση καμπύλων επιφανειών και στη συνέχεια δημιουργία στερεών σωμάτων.



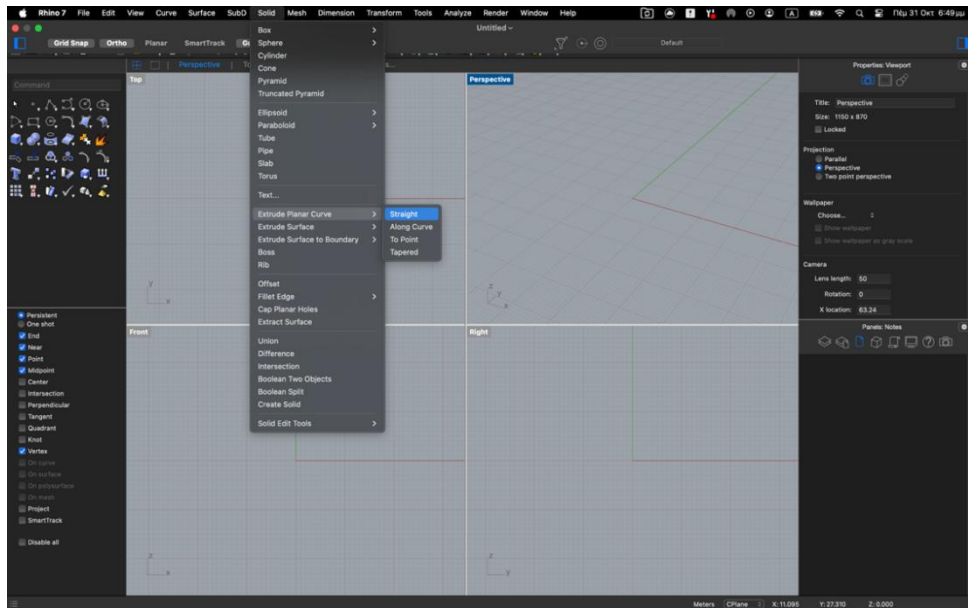
Εικόνα 21 Επιλογή εργαλείου Polyline.



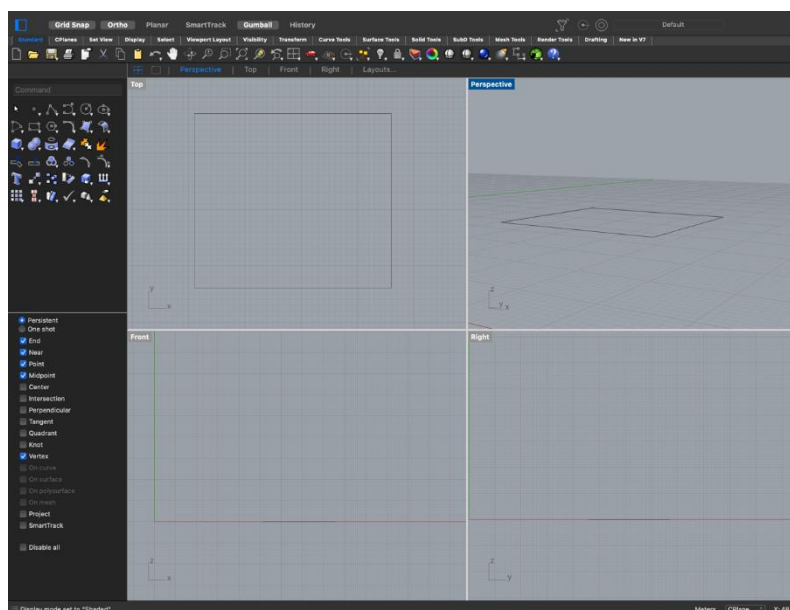
Εικόνα 22 Επιλογή εργαλείου Circle.

Κατά τη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων, δύο από τις κυριότερες εντολές όπου χρησιμοποιήσα είναι η εντολή Extrude Planar Curve και η εντολή Difference.

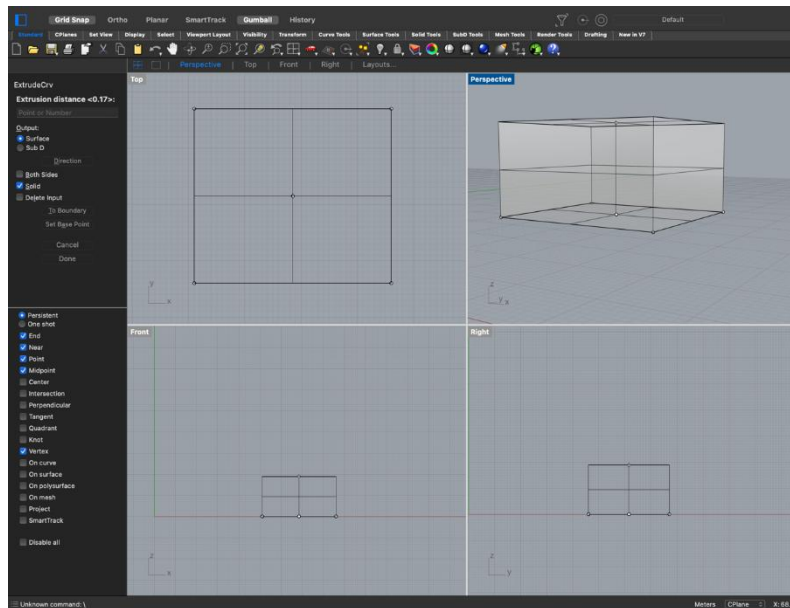
Η εντολή Extrude Planar Curve (εικ. 23) χρησιμοποιείται για τη δημιουργία τρισδιάστατων όγκων μέσα από ένα κλειστό σχήμα (closed curve) που έχει δημιουργηθεί από ενωμένες Polylines (εικ. 24). Κατά την εισαγωγή αυτής της εντολής μπορούμε να ορίσουμε το ύψος της εξώθησης καθώς και την κατεύθυνση αυτής, βάζοντας συγκεκριμένη τιμή στη μπάρα εντολών ή απλά το ορίζουμε ελεύθερα με τον κέρσορα επιλέγοντας κάποιο σημείο που επιθυμούμε (Εικ. 25). Αυτό το εργαλείο είναι σημαντικό για την κατασκευή τρισδιάστατων σχεδίων όπως τοίχων, δοκών ή άλλων γεωμετρικών αντικειμένων.



Εικόνα 23 Επιλογή εντολής Extrude Planar Curve.

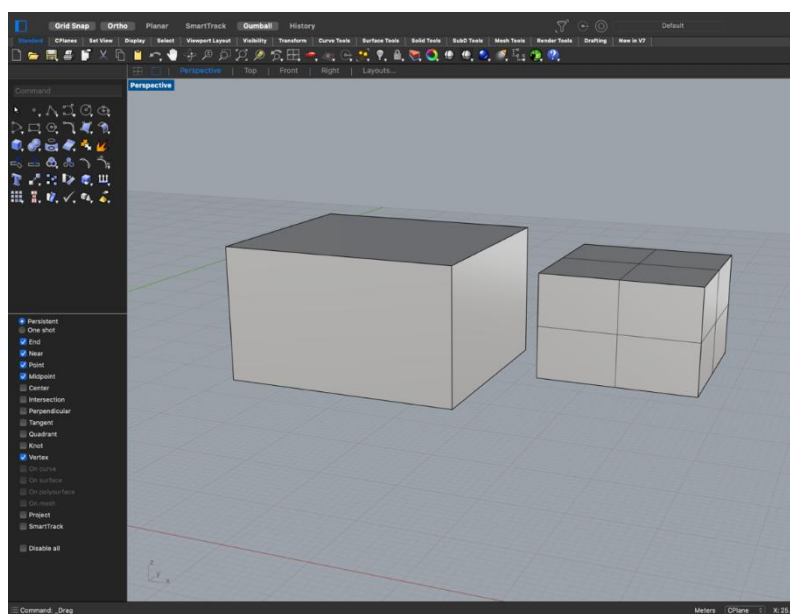


Εικόνα 24 Δημιουργία κλειστού σχήματος.

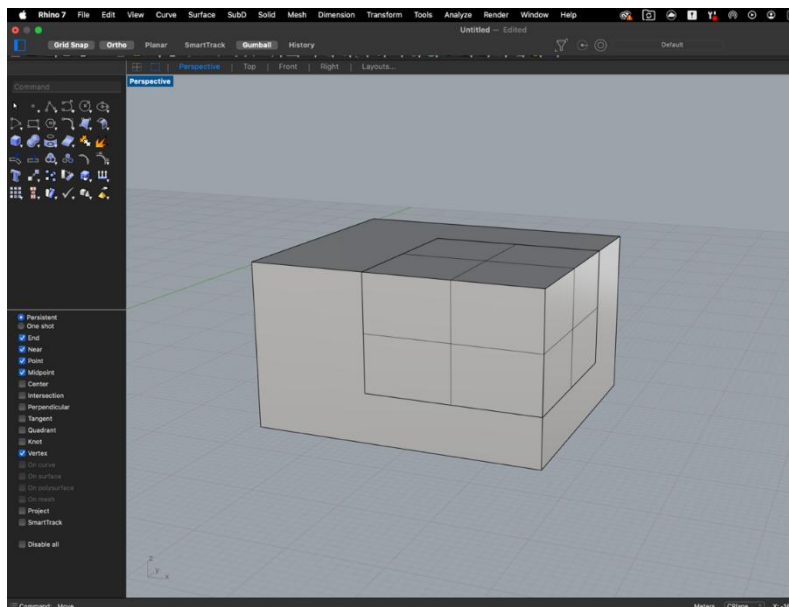


Εικόνα 25 Εξώθηση κλειστού σχήματος.

