



## Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

«ΨΗΦΙΑΚΟΣ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΣ, ΎΞΥΠΝΕΣ ΠΟΛΕΙΣ, ΙΟΤ ΚΑΙ ΠΡΟΗΓΜΕΝΕΣ ΨΗΦΙΑΚΕΣ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ»

### Μεταπτυχιακή Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	<b>Η ψηφιακή αναπαράσταση αρχαιολογικών χώρων: η περίπτωση του Αγίου Χριστοφόρου στο κάστρο του Μυστρά</b> <b>The digital representation of archaeological sites: the case of Agios Christophoros in the castle of Mystras</b>
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	<b>Αλεξάνδρα Νικολοπούλου</b>
Πατρώνυμο	<b>Χαρίλαος</b>
Αριθμός Μητρώου	<b>ΨΠΟΛ/ 2228</b>
Επιβλέπων	<b>Χρήστος Δουληγέρης, Καθηγητής</b>

Ημερομηνία Παράδοσης

**Ιούλιος 2024**

---

**Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή**

Χρήστος Δουληγέρης  
Καθηγητής

Δημήτριος Κοτσιφάκος  
Διδάσκων στο ΠΜΣ

Εμμανουήλ  
Σκόνδρας  
Διδάσκων στο ΠΜΣ

## **Ευχαριστίες**

Με την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω:

- Το διδάσκοντα του ΠΜΣ Δρ. Κοτσιφάκο Δημήτρη, για την καθοδήγηση, τη συνεργασία και τη διαρκή υποστήριξη κατά τη διάρκεια της φοίτησης μου στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα.
- Τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κύριο Δουληγέρη Χρήστο, για τις γνώσεις που μου προσέφερε και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε κατά τη διάρκεια της συνεργασίας μας.
- Την Εφορεία Βυζαντινών Αρχαιοτήτων Λακωνίας, για την πολύτιμη βοήθειά τους κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας και για την άδεια που μου παραχώρησαν σχετικά με τη μελέτη του Αγίου Χριστοφόρου.
- Την οικογένεια μου, για την αμέριστη ψυχολογική υποστήριξη.

## Περίληψη

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή παρουσιάζεται η ψηφιακή αναπαράσταση αρχαιολογικών χώρων, και ειδικότερα η δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου του παρεκκλησίου του Αγίου Χριστοφόρου στο κάστρο του Μυστρά και η ένταξη αυτού σε περιβάλλον Εικονικής Πραγματικότητας. Η κατασκευή υλοποιήθηκε έπειτα από επιτόπια έρευνα που πραγματοποιήθηκε στον αρχαιολογικό χώρο του Μυστρά και τη συλλογή των απαραίτητων αρχαιολογικών δεδομένων που σχετίζονται με την κατάσταση που διατηρείται σήμερα το παρεκκλήσι. Μέσα από το συγκεκριμένο εγχείρημα, αναδεικνύονται τα ψηφιακά εργαλεία που έχει στη διάθεσή του ο αρχαιολόγος του 21<sup>ου</sup> αιώνα, τα οποία μπορεί να αξιοποιήσει σε συνδυασμό με τις παραδοσιακές μεθόδους έρευνας. Με αυτό τον τρόπο, επιτυγχάνεται η προστασία, η προβολή και η ανάδειξη του πολιτιστικού αποθέματος και της φυσιογνωμίας ενός τόπου και ταυτόχρονα προωθείται ο διεπιστημονικός χαρακτήρας της έρευνας. Στην ίδια κατεύθυνση, η ψηφιακή κατασκευή, προσφέρει άμεση πρόσβαση για όλους στο παρεκκλήσι, καθώς ο χρήστης μπορεί να περιηγηθεί σε αυτό ανά πάσα στιγμή, να το παρατηρήσει και να γνωρίσει τη βυζαντινή αρχιτεκτονική του Μυστρά, καλλιεργώντας την σχέση του με την πολιτιστική κληρονομιά.

## Abstract

In the context of this master's thesis, the digital representation of archaeological sites is presented, and in particular the creation of a 3D model of the chapel of Agios Christophoros in the castle of Mystras and its integration into a Virtual Reality environment. The construction was implemented after field research conducted in the archaeological site of Mystras, and the collection of the necessary archaeological data related to the condition of the chapel today. Through this project, the digital tools available to the archaeologist of the 21st century are highlighted, which can be used in combination with traditional research methods. In this way, the protection, promotion and enhancement of the cultural heritage and the physiognomy of a site is achieved and at the same time, the interdisciplinary nature of research is promoted. Furthermore, the digital construction offers direct access for everyone to the chapel, as the user can browse in it at any time, observe it and get to know the Byzantine architecture of Mystras, fostering their relationship with the cultural heritage.

## Περιεχόμενα

<b>1. Προσωπική εμπλοκή με το θέμα, διεπιστημονικός χαρακτήρας και διάρθρωση της εργασίας</b> .....	<b>10</b>
1.1 Εισαγωγή.....	10
1.2 Προσωπική εμπλοκή με το θέμα .....	10
1.3 Διεπιστημονικός χαρακτήρας της έρευνας .....	11
1.4 Διάρθρωση της εργασίας.....	14
1.5 Συμπεράσματα .....	16
1.6 Βιβλιογραφία .....	17
<b>2. Εικονική και Επαυξημένη Πραγματικότητα σε Χώρους Πολιτισμού</b> .....	<b>18</b>
2.1 Εισαγωγή.....	18
2.2 Εικονική Πραγματικότητα.....	18
2.3 Επαυξημένη Πραγματικότητα .....	20
2.4 VR και AR εφαρμογές στον πολιτισμό .....	22
2.4.1 Google Arts & Culture.....	23
2.4.2 Wessex Archaeology - The Bath Abbey VR .....	24
2.4.3 National Museum of Finland.....	24
2.4.4 Ancient Athens 3D .....	25
2.5 Συμπεράσματα .....	26
2.6 Βιβλιογραφία .....	26
<b>3. Εικονική Αρχαιολογία και Πολιτιστική Κληρονομιά</b> .....	<b>28</b>
3.1 Εισαγωγή.....	28
3.2 Η Εικονική Αρχαιολογία και η προσφορά της .....	28
3.3 Συστάσεις για την Ψηφιακή Πολιτιστική Κληρονομιά και την Εικονική Αρχαιολογία.....	30
3.3.1 Η Χάρτα του Λονδίνου (The London Charter) .....	30
3.3.2 Οι Αρχές της Σεβίλλης .....	32
3.4 Προβληματισμοί της επιστημονικής κοινότητας .....	34
3.5 Συμπεράσματα .....	35
3.6 Βιβλιογραφία .....	36
<b>4. Η καστροπολιτεία Μυστρά και ο Άγιος Χριστόφορος: η γνωριμία μαζί τους και η μέθοδος εργασίας στο χώρο</b> .....	<b>38</b>
4.1 Εισαγωγή.....	38
4.2 Συνθήκες επιτόπιας έρευνας .....	38
4.3 Το κάστρο του Μυστρά .....	40
4.4 Το παρεκκλήσι του Αγίου Χριστοφόρου .....	44
4.5 Συμπεράσματα .....	49

4.6 Βιβλιογραφία .....	50
<b>5. Εννοιολογική χαρτογράφηση, αποδελτίωση και μοντελοποίηση της κατασκευής .....</b>	<b>51</b>
5.1 Εισαγωγή.....	51
5.2 Η λειτουργία της εννοιολογικής χαρτογράφησης και η εννοιολογική συσχέτιση βασικών όρων με το εργαλείο SmartTools.....	51
5.2.1 Η σημασία της εννοιολογικής χαρτογράφησης.....	51
5.2.2 Εννοιολογική συσχέτιση βασικών όρων της εργασίας .....	52
5.2.3 Εννοιολογική χαρτογράφηση της ψηφιακής κατασκευής .....	56
5.3 Αποδελτίωση και χρήση του λογισμικού Taguette.....	56
5.4 Μοντελοποίηση της οπτικοποίησης της ψηφιακής αναπαράστασης του Αγίου Χριστοφόρου στο κάστρο του Μυστρά .....	60
5.5 Συμπεράσματα .....	64
5.6 Βιβλιογραφία .....	64
<b>6. Παρουσίαση της ψηφιακής κατασκευής .....</b>	<b>66</b>
6.1 Εισαγωγή.....	66
6.2 Η σημασία της τεκμηρίωσης ενός τρισδιάστατου μοντέλου .....	66
6.3 Κατασκευή 3D μοντέλου του Αγίου Χριστοφόρου .....	67
6.4 Ένταξη του Αγίου Χριστοφόρου σε περιβάλλον VR.....	74
6.5 Συμπεράσματα .....	76
6.6 Βιβλιογραφία .....	77
<b>7. Αξιολόγηση του έργου από ομοτίμους .....</b>	<b>78</b>
7.1 Εισαγωγή.....	78
7.2 Η σημασία της αξιολόγησης από ομοτίμους .....	78
7.3 Αξιολόγηση της ψηφιακής κατασκευής από ομοτίμους .....	79
7.4 Αξιολόγηση της ψηφιακής κατασκευής ως προς το περιεχόμενο και τον σχεδιασμό.....	83
7.5 Συμπεράσματα .....	84
7.6 Βιβλιογραφία .....	84
<b>8. Περιορισμοί της έρευνας, μελλοντικά έργα, συμπεράσματα και προστιθέμενη αξία ....</b>	<b>86</b>
8.1 Εισαγωγή.....	86
8.2 Όρια και περιορισμοί της έρευνας .....	86
8.3 Μελλοντικά έργα.....	87
8.4 Προστιθέμενη αξία της μεταπτυχιακής διατριβής .....	88
8.5 Συμπεράσματα .....	89
8.6 Βιβλιογραφία .....	89

## Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1.1: Ο διεπιστημονικός χαρακτήρας της έρευνας.....	13
Εικόνα 1.2: Διάρθρωση κεφαλαίων 1-4.....	14
Εικόνα 1.3: Διάρθρωση κεφαλαίων 5-8.....	15
Εικόνα 2.1: Δοκιμή μάσκας Εικονικής Πραγματικότητας στο Μουσείο Ναυτικής Παράδοσης κατά τη διάρκεια επίσκεψης στο πλαίσιο του Μεταπτυχιακού.....	20
Εικόνα 2.2: Χρήση Επαυξημένης Πραγματικότητας σε αρχαιολογικούς χώρους.....	22
Εικόνα 2.3: Στιγμιότυπο οθόνης από την virtual περιήγηση στο Uffizi Gallery της Φλωρεντίας μέσω του Google Arts & Culture.....	23
Εικόνα 2.4: Στιγμιότυπο οθόνης από την ιστοσελίδα του project The Bath Abbey VR.....	24
Εικόνα 2.5: Στιγμιότυπο οθόνης από το video παρουσίασης του έργου στο National Museum of Finland.....	25
Εικόνα 2.6: Στιγμιότυπο οθόνης από τον ιστότοπο του Ancient Athens 3D.....	25
Εικόνα 4.1: Η άδεια που χορηγήθηκε από την Εφορεία Βυζαντινών Αρχαιοτήτων.....	39
Εικόνα 4.2: Η έκταση την οποία μπορούσε να ελέγξει από ψηλά ο Μυστράς.....	40
Εικόνα 4.3: Χάρτης του Μυστρά.....	41
Εικόνα 4.4: Άγιοι Θεόδωροι.....	42
Εικόνα 4.5: Αγία Σοφία.....	43
Εικόνα 4.6: Άγιος Νικόλαος.....	44
Εικόνα 4.7: Παρεκκλήσι Αγίου Γεωργίου.....	44
Εικόνα 4.8: Παρεκκλήσι Αγίου Χριστοφόρου.....	45
Εικόνα 4.9: Η ξύλινη στέγη του παρεκκλησίου.....	46
Εικόνα 4.10: Το ιερό του Αγίου Χριστοφόρου.....	46
Εικόνα 4.11: Η θύρα με το πώρινο οξυκόρυφο πλαίσιο.....	47
Εικόνα 4.12: Η κεντρική είσοδος του Αγίου Χριστοφόρου.....	47
Εικόνα 4.13: Τμήμα των αψιδωμάτων με παράθυρα.....	48
Εικόνα 4.14: Αψίδα του ιερού με στενό μονόλοβο παράθυρο.....	48
Εικόνα 4.15: Οι τοιχογραφίες του κτιστού τέμπλου.....	49
Εικόνα 4.16: Οι σωζόμενες τοιχογραφίες του Αγίου Χριστοφόρου.....	49
Εικόνα 5.1: Η αρχική σελίδα του SmartTools.....	52
Εικόνα 5.2: Εννοιολογική συσχέτιση της Εικονικής Αρχαιολογίας.....	53
Εικόνα 5.3: Η προσφορά του τρισδιάστατου μοντέλου στην πολιτιστική κληρονομιά.....	53
Εικόνα 5.4: Προβληματισμοί σχετικά με τα τρισδιάστατα μοντέλα στον πολιτισμό.....	54
Εικόνα 5.5: Εννοιολογική συσχέτιση των βασικών όρων της εργασίας συνολικά.....	55
Εικόνα 5.6: Μοντελοποίηση της ψηφιακής κατασκευής.....	56
Εικόνα 5.7: Διαδικασία ποιοτικής στάθμισης στο Taguette.....	57
Εικόνα 5.8: Η καρτέλα των ετικετών της ποιοτικής στάθμισης στο Taguette.....	58

Εικόνα 5.9: Οργάνωση των κύριων εννοιών των κεφαλαίων 2 και 3.....	59
Εικόνα 5.10: Οργάνωση των κύριων εννοιών των κεφαλαίων 4 και 6.....	59
Εικόνα 5.11: Ραβδοδιάγραμμα βασικών εννοιών.....	60
Εικόνα 5.12: Τα δεδομένα της ξενάγησης.....	61
Εικόνα 5.13: Το διάγραμμα μηχανής καταστάσεων για την κλάση ελέγχου.....	61
Εικόνα 5.14: Κατάσταση με δραστηριότητα του χρήστη.....	62
Εικόνα 5.15: «Ορθογωνικές» ταυτόχρονες καταστάσεις.....	63
Εικόνα 5.16: Μοντελοποίηση με βάση το μοτίβο καταστάσεων.....	63
Εικόνα 6.1: Η αρχική σελίδα του SketchUp 2023.....	67
Εικόνα 6.2: Επιλογή των κατάλληλων παραμέτρων για την κατασκευή 3D μοντέλου.....	67
Εικόνα 6.3: Το περιβάλλον και τα εργαλεία του SketchUp 2023.....	68
Εικόνα 6.4: Εισαγωγή της κάτοψης του Αγίου Χριστοφόρου στο SketchUp.....	68
Εικόνα 6.5: Διαμόρφωση των τοίχων του παρεκκλησίου.....	68
Εικόνα 6.6: Σχεδιασμός αψιδωμάτων.....	69
Εικόνα 6.7: Σχεδιασμός θυρών και ιερού.....	69
Εικόνα 6.8: Προσθήκη παραθύρων.....	70
Εικόνα 6.9: Εφαρμογή υφών εσωτερικά του ναού.....	70
Εικόνα 6.10: Εφαρμογή υφών στο εξωτερικό του ναού.....	71
Εικόνα 6.11: Τοποθέτηση των τοιχογραφιών του Αγίου Χριστοφόρου και επισήμανση των σημείων όπου δε σώζονται για να αναπαρασταθούν.....	71
Εικόνα 6.12: Προσθήκη χωμάτινου δαπέδου.....	72
Εικόνα 6.13: Τοποθέτηση ξύλινων δοκαριών.....	72
Εικόνα 6.14: Τοποθέτηση κεραμοσκεπής.....	73
Εικόνα 6.15: Στιγμιότυπα από τον Άγιο Χριστόφορο.....	73
Εικόνα 6.16: Αρχική σελίδα Unity.....	74
Εικόνα 6.17: Άνοιγμα νέου project.....	74
Εικόνα 6.18: Εισαγωγή terrain στις κατάλληλες διαστάσεις.....	74
Εικόνα 6.19: Προσθήκη του Αγίου Χριστοφόρου στο Unity.....	75
Εικόνα 6.20: Εισαγωγή first – person περιήγησης στο ναό.....	75
Εικόνα 6.21: Διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου.....	76
Εικόνα 6.22: Εκτέλεση του project.....	76
Εικόνα 7.1: Διάγραμμα πίτας ερώτησης 3.....	81
Εικόνα 7.2: Διάγραμμα πίτας ερώτησης 10.....	81
Εικόνα 7.3: Διάγραμμα πίτας ερώτησης 9.....	81
Εικόνα 7.4: Διάγραμμα πίτας ερώτησης 2.....	82
Εικόνα 7.5: Διάγραμμα πίτας ερώτησης 4.....	82



Εικόνα 7.6: Διάγραμμα πίτας ερώτησης 7.....	82
Εικόνα 7.7: Βασικοί άξονες της αξιολόγησης από ομοτίμους.....	83
Εικόνα 7.8: Σχολιασμός της ψηφιακής κατασκευής από ομοτίμους.....	84

### **Κατάλογος πινάκων**

Πίνακας 7.1: Ερωτηματολόγιο αξιολόγησης ψηφιακής κατασκευής Αγίου Χριστοφόρου.....	79
--	----

## **1. Προσωπική εμπλοκή με το θέμα, διεπιστημονικός χαρακτήρας και διάρθρωση της εργασίας**

### **1.1 Εισαγωγή**

Σκοπός της διπλωματικής διατριβής είναι η ανάδειξη καινοτόμων μεθόδων προβολής και μελέτης της πολιτιστικής κληρονομιάς στο πλαίσιο της αρχαιολογικής έρευνας και εκτός του πεδίου της ανασκαφής. Η αλματώδης εξέλιξη των υπολογιστών έχει αλλάξει ριζικά τις παραδοσιακές μεθόδους προσέγγισης της πολιτιστικής κληρονομιάς, δημιουργώντας νέες δυνατότητες για την ανάπτυξη σύγχρονων γραφικών εφαρμογών, οι οποίες είναι ικανές να οπτικοποιήσουν έναν μεγάλο όγκο δεδομένων και πληροφοριών. Έτσι, εκτός από τις πλούσιες γραπτές πηγές της Αρχαιολογίας, ο ερευνητής έχει στη διάθεσή του και μια σειρά ψηφιακών ανακατασκευών που του επιτρέπουν να αναπτύξει το συλλογισμό του, να ερμηνεύσει το παρελθόν και να διατυπώσει νέα συμπεράσματα. Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται εκτενώς κάποιες βασικές πληροφορίες που διαμόρφωσαν το χαρακτήρα της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Ειδικότερα, στο υποκεφάλαιο 1.2 αναφέρονται τα κίνητρα που με ώθησαν να επιλέξω και να αναπτύξω λεπτομερώς το συγκεκριμένο θέμα, στο υποκεφάλαιο 1.3 αναλύεται ο διεπιστημονικός χαρακτήρας της διατριβής, ενώ στο υποκεφάλαιο 1.4 δίνεται η συνολική διάρθρωση της εργασίας.

### **1.2 Προσωπική εμπλοκή με το θέμα**

Η επιλογή μου να υλοποιήσω την παρούσα διπλωματική διατριβή στηρίχθηκε σε ένα συνδυασμό παραγόντων. Από μικρή ηλικία μεγάλωσα σε ένα οικογενειακό περιβάλλον, το οποίο βρισκόταν κοντά στον πολιτισμό και μελετούσε την αρχαία ελληνική γραμματεία και την ιστορία τόσο των αρχαίων και βυζαντινών, όσο και των νεότερων χρόνων. Έτσι, όταν κλήθηκα να αποφασίσω την ακαδημαϊκή μου πορεία, η αγάπη μου για τη μελέτη και την παρατήρηση του παρελθόντος, με οδήγησε στην επιλογή της Ιστορίας και της Αρχαιολογίας.

Κατά τη διάρκεια των σπουδών μου σε προπτυχιακό επίπεδο, συνειδητοποίησα το έντονο ενδιαφέρον μου για τους πολιτισμούς του παρελθόντος, την ανάγκη να κατανοήσω τον τρόπο που εξελίχθηκαν μέσω των υλικών καταλοίπων τους, αλλά και τη σημασία που έχει ο σωστός τρόπος προβολής και ανάδειξής τους. Το ίδιο διάστημα, διαπίστωσα ότι οι παραδοσιακές μέθοδοι της Αρχαιολογίας δεν αρκούσαν πλέον για μια ολοκληρωμένη έρευνα μιας ανασκαφής ή ενός μνημείου. Η αλματώδης εξέλιξη της τεχνολογίας επηρέασε άμεσα και τις ανθρωπιστικές σπουδές, οι οποίες χρειάστηκε να προσαρμοστούν στα νέα δεδομένα και να υιοθετήσουν νέες πρακτικές για την εξέταση των αρχαίων πολιτισμών. Έπειτα από προσωπική αναζήτηση, αλλά και χάρη στις σχέσεις που είχα αναπτύξει με τους καθηγητές μου, κατόρθωσα να κατανοήσω ότι με αφορούν ιδιαίτερα τα θέματα που συνδυάζουν τη θεωρητική γνώση με την πρακτική, όπως συμβαίνει και στην περίπτωση της Αρχαιολογίας και της Πληροφορικής. Αποφάσισα, λοιπόν, να ασχοληθώ και να γνωρίσω και η ίδια κάποιες από τις ψηφιακές τεχνολογίες που εφαρμόζει η επιστήμη της Αρχαιολογίας για την εξερεύνηση και την ερμηνεία των αρχαιολογικών δεδομένων.

Ολοκληρώνοντας τις σπουδές μου στο τμήμα Ιστορίας και Αρχαιολογίας του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, πραγματοποίησα εκτεταμένη έρευνα για εξέλιξη των σπουδών σε μεταπτυχιακό επίπεδο, ώστε να εκπληρώσω και τους παραπάνω στόχους μου. Έτσι, άρχισα να φοιτώ στο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Ψηφιακός Πολιτισμός, Έξυπνες Πολιτισμός, IoT και Προηγμένες Ψηφιακές Τεχνολογίες» του Πανεπιστημίου Πειραιώς. Σε αυτό το διάστημα άρχισα να εξοικειώνομαι με πολλά χρήσιμα ψηφιακά εργαλεία, να κατανοώ ότι η πολιτιστική κληρονομιά συνδέεται άμεσα με το παρόν και το μέλλον ενός τόπου, αλλά και να αντιλαμβάνομαι ότι υπάρχει ανάγκη για περαιτέρω ανάπτυξη των μεθόδων διατήρησης και ανάδειξης του πολιτιστικού αποθέματος μιας κοινωνίας. Είχα την ευκαιρία να εργαστώ με γνωστές εφαρμογές φωτογραμμετρίας, 3D σχεδίασης και Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) και να κατανοήσω τη σημασία της αλληλεπίδρασης διαφορετικών επιστημονικών πεδίων για την εκπλήρωση ενός επιστημονικού σκοπού. Συγχρόνως, έχοντας την κατάλληλη καθοδήγηση από άρτια καταρτισμένους καθηγητές και μέσα από τις διαλέξεις, κατάφερα να αποκτήσω μια πιο ολοκληρωμένη άποψη για την αναγκαιότητα της ψηφιακότητας και της διεπιστημονικότητας στη σύγχρονη εποχή, διαμορφώνοντας ανάλογα και τη μεταπτυχιακή μου διατριβή.

Από το σύνολο του ΠΜΣ υπήρξαν ορισμένα μαθήματα τα οποία μου κίνησαν το ενδιαφέρον να ασχοληθώ εκτενέστερα με την τρισδιάστατη μοντελοποίηση και αναπαράσταση, τομείς που εμπλέκονται στενά με την Αρχαιολογία και το σύνολο της πολιτιστικής κληρονομιάς. Αρχικά, το μάθημα «Μικτή Πραγματικότητα και Ηλεκτρονικός Πολιτισμός» ήταν εκείνο που έφερε όλους τους φοιτητές πρώτη φορά σε επαφή με εφαρμογές Εικονικής και Επαυξημένης Πραγματικότητας (VR και AR), με τη δημιουργία και την επεξεργασία 3D γραφικών μέσω των κατάλληλων λογισμικών, αλλά και το σχεδιασμό ψηφιακών περιβαλλόντων με την χρήση λογισμικού ανοικτού κώδικα. Εν συνεχεία, στο μάθημα «Καταγραφή και Τεκμηρίωση Μνημείων με Προηγμένα Συστήματα» αναλύθηκαν θέματα σχετικά με την καταγραφή, τη διάσωση, την τεκμηρίωση και την προβολή μνημείων πολιτισμού, όπως είναι και ο Άγιος Χριστόφορος στο κάστρο του Μυστρά, που απασχόλησε την παρούσα διπλωματική εργασία. Ακόμη, συνέβαλε στην αναγνώριση βασικών αρχών αποτύπωσης της πολιτιστικής κληρονομιάς με προηγμένα μέσα, αλλά και στην υλοποίηση τρισδιάστατων μοντέλων μεγάλης κλίμακας. Τέλος, στο μάθημα «Παγκόσμιος Ιστός και Διαχείριση Ψηφιακών Συλλογών» διδαχθήκαμε τεχνολογικά ζητήματα του παγκόσμιου ιστού, αλλά και τρόπους ανάδειξης του πολιτισμικού υλικού, μέσω ψηφιακών εργαλείων και πολυμέσων, στοχεύοντας στον εμπλουτισμό των αναφορών και την επικοινωνία.

Γενικότερα, η φοίτησή μου στο ΠΜΣ ήταν καθοριστικής σημασίας, καθώς με βοήθησε να διαμορφώσω και να σχεδιάσω την έρευνά μου μέσα σε ένα πλήρως επιστημονικά τεκμηριωμένο πλαίσιο, σεβόμενη και το χαρακτήρα που μνημείου που επέλεξα να αναδείξω ψηφιακά. Ως εκ τούτου, κατάφερα να κατανοήσω στην πράξη τις απαιτήσεις ενός τέτοιου έργου και να συνεισφέρω από πλευράς μου στην εξέλιξη της συζήτησης σχετικά με τα θέματα της ψηφιακής διατήρησης της πολιτιστικής κληρονομιάς και της εισχώρησης των νέων τεχνολογιών στον κλάδο της Αρχαιολογίας.

Στην ίδια κατεύθυνση, έντονη ήταν και η επιρροή που δέχθηκα από την εθελοντική μου συμμετοχή στην ομάδα του «Δίπτυλον». Η δράση τους επικεντρώνεται στη μελέτη της αρχαίας τοπογραφίας και του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος, μέσα από τη σύμπραξη της Αρχαιολογίας, της Ιστορίας, της Πληροφορικής και της Τοπογραφίας, αξιοποιώντας στο έπακρο τεχνολογίες αιχμής για τις ψηφιακές ανθρωπιστικές επιστήμες. Μέσα σε ένα τέτοιο διεπιστημονικό περιβάλλον και χάρη στην εμπιστοσύνη που μου έδειξαν, μπόρεσα να κατανοήσω τον ψηφιακό χαρακτήρα που μπορούν να λάβουν τα αρχαιολογικά κατάλοιπα, ενισχύοντας την επαφή της επιστημονικής κοινότητας και του κοινού με το πολιτιστικό απόθεμα ενός τόπου, ενώ μου έδωσαν έμπνευση τόσο για τη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, όσο και για μελλοντικά έργα.

### 1.3 Διεπιστημονικός χαρακτήρας της έρευνας

Τις τελευταίες δεκαετίες οι μέθοδοι εργασίας της Αρχαιολογίας έχουν δεχθεί σημαντικές αλλαγές, προκειμένου να καταφέρουν να συμβαδίσουν με τις ανάγκες της εποχής. Αυτό συνέβη, καθώς ήταν αναγκαίο να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στην ορθότερη διατήρηση των αρχαιολογικών δεδομένων και στην εφαρμογή των κατάλληλων τεχνικών που θα ωφελήσουν την πρόοδο της έρευνας και τη μελέτη της πολιτιστικής κληρονομιάς. Για τους παραπάνω λόγους, η παρούσα διπλωματική διατριβή βασίστηκε στο διεπιστημονικό χαρακτήρα που μπορεί να λάβει η αρχαιολογική πρακτική σε συνδυασμό με την Επιστήμη των Υπολογιστών και των τρισδιάστατων γραφικών. Θα εστιάσουμε τόσο στη θεωρητική τεκμηρίωση όσο και στις πρακτικές λύσεις που προσφέρουν η Εικονική και η Επαυξημένη Πραγματικότητα και τα 3D μοντέλα, όσον αφορά τη διάσωση και τη βαθύτερη κατανόηση του πολιτιστικού αποθέματος ενός τόπου (Εικόνα 1.1). Παρακάτω θα γίνει αναλυτική αναφορά στους επιστημονικούς κλάδους που διαμόρφωσαν μια ενεργή σχέση με την Αρχαιολογία και κατόρθωσαν να διευρύνουν την γνώση για το παρελθόν, στηριζόμενοι στην καινοτομία και στην τεχνολογική πρόοδο:

- **Αρχαιολογία:** είναι η επιστήμη που μελετά τους πολιτισμούς του παρελθόντος, αναλύοντας τα υλικά τους κατάλοιπα, προκειμένου να εξηγήσει τη δημιουργία τους και την εξέλιξη τους στο χρόνο. Η θεωρητική της βάση, ωστόσο, πολλές φορές απαιτεί τη συνεργασία και με άλλες επιστήμες και σύγχρονες τεχνολογίες, ώστε να καταφέρει να εξελιχθεί και να διευκολύνει την έρευνα (Marín-Buzón et al., 2021). Η Αρχαιολογία, με τη συνδρομή της Ιστορίας, είναι εκείνη που θα θέσει το θεωρητικό υπόβαθρο και τους προβληματισμούς, ενώ οι θετικές επιστήμες και οι ψηφιακές τεχνολογίες με τις πρακτικές τους θα συμβάλλουν στη διατύπωση ερμηνειών και συμπερασμάτων. Σε αυτή την κατεύθυνση, επιστρατεύεται σήμερα μια πληθώρα τεχνολογικών εφαρμογών και

μεθόδων, όπως τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, η φωτογραμμετρία, η δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων κλπ., οι οποίες εξασφαλίζουν τη σωστή διαχείριση των αρχαιολογικών δεδομένων και προωθούν τη μελέτη των ανθρώπινων πολιτισμών, με τεχνικές που ανταποκρίνονται στον ψηφιακό χαρακτήρα της σύγχρονης εποχής.