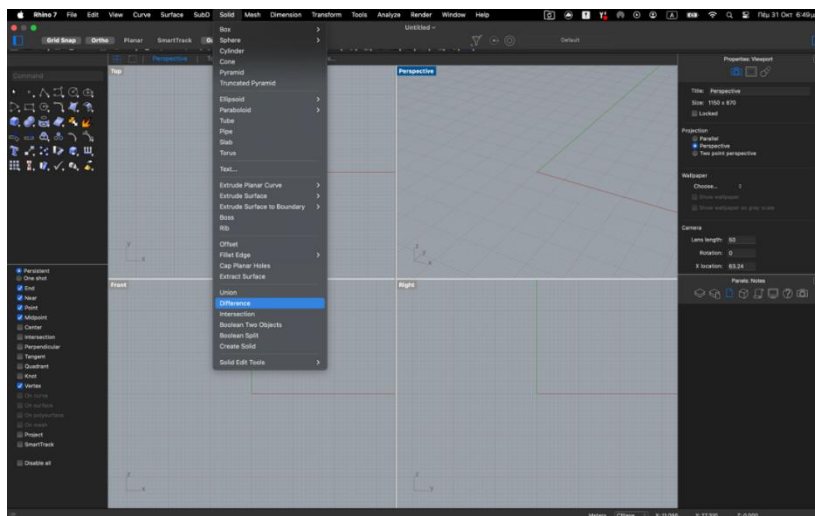
Η εντολή *Difference* επιτρέπει την αφαίρεση ενός τρισδιάστατου γεωμετρικού αντικειμένου μέσα από ένα άλλο. Αρχικά δημιουργούμε ένα βοηθητικό τρισδιάστατο όγκο (εικ. 26), τον οποίο προσαρμόζουμε κατάλληλα τοποθετώντας το στο τμήμα που θέλουμε να αφαιρέσουμε από το άλλο αντικείμενο (εικ. 27). Δίνοντας την εντολή *Difference* (εικ. 28), επιλέγουμε πρώτα το αντικείμενο από το οποίο θα αφαιρέσουμε το τμήμα που θέλουμε, πατάμε *Enter*, έπειτα επιλέγουμε το βοηθητικό αντικείμενο το οποίο θα κόψει το σημείο του αρχικού όγκου και πατάμε πάλι *Enter* (εικ. 29). Η εντολή αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την κατασκευή σύνθετων γεωμετρικών σχημάτων και την αφαίρεση τμημάτων από αυτών.



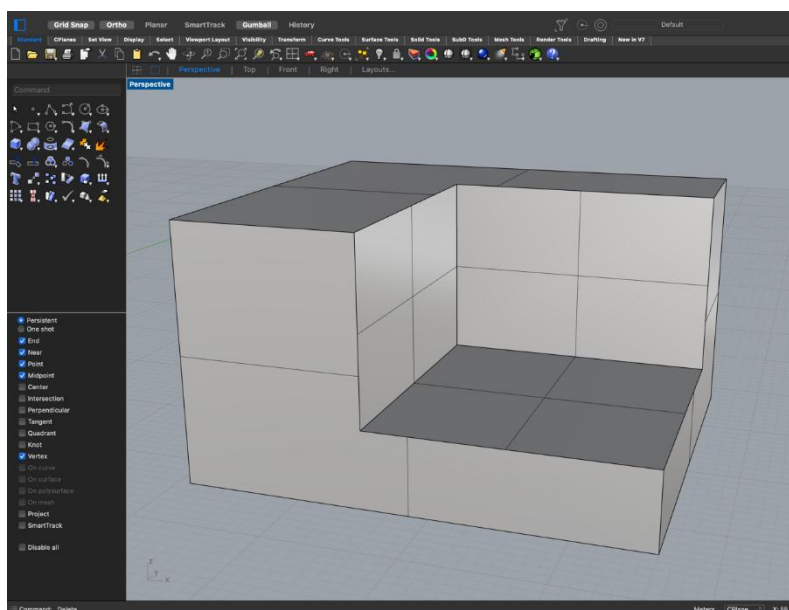
Εικόνα 26 Δημιουργία βοηθητικού όγκου.



Εικόνα 27 Τοποθέτηση βοηθητικού όγκου στο σημείο που θέλουμε να αφαιρέσουμε το τμήμα που επιθυμούμε.



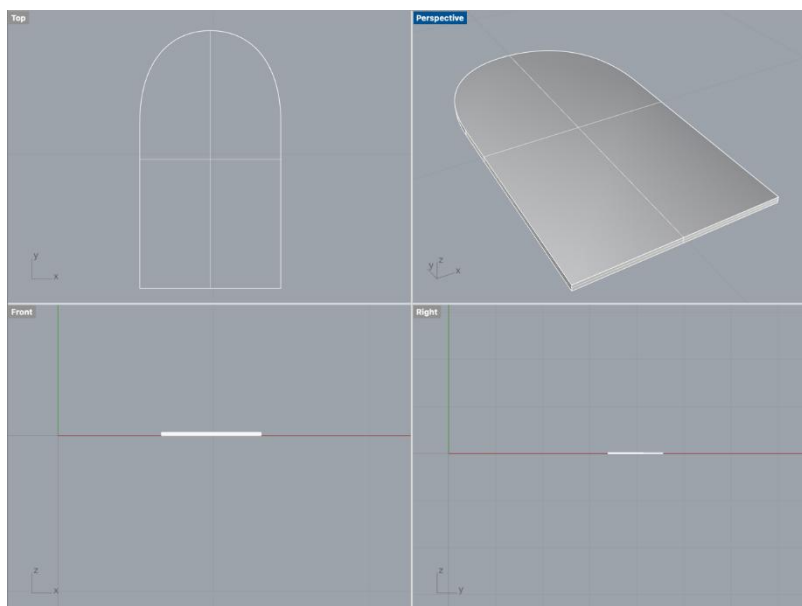
Εικόνα 28 Επιλογή εντολής Difference.



Εικόνα 29 Αφαίρεση τμήματος.

Δημιουργία Καμβάδων

Ξεκινώντας με τη δημιουργία των φορητών εικόνων, σχεδίασα στο Rhino 3D συνολικά 41 τρισδιάστατους καμβάδες (εικ. 30) που λειτουργούν ως υποστηρικτικές επιφάνειες για τις φωτογραφίες. Οι καμβάδες έχουν σχεδιαστεί βάση των πραγματικών διαστάσεων, προκειμένου να αποδοθεί με ακρίβεια και ρεαλισμό η τοποθέτηση και παρουσίασή τους στο εικονικό μουσείο.

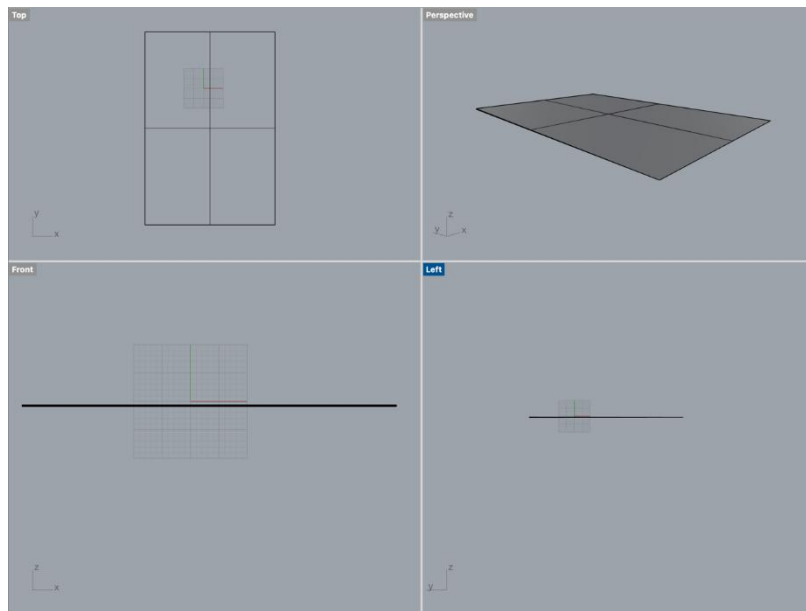


Εικόνα 30 Δημιουργία τρισδιάστατων καμβάδων.

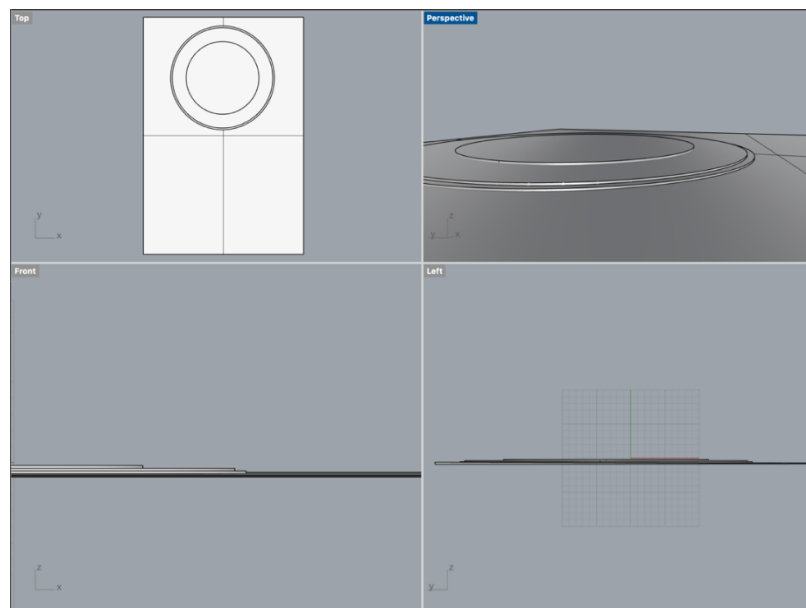
Σχεδιασμός Τρισδιάστατου Μουσείου

Ξεκινώντας με τη δημιουργία του τρισδιάστατου μουσείου, σχεδίασα αρχικά τον εξωτερικό προαύλιο χώρο του κτιρίου (εικ. 31) με ένα ορθογώνιο περίγραμμα όπου το ανύψωσα με την εντολή Extrude Planar Curve και έπειτα συνέχισα με τον σχεδιασμό της κυκλικής πλάκας διαμόρφωσης (εικ. 32) σε δύο διαφορετικά επίπεδα όπου τις ανύψωσα και αυτές με την ίδια εντολή.

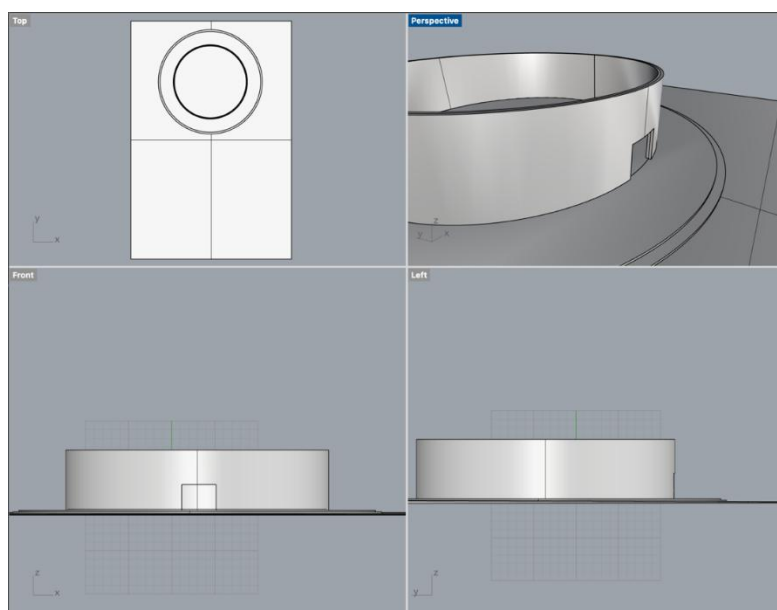
Στη συνέχεια, μέσα από το σχέδιο της κάτοψης, με την εντολή Extrude Planar Curve, δημιούργησα το κέλυφος του μουσείου (εικ. 33) στο οποίο αφάιρεσα με την εντολή Difference, ένα τμήμα στο μπροστινό μέρος του μουσείου δημιουργώντας έτσι ένα κούφωμα, για να σχεδιάσω έπειτα την πόρτα εισόδου (εικ. 34).



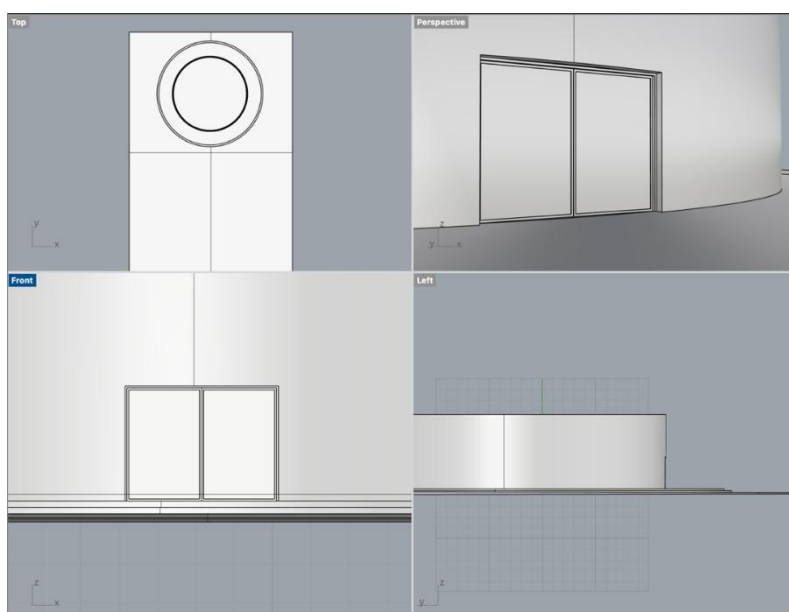
Εικόνα 31 Δημιουργία εξωτερικού προαύλιου χώρου.



Εικόνα 32 Δημιουργία κυκλικής πλάκας διαμόρφωσης.

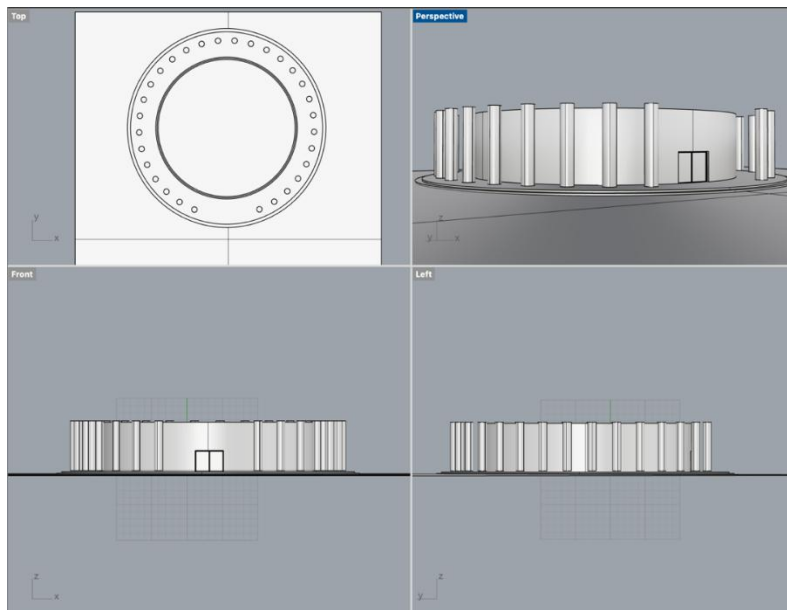


Εικόνα 33 Δημιουργία κελύφους του μουσείου χώρου.



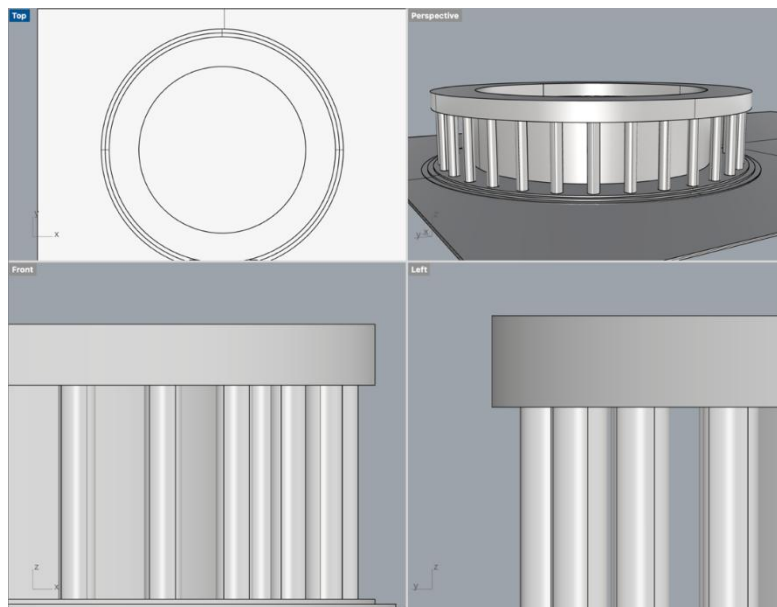
Εικόνα 34 Δημιουργία κεντρικής πόρτας.

Θέλοντας να ενισχύσω τη σύνδεση μεταξύ της παράδοσης των χριστιανικών ναών με άλλων κλασικών μορφών αρχιτεκτονικής, σχεδίασα κίονες περιμετρικά του κτιρίου (εικ. 35), ενισχύοντας έτσι και την αισθητική του εικονικού μουσείου καθώς δίνουν έμφαση στο κεντρικό κτίριο. Ο σχεδιασμός έγινε αρχικά με τη δημιουργία ενός κύκλου με το εργαλείο Circle, έπειτα με την εντολή Polar Array δίνοντας τον κατάλληλο αριθμό κίωνων, τοποθέτησα τους κύκλους περιμετρικά του μουσείου και τους ανύψωσα με την εντολή Extrude Planar Curve.

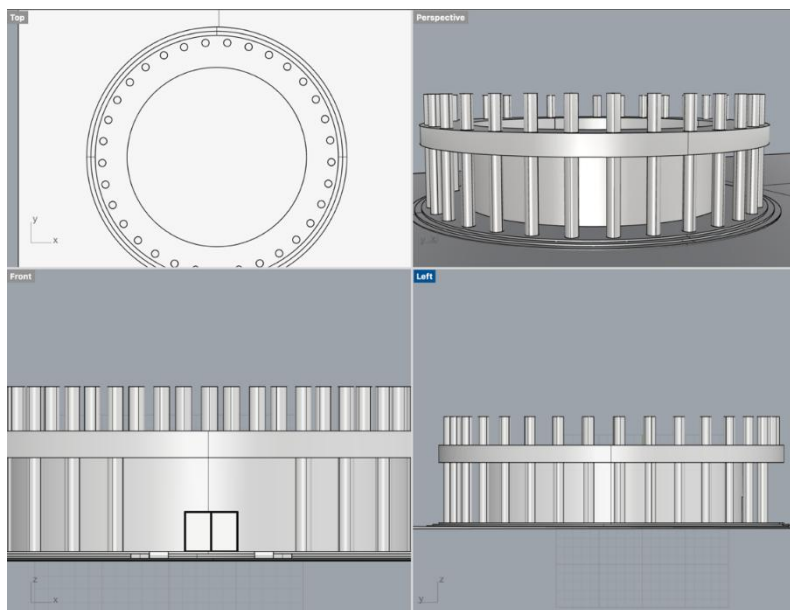


Εικόνα 35 Δημιουργία κίωνων.

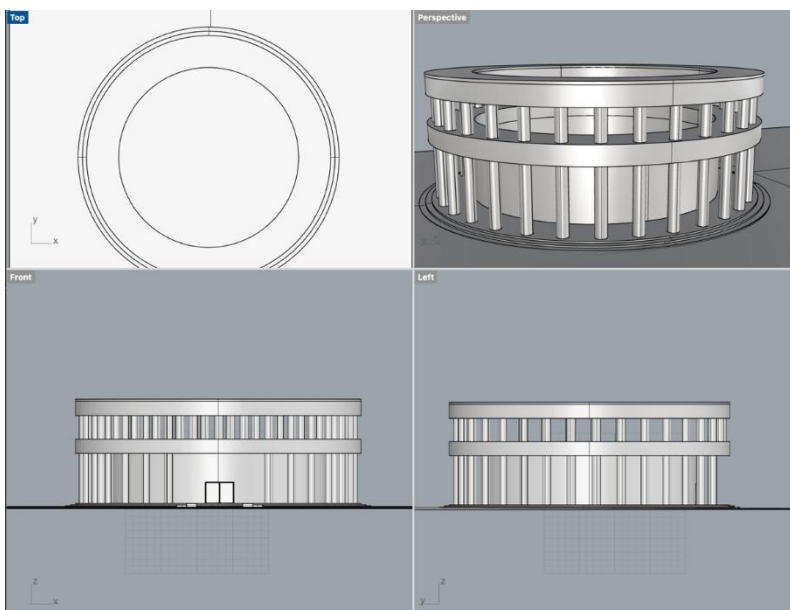
Περιμετρικά του μουσείου και των κίωνων σχεδιάσα από πάνω ένα δοκάρι (εικ. 36) με το εργαλείο Circle και το ανύψωσα με την εντολή Extrude Planar Curve στο οποίο στη συνέχεια δημιούργησα πάνω σε αυτό κίονες χαμηλότερου ύψους (εικ. 37) οι οποίοι ακολουθούν αντίστοιχα τους κίονες της πλάκας διαμόρφωσης και έπειτα τοποθέτησα αντίστοιχα άλλο ένα δοκάρι πάνω σε αυτούς (εικ. 38). Ενδιάμεσα των κίωνων σχεδιάσα περιμετρικά τζάμια (εικ. 39), προκειμένου να μπορεί να εισχωρεί περισσότερο φως στο φωτορεαλιστικό σχέδιο.



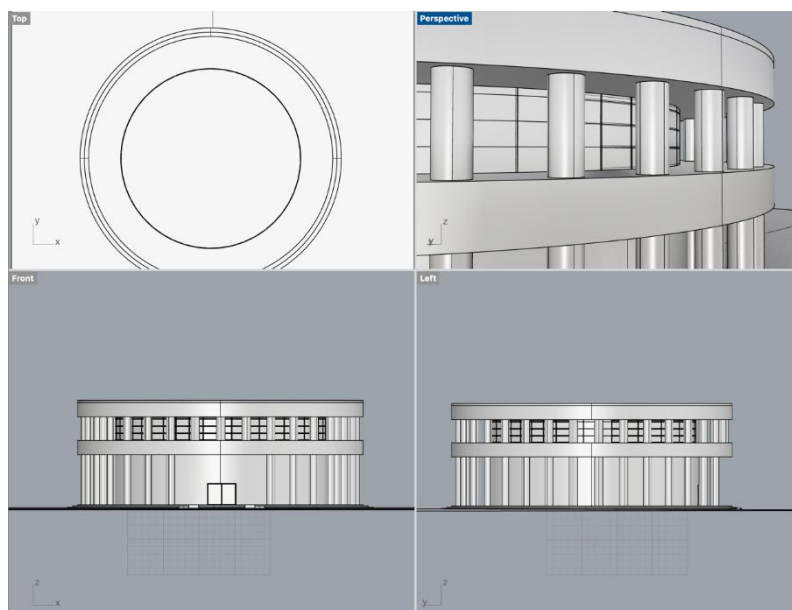
Εικόνα 36 Δημιουργία δοκαριού.