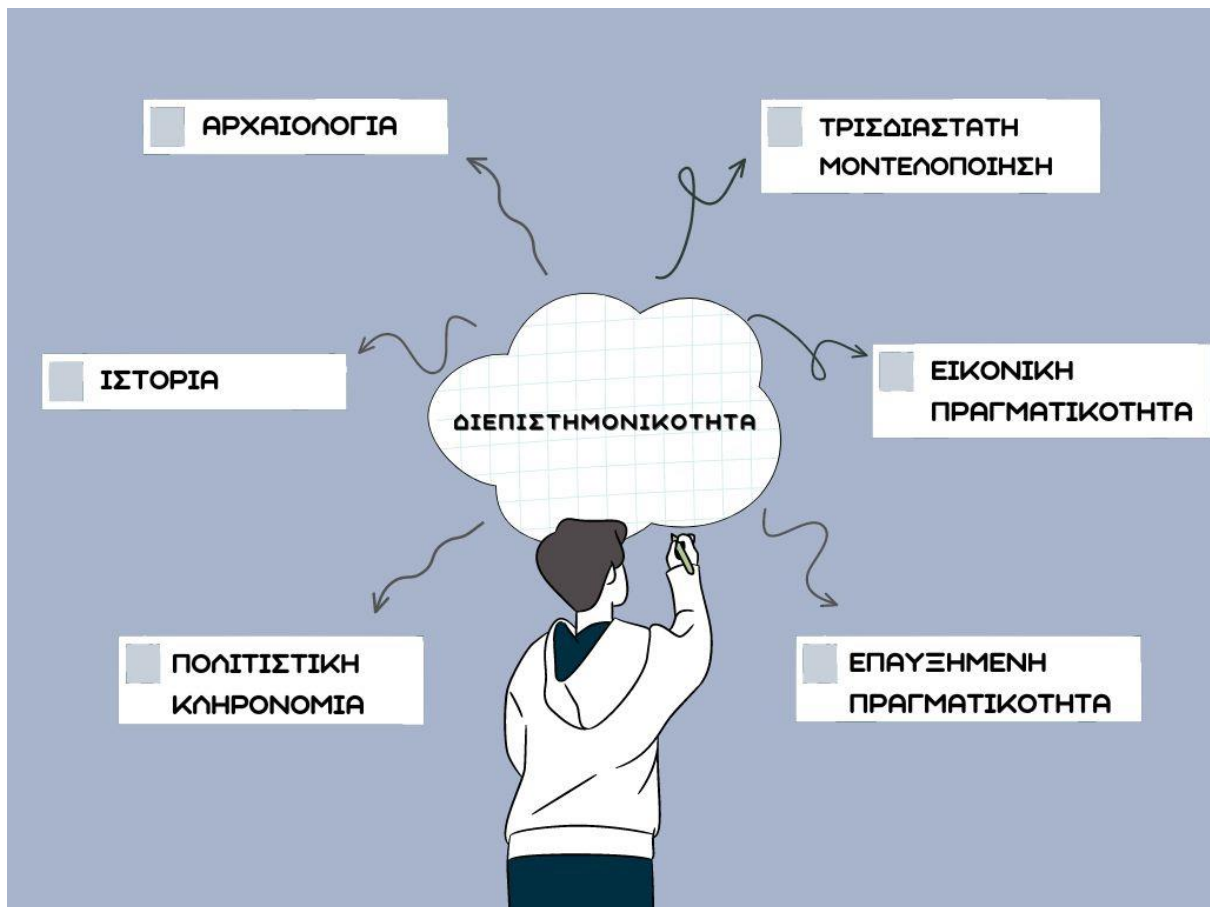
- **Ιστορία:** στο παρελθόν, οι ιστορικοί εργάζονταν κατά κύρια βάση στα αρχεία, με πλήθος βιβλίων και σημειώσεων, γεγονός που ήταν αρκετά χρονοβόρο. Σήμερα, οι συνθήκες αυτές έχουν μεταβληθεί, καθώς η τεχνολογία έχει διεισδύσει στις ανθρωπιστικές σπουδές, ωθώντας τους ιστορικούς να υιοθετήσουν μια νέα προσέγγιση. Πλέον, οι ερευνητές έχουν άμεση πρόσβαση σε βάσεις δεδομένων, ψηφιακά αρχεία και βιβλιοθήκες, τα οποία έχουν τη δυνατότητα να μελετήσουν και να σχολιάσουν από το σπίτι, να αναζητήσουν πληροφορίες μέσα σε χιλιάδες ηλεκτρονικά αρχεία μόνο με λέξεις-κλειδιά και να μειώσουν κατά πολύ το κόστος και τον χρόνο της έρευνας τους. Κατά τη διάρκεια αυτή της ψηφιακής μετάβασης, είναι βασικό να κατανοήσει ο ιστορικός τόσο τη σημασία του ψηφιακού εγγραμματος όσο και την αξία της διεπιστημονικότητας, προκειμένου να συμβαδίσει με την εξέλιξη της επιστήμης του. Ωστόσο, πρέπει να τονίσουμε ότι ο στόχος του ιστορικού του παρελθόντος και του ιστορικού του παρόντος παραμένει ο ίδιος, παρά την τεχνολογική πρόοδο: αναγνωρίζει τους προβληματισμούς του, εντοπίζει τις κατάλληλες πηγές, τις μελετά και δημοσιεύει (Milligan, 2022).
- **Πολιτιστική Κληρονομιά:** ο όρος «κληρονομιά» αναφέρεται στη μελέτη της ανθρώπινης δραστηριότητας, όχι μόνο μέσω της ανάκτησης καταλοίπων του παρελθόντος, όπως συμβαίνει στην επιστήμη της Αρχαιολογίας, αλλά και μέσω της παράδοσης, της τέχνης κ.ά., ενώ σχετίζεται με χώρους, οι οποίοι έχουν αρχαιολογική, αισθητική και ιστορική αξία. Γενικότερα, η κληρονομιά αντιμετωπίζεται ως μια διφορούμενη έννοια, ένα σύνολο σχέσεων με το παρελθόν. Είναι ένα μέσο επικοινωνίας, ένας τρόπος μετάδοσης ιδεών, αξιών και γνώσεων, οι οποίες περιλαμβάνουν το υλικό, το άυλο και το εικονικό (Reffat & Nofal, 2013). Από την άλλη, η εικονική κληρονομιά (virtual heritage) ως όρος περιγράφει τα έργα που συνδυάζουν την Εικονική Πραγματικότητα και την πολιτιστική κληρονομιά. Η εικονική αναπαράσταση συνεπάγεται τον ψηφιακό μετασχηματισμό του πολιτιστικού αποθέματος και τη δημιουργία μιας προσομοίωσής του, χρησιμοποιώντας υπολογιστικά γραφικά. Βέβαια, οποιοδήποτε ψηφιακό περιεχόμενο έχει λάβει πολιτιστική αξία, είτε με τη μορφή 2D (π.χ. κείμενο, εικόνα) είτε 3D (π.χ. εικονική περιήγηση, τρισδιάστατα μοντέλα) αποτελεί μέρος της ψηφιακής κληρονομιάς (Rahaman, 2018).
- **3D Μοντελοποίηση:** Η ψηφιακή μοντελοποίηση αρχαιολογικών χώρων και γενικότερα της πολιτιστικής κληρονομιάς έχει αποδειχθεί ένα χρήσιμο εργαλείο για την ανάκτηση και την κατανόηση των δεδομένων που συλλέγονται από τα κατάλοιπα του παρελθόντος. Με την χρήση των τεχνικών της τρισδιάστατης μοντελοποίησης και των μεθόδων των ψηφιακών υπολογιστικών ανακατασκευών, μπορεί ακόμα και να περιοριστεί ο μη αναστρέψιμος και καταστροφικός χαρακτήρας της ανασκαφικής διαδικασίας. Η ευρεία υιοθέτηση των 3D τεχνολογιών έχει διευκολύνει κατά πολύ την έρευνα τόσο από άποψη χρόνου και ακρίβειας όσο και σε θέματα αποθήκευσης δεδομένων. Αυτή η νέα συνθήκη επιτρέπει τη διατήρηση των ανασκαφικών δεδομένων σχετικά με αντικείμενα ή μνημεία, ενώ ταυτόχρονα ευνοείται και η διεπιστημονική έρευνα.

Η ανακατασκευή και η απεικόνιση αρχαιολογικών δεδομένων αποτελεί ένα σημαντικό βήμα για τους ερευνητές, καθώς μέσω αυτών είναι σε θέση να κατανοήσουν την ανάπτυξη και την εξέλιξη των πολιτισμών που μελετώνται. Τα μοντέλα που προκύπτουν από αυτή τη διαδικασία καταφέρνουν να αποτυπώσουν ικανοποιητικά ένα αντικείμενο ή ένα χώρο, οι πληροφορίες ελέγχονται, αποθηκεύονται και προβάλλονται πιο οργανωμένα, καθώς αποκτούν οπτική μορφή, ενώ λειτουργούν και ως ένα ανοιχτό πεδίο στη διεπιστημονικότητα και την χρήση μεθόδων, που μέχρι σήμερα χρησιμοποιούνταν στους κλάδους των υπολογιστικών γραφικών. Επιπλέον, οι τρισδιάστατες αναπαραστάσεις αρχαιολογικών χώρων, εκτός από την προώθηση της επιστημονικής έρευνας και ενίσχυσης των γνώσεων του αρχαιολόγου, δίνουν την ευκαιρία σε όλους για άμεση πρόσβαση στην πληροφορία, μπορούν να αξιοποιηθούν στο πλαίσιο της εκπαιδευτικής διαδικασίας ή για τη δημόσια παρουσίαση μιας ανασκαφής (Dawn & Biswas, 2019).

- **Επαυξημένη Πραγματικότητά:** είναι μια αναδυόμενη τεχνολογία στο χώρο του πολιτισμού. Έχει την ικανότητα να προσθέτει εικονικά αντικείμενα στο πραγματικό περιβάλλον, επιτρέποντας στον χρήστη την άμεση επαφή με τα εκθέματα. Με άλλα λόγια η Επαυξημένη Πραγματικότητα μπορεί να θεωρηθεί μια ενισχυμένη αισθητηριακή

εμπειρία, η οποία χρησιμοποιεί ψηφιακό περιεχόμενο, με σκοπό την επέκταση της γνώσης για όσα μας περιβάλλουν. Συγχρόνως, δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να ανακαλύψει, με εναλλακτικό τρόπο, μνημεία σκανάροντας τον περιβάλλοντα χώρο και προβάλλοντάς τα σαν εικονικά αντικείμενα. Τα οφέλη που προκύπτουν εξυπηρετούν τόσο το κοινό όσο και την επιστημονική κοινότητα. Από τη μία, κατά τη διάρκεια μιας περιήγησης, ο χρήστης μπορεί να λαμβάνει συνεχώς νέες πληροφορίες, καθώς θα έρχεται σε αλληλεπίδραση με το περιβάλλον, με αποτέλεσμα να εγείρεται το ενδιαφέρον του και να επιτυγχάνεται η διαδικασία απόκτησης νέων γνώσεων. Από την άλλη, οι ειδικοί αποκτούν πρόσβαση σε ένα ακόμη χρήσιμο εργαλείο για τη διεξαγωγή έρευνας σχετικά με την πολιτιστική κληρονομιά, μέσω του οποίου επαληθεύουν τις ερμηνείες σχετικά με αρχαιολογικά ευρήματα (Pierdicca, et al., 2015)

- **Εικονική Πραγματικότητα:** ορίζεται ως η αναπαράσταση και ταυτόχρονα η αντίληψη της πραγματικότητας και των φυσικών της χαρακτηριστικών μέσα σε ένα διαδραστικό εικονικό περιβάλλον, κατασκευασμένο από τον υπολογιστή σε πραγματικό χρόνο. Είναι προφανές ότι αυτή η νέα τεχνολογία προσφέρει πολλές ευκαιρίες σε κλάδους, όπως η ιατρική, η αρχιτεκτονική, η πολιτιστική κληρονομιά και άλλες. Είναι μια εμβυθιστική προσομοίωση που χρησιμοποιεί ρεαλιστικές εικόνες, ήχους και αλληλεπιδράσεις, που μιμούνται την πραγματικότητα, όπως και τη φυσική παρουσία του χρήστη μέσα σε ένα τέτοιο περιβάλλον (Kersten et al., 2018). Ως προς τη συνεισφορά της σε θέματα πολιτισμού και σε συνδυασμό με την τρισδιάστατη μοντελοποίηση, συμβάλλει στην τεκμηρίωση και την καταγραφή σημαντικών μνημείων της πολιτιστικής κληρονομιάς, όπως και στην αναπαράσταση αρχαιολογικών δεδομένων που έχουν χαθεί. Ακόμη, προωθεί την εκπαιδευτική διαδικασία, αφού ο χρήστης έχει την ευκαιρία να περιηγηθεί εικονικά μέσα σε αρχιτεκτονικά μνημεία και να αισθανθεί ότι αποτελεί και ο ίδιος μέρος του παρελθόντος, οικοδομώντας την γνώση βιωματικά (Reffat & Nofal, 2013).



Εικόνα 1.1: Ο διεπιστημονικός χαρακτήρας της έρευνας.

## 1.4 Διάρθρωση της εργασίας

Η εργασία επικεντρώνεται στη μελέτη των καινοτόμων εργαλείων και των μεθόδων που προσφέρει η Επιστήμη των υπολογιστών στο έργο του σύγχρονου αρχαιολόγου. Ο τρόπος εργασίας του τόσο στο πεδίο όσο και εκτός αυτού έχει δεχθεί αξιοσημείωτες μεταβολές, καθώς ο χρόνος που απαιτείται για την εξέταση των ανασκαφικών αρχαιολογικών δεδομένων έχει μειωθεί αισθητά. Από την άλλη, η χρήση και η διάδοση των τρισδιάστατων μοντέλων για την τεκμηρίωση της πολιτιστικής και αρχαιολογικής κληρονομιάς αυξάνεται διαρκώς. Η συσχέτιση και η ταξινόμηση ενός συνόλου ετερογενών πληροφοριών σε τρισδιάστατη μορφή μπορεί να βοηθήσει στο χαρακτηρισμό, την περιγραφή ή την καλύτερη ερμηνεία του υπό μελέτη αντικειμένου ή μνημείου (Grilli & Remondino, 2019). Σε αυτό το ερευνητικό πλαίσιο κινήθηκε και η διπλωματική διατριβή, η οποία διαρθρώνεται σε οκτώ κεφάλαια (Εικόνες 1.2-1.3).



Εικόνα 1.2: Διάρθρωση κεφαλαίων 1-4.

Στο παρόν κεφάλαιο αναφέρονται οι λόγοι που οδήγησαν στην επιλογή του συγκεκριμένου θέματος προς μελέτη και ανάπτυξη (υποκεφάλαιο 1.2), η διεπιστημονικότητα που διέπει την εργασία (υποκεφάλαιο 1.3), όπως και η συνολική διάρθρωση της διατριβής. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με τα συμπεράσματα της συνοπτικής παρουσίασης του περιεχομένου των κεφαλαίων (υποκεφάλαιο 1.5).

Στο κεφάλαιο 2 αναλύονται δύο από τις βασικότερες τεχνολογίες που προωθούν την πολιτιστική κληρονομιά και την ανάδειξή της. Πιο συγκεκριμένα, αναλύεται η Εικονική Πραγματικότητα και η εμπύθιση, ως βασικό της χαρακτηριστικό, οι διαφορετικοί ορισμοί και τα γνωρίσματά της (υποκεφάλαιο 2.2). Ακολουθεί εξίσου λεπτομερής αναφορά στη τεχνολογία της Επαυξημένης Πραγματικότητας και στα διαφορετικά είδη της (υποκεφάλαιο 2.3), ενώ το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με τέσσερα αντιπροσωπευτικά παραδείγματα εφαρμογής αυτών των τεχνολογιών στον τομέα του πολιτισμού, των μουσείων και της αρχαιολογίας (υποκεφάλαιο 2.4).

Στο κεφάλαιο 3 εισάγεται η έννοια της Εικονικής Αρχαιολογίας και η πολύτιμη προσφορά της στη μελέτη του αρχαιολογικού υλικού και στην ορθότερη διαχείριση ενός μεγάλου όγκου πληροφοριών σχετικά με ένα μνημείο, το οποίο λαμβάνει πια οπτική μορφή, χάρη στα τρισδιάστατα γραφικά και στη συνεργασία με πλήθος ειδικοτήτων, όπως οι αρχιτέκτονες και οι επιστήμονες των υπολογιστών (υποκεφάλαιο 3.2). Στη συνέχεια, παρατίθενται οι προβλέψεις της Χάρτας του Λονδίνου και των Αρχών της Σεβίλλης, οι οποίες είναι δύο από τις βασικότερες συστάσεις σχετικά με τις πρακτικές και τις μεθόδους που εφαρμόζουν η Ψηφιακή Πολιτιστική Κληρονομιά και η Εικονική Αρχαιολογία, προκειμένου το έργο τους να μην παρεκκλίνει από τους βασικούς στόχους της επιστημονικής κοινότητας και της έρευνας (υποκεφάλαιο 3.3). Τέλος, παράλληλη την προσφορά της Εικονικής Αρχαιολογίας, αναλύονται ορισμένοι προβληματισμοί των ειδικών σχετικά με την αποτελεσματικότητα της σε ζητήματα διατήρησης και προώθησης της πολιτιστικής κληρονομιάς (υποκεφάλαιο 3.4).

Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται με λεπτομέρειες ο τρόπος εργασίας και η προσέγγιση του αρχαιολογικού χώρου που μελετήθηκε. Ειδικότερα, επεξηγούνται τόσο ο ερευνητικός σχεδιασμός, όσο και οι συνθήκες επιτόπιας έρευνας και της φωτογράφισης που πραγματοποιήθηκε, έπειτα από σχετική άδεια της Εφορείας Βυζαντινών Αρχαιοτήτων Λακωνίας (υποκεφάλαιο 4.2). Επιπλέον, δίνεται μια ευρύτερη παρουσίαση του συνόλου του αρχαιολογικού χώρου του Μυστρά, ώστε να γίνει κατανοητή η φυσιογνωμία και τα χαρακτηριστικά του, τα οποία βασίζονται στη βυζαντινή αρχιτεκτονική και ναοδομία (υποκεφάλαιο 4.3). Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την αναλυτική παρουσίαση του παρεκκλησίου του Αγίου Χριστοφόρου, του οποίου το μοντέλο κατασκευάσαμε, των αρχιτεκτονικών του χαρακτηριστικών, της κατάστασης διατήρησής του και των τοιχογραφιών του, μέσα από προσωπικό φωτογραφικό υλικό που τραβήχτηκε κατά τη διάρκεια επισκέψεων στο χώρο (υποκεφάλαιο 4.4).



Εικόνα 1.3: Διάρθρωση κεφαλαίων 5-8.

Στο κεφάλαιο 5 γίνεται η εννοιολογική χαρτογράφηση, η αποδελτίωση και η μοντελοποίηση των βασικών όρων της εργασίας και της ψηφιακής κατασκευής. Αναλύεται η σημασία της εννοιολογικής συσχέτισης, η χρήση του εργαλείου SmartTools για τον σκοπό αυτό, όπως και η χαρτογράφηση των εννοιών που αναπτύχθηκαν σε αυτή τη διπλωματική διατριβή (υποκεφάλαιο 5.2). Ακολουθεί η αποδελτίωση και η ποιοτική στάθμιση των όρων αυτών, με τη συνδρομή του ανοιχτού λογισμικού Taguette, προκειμένου να γίνει αντιληπτή η πορεία της εργασίας και τα ποιοτικά της χαρακτηριστικά (υποκεφάλαιο 5.3). Τέλος, γίνεται η μοντελοποίηση της ψηφιακής αναπαράστασης του Αγίου Χριστοφόρου με την χρήση διαγραμμάτων UML (υποκεφάλαιο 5.4).

Στο κεφάλαιο 6 αναλύεται η δημιουργία της ψηφιακής κατασκευής και περιγράφονται όλα τα στάδια υλοποίησής της. Αρχικά, γίνεται αναφορά στη σημασία της ορθής τεκμηρίωσης ενός τρισδιάστατου μοντέλου, το οποίο πρέπει να δημιουργείται σεβόμενο το αρχικό μνημείο ή αντικείμενο, ώστε ο χαρακτήρας του να παραμένει αναλλοίωτος (υποκεφάλαιο 6.2). Ακολουθεί μια πλήρης περιγραφή της διαδικασίας σχεδιασμού και κατασκευής του 3D μοντέλου του Αγίου Χριστοφόρου στο πρόγραμμα του SketchUp, το οποίο βασίστηκε σε φωτογραφικό υλικό από το ναό (υποκεφάλαιο 6.3), αλλά και η ένταξή του σε περιβάλλον Εικονικής Πραγματικότητας του Unity, δημιουργώντας μια εικονική περιήγηση για το παρεκκλήσι (υποκεφάλαιο 6.4).

Στο κεφάλαιο 7 θίγεται το ζήτημα της αξιολόγησης της ψηφιακής κατασκευής από ομοτίμους. Πιο συγκεκριμένα, αναδεικνύεται η σημασία της συγκεκριμένης μορφής αξιολόγησης και ανατροφοδότησης, η οποία βελτιώνει την ποιότητα του παραγόμενου έργου και παρακινεί τους ομοτίμους για την υλοποίηση αντίστοιχων έργων (υποκεφάλαιο 7.2). Στη συνέχεια παρατίθεται το ερωτηματολόγιο που κλήθηκαν να απαντήσουν οι φοιτητές του ΠΜΣ «Ψηφιακός Πολιτισμός, Έξυπνες Πόλεις, IoT και Προηγμένες Ψηφιακές Τεχνολογίες», αλλά και η στατιστική ανάλυση των απαντήσεων με τη βοήθεια του λογισμικού Statgraphics (υποκεφάλαιο 7.3). Ακολουθεί η ποιοτική ανάλυση των σχολίων και των παρατηρήσεων που έγιναν από τους φοιτητές σε σχέση με την τεχνική υλοποίηση και το περιεχόμενο του τρισδιάστατου μοντέλου και της εικονικής περιήγησης του Αγίου Χριστοφόρου (υποκεφάλαιο 7.4).

Στο κεφάλαιο 8, το οποίο είναι και το τελευταίο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αναφέρονται οι περιορισμοί της έρευνας, τα μελλοντικά έργα και η προστιθέμενη αξία όλου του εγχειρήματος. Ειδικότερα, παρουσιάζονται τα εμπόδια και τα όρια που συναντήσαμε κατά την υλοποίηση της εργασίας και της ψηφιακής κατασκευής του Αγίου Χριστοφόρου (υποκεφάλαιο 8.2). Στη συνέχεια, προτείνονται ορισμένα μελλοντικά έργα, στα οποία μπορεί να ενταχθεί και να αξιοποιηθεί η εικονική αναπαράσταση και το τρισδιάστατο μοντέλο, συμβάλλοντας στην περαιτέρω προώθηση του κάστρου του Μυστρά (υποκεφάλαιο 8.3). Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται, με την προσφορά της συγκεκριμένης μεταπτυχιακής διατριβής στην ανάδειξη του μνημείου του Αγίου Χριστοφόρου και στην προβολή των σύγχρονων ψηφιακών τεχνολογιών, που μπορούν να συμβάλλουν στην προστασία και προβολή του πολιτιστικού αποθέματος ενός τόπου, με έντονο αρχαιολογικό και ιστορικό ενδιαφέρον (υποκεφάλαιο 8.4).

## 1.5 Συμπεράσματα

Στο πρώτο και εισαγωγικό κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας έγινε αναφορά στην προσωπική σύνδεση με το θέμα, εστίασαμε στο διεπιστημονικό πλαίσιο αναφοράς της έρευνας και παρουσιάστηκε συνοπτικά η δομή και η διάρθρωση της διατριβής. Η διαδικασία υλοποίησης του τρισδιάστατου μοντέλου του Αγίου Χριστοφόρου και η ένταξή του σε περιβάλλον Εικονικής Πραγματικότητας, έστω και σε μικρή κλίμακα, αλλά και η εξέταση των κλάδων της Εικονικής Αρχαιολογίας, της Επαυξημένης και της Εικονικής Πραγματικότητας λειτούργησαν καθοριστικά στην εξαγωγή συμπερασμάτων. Μέσω αυτών έγινε αντιληπτό ότι η επιστήμη της Αρχαιολογίας έχει στη διάθεση της ένα ευρύ φάσμα ψηφιακών εργαλείων, τα οποία προέρχονται από άλλους τομείς, όπως η Επιστήμη της Υπολογιστών, και μπορούν να συνδράμουν στην προσπάθεια της τεκμηρίωσης, της μελέτης και της προβολής της πολιτιστικής κληρονομιάς, ξεφεύγοντας από τις παραδοσιακές μεθόδους έρευνας, ωφελώντας τόσο την επιστημονική κοινότητα, όσο και το ευρύτερο κοινό.



## 1.6 Βιβλιογραφία

- Dawn, D., & Biswas, Pr. (2019). Technologies and Methods for 3D Reconstruction in Archaeology, 4th International Symposium SIRS 2018 Bangalore, India, September 19–22, 2018 Revised Selected Papers. Στο S. Thampi, O. Marques, S. Krishnan, K.-Ch. Li, D. Ciunzo, & M. Kolekar (Επιμ.), *Advances in Signal Processing and Intelligent Recognition Systems* (σσ. 443–453). Springer Nature.
- Grilli, E., & Remondino, F. (2019). Classification of 3D Digital Heritage. *Remote Sens*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/rs11070847>
- Kersten, Th., Tschirschwitz, F., Deggim, S., & Lindstaedt, M. (2018). Virtual Reality for Cultural Heritage Monuments – from 3D Data Recording to Immersive Visualisation. Στο M. Ioannides, E. Fink, R. Brumana, P. Patias, A. Doulamis, J. Martins, & M. Wallace (Επιμ.), *Digital Heritage Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection*, 7th International Conference, EuroMed 2018 Nicosia, Cyprus, October 29 – November 3, 2018 Proceedings, Part II (τ. 2). Springer Nature.
- Marín-Buzón, C., Pérez-Romero, A., López-Castro, J.-L., Jerbania, I.-B., & Manzano-Agugliaro, Fr. (2021). Photogrammetry as a New Scientific Tool in Archaeology: Worldwide Research Trends. *Sustainability*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/su13095319>
- Milligan, I. (2022). *The Transformation of Historical Research in the Digital Age*. Cambridge University Press.
- Pierdicca, R., Frontoni, E., Zingaretti, Pr., Malinverni, E.-S., Colosi, Fr., & Orazi, R. (2015). Making Visible the Invisible. Augmented Reality Visualization for 3D Reconstructions of Archaeological Sites. Στο L.-T. De Paolis & A. Mongelli (Επιμ.), *Augmented and Virtual Reality*, Second International Conference, AVR 2015 Lecce, Italy, August 31 – September 3, 2015 Proceedings (σσ. 25–37). Springer International Publishing.
- Rahaman, H. (2018). Digital heritage interpretation: A conceptual framework. *Digital Creativity*, 29(2), 208–234.
- Reffat, R.-M., & Nofal. (2013). Effective Communication with Cultural Heritage Using Virtual Technologies. *XL-5/W2*, 519–524.

## 2. Εικονική και Επαυξημένη Πραγματικότητα σε Χώρους Πολιτισμού

### 2.1 Εισαγωγή

Στο 2ο κεφάλαιο γίνεται αναφορά σε τεχνολογίες Εικονικής και Επαυξημένης Πραγματικότητας σε χώρους πολιτισμού (Virtual & Augmented Reality) και στα χαρακτηριστικά τους, ενώ παρουσιάζονται και παραδείγματα στον τομέα του πολιτισμού σε παγκόσμιο επίπεδο. Στο υποκεφάλαιο 2.2 αναλύεται ο όρος της Εικονικής Πραγματικότητας και της εμπύθισης, που θεωρείται ένα από τα βασικότερα γνωρίσματά της. Στο υποκεφάλαιο 2.3 αναλύεται η Επαυξημένη Πραγματικότητα, γίνεται η σύγκρισή της με την Εικονική και παρουσιάζονται οι μορφές που μπορεί να λάβει σήμερα. Στο υποκεφάλαιο 2.4 αναλύονται τέσσερα αντιπροσωπευτικά παραδείγματα πολιτιστικών ιδρυμάτων, μουσείων και ειδικών που εφάρμοσαν τις συγκεκριμένες τεχνολογίες, μεταβάλλοντας τον τρόπο που προσεγγίζεται σήμερα ο πολιτισμός.

### 2.2 Εικονική Πραγματικότητα

Είναι πλέον γεγονός ότι οι σύγχρονες ψηφιακές τεχνολογίες έχουν κερδίσει έδαφος σε πολλούς τομείς, όπως είναι και αυτός της πολιτιστικής κληρονομιάς, αποτελώντας ένα χρήσιμο εργαλείο στην προσπάθεια ανάδειξης και προβολής της στο κοινό. Στη βιβλιογραφία συναντάμε ένα πλήθος ορισμών σχετικά με την Εικονική Πραγματικότητα, οι οποίοι ξεκινούν ήδη από τη δεκαετία του '80, όπως εκείνος του J. Lanier: «Πρόκειται για ένα περιβάλλον τρισδιάστατο και αλληλεπιδραστικό, που παράγεται από τον υπολογιστή, στο οποίο μπορεί κάποιος να εμπυθιστεί» (Lanier et al., 1989). Το 1991 δίνεται ακόμα ένας ορισμός από τον M. Kruger, σύμφωνα με τον οποίο, «η Εικονική Πραγματικότητα είναι ένας όρος που έχει γίνει πρόσφατα γνωστός, αλλά είναι και από τους πιο διαδεδομένους στον κλάδο των υπολογιστών (Krueger, 1991). Μέσω αυτής ο χρήστης ή οι χρήστες μεταφέρονται σε ένα τεχνητό, συνθετικό, εικονικό περιβάλλον, κατασκευασμένο από τον υπολογιστή». Τα επόμενα χρόνια η έρευνα συνεχίζεται και ο ορισμός δεν παύει να εξελίσσεται. Έτσι, η τεχνολογία της Εικονικής Πραγματικότητας υποστηρίζεται ότι «είναι ένα μέσο που αποτελείται από αλληλεπιδραστικές εξομοιώσεις με υπολογιστή, οι οποίες αντιλαμβάνονται τη θέση και τις κινήσεις του χρήστη, αντικαθιστώντας ή επαυξάνοντας την ανάδραση σε μια ή παραπάνω αισθήσεις, δίνοντας την εντύπωση της εμπύθισης ή της ύπαρξης μέσα στην εξομοίωση» (Sherman & Craig, 2003).

Ένας από τους πιο πρόσφατους και πληρέστερους ορισμούς, ωστόσο, για την Εικονική Πραγματικότητα είναι εκείνος του Mandal (Mandal, 2013): Η Εικονική Πραγματικότητα αφορά μια απορροφητική, διαδραστική εμπειρία μέσω του Η/Υ, στην οποία το άτομο αντιλαμβάνεται ένα συνθετικό, προσομοιωμένο περιβάλλον με την χρήση ειδικού εξοπλισμού διεπαφής ανθρώπου και υπολογιστή. Μέσα σε αυτό το περιβάλλον μπορεί να αλληλεπιδράσει με προσομοιωμένα αντικείμενα, σαν να βρίσκεται στον πραγματικό κόσμο. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα πολλά άτομα να μπορούν να δουν το ένα το άλλο και να αλληλεπιδράσουν στο πλαίσιο αυτού του κοινού συνθετικού περιβάλλοντος. Γενικότερα, ο όρος «Εικονική Πραγματικότητα» χρησιμοποιείται για να περιγράψει ένα εικονικό περιβάλλον κατασκευασμένο από τον υπολογιστή, το οποίο μπορεί να μετακινηθεί και να χειριστεί οποιαδήποτε στιγμή από το χρήστη, ο οποίος ταυτόχρονα παρατηρεί και κινείται μέσα σε αυτό με τον κατάλληλο εξοπλισμό.

Στους παραπάνω ορισμούς γίνεται αναφορά στην έννοια της εμπύθισης, η οποία αποτελεί ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά της Εικονικής Πραγματικότητας. Η εμπύθιση αυτή συνδέεται με την ικανότητα του VR περιβάλλοντος να προσφέρει μια ψευδαίσθηση της πραγματικότητας στις αισθήσεις του χρήστη (Dincelli & Yayla, 2022; Slater et al., 1994) και ειδικότερα σχετίζεται με το βαθμό κατά τον οποίο ο χρήστης απομονώνεται σε αυτό το σύστημα Εικονικής Πραγματικότητας, το οποίο χρησιμοποιεί τις κατάλληλες συσκευές και συστήματα για τον σκοπό αυτό. Προκειμένου να είναι αυτό εφικτό το σύστημα Εικονικής Πραγματικότητας πρέπει να αποκόψει από τα αισθητήρια του χρήστη οποιαδήποτε πληροφορία από τον πραγματικό κόσμο, δίνοντας πλέον έμφαση μόνο στην εικονική (Μουστάκας et al., 2015). Η μεγάλη σημασία ενός τέτοιου περιβάλλοντος τεχνητής πραγματικότητας έγκειται στο γεγονός ότι ο χρήστης χρειάζεται να αλληλεπιδράσει με το σύστημα αυτό, μέσω ενεργειών που μοιάζουν με τις κινήσεις που εκτελεί

στον πραγματικό κόσμο, και όχι μέσω της χρήσης του ποντικιού ή του πληκτρολογίου (Λέπουρας et al., 2015).

Ένα τέτοιο σύστημα εμπύθισης αποτελείται από τρισδιάστατες αναπαραστάσεις του χώρου, πολυαισθητηριακά κανάλια αλληλεπίδρασης, αλλά και από διαισθητική αλληλεπίδραση με φυσικούς χειρισμούς σε αληθινό χρόνο (Mikropoulos & Bellou, 2010). Θα λέγαμε ότι η εμπύθιση αφορά την ικανότητα ενός συστήματος Εικονικής Πραγματικότητας να προσφέρει ερεθίσματα, οπτικά, ηχητικά ή απτικά, και το αίσθημα ότι ο συμμετέχων είναι παρών σε έναν εικονικό κόσμο φτιαγμένο από υπολογιστή (Moser & MacLeod, 1996). Όσο πραγματοποιείται η εμπύθιση, ο χρήστης βρίσκεται πλέον να συμμετέχει σε μια εικονική δραστηριότητα, περιβάλλεται από μια διαφορετική πραγματικότητα και καλείται να προσηλωθεί σε αυτή. Προκειμένου να θεωρηθεί η εμπύθιση πετυχημένη, σημαντικό ρόλο έχουν κάποια τεχνικά στοιχεία, όπως ο βαθμός που αποκόπτεται ο χρήστης από τον πραγματικό κόσμο, το κατά πόσο του επιτρέπεται να κινηθεί ελεύθερα, ο βαθμός αλληλεπίδρασης με τον εικονικό κόσμο, η αποδοτικότητα της τεχνολογίας Εικονικής Πραγματικότητας, ο ήχος κλπ (Αντωνόπουλος & Φωκίδης, 2021). Κατά συνέπεια, όσο πιο έντονη είναι η παρουσία του χρήστη στο VR περιβάλλον, τόσο πιο πιθανό είναι η συμπεριφορά του να είναι παρόμοια με αυτή στο φυσικό κόσμο (Dincelli & Yayla, 2022).