Εικόνα 37 Δημιουργία χαμηλότερων κιόνων.

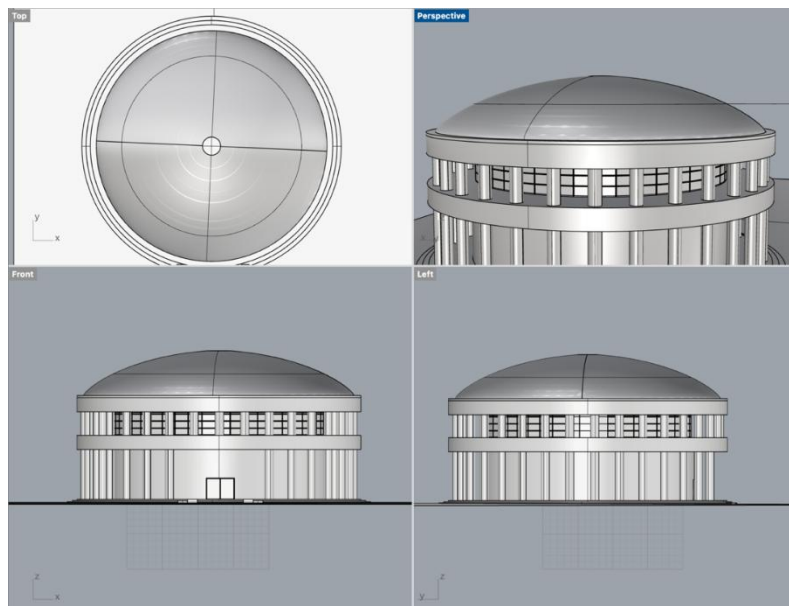


Εικόνα 38 Δημιουργία δοκαριού.

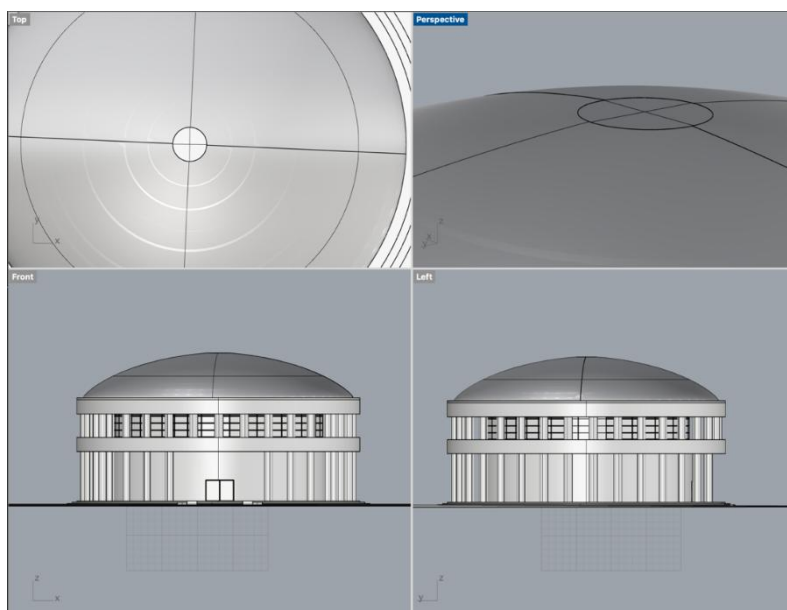


Εικόνα 39 Δημιουργία τζαμιών περιμετρικά του μουσείου.

Στο τελικό στάδιο του κτιρίου, δημιούργησα τη στέγη του μουσείου σε σχήμα θόλου (εικ. 40) με την εντολή Revolve, το οποίο αποτελεί το κεντρικό αρχιτεκτονικό στοιχείο που κυριαρχεί στο σχεδιασμό του μουσείου, εμπνευσμένο από την χριστιανική αρχιτεκτονική. Στο κέντρο του θόλου σχεδίασα ένα κυκλικό παράθυρο (εικ. 41) μέσα από το οποίο εισέρχεται φως.

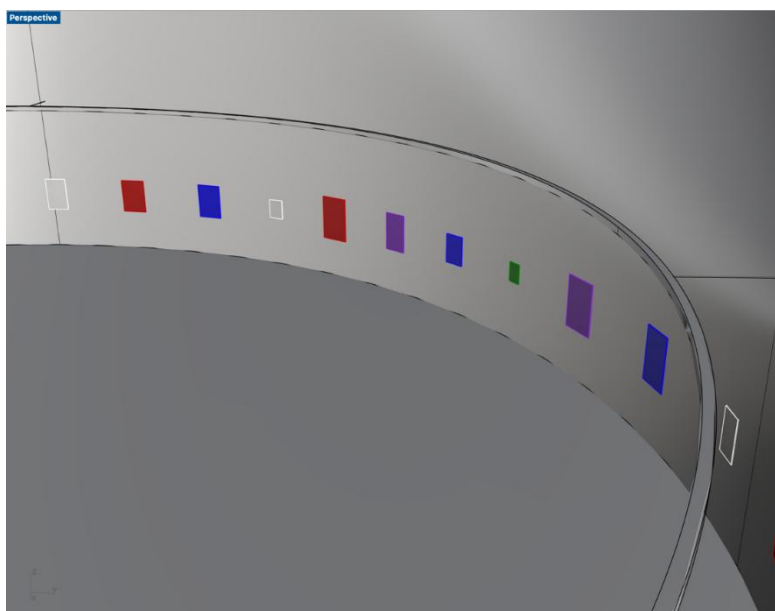


Εικόνα 40 Δημιουργία θολωτής στέγης.

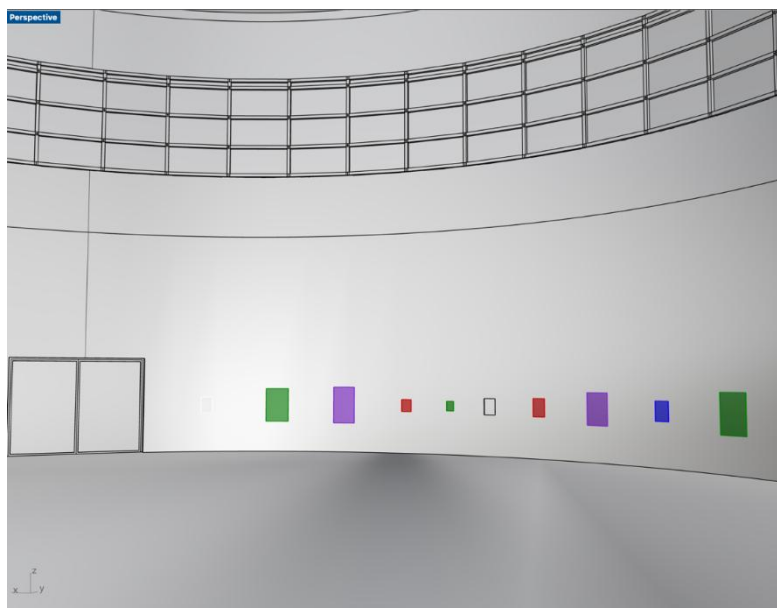


Εικόνα 41 Δημιουργία κυκλικού παραθύρου στη θολωτή στέγη.

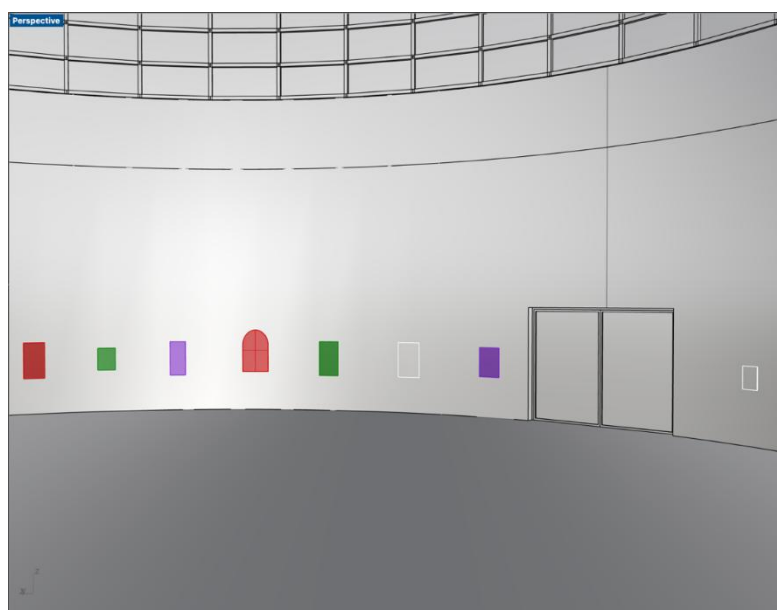
Στην εσωτερική αρχιτεκτονική του μουσείου, δημιούργησα μία κυκλική στεφάνη (εικ. 42), για την τοποθέτηση φωτισμού στο φωτορεαλιστικό λογισμικό, ο οποίος θα προβάλλει το φως πάνω στις εικόνες, οι οποίες τοποθετήθηκαν περιμετρικά του εσωτερικού τοίχου (εικ. 43, 44).



Εικόνα 42 Δημιουργία κυκλικής στεφάνης για την τοποθέτηση φωτισμού.

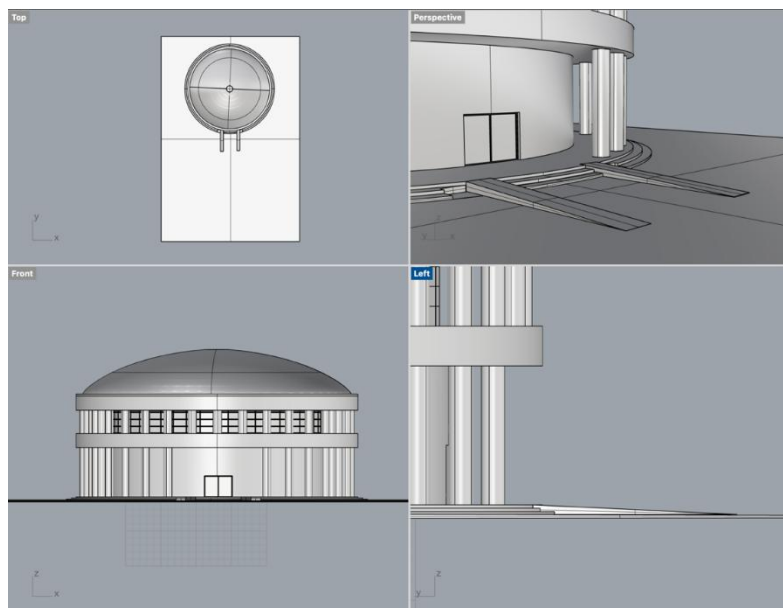


Εικόνα 43 Τοποθέτηση εικόνων περιμετρικά του μουσείου.