Η εμπύθιση σε ένα περιβάλλον Virtual Reality έχει ορισμένα πλεονεκτήματα για πολλές εφαρμογές, σε σύγκριση με μια οθόνη υψηλής ανάλυσης και την πλοήγηση με ποντίκι. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να αντιληφθεί καλύτερα το περιβάλλον, αλλά και να παρατηρήσει λεπτομέρειες ή και τυχόν αδυναμίες της προσομοίωσης. Όσον αφορά τα μειονεκτήματα, πρόκειται για μια τεχνολογία με υψηλό κόστος, τόσο ως προς τη δημιουργία όσο και ως προς την εκτέλεσή της. Επιπλέον, η Εικονική Πραγματικότητα δεν έχει κατορθώσει μέχρι σήμερα να αναπαραστήσει με αληθοφάνεια τον πραγματικό κόσμο, ενώ πρέπει να επισημανθούν και οι συνέπειες για την υγεία του ανθρώπου από τον υπερβολικό χρόνο εμπύθισης (Αρδαβάνη, 2019). οι οποίες γίνονται αντιληπτές από τον άνθρωπο μέσω των αισθήσεών του. Το είδος και η ποιότητα αυτών των «μηνυμάτων» καθορίζει και το επίπεδο εμπύθισης και το αίσθημα παρουσίας εντός της Εικονικής Πραγματικότητας. Ωστόσο, στην πράξη αυτό είναι δύσκολο να εφαρμοστεί απόλυτα. Σε ένα σύστημα VR, ο υπολογιστής είναι αυτός που δημιουργεί αισθητηριακές εντυπώσεις, Γι' αυτό μπορούμε να διαχωρίσουμε τα VR συστήματα σε κατηγορίες, με βάση το επίπεδο εμπύθισης που μπορούν να προσφέρουν στον χρήστη (Mandal, 2013):

- **Non immersive συστήματα (desktop VR):** σε αυτή την περίπτωση η VR εμπύθιση είναι σε χαμηλό επίπεδο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλές εφαρμογές, δίχως ειδικό εξοπλισμό. Αυτός είναι και ο απλούστερος τύπος εφαρμογών Εικονικής Πραγματικότητας. Στην περίπτωση του desktop VR, ο χρήστης μπορεί να προβάλλει ένα εικονικό περιβάλλον μέσω της οθόνης του υπολογιστή του, να αλληλεπιδρά με αυτό, αλλά να μην εμπυθίζεται σε αυτό. Αυτό το είδος θεωρείται σήμερα ιδιαίτερα δημοφιλές στον τομέα της εκπαίδευσης, καθώς δίνει τη δυνατότητα οπτικοποίησης και αλληλεπίδρασης σε πραγματικό χρόνο μέσα σε έναν εικονικό κόσμο που θυμίζει τον πραγματικό. Ακόμη ένας λόγος που προτιμώνται συχνά είναι το χαμηλός κόστος κατασκευής τους, με την απόδοση τους ωστόσο να είναι περιορισμένη.
- **Semi - immersive συστήματα:** θεωρούνται η εξελιγμένη εκδοχή του desktop VR, καθώς υποστηρίζουν το head tracking, βελτιώνοντας κατά πολύ την αίσθηση της παρουσίας στο εικονικό περιβάλλον. Έχουν ικανοποιητικά γραφικά ανάλυσης και μπορούν να συνδυαστούν μια οποιαδήποτε οθόνη
- **Immersive συστήματα:** πρόκειται για την απόλυτη έκφραση της Εικονικής Πραγματικότητας. Επιτρέπουν στον χρήστη να εμπυθιστεί πλήρως σε ένα υπολογιστικό περιβάλλον, αξιοποιώντας τον κατάλληλο εξοπλισμό (π.χ. μάσκες) για τον σκοπό αυτό (Εικόνα 2.1). Τα συγκεκριμένα συστήματα ενισχύονται πολλές φορές και με τις απαραίτητες ακουστικές, απτικές και αισθητηριακές διεπαφές, ώστε η εικονική εμπειρία να είναι ολοκληρωμένη και ο χρήστης να αποκτήσει πλήρη αίσθηση του χώρου που βρίσκεται και να έχει ρεαλιστικές αλληλεπιδράσεις. Αναμφίβολα, αυτά τα συστήματα παρουσιάζουν μεγαλύτερες απαιτήσεις, τεχνολογικές και οικονομικές, και γι' αυτό γίνεται μια διαρκής προσπάθεια να βελτιωθούν ακόμη περισσότερο.



**Εικόνα 2.1:** Δοκιμή μάσκας Εικονικής Πραγματικότητας στο Μουσείο Ναυτικής Παράδοσης κατά τη διάρκεια επίσκεψης στο πλαίσιο του Μεταπτυχιακού.

Προκειμένου να διατηρηθεί το αίσθημα της εμπύθισης σημαντική θεωρείται η εφαρμογή και ο συνδυασμός τριών τεχνολογιών. Η πρώτη σχετίζεται με τα συστήματα εισόδου ή αισθητήρων, που προσαρμόζονται στο σώμα του χρήστη ή σε αντικείμενα, ώστε να καταγράφουν τις κινήσεις και τον προσανατολισμό τους. Αντίστοιχα, η δεύτερη τεχνολογία αφορά τα συστήματα εξόδου ή απεικόνισης, τα οποία προσφέρουν στα αισθητηριακά κανάλια των χρηστών τα σωστά ερεθίσματα (οπτικά, ακουστικά, απτικά κλπ). Τέλος, εφαρμόζονται ειδικά λογισμικά και εργαλεία, τα οποία συνδέουν τα συστήματα αισθητήρων και τα συστήματα εξόδου για να διαμορφώσουν τις εμπειρίες εκείνες που ο χρήστης βιώνει και στην πραγματικότητα. Παρόλα αυτά, η πλειοψηφία των VR συστημάτων εξακολουθούν να εμφανίζουν αρκετές ελλείψεις και προβλήματα σχετικά με τα ερεθίσματα που προσφέρουν και την πιστότητα της συνολικής εμπειρίας που δίνουν στον χρήστη. Προκείμενο να ξεπεραστούν τα συγκεκριμένα εμπόδια σίγουρα απαιτούνται αρκετά χρόνια έρευνας και τεχνολογικής πρόοδου, ωστόσο η Εικονική Πραγματικότητα μέχρι στιγμής έχει καταφέρει να δώσει τα πρώτα δείγματα ενός νέου τρόπου επικοινωνίας και αλληλεπίδρασης (Λέπουρας et al., 2015).

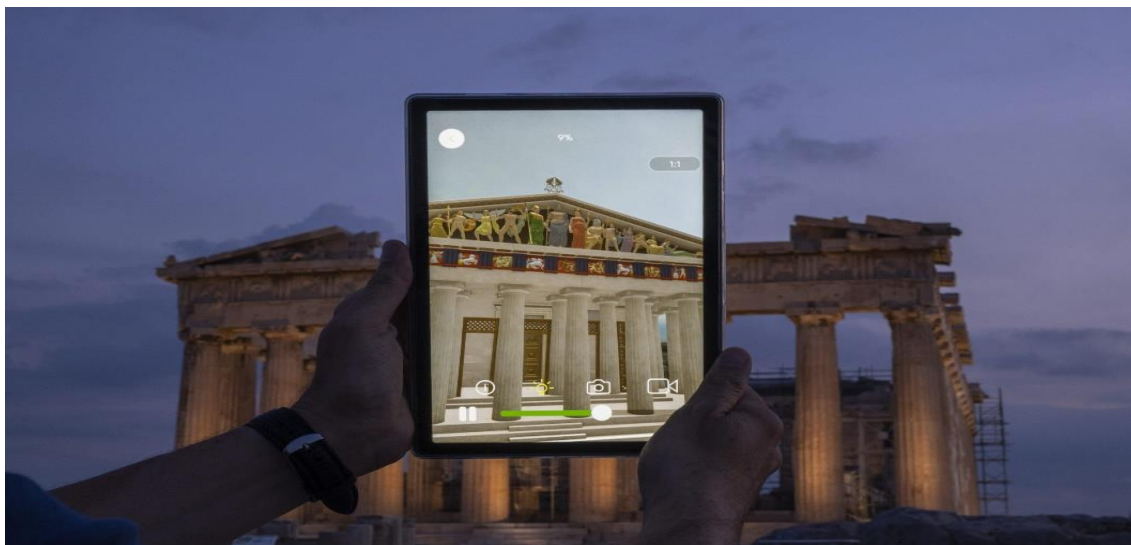
### **2.3 Επαυξημένη Πραγματικότητα**

Η τεχνολογία της Επαυξημένης Πραγματικότητας εμφανίζεται στα τέλη της δεκαετίας του 1960 - αρχές 1970. Ωστόσο, ως όρος καθιερώνεται από τον ερευνητή Tom Caudell, ο οποίος θεωρείται ότι τον εισάγει περίπου το 1990. Η ιδέα βασίζεται στην ανάμιξη (επαυξημένων) εικονικών δεδομένων με ό,τι βλέπουμε στον πραγματικό κόσμο, στοχεύοντας στον εμπλουτισμό της πληροφορίας που μπορεί ο χρήστης να αντιληφθεί με τις αισθήσεις του. Οι εφαρμογές AR σήμερα λειτουργούν είτε με την ύπαρξη κάποιων markers, όπου η κάμερα πρέπει να καταγράψει ένα συγκεκριμένο οπτικό στοιχείο για να δώσει το software τη σωστή πληροφορία, είτε χωρίς marker. Η τελευταία κατηγορία χρησιμοποιεί δεδομένα τοποθεσίας ή αναγνώριση εικόνας με την χρήση

της κάμερας (Johnson et al., 2010). Πώς υλοποιείται, όμως, μια εφαρμογή Επαυξημένης Πραγματικότητας; Αρχικά, σημαντικό είναι να καθοριστεί η κατάσταση τόσο του φυσικού όσο και του εικονικού περιβάλλοντος. Έπειτα, η εικονική πληροφορία μπορεί να εμφανιστεί στον πραγματικό κόσμο, με βάση τη χωρική και χρονική συσχέτιση, με τέτοιο τρόπο που ο χρήστης θα μπορέσει να αντιληφθεί τα εικονικά στοιχεία ως τμήμα της πραγματικότητας. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται για όλη τη διάρκεια της χρήσης μιας εφαρμογής AR (Μουστάκας et al., 2015). Με βάση τα παραπάνω, μπορούμε να χωρίσουμε τις τεχνολογίες που εφαρμόζουν την Επαυξημένη Πραγματικότητα σε τέσσερις γενικές κατηγορίες (Arena et al., 2022):

- **Marker-based AR:** η συγκεκριμένη τεχνολογία χρησιμοποιεί μια κάμερα συνδεδεμένη με έναν device-marker ως οπτικό αντικείμενο του πραγματικού κόσμου. Με αυτόν τον τρόπο, για το marker που χρησιμοποιείται εμφανίζεται ένα μοναδικό και καθορισμένο αποτέλεσμα. Οι εφαρμογές που λειτουργούν με βάση αυτή την τεχνολογία αξιοποιούν διακριτικά είδη markers, όπως QR codes, καθώς μπορούν να αναγνωριστούν εύκολα και δεν απαιτούν κάποια ιδιαίτερη δεξιότητα επεξεργασίας.
- **Non-marker-based AR:** θεωρείται η πιο συχνά επιλεγόμενη τεχνολογία για AR εφαρμογές. Σε αυτή την περίπτωση, αξιοποιούνται εργαλεία, όπως το GPS ή μια ψηφιακή πυξίδα, τα οποία ενσωματώνονται στη συσκευή που χρησιμοποιείται, ώστε να παρέχει δεδομένα με βάση την τοποθεσία.
- **AR based on projections:** Οι εφαρμογές που λειτουργούν με την τεχνική της προβολής, χρησιμοποιούν πραγματικά αντικείμενα, στα οποία λαμβάνεται υπόψη η προβολή τεχνητού φωτός από τον πραγματικό κόσμο. Οι εφαρμογές που βασίζονται σε αυτή την τεχνολογία επιτρέπουν την ανθρώπινη αλληλεπίδραση, στέλνοντας φως σε μια επιφάνεια του πραγματικού κόσμου και μετά «αισθάνονται» την ανθρώπινη επικοινωνία μέσω αυτού του προβαλλόμενου φωτός. Η αλληλεπίδραση με τον χρήστη συμβαίνει όταν υπάρχει μια διαφορά μεταξύ της αναμενόμενης προβολής και της πραγματικής. Ο χρήστης είναι εκείνος που προκαλεί την τελευταία. Σε αυτό το είδος Επαυξημένης Πραγματικότητας, η αδυναμία χρήσης ενός marker δημιουργεί την ανάγκη για καλύτερη υπολογιστική ισχύ, η οποία θα συμβάλει στην επεξεργασία των εικονικών στοιχείων. Κατά συνέπεια, για μια πλήρη εμπειρία Επαυξημένης Πραγματικότητας, είναι προτιμότερη η χρήση συσκευών με μεγαλύτερη ισχύ για την επεξεργασία των στοιχείων αυτών.
- **AR bases on overlaps:** αυτή η τεχνολογία αντικαθιστά, ολοκληρωτικά ή εν μέρει, τη θέαση του πραγματικού κόσμου, υπερθέτοντας ένα αντικείμενο με τη μεγεθυμένη προβολή του ίδιου αντικειμένου. Σε αυτό το επίπεδο του AR, η αναγνώριση του αντικειμένου είναι καθοριστική, καθώς η εφαρμογή δεν θα αντικαταστήσει το πραγματικό με την επαυξημένη εκδοχή του (Εικόνα 2.2).

Για πολλούς ειδικούς η Επαυξημένη Πραγματικότητα δεν αποτελεί ξεχωριστή τεχνική, αλλά μια υποδιαίρεση της Εικονικής Πραγματικότητας. Παρόλα αυτά, και οι δύο έχουν φτάσει σε ένα επίπεδο ανάπτυξης, όπου μπορούν να προσφέρουν ρεαλιστικά, αλληλεπιδραστικά και online 3D αντικείμενα και κόσμους. Οι AR εφαρμογές χαρακτηρίζονται από την αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο, το συνδυασμό εικονικών και αληθινών κόσμων και την χρήση τρισδιάστατων εγγραφών. Με άλλα λόγια, αποτελεί μια μίξη της πραγματικότητας και του εικονικού κόσμου, στην οποία ο εικονικός κόσμος εμπλέκεται, βασιζόμενος στην αισθητηριακή είσοδο που δημιουργείται από τον Η/Υ (Ioannides et al., 2017). Σε αντίθεση με την Εικονική Πραγματικότητα που δημιουργεί προσομοίωση του πραγματικού κόσμου, η Επαυξημένη έρχεται να “εμπλουτίσει” το περιβάλλον, διατηρώντας παράλληλα το αίσθημα της φυσικής παρουσίας στον πραγματικό κόσμο. Αυτή η διαφορά στην σχέση με το περιβάλλον διαμορφώνει και διαφορετικές τεχνικές ανάγκες. Η Εικονική Πραγματικότητα οφείλει να προσαρμόζει virtual εικόνες στις ανθρώπινες κινήσεις, ενώ η Επαυξημένη να αναπαράγει πραγματικές εικόνες, πάνω στις οποίες μπορούν να προστεθούν οι virtual εικόνες (Rujol, 2004).



Εικόνα 2.2: Χρήση Επαυξημένης Πραγματικότητας σε αρχαιολογικούς χώρους. (Gatoroulos & Tsongas, 2023).

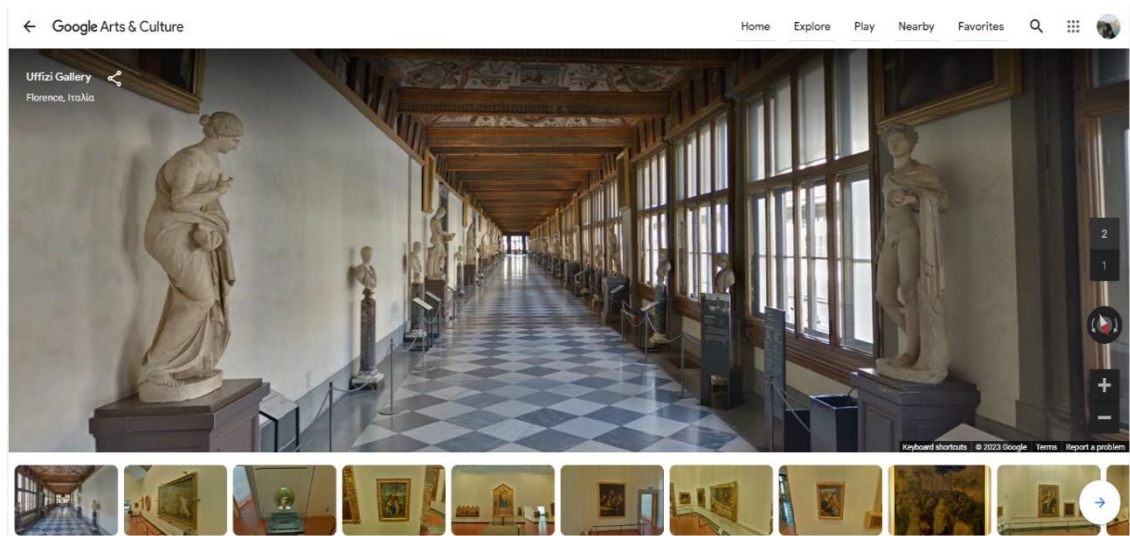
Σύμφωνα με τον Azuma, η Επαυξημένη Πραγματικότητα έρχεται να συμπληρώσει την πραγματικότητα, συνδυάζοντας τα εικονικά και αληθινά αντικείμενα, και όχι να την αντικαταστήσει πλήρως. Επίσης, της αποδίδει ορισμένα βασικά γνωρίσματα: τα συστήματα Επαυξημένης Πραγματικότητας καταφέρνουν να συνδυάσουν το πραγματικό και το εικονικό στοιχείο, επιτυγχάνουν την αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο και αξιοποιούν τα τρισδιάστατα γραφικά. Τι είναι, όμως, αυτό που καθιστά ενδιαφέρουσα και χρήσιμη την Επαυξημένη Πραγματικότητα; Κατορθώνει να ενισχύσει την αντίληψη του χρήστη σχετικά με την αλληλεπίδραση με τον πραγματικό κόσμο, καθώς τα εικονικά αντικείμενα εκθέτουν πληροφορίες που ο χρήστης δεν μπορεί να ανιχνεύσει απευθείας μέσω των αισθήσεών του (Azuma, 1997). Αυτή η «ένωση» του εικονικού και πραγματικού κόσμου, επιτρέπει το συνδυασμό στοιχείων από τον πραγματικό κόσμο, τα οποία έχουν καταγράφονται με την κάμερα, με στοιχεία πολυμέσων, όπως κείμενο, εικόνες, βίντεο ή τρισδιάστατα μοντέλα και animation. Η συγκεκριμένη συνύπαρξη, επίσης, θεωρείται ότι επιτρέπει στον χρήστη να οπτικοποιεί σύνθετες χωρικές σχέσεις και αφηρημένες έννοιες, να αλληλεπιδρά με 2D και 3D συνθετικά αντικείμενα και να αναπτύσσει σημαντικές πρακτικές, που δε θα μπορούσε μέσω της εφαρμογής άλλων τεχνολογιών. Αν λάβουμε υπόψη όλα τα παραπάνω, κατανοούμε τους λόγους που η AR τεχνολογία αξιοποιείται ως βασικό εργαλείο εκμάθησης από πολλούς κλάδους, όπως η επιστήμη, οι τέχνες, η αρχιτεκτονική ή η εκπαίδευση. Ενδεικτικά να αναφέρουμε ότι, σύμφωνα με έρευνες, ο συνδυασμός Επαυξημένης Πραγματικότητας και εκπαίδευσης μπορεί να μετατρέψει τη μάθηση σε μια πιο ενεργή και αποτελεσματική διαδικασία, καθώς ο χρήστης μπορεί να βιώσει μια πιο ρεαλιστική εμπειρία (Cai et al, 2021).

## 2.4 VR και AR εφαρμογές στον πολιτισμό

Η πολιτιστική κληρονομιά σήμερα έρχεται αντιμέτωπη με νέες προκλήσεις, στις οποίες καλείται να προσαρμόσει την αποστολή και τους στόχους της, συνδυάζοντας τις ήδη υπάρχουσες γνώσεις με νέες μορφές εμπειρίας. Σε αυτή την κατεύθυνση, πολλά κέντρα πολιτισμού εκμεταλλεύονται τις σύγχρονες ψηφιακές τεχνολογίες, όπως την Εικονική και Επαυξημένη Πραγματικότητα, οι οποίες τα τελευταία χρόνια έχουν σημαντική θέση σε θέματα προστασίας και ανάδειξης στοιχείων της πολιτιστικής κληρονομιάς, ξεπερνώντας τα φυσικά όρια ενός μουσείου ή μιας έκθεσης, παρέχοντας καινοτόμες εμπειρίες στους επισκέπτες. Αυτή η νέα συνθήκη αναπροσανατολίζει το παραδοσιακό μουσείο και δίνει νέα αξία στην πολιτιστική κληρονομιά και στη διατήρησή της, καθώς δημιουργούνται πολυαισθητηριακές εμπειρίες, που συνδυάζουν τη μάθηση και την ψυχαγωγία (Trunfio et al., 2022). Παρακάτω ακολουθούν ορισμένα παραδείγματα, τα οποία αναδεικνύουν την πρακτική εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών σε σχέση με τον πολιτισμό.

### 2.4.1 Google Arts & Culture

Το [Google Arts & Culture](#) είναι μια online δωρεάν πλατφόρμα που ανέπτυξε η Google με σκοπό την προβολή της πολιτιστικής κληρονομιάς διαφορετικών πολιτισμών, καλλιτεχνικών κινήματων και κοινωνιών του κόσμου. Η τέχνη και ο πολιτισμός λειτουργούν ως αναπόσπαστα μέρη της έκφρασης και της ανάπτυξης του ανθρώπου για αιώνες και πολλές φορές τα έχει αξιοποιήσει ως μέσα έκφρασης και διατήρησης των αξιών, των ιδεών κι των εμπειριών του. Η πλατφόρμα κυκλοφόρησε για πρώτη φορά το 2011 και από τότε έχει κεντρίσει το ενδιαφέρον πολλών χρηστών, οι οποίοι ενδιαφέρονται να εξερευνήσουν τον κόσμο του πολιτισμού. Το έργο αυτό υπάρχει διαθέσιμο τόσο στην ιστοσελίδα της Google Arts & Culture όσο και ως εφαρμογή διαθέσιμη για Android και iOS. Έτσι, δίνεται σε όλους η ευκαιρία να εξερευνήσουν πραγματικές και online συλλογές και εκθέματα περίπου 2.000 μουσείων και γκαλερί.



**Εικόνα 2.3: Στιγμιότυπο οθόνης από την virtual περιήγηση στο Uffizi Gallery της Φλωρεντίας μέσω του Google Arts & Culture.**

Η χρήση αυτής της εφαρμογής προσφέρει πολλές εμπειρίες, όπως η πραγματοποίηση μιας εικονικής περιήγησης σε μουσείο (Εικόνα 2.3). Χάρη στην Επαυξημένη Πραγματικότητα και το Google Earth, ο χρήστης αποκτά πρόσβαση σε πραγματικές τοποθεσίες, μουσεία, ιστορικές τοποθεσίες και μνημεία, τα οποία διαφορετικά δε θα είχε την ευκαιρία να επισκεφθεί εύκολα. Ακόμη, το Google Arts & Culture συνεργάζεται με πλήθος μουσείων, πολιτιστικών ιδρυμάτων και γκαλερί παγκοσμίως, ψηφιοποιώντας και εκθέτοντας τις συλλογές του online. Ο χρήστης μπορεί να πλοηγηθεί ανάμεσα σε χιλιάδες φωτογραφίες υψηλής ανάλυσης από πίνακες ζωγραφικές, γλυπτά, ιστορικά κειμήλια και άλλα έργα, με αρκετούς τρόπους, όπως επιλέγοντας ένα καλλιτέχνη, ένα ιστορικό γεγονός, μια τοποθεσία ή ακόμα και χρώματα. Γενικότερα, η χρήση του Google Art & Culture είναι αρκετά εύκολη και επιτρέπει στον χρήστη να εξερευνήσει ελεύθερα. Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να προσφέρει καλύτερη εμπειρία από ένα πραγματικό μουσείο. Για παράδειγμα, δίνει τη δυνατότητα επίσκεψης σε μουσεία με σκελετούς δεινοσαύρων και με την χρήση των 3D γραφικών της εφαρμογής ο χρήστης μπορεί να μετακινεί το κινητό του τριγύρω και να φέρει το δεινόσαυρο στην ζωή (Edwards, 2022).

Το συγκεκριμένο έργο της Google παρέχει εύκολη πρόσβαση στην τέχνη για όλους, οποιαδήποτε στιγμή, με μια απλή σύνδεση στο Internet. Επιπλέον, ο ψηφιακός επισκέπτης είναι σε θέση να προσαρμόσει τη διάρκεια της επίσκεψής του και να περιηγηθεί για όσο επιθυμεί χωρίς κάποιον περιορισμό. Τα παραπάνω οδηγούν και στην αποκέντρωση των τεχνών και του πολιτισμού, καθώς όλοι οι χρήστες έχουν πρόσβαση, κάτω από τις ίδιες συνθήκες, ενώ έχει αλλάξει ριζικά και ο τρόπος μελέτης των εκθεμάτων, καθώς πλέον μπορεί να γίνει από το σπίτι. Από την άλλη, η πλατφόρμα έχει δεχθεί και αρκετή κριτική, καθώς πάντα ελλοχεύει ο κίνδυνος για την ασφάλεια των πνευματικών δικαιωμάτων (Grau et al., 2019). Ταυτόχρονα, ορισμένα έργα τέχνης και καλλιτέχνες μπορεί να αποκλείονται από αυτή την πλατφόρμα, καθώς η Google σε συνεργασία με το εκάστοτε πολιτιστικό ίδρυμα αποφασίζουν για τις πληροφορίες και τα έργα που θα προβληθούν.

### 2.4.2 Wessex Archaeology - The Bath Abbey VR

Το Wessex Archaeology, ως μέρος του «The Bath Abbey Project», συμμετείχε στην ανασκαφή και κατέγραψε όσα βρέθηκαν. Προκειμένου να γίνει ταχύτερα η ανακαίνιση και να είναι άμεσα διαθέσιμος στο κοινό, ο χώρος ανασκάφηκε σταδιακά και όχι σε όλο του το σύνολο. Εκτός από τις παραδοσιακές μεθόδους καταγραφής, οι αρχαιολόγοι επέλεξαν και την καταγραφή με τρισδιάστατη τεχνολογία, χρησιμοποιώντας τη διαδικασία της φωτογραμμετρίας. Χάρη σε αυτή τη λεπτομερή τεχνική και παρά τις αντιξοότητες, όπως οι συνθήκες εργασίας, ο χαμηλός φωτισμός και η περιορισμένη πρόσβαση, καταγράφηκε το σύνολο της τοποθεσίας σε 3D υψηλή ανάλυση, δημιουργώντας ένα εξαιρετικά λεπτομερές σύνολο δεδομένων (Εικόνα 2.4). Έπειτα τα δεδομένα αυτά επεξεργάστηκαν και εντάχθηκαν σε περιβάλλον Εικονικής Πραγματικότητας. Η προσπάθεια αυτή δίνει την ευκαιρία σε επιστήμονες αλλά και στο ευρύ κοινό, να εξετάσουν εικονικά έναν πραγματικό αρχαιολογικό χώρο. Το Bath Abbey προσφέρει στον εικονικό επισκέπτη πολλά αρχαιολογικά στοιχεία, τα οποία μπορεί να εξερευνήσει και να γνωρίσει, όπως η αρχιτεκτονική και οι ταφές του, σε ένα ατμοσφαιρικό περιβάλλον, αποκτώντας μια ολοκληρωμένη αίσθηση του χώρου που βρίσκεται. Κατά τη διάρκεια της περιήγησης, εμφανίζονται και αναδυόμενα παράθυρα πληροφοριών και εικόνων, τα οποία βοηθούν στην κατανόηση όσων βλέπει ο χρήστης. Το έργο παρουσιάστηκε πρώτη φορά το 2020 στο συνέδριο Digital Past, πετυχαίνοντας μεγάλη αναγνώριση από την επιστημονική κοινότητα (Wessex Archaeology, 2020).



Εικόνα 2.4: Στιγμιότυπο οθόνης από την ιστοσελίδα του project The Bath Abbey VR.

### 2.4.3 National Museum of Finland

Το Εθνικό Μουσείο της Φινλανδίας εγκαινίασε το 2018 μια έκθεση Εικονικής Πραγματικότητας. Ο επισκέπτης έχει την ευκαιρία να “ταξιδέψει” πίσω στο 1863, εξερευνώντας τον πίνακα του R. W. Ekman «The Opening of the Diet 1863 by Alexander II» (Laukkanen, 2018). Η συγκεκριμένη εμπειρία VR επιτρέπει στον επισκέπτη να αισθανθεί ότι βρίσκεται μέσα στον πίνακα και περιπλανιέται στην Αίθουσα με τους Καθρέφτες, αποτελώντας μέρος του (Εικόνα 2.5). Ακόμη, μπορεί να μιλήσει με το Ρώσο Αυτοκράτορα και πολλούς άλλους χαρακτήρες που απεικονίζονται μέσα στο έργο, να «βιώσει» το Diet of Finland, ένα νομοθετικό σώμα που υπήρχε το 1809-1906 ή να επικοινωνήσει με μέλη όλων των κοινωνικών τάξεων. Αυτό το εγχείρημα αποτελεί μέρος μιας έκθεσης, η οποία σχετίζεται με την κοινωνία και την πολιτική κατάσταση της Φινλανδίας τη δεκαετία του 1860, όταν αποτελούσε μέρος της Ρωσικής Αυτοκρατορίας. Η έκθεση αυτή στοχεύει στο συνδυασμό των ιστορικών αντικειμένων με την ψηφιακότητα και τις σύγχρονες τεχνολογίες, ώστε να αποκτήσει ο επισκέπτης την αίσθηση ότι είναι μέρος της ιστορίας (Richardson, 2023).





Εικόνα 2.5: Στιγμιότυπο οθόνης από το video παρουσίασης του έργου στο National Museum of Finland.

#### 2.4.4 Ancient Athens 3D

Το [Ancient Athens 3D](#) είναι μια ιστοσελίδα που παρουσιάζει με τη βοήθεια τρισδιάστατων αναπαραστάσεων και video σημαντικά μνημεία και ιστορικά τοπόσημα της Αθήνας και την εξέλιξή τους από τη Μυκηναϊκή Εποχή έως και την ίδρυση του ελληνικού κράτους (Εικόνα 2.6). Το συγκεκριμένο έργο αποτελεί μια ατομική πρωτοβουλία του digital artist Δ. Τσαλκάνη από το 2008, η οποία εξελίχθηκε σταδιακά σε ένα εγχείρημα προβολής της Ιστορίας και της Αρχαιολογίας με τη βοήθεια των σύγχρονων τεχνολογικών μέσων. Στον ιστότοπο ο χρήστης έχει την ευκαιρία να μελετήσει ιστορικές περιόδους της Αθήνας και να παρακολουθήσει την πολεοδομική εξέλιξη της πόλης ανά τα χρόνια. Χρήσιμα εργαλεία σε αυτή την προσπάθεια είναι οι ιστορικές πηγές, οι γνώσεις αρχαιολογίας, αλλά και η χρήση των κατάλληλων προγραμμάτων, όπως το Unity και το SketchUp, τα οποία έχουν αξιοποιηθεί και για την παρούσα διπλωματική εργασία.



Εικόνα 2.6: Στιγμιότυπο οθόνης από τον ιστότοπο του Ancient Athens 3D.

Οι εικονικές αυτές αναπαραστάσεις χαρακτηρίζονται περισσότερο ως «καλλιτεχνικές», καθώς η πιστή αντιγραφή του πραγματικού δεν είναι πάντα εφικτή, ώστε να προκύψει είναι απόλυτα ρεαλιστικό αποτέλεσμα (Sharp, 2020). Ωστόσο, όλες οι αναπαραστάσεις του Ancient Athens 3D υλοποιούνται βασιζόμενες σε πλήθος αρχαιολογικών δημοσιεύσεων και μελετών, αλλά και στη συνεργασία με καθηγητές αρχαιολογίας, ώστε η κατασκευή που θα προκύψει να είναι επιστημονικά αποδεκτή. Ακόμη και για μνημεία που δε σώζονται και δε διαθέτουμε πολλές πληροφορίες, η αναπαράστασή τους προσπαθεί να ακολουθεί αντίστοιχα τυπολογικά και στυλιστικά παράλληλα, προκειμένου να μην αποκλίνει. Μέσω αυτών των τρισδιάστατων εικονικών

αναπαραστάσεων της Αθήνας μπορούμε να κατανοήσουμε την ανάγκη για συνεργασία μεταξύ της Αρχαιολογίας και των τεχνολογιών των 3D γραφικών και του Virtual Reality, τόσο για την ψηφιακή καταγραφή μνημείων και ανασκαφών όσο και για την ευκολότερη διάδοση της γνώσης στο ευρύτερο κοινό. Σε αυτή την κατεύθυνση και το Ancient Athens 3D, μολονότι είναι ατομικό εγχείρημα, έχει πραγματοποιήσει συνεργασίες με την εκπαιδευτική κοινότητα, με μουσεία, αλλά και με Εφορείες Αρχαιοτήτων και πανεπιστήμια (Αγριμανάκη, 2020).