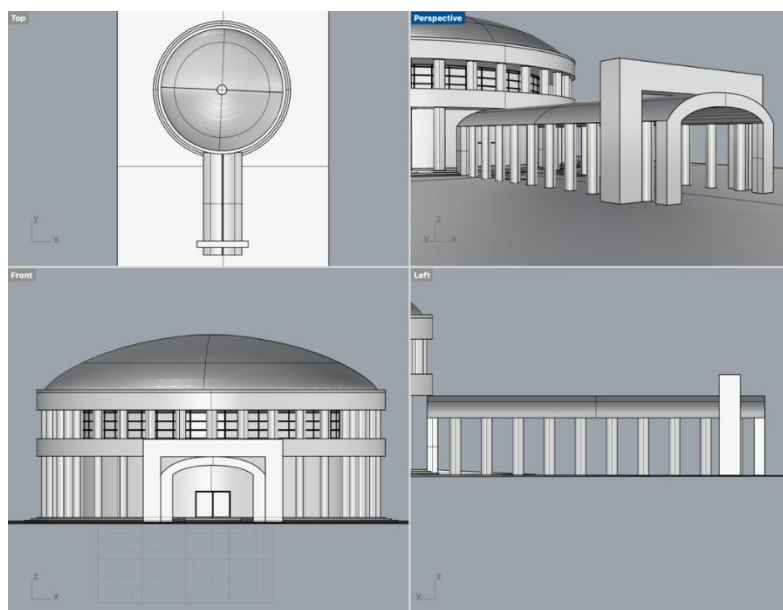


Εικόνα 44 Τοποθέτηση εικόνων περιμετρικά του μουσείου.

Στον εξωτερικό χώρο του κτιρίου, στην είσοδο, σχεδίασα ράμπες για αναπηρικά αμαξίδια (εικ. 45), ώστε να αποδοθούν με ρεαλιστικό τρόπο οι προδιαγραφές ενός μουσείου σε εικονικό περιβάλλον. Κατά τη είσοδο στο μουσείο, δημιούργησα μια ασίδα ή οποία περιστοιχίζεται από κίονες (εικ. 46).

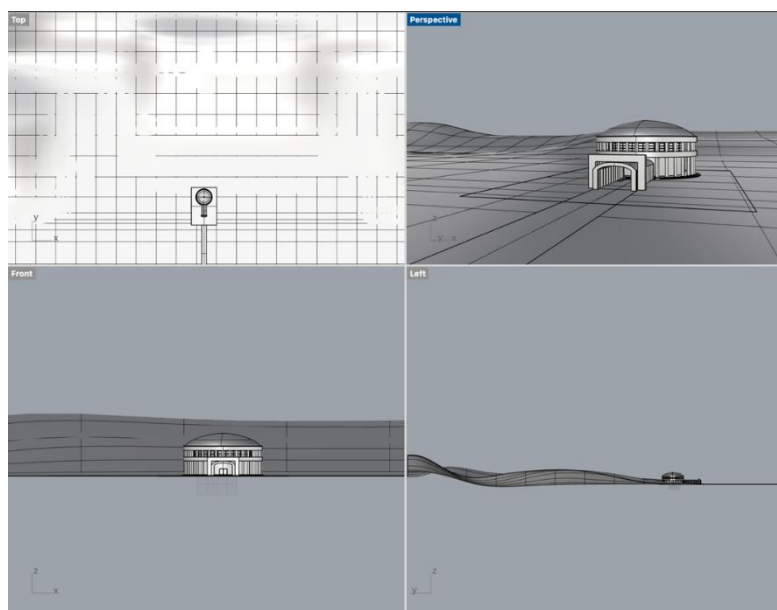


Εικόνα 45 Δημιουργία ραμπών αναπήρων.

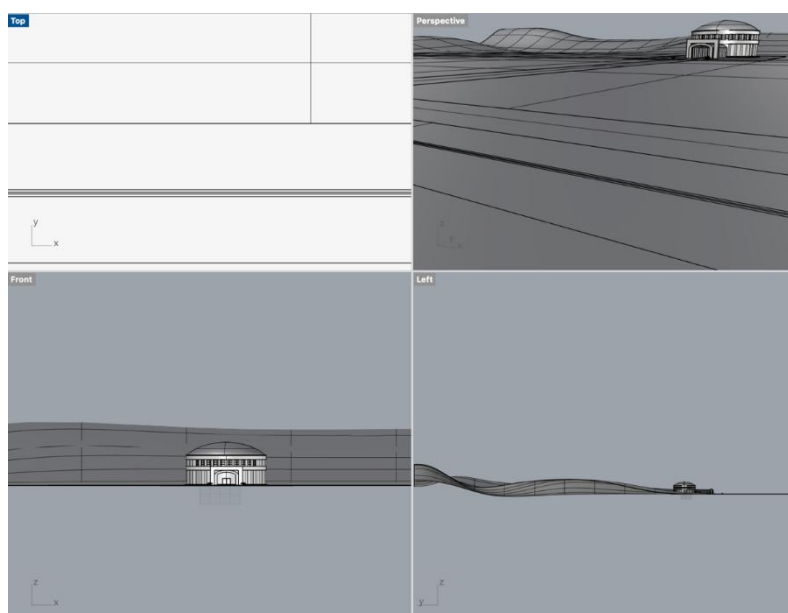


Εικόνα 46 Δημιουργία αψίδας με κίονες.

Για τη δημιουργία του περιβάλλοντα χώρου, σχεδιάσα μέσω ενός Surface, τον εξωτερικό χώρο όπου θα τοποθετηθεί η φύτευση και τα δέντρα, καθώς επίσης το ανύψωση σε διάφορα σημεία για να αποδοθούν οι λόφοι στο βάθος του τοπίου (εικ. 47). Τέλος, δημιούργησα έναν αυτοκινητόδρομο, όπου μέσω του Twinmotion θα τοποθετήσω αυτοκίνητα να κινούνται πάνω σε αυτόν (εικ. 48).

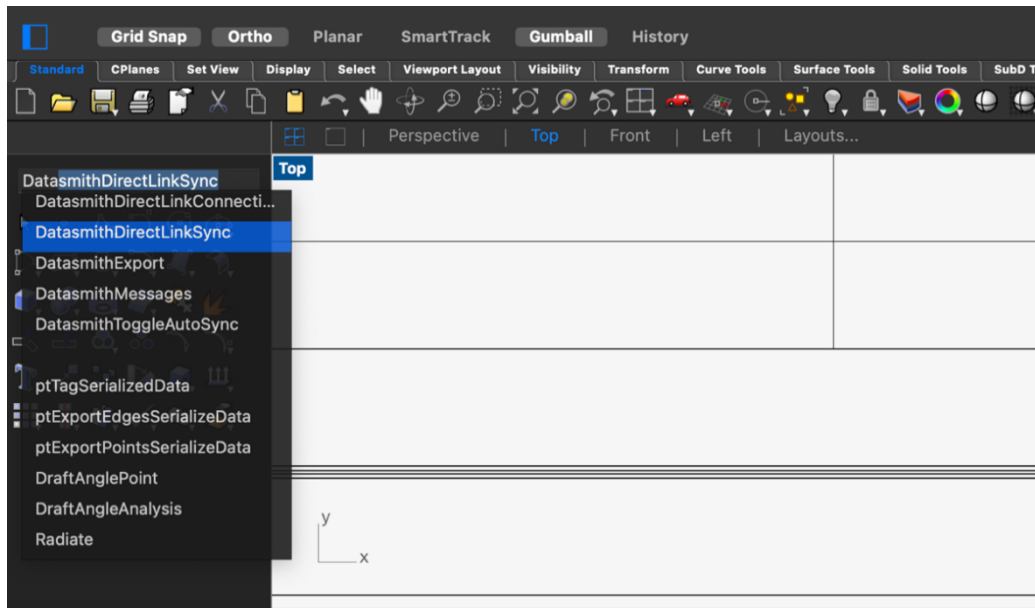


Εικόνα 47 Δημιουργία εξωτερικού περιβάλλοντα χώρου.



Εικόνα 48 Δημιουργία αυτοκινητοδρόμου.

Με την πλήρη ολοκλήρωση του σχεδιασμού του τρισδιάστατου μοντέλου, ακολουθεί η εισαγωγή του 3D μοντέλου στο Twinmotion εισάγοντας την εντολή `DatasmithDirectLinkSync` (εικ. 49), συγχρονίζοντας το Rhino 3D αυτόματα με το Twinmotion.

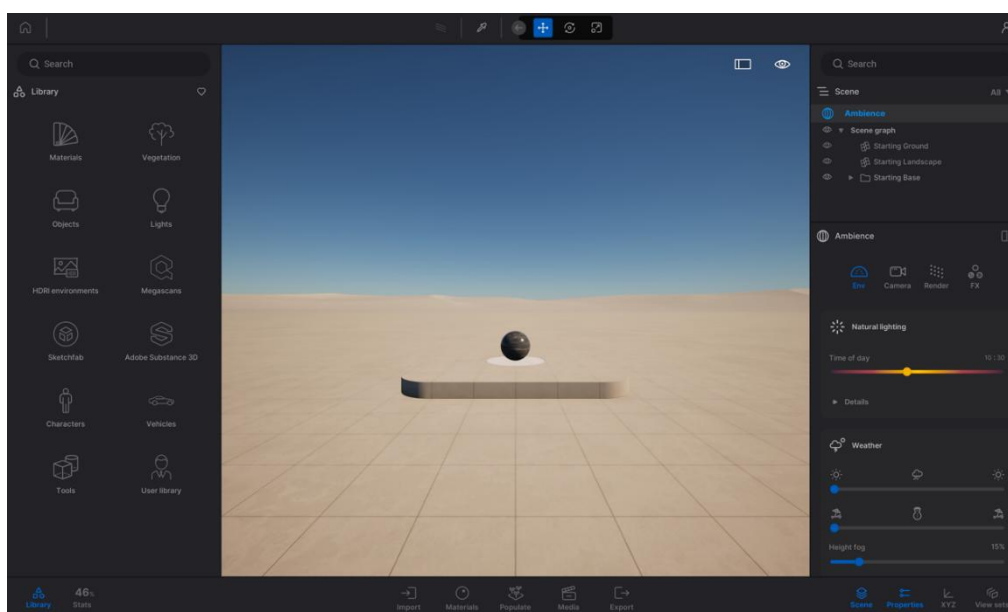


Εικόνα 49 Εισαγωγή μοντέλου στο λογισμικό Twinmotion από το λογισμικό Rhino 3D.

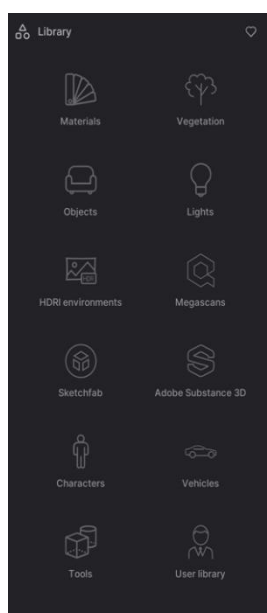
Δημιουργία Τρισδιάστατης Περιήγησης στο Twinmotion

Interface και Εισαγωγή Μοντέλου στο Twinmotion

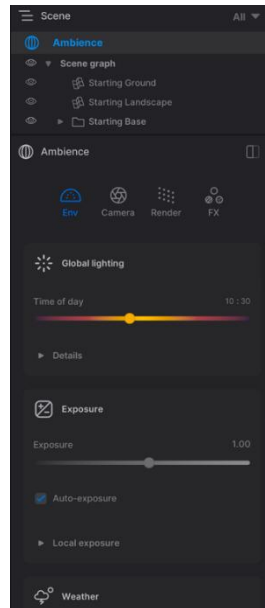
Κατά την είσοδο στο Twinmotion μπορούμε να παρατηρήσουμε το παράθυρο προεπισκόπησης όπου πιάνει το μεγαλύτερο μέρος της οθόνης στο οποίο ο χρήστης μπορεί να την περιστρέψει, να πλοηγηθεί ή να το μεγεθύνει προκειμένου να επεξεργαστεί το τρισδιάστατο μοντέλο (Εικ. 50). Το λογισμικό διαθέτει ορατά και ομαδοποιημένα όλα τα εργαλεία στις πλαϊνές στήλες παρέχοντας εύκολη πρόσβαση στις ρυθμίσεις για την επεξεργασία του φωτισμού, των υλικών, των καιρικών συνθηκών καθώς και την εισαγωγή αντικειμένων. Συγκεκριμένα στην αριστερή στήλη υπάρχει μια βιβλιοθήκη με υλικά, φωτισμούς, εφέ, χαρακτήρες και αντικείμενα όπως έπιπλα, είδη διακόσμησης και δέντρα (εικ. 51). Στη δεξιά στήλη υπάρχουν τα layers και όλες οι ρυθμίσεις που αφορούν την κάμερα, το render και τις συνθήκες περιβάλλοντος (εικ. 52). Στο κάτω μέρος της οθόνης ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει τη μπάρα για να εισάγει κάποιο αρχείο, να επεξεργαστεί τα υλικά που έχει τοποθετήσει στη σκηνή, να δημιουργήσει φύτευση στον περιβάλλοντα χώρο, να δημιουργήσει σκηνές είτε με λήψη φωτογραφίας είτε με δημιουργία βίντεο, καθώς και να κάνει εξαγωγή το μοντέλου του στη μορφή που επιθυμεί.



Εικόνα 50 Interface Twinmotion.

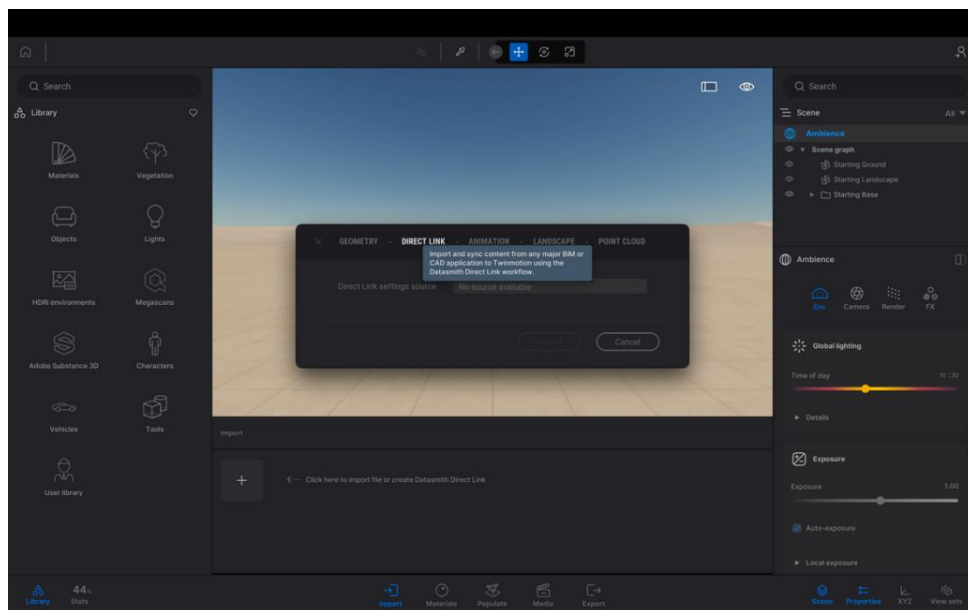


Εικόνα 51 Αριστερή στήλη με επιλογές διαφόρων εργαλείων.

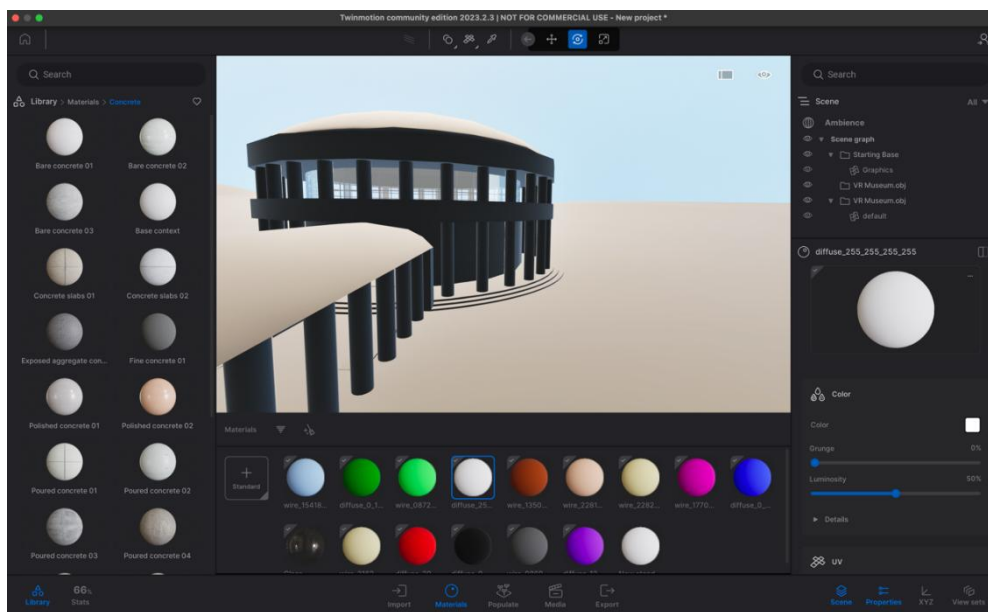


Εικόνα 52 Δεξιά στήλη με επιλογές διαφόρων εργαλείων.

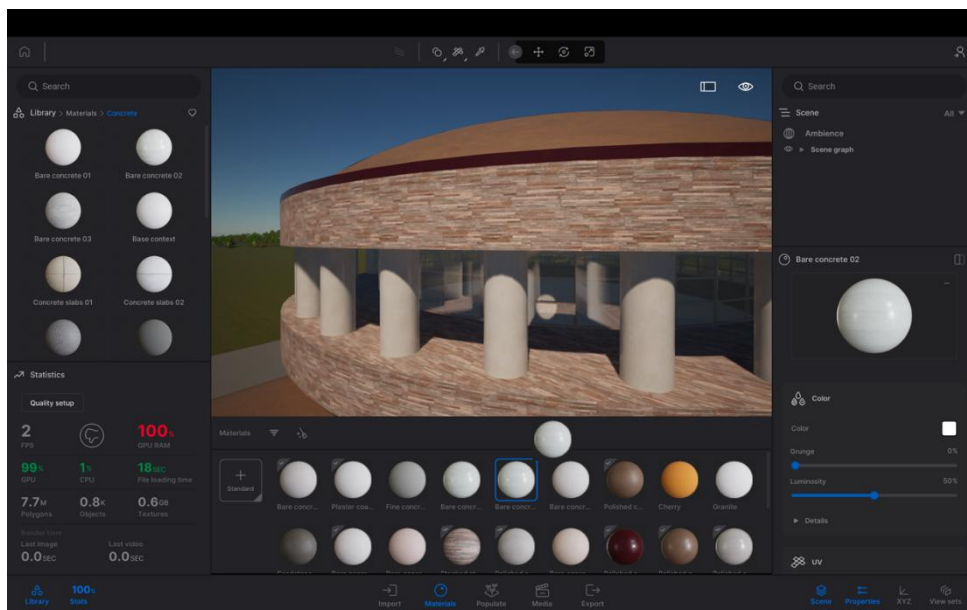
Έχοντας δώσει την εντολή `DatasmithDirectLinkSync` στο Rhino 3D, πάτησα στο `Twinmotion` την επιλογή `Import` στην μπάρα στο κάτω μέρος της οθόνης για να εισάγω το τρισδιάστατο μοντέλο μου (εικ. 53). Μετά την εισαγωγή του αρχείου (εικ. 54), ξεκίνησα να τοποθετώ με `drag and drop` τα κατάλληλα υλικά από τη βιβλιοθήκη, στο τρισδιάστατο μοντέλο μου (εικ. 55). Αφού ολοκληρώθηκε η τοποθέτηση των υλικών, στη συνέχεια εισήγαγα τις φωτογραφίες των φορητών εικόνων μέσα σε νέα υλικά, επιλέγοντας πρώτα το υλικό και έπειτα από τη δεξιά στήλη επιλέγοντας το `Texture` από το εργαλείο `Details` στην καρτέλα `Color` (Εικ. 56), ένα για το κάθε καμβά και με `drag and drop` των υλικών αυτών πάνω στους καμβάδες, δημιουργήθηκε το τελικό αποτέλεσμα των φορητών εικόνων. Επίσης τοποθέτησα πάνω στη στεφάνη προβολείς οι οποίοι εκπέμπουν φως πάνω στις φορητές εικόνες (Εικ. 57). Στο εξωτερικό περιβάλλον του μουσείου, τοποθέτησα φύτευση, δένδρα, αυτοκίνητα και ανθρώπινους χαρακτήρες σε κίνηση, μέσα από τη βιβλιοθήκη του `Twinmotion` (Εικ. 58, 59), με σκοπό να δοθεί ένα πιο ρεαλιστικό αποτέλεσμα (Εικ. 60, 61). Τέλος για την εξαγωγή του ψηφιακού μουσείου με τη μορφή ψηφιακής περιήγησης, επέλεξα το `export` στην κάτω μπάρα του λογισμικού και έπειτα στη δεξιά στήλη επέλεξα το `Presentation` (Εικ. 63), διάλεξα το φάκελο αποθήκευσης του αρχείου και πάτησα `Start Export`. Το λογισμικό δημιουργεί έναν φάκελο με αρχεία, στον οποίο επιλέγουμε το αρχείο με τη μορφή `.exe` για να τρέξουμε την ψηφιακή περιήγηση που δημιουργήσαμε, χωρίς να είναι απαραίτητο να έχουμε εγκατεστημένο το λογισμικό του `Twinmotion`.