## 2.5 Συμπεράσματα

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάστηκαν αναλυτικά οι έννοιες και η εξέλιξη της Εικονικής και της Επαυξημένης Πραγματικότητας και δόθηκαν ορισμένα παραδείγματα εφαρμογής τους στο χώρο του πολιτισμού. Πρόκειται για τεχνολογίες, οι οποίες έχουν κάνει αισθητή την παρουσία τους σε αυτόν τον τομέα και αξιοποιούνται από πλήθος πολιτιστικών ιδρυμάτων και οργανισμών, δίνοντας νέο νόημα στην πολιτιστική εμπειρία, η οποία πλέον δεν είναι απλώς διδακτική, αλλά συνδυάζεται με την ψυχαγωγία, την κοινωνικοποίηση και τη χαλάρωση του επισκέπτη. Συνεπώς, τα κέντρα πολιτισμού, εξαιτίας αυτών των μεταβολών, κρίνεται απαραίτητο να υιοθετήσουν μια νέα στρατηγική που θα προάγει το έργο τους με νέες σύγχρονες, ψηφιακές μεθόδους, προσφέροντας στο κοινό νέα πολιτιστικά προϊόντα και υπηρεσίες, τα οποία θα ανταποκρίνονται και στις ανάγκες της εποχής (Trunfio et al., 2022).

## 2.6 Βιβλιογραφία

- Αγριμανάκη, Κ. (2020). *Τρισδιάστατη ξενάγηση στην Αρχαία Αθήνα από τον digital artist Δημήτρη Τσαλκάνη*. Lifo. <https://www.lifo.gr/now/tech-science/trisdiastati-xenagisi-stin-arhaia-athina-aro-ton-digital-artist-dimitri-tsalkani>
- Αντωνόπουλος Π. & Φωκίδης Εμ. (2021). *Λογισμικό πλήρους εμβυθισμένης Εικονικής Πραγματικότητας για τη μουσειακή εκπαίδευση στην αρχαία ελληνική τεχνολογία*. 618–627.
- Αρδαβάνη Ο. (2019). *Ο ρόλος του φωτισμού στη δημιουργία εμπειριών εμβύθισης στα περιβάλλοντα εικονικής πραγματικότητας*. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Λέπουρας Γ., Αντωνίου Α., Πλάτης Ν., & Χαρίτος Δ. (2015). *Ανάπτυξη Συστημάτων Εικονικής Πραγματικότητας*. Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις.
- Μουστάκας Κ., Παλιόκας Ι., Τσακίρης Α., & Τζοβάρας Δ. (2015). *Γραφικά και Εικονική Πραγματικότητα*. Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις.
- Arena F., Collotta M., Pau G., & Termine Fr. (2022). An Overview of Augmented Reality. *Computers* 2022, 11(2).
- Azuma R. (1997). A Survey of Augmented Reality. *In Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355–385.
- Cai Y., Van Joolingen W., & Veermans K. (Επιμ.). (2021). *Virtual and Augmented Reality, Simulation and Serious Games for Education*. Springer International Publishing.
- Dincelli E. & Yayla Al. (2022). Immersive virtual reality in the age of the Metaverse: A hybrid—Narrative review based on the technology affordance perspective. *Journal of Strategic Information Systems*, 31(2).
- Edwards, L. (2022). *What is Google Arts & Culture and How Can It Be Used for Teaching? Tips and Tricks*. Tech&Learning. <https://www.techlearning.com/how-to/what-is-google-arts-and-culture-and-how-can-it-be-used-for-teaching-tips-and-tricks>
- Gatopoulos, D., & Tsongas, Th. (2023). *An app shows how ancient Greek sites looked thousands of years ago. It's a glimpse of future tech*. e-kathimerini.
- Grau O., Hoth J., & Wandl-Vogt E. (Επιμ.). (2019). *Digital Art through the Looking Glass: New strategies for archiving, collecting and preserving in Digital Humanities*.
- Ioannides M., Magnenat-Thalmann N., & Papagiannakis G. (Επιμ.). (2017). *Mixed Reality and Gamification for Cultural Heritage* (2ο έκδ.). Springer International Publishing.
- Johnson L., Levine A., & Smith R. (Επιμ.). (2010). *The horizon report—2010 edition*. The New Media Consortium.

- Krueger M. (1991). *Artificial Reality II*. Addison-Wesley Professional.
- Lanier J., Minsky M., Fisher Sc., & Druin A. (1989). *Virtual Environments and Interactivity: Windows to the Future*. 16th Annual ACM Conf on Computer Graphics and Interactive Techniques, Boston Massachusetts USA.
- Laukkanen, L. (Διευθυντής). (2018). *The National Museum of Finland*. Zoan. <https://www.youtube.com/watch?v=iT6VoWuZwZg>
- Mandal Sh. (2013). Brief Introduction of Virtual Reality & its Challenges. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 4.
- Mikropoulos T. & Bellou J. (2010). The Unique Features of Educational Virtual Environments. Στο *Teaching and Learning with Technology Beyond Constructivism* (σσ. 269–278). Routledge.
- Moser M.-A. & MacLeod D. (1996). *Immersed in technology: Art and virtual environments*.
- Pujol L. (2004). Archaeology, museums and virtual reality. *Digithum*, 6, 1–9.
- Richardson, J. (2023). *Virtual Reality is a big trend in museums, but what are the best examples of museums using VR?* Museum Next. <https://www.museumnext.com/article/how-museums-are-using-virtual-reality/>
- Sharp, S.-R. (2020). *Explore Ancient Athens Online Through 3D Models, Created by One Animator Over 12 Years*. Hyperallergic. <https://hyperallergic.com/542093/ancient-athens-3d/>
- Sherman W. & Craig A. (2003). *Understanding Virtual Reality—Interface, application, reality*. Morgan Kaufmann Publishers.
- Slater M., Usoh M., & Steed A. (1994). Depth of presence in virtual environments. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 3(2), 130–144.
- Trunfio M., Della Lucia M., Campana S., & Magnelli A. (2022). Innovating the cultural heritage museum service model through virtual reality and augmented reality: The effects on the overall visitor experience and satisfaction. *Journal of Heritage Tourism*, 17(1), 1–19.
- Wessex Archaeology. (2020). *Virtual Reality experience an excavation below Bath Abbey*. <https://www.wessexarch.co.uk/our-work/virtual-reality-experience-excavation-below-bath-abbey#main-content>

### 3. Εικονική Αρχαιολογία και Πολιτιστική Κληρονομιά

#### 3.1 Εισαγωγή

Στο 3ο κεφάλαιο γίνεται αναλυτική αναφορά στην Εικονική Αρχαιολογία και στους τρόπους με τους οποίους έχει επηρεάσει την έρευνα. Πιο συγκεκριμένα στο υποκεφάλαιο 3.2 δίνεται ο ορισμός του όρου «Εικονική Αρχαιολογία» και η συνεισφορά της στην οπτικοποίηση των αρχαιολογικών δεδομένων, με σκοπό τη διατήρηση, τη μελέτη και την προβολή της πολιτιστικής κληρονομιάς στην επιστημονική κοινότητα και στο ευρύτερο κοινό. Στο υποκεφάλαιο 3.3 παρουσιάζονται δύο από τα βασικότερα καταστατικά που είναι σήμερα σε ισχύ σχετικά με τις πρακτικές της Εικονικής Αρχαιολογίας και της Ψηφιακής Πολιτιστικής Κληρονομιάς γενικότερα, η Χάρτα του Λονδίνου και οι Αρχές της Σεβίλλης. Τέλος, στο υποκεφάλαιο 3.4 αναλύονται οι βασικότεροι προβληματισμοί και οι ενστάσεις των ειδικών σχετικά με την εφαρμογή της Εικονικής Αρχαιολογίας και τα προβλήματα που μπορεί να προκύψουν κατά τη διάρκεια δημιουργία μιας τρισδιάστατης αρχαιολογικής αναπαράστασης.

#### 3.2 Η Εικονική Αρχαιολογία και η προσφορά της

Η τρισδιάστατη μοντελοποίηση (3D modeling) και η Εικονική Πραγματικότητα (Virtual Reality) έχουν καταφέρει να εμπλακούν στον κλάδο της Αρχαιολογίας από τα τέλη της δεκαετίας του '80 – αρχές της δεκαετίας του '90, δημιουργώντας σταδιακά ανεπτυγμένα μοντέλα και εικονικές κατασκευές αρχαιολογικών χώρων, μνημείων και αντικειμένων, τα οποία δημοσιεύονταν στο ευρύτερο κοινό (Hermon, 2008). Η ιδέα του «εικονικού» υποδηλώνει ότι το ψηφιακό μοντέλο, σε πολλές περιπτώσεις, ανακατασκευάζει κάτι που πλέον δεν υπάρχει, αλλά υπήρχε στο παρελθόν. Με τη συνδρομή της τεχνολογίας, οι αρχαίοι πολιτισμοί και τα δημιουργήματά τους αναβιώνουν μέσω των ψηφιακών εικόνων. Η Εικονική Αρχαιολογία, επίσης, περιλαμβάνει και την εφαρμογή της Εικονικής Πραγματικότητας, όπου δεν υφίσταται μια απλή αναπαράσταση ενός τρισδιάστατου μοντέλου, αλλά μια διαδραστική οπτικοποιημένη ανακατασκευή (Kourtzellis et al., 2008). Η συνθήκη αυτή σύντομα «γέννησε» τον όρο Εικονική Αρχαιολογία (Virtual Archaeology), ο οποίος εισάγεται το 1990 από τον P. Reilly: Η Εικονική Αρχαιολογία βασίζεται στο εικονικό στοιχείο, ένα μοντέλο ή αντίγραφο, στην αντίληψη ότι κάτι μπορεί να λειτουργήσει ως υποκατάστατο στο πραγματικό (Reilly, 1990). Ειδικότερα, σχετίζεται με τα τρισδιάστατα γραφικά που κατασκευάζονται από τον υπολογιστή και έχουν αρχαιολογικό ενδιαφέρον. Οι συγκεκριμένες εικονικές αρχαιολογικές κατασκευές, αναφέρονται στην χρήση 2D και 3D μοντέλων μνημείων, ανασκαφών, τοπίων κλπ, τα οποία δημιουργούνται μέσω προγραμμάτων γραφικών, όπως το 3D Studio Max και το SketchUp (Sylaiou & Patias, 2004).

Η οπτικοποίηση θεωρείται κάτι περισσότερο από μια απλή επεξεργασία εικόνων ή ένα μοντέλο. Είναι μια διαδικασία κατά την οποία, ένας μεγάλος όγκος σύνθετων δεδομένων προβάλλεται στην οθόνη και συμβάλλει στην αποκάλυψη διαφορετικών οπτικών. Ταυτόχρονα, είναι ένας τρόπος προσέγγισης και προβολής όλων αυτών των πληροφοριών στο κοινό. Για τους λόγους αυτούς, η οπτικοποίηση με τη συνδρομή του Η/Υ μπορεί να συμβάλλει καθοριστικά στην προώθηση της αρχαιολογικής έρευνας. Εξάλλου, η επιστήμη της Αρχαιολογίας στηρίζεται αρκετά στο στοιχείο της οπτικοποίησης και έχει στη διάθεσή της έναν αρκετά μεγάλο όγκο δεδομένων, ο οποίος μπορεί να αποδειχθεί αρκετά πολύπλοκος στη δημιουργία συσχετισμών με παραδοσιακές μεθόδους έρευνας (Miller & Richards, 1995).

Αναμφίβολα, σήμερα η τρισδιάστατη τεχνολογία έχει συμβάλλει καθοριστικά στην προβολή και την ερμηνεία της πραγματικότητας, είτε στο παρόν είτε στο παρελθόν, με αποτέλεσμα να έχει μετατραπεί σε έναν χρήσιμο σύμμαχο της Αρχαιολογίας και της πολιτιστικής κληρονομιάς. Ο αρχαιολόγος είναι αυτός που εξετάζει τα κατάλοιπα του παρελθόντος και των πολιτισμών, προκειμένου να διαμορφώσει μια παρουσίαση της σημερινής τους κατάστασης, αλλά και πώς ήταν κάποτε. Συχνά, ωστόσο, τα ευρήματα δεν έχουν καταφέρει να διασωθούν φυσικά και καθοριστικός είναι πλέον ο ρόλος της τεκμηρίωσης και της συλλογής δεδομένων. Διάφορες τεχνικές τοπογραφίας, όπως η σάρωση με λέιζερ, όπως και οι φωτογραφίες και τα σχέδια, χρησιμοποιούνται για τη λεπτομερή καταγραφή ανασκαφών ή μνημείων, δίνοντας επαρκή δεδομένα για την τρισδιάστατη ανακατασκευή τους μέσω των κατάλληλων προγραμμάτων. Στις

τρισδιάστατες αναπαραστάσεις ο ερευνητής χρησιμοποιεί 3D software και προγράμματα μοντελοποίησης, τα οποία του επιτρέπουν να δημιουργεί απλά μοντέλα και επιφάνειες, που μπορούν να ελεγχθούν και να προσαρμοστούν με την χρήση των κατάλληλων εργαλείων, καταλήγοντας σε πιο περίπλοκες κατασκευές. Τα τρισδιάστατα μοντέλα που προκύπτουν από αυτή τη διαδικασία, υποστηρίζουν τη διατήρηση, την ανακατασκευή, την καταγραφή, τη μελέτη και την προβολή της πολιτιστικής κληρονομιάς (Münster et al., 2016).

Μια τρισδιάστατη ψηφιακή κατασκευή δεν είναι απλώς μια όμορφη εικόνα, αλλά αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο οπτικοποίησης, το οποίο συνεισφέρει ουσιαστικά στην αρχαιολογική έρευνα. Τα εικονικά μοντέλα διευκολύνουν την παρατήρηση διαφόρων οπτικών, τη διατύπωση υποθέσεων και την επαλήθευση αυτών σχετικά με τα δεδομένα που έχει συλλέξει ο αρχαιολόγος, κάτι που σε διαφορετική περίπτωση δε θα ήταν δυνατό. Παράλληλα, αποδεικνύονται χρήσιμα και κατά τη διάρκεια της ανασκαφικής διαδικασίας και της έρευνας στο πεδίο, ειδικά αν αναλογιστούμε ότι η ανασκαφή είναι μια καταστροφική μέθοδος και δεν επιτρέπει στον αρχαιολόγο να έχει μια συνολική εικόνα και να εξετάσει συγκεντρωτικά τα δεδομένα που συνέλεξε. Με αυτό τον τρόπο, δίνεται η δυνατότητα ερμηνείας των αρχαιολογικών δεδομένων, βοηθώντας τους επιστήμονες να κατανοήσουν ζητήματα σχετικά με την ίδια την κατασκευή και το χώρο γύρω της, ώστε να δώσουν και τις αντίστοιχες απαντήσεις σχετικά με την οργάνωση της περιοχής, την χρονολογική εξέλιξη ενός μνημείου ή τις αλλαγές και τις παρεμβάσεις που μπορεί να έχει δεχθεί (Pfarr-Harfst, 2016; Sylaiou & Patias, 2004). Οι ερευνητές ανασυνθέτουν και εξετάζουν τα δεδομένα του πεδίου που τους διέφυγαν ή επανεξετάζουν τα ήδη γνωστά, παρατηρώντας νέες λεπτομέρειες και καταλήγοντας σε νέα συμπεράσματα, γεγονός που ενισχύει τον επιστημονικό διάλογο, τη συζήτηση μεταξύ των μελετητών, αλλά και την ενημέρωση του ευρύτερου κοινού σχετικά με τους πολιτισμούς του παρελθόντος (Forte & Campana, 2016).