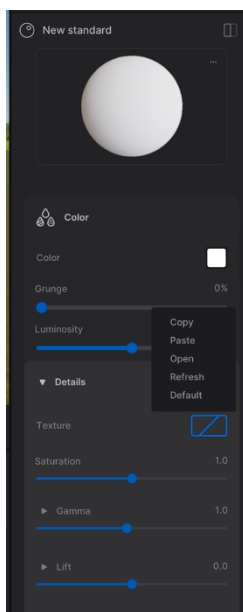
Εικόνα 53 Εισαγωγή μοντέλου στο Twinmotion



Εικόνα 54 Το τρισδιάστατο μοντέλο στο Twinmotion.



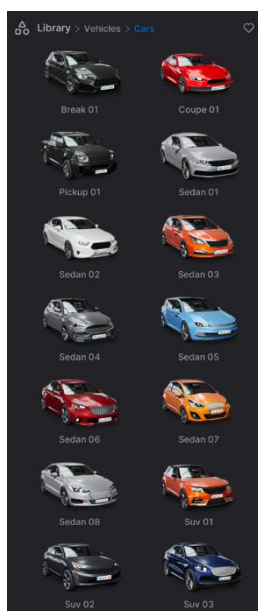
Εικόνα 55 Τοποθέτηση υλικών στο τρισδιάστατο μοντέλο



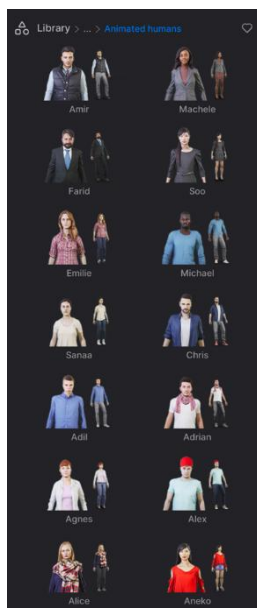
Εικόνα 56 Εισαγωγή φωτογραφιών μέσα στα υλικά.



Εικόνα 57 Φωτισμός εικόνων



Εικόνα 58 Βιβλιοθήκη με αυτοκίνητα.



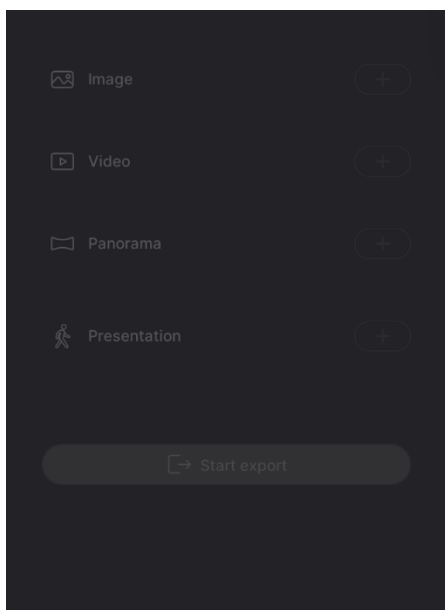
Εικόνα 59 Βιβλιοθήκη με ανθρώπινους χαρακτήρες.



Εικόνα 60 Εξωτερικός περιβάλλοντας χώρος.



Εικόνα 61 Εξωτερικός περιβάλλοντας χώρος.



Εικόνα 62 Επιλογή Presentation για την εξαγωγή του αρχείου.

Συμπεράσματα

Η παρούσα διπλωματική εργασία ανέδειξε τη σημασία της συμβολής των νέων τεχνολογιών στην ανάδειξη της πολιτιστικής κληρονομιάς καθώς και τη δημιουργία ενός εικονικού ψηφιακού μουσείου, μέσω σύγχρονων λογισμικών τρισδιάστατης σχεδίασης και απεικόνισης όπου παρουσιάζονται φορητές λατρευτικές εικόνες του κειμηλιαρχείου της Ιεράς Μητροπόλεως Γλυφάδας το οποίο στεγάζεται στην Ιερά Μονή Αγίας Τριάδος-Αγίου Νεκταρίου Τερψιθέας Γλυφάδας. Στόχος της εργασίας είναι η συγκέντρωση, η προστασία, η προβολή και η ανάδειξη αυτών των κειμηλίων σε ένα ψηφιακό περιβάλλον ο οποίος θα είναι προσβάσιμος στο ευρύ κοινό μέσω ενός υπολογιστή.

Στο θεωρητικό πλαίσιο αναλύθηκαν κυρίως, οι μέθοδοι τρισδιάστατης ψηφιοποίησης χώρων και αντικειμένων, οι μέθοδοι δημιουργίας εικονικών περιηγήσεων, επίσης έγινε αναφορά για τα λογισμικά σχεδιασμού τρισδιάστατων μοντέλων καθώς και για την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου ψηφιοποίησης και δημιουργίας εικονικών χώρων και περιηγήσεων αναλόγως της ανάγκης.

Επομένως, η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου για να υλοποιηθεί ένα ψηφιακό έργο εξαρτάται από την ανάγκη και του σκοπού του δημιουργού που θα το εφαρμόσει.

Στο πρακτικό σκέλος της εργασίας, υλοποιήθηκε η δημιουργία του εικονικού μουσείου, στο οποίο χρησιμοποιήθηκαν σύγχρονα λογισμικά και εργαλεία. Αρχικά, πραγματοποιήθηκε η επίσκεψη στο μουσείο, όπου έλαβε μέρος η καταγραφή και η ψηφιοποίηση των φορητών εικόνων μέσω φωτογράφισης ακολουθώντας επαγγελματικές τεχνικές και επαγγελματικό εξοπλισμό, στη συνέχεια εισήχθησαν και επεξεργάστηκαν στο λογισμικό Adobe Lightroom. Έπειτα σχεδιάστηκε η τρισδιάστατη αρχιτεκτονική δομή του μουσείου στο λογισμικό Rhino 3D όπου είναι εμπνευσμένη από τις Χριστιανικές Ροτόντες και στο τέλος ενσωμάτωσα το τρισδιάστατο μοντέλο μαζί με τις φορητές εικόνες στο λογισμικό Twinklotion, για τη δημιουργία της ρεαλιστικής αναπαράστασης και περιήγησης του χώρου.

Ένα από τα βασικά συμπεράσματα είναι ότι η χρήση σύγχρονων τεχνολογικών μεθόδων, όπως η τρισδιάστατη ψηφιοποίηση αντικειμένων και η εικονική περιήγηση σε ψηφιακό περιβάλλον, συμβάλλει σημαντικά στην προβολή και τη βελτίωση της πρόσβασης σε ένα μουσειακό περιεχόμενο από το ευρύ κοινό καθώς με αυτόν τον τρόπο τα μουσεία επεκτείνουν την επιρροή τους και προσελκύουν περισσότερο κόσμο ανεξαρτήτου τοποθεσίας, ηλικίας και ιδιαιτερότητας, καθιστώντας τον πολιτισμό πιο προσίτο και πιο διασκεδαστικό. Η συνεχής εξέλιξη της τεχνολογίας ανοίγει νέους δρόμους

Με τη διαρκή εξέλιξη της τεχνολογίας, ανοίγονται συνεχώς νέοι δρόμοι οι οποίοι μπορούν να συμβάλλουν στην καλύτερη ανάδειξη της πολιτιστικής κληρονομιάς καθώς και στον τρόπο με τον οποίο μπορεί να τη βιώσει και να την κατανοήσει το κοινό. Μελλοντικά, θεωρώ πως οι έρευνες θα μπορούσαν να εστιάσουν σε ακόμα πιο διαδραστικές εμπειρίες κατά την επίσκεψή τους στα μουσεία αξιοποιώντας την τεχνολογία της τεχνητής νοημοσύνης για την προσαρμογή της επίσκεψης και της ξενάγησης αναλόγως των προσωπικών προτιμήσεων και αναγκών του κάθε επισκέπτη.

Βιβλιογραφία

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Αλμπανάκη, Ξ. (2019). *Η αξιοποίηση της θρησκευτικής κληρονομιάς ως εργαλείο ενίσχυσης του πολιπολιτισμικού διαλόγου στα σχολεία μέσω της Θρησκευτικής Εκπαίδευσης*. Ελληνική Περιοδική Έκδοση για τη Θρησκευτική Εκπαίδευση, 2(2)
- Cosmote, n.d. *Δίνουμε ζωή στην ιστορία μας!*. Cosmote Chronos. Αναρτήθηκε από: <https://www.cosmote.gr/static/cosmote/el/cosmote-chronos-akropoli-virtual-tour>
- Γαρουφαλή, Α., & Χανταβαρίδου, Ε. (2024). *Οι κατευθυντήριες οδηγίες της UNESCO/PERSIST για την επιλογή της ψηφιακής κληρονομιάς για μακροχρόνια διατήρηση*. (Ελ. Μαμμά, Μετ.). Αθήνα.
- Ζαχαριά, Ν., Μαλαπέρδα, Γ., Παναγιωτίδη, Β., & Κουρή, Μ. (2022). *Πολιτιστική κληρονομιά και νέες τεχνολογίες*. Αθήνα: Εκδόσεις Παπαζήση
- ICOM, (2023). *Απόδοση του νέου ορισμού του Μουσείου στα ελληνικά*. Αναρτήθηκε από: <https://icom-greece.mini.icom.museum/%CE%B1%CF%80%CF%8C%CE%B4%CE%BF%CF%83%CE%B7-%CF%84%CE%BF%CF%85-%CE%BD%CE%AD%CE%BF%CF%85-%CE%BF%CF%81%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%8D-%CF%84%CE%BF%CF%85-%CE%BC%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%B5%CE%AF%CE%BF%CF%85/>
- Λυκάκης, Μ. (2011). *Ψηφιακή Φωτογραφία*. Εκδόσεις Ακαδημία Δημιουργικής Φωτογραφίας
- Μάρκου, Ε. (2023). *Παρουσιάστηκε η ψηφιακή αναβάθμιση του Εθνικού Αρχαιολογικού Μουσείου. Με το βλέμμα στο μέλλον*. Αναρτήθηκε από: <https://www.archaiologia.gr/blog/2023/12/21/%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%AC%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BA%CE%B5-%CE%B7-%CF%88%CE%B7%CF%86%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE-%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%B2%CE%AC%CE%B8%CE%BC%CE%B9%CF%83%CE%B7-%CF%84/>
- Μικελάκης, Ε. (2016). *Η πολιτιστική κληρονομιά και η ερμηνεία της στην ψηφιακή επόχη. Μέσω της χρήσης εφαρμογών σε έξυπνα κινητά*. Αρχαιολογία & Τέχνες.
- Μουστάκας Κ., Παλιόκας Ι., Τσακίρης Α., & Τζοβάρας Δ. (2015). *Γραφικά και Εικονική Πραγματικότητα*. Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις.
- Moptil, (2023). *Η MOPTIL, ως τεχνολογικός συνεργάτης της COSMOTE, υλοποίησε την καινοτόμο εφαρμογή COSMOTE CHRONOS, που μας βοηθά να ξαναζήσουμε την ιστορία με έναν νέο, μοναδικό τρόπο!* Αναρτήθηκε από: <https://moptil.com/el/moptil-as-technology-partner-of-cosmote-implemented-the-innovative-cosmote-chronos-application-that-helps-us-relive-history-in-a-unique-new-way/>
- Νάντζη, Ε. (2020). *Μουσεία και Μουσειακή Εκπαίδευση στην Ψηφιακή Εποχή: Μια μελέτη περίπτωσης δημιουργίας Ψηφιακών Αφηγήσεων με χρήση Τεχνολογίας AR & VR στην Ωνάσειο Βιβλιοθήκη*. Τμήμα Εκπαιδευτικής και Κοινωνικής Πολιτικής Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Επιστήμες της Αγωγής: Εκπαίδευση Ενηλίκων, Ειδική Αγωγή»

- Ορφανίδου, Ε. (2021). *Πώς θα είναι το μουσείο του μέλλοντος; Η βιωσιμότητα, ο ψηφιακός κόσμος και η ποπ κουλτούρα*. Αναρτήθηκε απο: https://www.huffingtonpost.gr/entry/pos-tha-einai-to-moeseio-toe-mellontos-e-viosimoteta-o-psefiakos-kosmos-kai-e-pop-koeltoera_gr_61a8b07de4b0ae9a42b8aba9
- Φωκίδης, Μ., & Τσολακίδης, Κ. (2007). *Εικονική Πραγματικότητα Στην Εκπαίδευση, Θεωρία και Πράξη*. εκδόσεις Διάδραση

Ξένη Βιβλιογραφία

- Adamopoulos, E., Rinaudo, F., & Ardissono, L. (2020). *A Critical Comparison of 3D Digitization Techniques for Heritage Objects*.
- Adobe, n.d. *What is mixed reality?*. Creativity & Design. Αναρτήθηκε απο: <https://www.adobe.com/products/substance3d/discover/mixed-reality.html>
- Alizadehsalehi, S. & Hadavib, A. & Huang, J. C. (2020). *From BIM to extended reality in AEC industry*
- Arena F., Collotta M., Pau G., & Termine Fr. (2022). An Overview of Augmented Reality. *Computers 2022*, 11(2)
- Barszcz, M., Dziedzic, K., Skublewska-Paszkowska, M., & Powroznik, P. (2023). *3D scanning digital models for virtual museums*. Computer animation and virtual worlds. <https://doi.org/10.1002/cav.2154>
- Bethany. (2018). *Everything You Need To Know About SketchUp*. ScantoCAD
- BCS-The Chartered Institute for IT, (2014). *Augmented reality learning*. Αναρτήθηκε απο: <https://www.bcs.org/articles-opinion-and-research/augmented-reality-learning>
- Caudell, T. P., & Mizell, D.W. (1992). Augmented reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes, *Proceedings of the Twenty-fifth Hawaii international conference on system sciences, Vol. ii*, p. 659–669
- Charr, M. (2025). *How Museums are using Augmented Reality*. Museum Next: Virtual & Augmented Reality. Αναρτήθηκε απο: <https://www.museumnext.com/article/how-museums-are-using-augmented-reality/>
- Cheng, H.-M.; Yang, W.-B.; Yen, Y.-N. (2015). *BIM applied in historical building documentation and refurbishing in The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-5/W7: 85-90. (doi: 10.5194/isprsarchives-XL5-W7-85-2015) Αναρτήθηκε απο: <http://www.int-arch-photogramm-remote-sensspatial-inf-sci.net/XL-5-W7/85/2015/isprsarchives-XL-5-W7-85-2015.pdf>
- Chillingworth, A. (2023). *The pros & cons of creating 3D content with Blender software*. Blog. Αναρτήθηκε απο: <https://www.epidemicsound.com/blog/blender-software/>

- Courseta, (2025). *Augmented Reality: Types of AR*. AI and Machine Learnings.
Αναρτήθηκε από: <https://www.coursera.org/articles/types-of-ar>
- Davies, A. n.d. *Top 10 VR Tools for Software Development 2025*. Dev Team.Space.
Αναρτήθηκε από: <https://www.devteam.space/blog/10-great-tools-for-vr-development/>
- Digital Preservation Coalition. (2015). *Digital preservation handbook* (2nd ed.). <https://www.dpconline.org/handbook>
- Gareth, H. (2019). *Mona Lisa like you've never seen her: Louvre to use VR for first time in Leonardo fifth centenary show*. The Art Newspaper
- Geoffrey, D.L. (2025). Types of museums. *Philosophy & Religion: Humanities*.
Britannica. Αναρτήθηκε από: <https://www.britannica.com/topic/museum-cultural-institution/Types-of-museums>
- Gluk, n.d. *Museums and VR: The pros & cons of incorporating Virtual Reality*.
Αναρτήθηκε από: <https://glukmedia.com/museum/museums-and-vr-the-pros-cons-of-incorporating-virtual-reality/>
- Kapoor, I. (2022). *Everything You Need to Know About Rhino 3D in 2025*. Novart
- Kulbaka, N., Pysarenko, A., & Bondarenko, O. (2021). SOFTWARE FOR VIRTUAL TOURS. *Міжвідомчий науково-технічний збірник «Адаптивні системи автоматичного управління» № 2' (39)*
- Lacoma, T.(2023). *What is Unity and how do you use the game engine?*.
AndroidPolice. Αναρτήθηκε από: <https://www.androidpolice.com/what-is-unity/>
- Lanier J., Minsky M., Fisher Sc., & Druin A. (1989). *Virtual Environments and Interactivity: Windows to the Future*. 16th Annual ACM Conf on ComputerGraphics and Interactive Techniques, Boston Massachusetts USA.
- Lau, W. (2023). *The Metaverse: What Is It?*. Search Engine Journal. Αναρτήθηκε από: <https://www.searchenginejournal.com/metaverse/484803/>
- Laurie, B. (2019). *Even Better Than the Real Thing: Augmented and Virtual Realit*.
Smithsonian Exhibition, Αναρτήθηκε από: <https://exhibits.si.edu/even-better-than-the-real-thing-augmented-and-virtual-reality/>
- Lee, L-H., Braud, T., Zhou, P., Wang, L., Xu, D., Lin, Z., Kumar, A., Bermejo, C. & Hui, P. (2021) *All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda*
- Licorish, E. (2022). *Decoded: Museums In The Metaverse Jing Daily Culture*. Αναρτήθηκε από: <https://jingdailyculture.com/decoded-metaverse-native-museums/>
- Liu, Y., Pears, N., Rosin, P.L., & Huber, P. (2020). *3D Imaging, Analysis and Applications*. Springer

- Mack, K., & Ruud, R. (2019). *Unreal Engine 4 Virtual Reality Projects*. Packt Publishing
- Mandal Sh. (2013). Brief Introduction of Virtual Reality & its Challenges. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 4.
- Mase, K., Kadobayashi, R., & Nakatsu, R. (2000). *Meta-Museum: A Supportive Augmented-Reality Environment for Knowledge Sharing*. CitySeer
- Medina, J. J., James, M. M., Siddharth, S., Noah N. M., Cyril M. G., & McCormack, J.A. (2020). A rapid and cost-effective pipeline for digitization of museum specimens with 3D photogrammetry. PLOSOne. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236417>
- Miguel, P. G. (2025). *An Expert's Guide To The 25 Best Augmented Reality Software Of 2025*. The CTO : Built SaaS teams and systems that scale. Αναρτήθηκε από <https://thectoclub.com/tools/best-augmented-reality-software/>
- Milgram, P. and Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Trans. Information and Systems*, 77(12), 1321–1329.
- Novaković, P., et al. (2017): *3D Digital Recording of Archaeological, Architectural and Artistic Heritage* (<https://doi.org/10.4312/9789612378981>)
- Osman, A., Wahab, N.A., & Ismail, M.H. (2009). Development and Evaluation of an Interactive 360° Virtual Tour for Tourist Destinations. *Journal of Information Technology Impact Vol. 9, No. 3*, pp. 173-182
- Opiuib, n.d. *META-MUSEUM: Does cultural heritage help people cope with contemporary challenges?*. Αναρτήθηκε από: <https://opi.org.pl/en/meta-museum-does-cultural-heritage-help-people-cope-with-contemporary-challenges/>
- Petty, J. n.d. *What is 3ds Max & What is it Used For?*. Concept Art Empire. Αναρτήθηκε από: <https://conceptartempire.com/what-is-3ds-max/>
- Reflection, n.d. *A History of Augmented Reality*. Αναρτήθηκε από: <https://reflectioncreativemedia.com/a-history-of-augmented-reality/>
- Frasher, B., & Schewe, J. (2009). *Real World Image Sharpening with Adobe Photoshop, Camera Raw, and Lightroom*. Peachpit Press
- Slater M., Usoh M., & Steed A. (1994). Depth of presence in virtual environments. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 3(2), 130–144.
- Smithsonian, n.d. *Bone Hall*. National Museum of natural history. Αναρτήθηκε από: <https://naturalhistory.si.edu/exhibits/bone-hall>
- Solutions, S. (2019). *What is XR? (Extended Reality)*. Ανάκτηση από: https://www.youtube.com/watch?v=IbJIKPn2I8&list=PLYsaHQMqHkbWP0YdKxz_0jwwCfbMbklkI&index=7&t=158s
- University of Glasgow. (2023). *Museums in the Metaverse to let you build your own virtual collection*. University News

Walsh, L. (2023). *What is the metaverse? And will it help us or harm us?*. University of Cambridge. Αναρτήθηκε απο: <https://www.cam.ac.uk/stories/metaverse>

WhichMuseum. n.d. *Types*. Our category system. Αναρτήθηκε απο: <https://whichmuseum.com/our-category-system>

Wu, L., Sun, J., Wang, J., Zhang, Y., & Zhang, F. (2020). *The design of virtual town based on TwinMotion*. IEEE publishing