Γενικότερα, η μελέτη του αρχαιολογικού υλικού με τη βοήθεια των τρισδιάστατων γραφικών επιτρέπει μια βελτιωμένη παρουσίαση και μελέτη των αρχαιολογικών δεδομένων (χρονολογικά στάδια, καταστροφές ενός μνημείου, προσθήκες κλπ) και τη συνεχή βελτίωση και προσθήκη όλων των νέων πληροφοριών, που προκύπτουν από την έρευνα (Münster et al., 2016). Οι τρισδιάστατες οπτικοποιήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για ελέγξουν πιθανές θεωρίες, δημιουργώντας διαφορετικές εκδοχές και παρατηρώντας τις αλλαγές που συμβαίνουν στη σύνδεση των δεδομένων. Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι κατασκευές λειτουργούν ως προσομοιώσεις ή επιστημονικά «πειράματα», που διεξάγονται σε ψηφιακό περιβάλλον, μιμούμενες την πραγματικότητα (Barratt, 2021).

Το μοντέλο συνεχίζει να αναπτύσσεται όσο τα κενά των πληροφοριών συμπληρώνονται με νέα δεδομένα, ενώ οι αρχαιολόγοι εξοικειώνονται με τα χαρακτηριστικά, τις ιδιαιτερότητες και τις ελλείψεις δεδομένων σχετικά με αυτό. Όσο διαρκεί η μοντελοποίηση, οι αρχαιολόγοι έρχονται αντιμέτωποι με αρκετά αρχιτεκτονικά και τεχνικά ερωτήματα που αφορούν τη δημιουργία μιας αρχαίας κατασκευής. Η προσπάθεια να απαντηθούν τα συγκεκριμένα ερωτήματα, μπορεί να οδηγήσει και σε καλύτερη κατανόηση της μορφής του μνημείου, της λειτουργίας του ή και της θέσης του στο χώρο (Kourtzellis et al., 2008). Επιπλέον, οι 3D αρχαιολογικές κατασκευές, εκτός από θέματα που αφορούν την έρευνα, έχουν δώσει λύσεις και σε ένα ακόμα ζήτημα, αυτό της αποθήκευσης του μεγάλου όγκου δεδομένων, τα οποία πλέον λαμβάνουν οπτική μορφή και συγκεντρώνονται σε ένα μοντέλο (Pujol, 2004).

Το κοινό έχει την ευκαιρία να αξιολογήσει εμπειρικά τα έργα της Εικονικής Αρχαιολογίας, μέσω μιας φιλικής προς το χρήστη παρουσίασης, η οποία δίνει άμεση πρόσβαση στις πληροφορίες του μνημείου που αναπαρίσταται. Οι κατασκευές αυτές εξετάζεται αν είναι αποτελεσματικές ως προς την χρηστικότητα, την προσωπική εμπλοκή, την εμπύθιση, αλλά και την διδακτική τους αξία. Ειδικότερα, είναι σημαντικό να επιτυγχάνονται ορισμένοι στόχοι, όπως η αποτελεσματικότητα χρήσης της κατασκευής στο πλαίσιο μιας εφαρμογής ή μιας περιήγησης Εικονικής Πραγματικότητας, αλλά και το επίπεδο στο οποίο ο χρήστης μπορεί να αλληλεπιδράσει μαζί της, να αποκτήσει τον έλεγχο της περιήγησης και να εμπυθιστεί σε μια εμπειρία της Εικονικής Αρχαιολογίας, δίνοντας στο τέλος τη δική του ανατροφοδότηση. Εκτός από τα παραπάνω, βασικό είναι να αισθάνεται ο εκάστοτε χρήστης ότι βιώνει μια εμπειρία του παρελθόντος και ότι είναι «παρών» μέσα σε αυτή. Ως εκ τούτου, καταφέρνει να οικοδομήσει την γνώση με έναν τρόπο που ξεφεύγει από τις παραδοσιακές μεθόδους, καθώς ενεργοποιείται και την καλλιέργει μόνος του,

ξεφεύγει από την παθητικότητα, ερμηνεύει και διαμορφώνει τα δικά του συμπεράσματα και ερμηνείες σχετικά με στοιχεία της πολιτιστικής κληρονομιάς (Barratt, 2021). Τέλος, τα μοντέλα της Εικονικής Αρχαιολογίας επιλύουν και ζητήματα προσβασιμότητας, αφού χάρη σε αυτά, εξασφαλίζεται ισότιμη και εξ αποστάσεως πρόσβαση σε χώρους πολιτιστικού και αρχαιολογικού ενδιαφέροντος, χάρη σε αλληλεπιδραστικές εφαρμογές πολυμέσων (Koutsabasis, 2021).

### 3.3 Συστάσεις για την Ψηφιακή Πολιτιστική Κληρονομιά και την Εικονική Αρχαιολογία

Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν αρχίσει να υιοθετούνται μια σειρά από καταστατικά, πρωτόκολλα και αρχές που πρέπει να εφαρμόζονται από τους δημιουργούς της ψηφιακής πολιτιστικής κληρονομιάς και της Εικονικής Αρχαιολογίας, προκειμένου το έργο τους να σέβεται το χαρακτήρα του εκάστοτε μνημείου ή αντικειμένου και να ανταποκρίνεται στις ανάγκες προστασίας και διαχείρισης του παγκόσμιου πολιτιστικού αποθέματος.

#### 3.3.1 Η Χάρτα του Λονδίνου (The London Charter)

Ο καταστατικός χάρτης του Λονδίνου (London Charter) θεσπίζεται για πρώτη φορά το 2009, με επίσημη έγκριση από πλήθος διεθνών και εθνικών φορέων. Σχετίζεται με την οπτικοποίηση της πολιτιστικής κληρονομιάς μέσω του Η/Υ και καθιερώθηκε, ώστε να προβλέπει τις προδιαγραφές και την επιστημονική ορθότητα που πρέπει να διαθέτει μια τρισδιάστατη οπτικοποίηση ενός στοιχείου της πολιτιστικής κληρονομιάς, όπως κάθε άλλη ερευνητική μέθοδος (Hermon et al., 2007).

Η πρωτοβουλία ξεκίνησε, όταν τέθηκε στην επιστημονική κοινότητα το ζήτημα της διαφάνειας των εφαρμογών τρισδιάστατης απεικόνισης της πολιτιστικής κληρονομιάς, καθώς η επιστημονική διαφάνεια είναι βασική προϋπόθεση για την χρήση αυτών των εφαρμογών ως επιστημονικών εργαλείων και μεθόδων. Ο κύριος στόχος, ωστόσο, της Χάρτας του Λονδίνου είναι να ανατρέψει την αρχή της αυθεντίας στη δημιουργία εικονικών μοντέλων, σύμφωνα με την οποία, ανάλογα με το δημιουργό ενός μοντέλου, αυτό χαρακτηρίζεται από περισσότερη ή λιγότερη επιστημονική ορθότητα. Η αρχή της αυθεντίας έχει δώσει τη θέση της στην επιστημονική μέθοδο, σύμφωνα με την οποία όλα τα εικονικά μοντέλα πρέπει να διαθέτουν ένα σύνολο συγκεκριμένων δεδομένων και πληροφοριών που διευκολύνουν την αξιολόγηση της εγκυρότητάς τους από τους ειδικούς. Αυτό συνέβη, καθώς πολλές 3D αναπαραστάσεις του παρελθόντος είχαν καταφέρει να παραπληροφορήσουν το κοινό και να το οδηγήσουν σε λάθος συμπεράσματα (Denard, 2013).

Όλες οι αρχές της Χάρτας του Λονδίνου στοχεύουν στη βελτίωση του επιπέδου της επιστημονικής διαφάνειας των τρισδιάστατων οπτικοποιήσεων της πολιτιστικής κληρονομιάς, διότι η ποιοτική βελτίωσή τους είναι ένα βασικό βήμα, ώστε να λάβουν μεγαλύτερη ακαδημαϊκή αναγνώριση, που θα ωθήσει την εμπλοκή τους στην έρευνα. Βασίζεται, λοιπόν, στις εξής αρχές (Lopez-Menchero Bendicho et al., 2017):

1. **Εφαρμογή:** οι αρχές της Χάρτας του Λονδίνου είναι έγκυρες για οποιαδήποτε υπολογιστική απεικόνιση εφαρμόζεται στην έρευνα ή στην προβολή της πολιτιστικής κληρονομιάς. Ακόμη, ορίζεται η μεθοδολογία που πρέπει να ακολουθεί μια τέτοια ψηφιακή κατασκευή πολιτιστικής κληρονομιάς. Γι αυτό, και όλοι οι εμπλεκόμενοι με μια τρισδιάστατη πολιτιστική απεικόνιση θα πρέπει να έχουν υπόψη τη σημασία της ανάπτυξης με πρακτικό και αποτελεσματικό τρόπο, των αρχών που προβλέπονται από τη Χάρτα. Τέλος, το κόστος ενός τέτοιου έργου πρέπει να ληφθεί υπόψη σε σχέση με την επιστημονική, διανοητική και οικονομική αξία παραγωγής του.
2. **Στόχοι και Εφαρμογές:** μια τρισδιάστατη μέθοδος απεικόνισης θα πρέπει να εφαρμόζεται όταν είναι η πιο κατάλληλη μέθοδος για τον σκοπό αυτό. Με άλλα λόγια, η 3D κατασκευή δεν πρέπει να θεωρείται πάντα ο καλύτερος τρόπος προβολής της πολιτιστικής κληρονομιάς, καθώς άλλες μέθοδοι μπορεί να αποδειχθούν πιο αποτελεσματικές, τόσο οικονομικά όσο και ποιοτικά. Για το λόγο αυτό, προτείνεται η ύπαρξη μιας συστηματικής αξιολόγησης για την καταλληλότητα κάθε μεθόδου για κάποιον σκοπό. Δεν υπάρχει νόημα στην ανάπτυξη μιας περίπλοκης και δαπανηρής τρισδιάστατης αναπαραστάσης, αν ο τελικός χρήστης δυσκολεύεται να τη χειριστεί σε σύγκριση με μια απλή φωτογραφία. Ωστόσο, στην περίπτωση χρήσης των τρισδιάστατων γραφικών στον πολιτισμό, το πρώτο βήμα είναι να τεθούν

- ξεκάθαρα οι στόχοι που πρέπει να επιτευχθούν. Τότε ο δημιουργός θα μπορεί να επιλέξει ποια μεθοδολογία θα αναπτύξει για να πετύχει το στόχο που έχει θέσει.
3. Πηγές έρευνας: προκειμένου να διασφαλιστεί η ακεραιότητα των μεθόδων και των αποτελεσμάτων της οπτικοποίησης, οι σχετικές ερευνητικές πηγές (ψηφιακές ή μη) πρέπει να προσδιορίζονται και να αξιολογούνται. Τέτοιες πηγές θεωρούνται τόσο τα επιστημονικά άρθρα και βιβλία ή αρχαιολογικά και ιστορικά δεδομένα όσο και άλλα τρισδιάστατα μοντέλα που λειτουργούν ως παραδείγματα. Ωστόσο, κάθε πηγή που χρησιμοποιείται είναι απαραίτητο να επιλέγεται, να αναλύεται και να αξιολογείται με βάση τις πρακτικές του χώρου από τον οποίο προέρχονται (π.χ. αρχαία ιστορία). Τέλος, η τελική κατασκευή είναι σημαντικό να μην είναι επηρεασμένη από ιδεολογικά, κοινωνικά και άλλα ζητήματα που προέρχονται από τις πηγές που αξιοποιήθηκαν. Το τελικό έργο πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο αντικειμενικό και να διατηρηθεί έτσι, ώστε να εξυπηρετήσει τον σκοπό για τον οποίο δημιουργήθηκε.
  4. Τεκμηρίωση: για την καλύτερη κατανόηση και αξιολόγηση των μεθόδων και των αποτελεσμάτων της τρισδιάστατης οπτικοποίησης απαιτούνται τεκμηριωμένες και επαρκείς πληροφορίες σχετικά με τους στόχους που εξυπηρετούν και το πλαίσιο με βάση το οποίο δημιουργήθηκαν. Οι στρατηγικές τεκμηρίωσης πρέπει να σχεδιάζονται έτσι, ώστε να επιτρέπουν την αυστηρή, συγκριτική ανάλυση και αξιολόγηση των 3D απεικονίσεων, αλλά και να διευκολύνουν την αναγνώριση των θεμάτων που αποκαλύπτουν οι κατασκευές αυτές. Με αυτόν τον τρόπο, μπορούν να αξιολογηθούν αντικειμενικά και τα τρισδιάστατα μοντέλα της πολιτιστικής κληρονομιάς. Δυστυχώς, μέχρι σήμερα κάτι τέτοιο δεν έχει γίνει εφικτό και, ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο να συνεχιστεί η προσπάθεια σχεδιασμού τέτοιων συστημάτων τεκμηρίωσης.  
Επιπλέον, οι συγκεκριμένες στρατηγικές μπορούν να βοηθήσουν και σε ζητήματα πνευματικών δικαιωμάτων και στην επίλυση των νομικών κενών που προκύπτουν. Όσον αφορά τους χρήστες, πρέπει να γνωρίζουν ξεκάθαρα τι αναπαριστά η εκάστοτε κατασκευή (π.χ. ανακατασκευή μνημείου, υποθετική αναπαράσταση κλπ), προκειμένου να καταφέρουν να καταλήξουν στα δικά τους συμπεράσματα και ερμηνείες.  
Για λόγους επιστημονικής διαφάνειας και για ενημέρωση της επιστημονικής κοινότητας, πρέπει να είναι διαθέσιμες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν και η προέλευσή τους. Ακόμη και το σκεπτικό επιλογής μιας μεθόδου οπτικοποίησης ή η απόρριψη μιας άλλης θα πρέπει να τεκμηριώνεται και να διαδίδεται, ώστε να αξιολογηθεί ο τρόπος εργασίας και οι επόμενες ενέργειες σχετικά με το έργο. Ειδικότερα, όταν οι μέθοδοι οπτικοποίησης εφαρμόζονται σε διεπιστημονικό πλαίσιο, όπου τα ερευνητικά ερωτήματα και οι αντιλήψεις διαφέρουν, η τεκμηρίωση του έργου πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο που να βοηθά στην “επικοινωνία” των διαφόρων ειδικοτήτων που συνεργάζονται.  
Ταυτόχρονα, τα αποτελέσματα των απεικονίσεων χρειάζεται να διαδίδονται με τέτοιο τρόπο που η φύση και η σημασία σημαντικών σχέσεων εξάρτησης μεταξύ στοιχείων να μπορεί να προσδιοριστεί με σαφήνεια στους χρήστες. Τέλος, κατά την παρουσίαση της τεκμηρίωσης ενός τρισδιάστατου έργου της πολιτιστικής κληρονομιάς είναι σημαντικό τα στοιχεία να προβάλλονται με τα κατάλληλα μέσα (π.χ. γραφικά, βίντεο κλπ), ώστε να γίνουν αντιληπτά από όλους χωρίς περιορισμό.
  5. Βιωσιμότητα: σήμερα κρίνεται απαραίτητος ο σχεδιασμός στρατηγικών για τη βιωσιμότητα και διατήρηση των τρισδιάστατων απεικονίσεων σχετικά με την πολιτιστική κληρονομιά και την τεκμηρίωσή τους. Η συνθήκη αυτή αποτελεί μια και από τις προτεραιότητες της Ευρωπαϊκής Ένωσης τα τελευταία χρόνια, χρηματοδοτώντας έργα στον τομέα της Τεχνολογίας και των Υπολογιστών.  
Το σημαντικότερο σε αυτή την προσπάθεια είναι να εντοπιστούν οι πιο αξιόπιστες και βιώσιμες μορφές αρχειοθέτησης των 3D αναπαραστάσεων και να εφαρμοστούν στην πράξη. Όπου κρίνεται ότι η ψηφιακή αρχειοθέτηση δεν είναι αξιόπιστη για τη μακροπρόθεσμη διατήρηση μιας οπτικοποίησης, είναι προτιμότερη μια πιο απλή μορφή αποθήκευσης, παρά η συνολική απώλεια του έργου.  
Ομοίως συνιστάται ότι, οι στρατηγικές τεκμηρίωσης θα πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να είναι βιώσιμες σε σχέση με τους διαθέσιμους οικονομικούς πόρους και τις πρακτικές εργασίας.
  6. Πρόσβαση: Η δημιουργία και η διάδοση των εικονικών αναπαραστάσεων πρέπει να είναι έτσι σχεδιασμένες που να διασφαλίζουν το μέγιστο δυνατό όφελος για τη μελέτη, κατανόηση, ερμηνεία, προστασία και διαχείριση της πολιτιστικής κληρονομιάς. Έτσι, οι στόχοι, οι μέθοδοι και ο τρόπος διάδοσης αυτών των απεικονίσεων πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τους τρόπους

με τους οποίους αυτά τα πολιτιστικά έργα θα είναι προσβάσιμα για όλους, χωρίς διακρίσεις (π.χ. οικονομικές, κοινωνικές). Το ίδιο ισχύει και για έργα που έχουν χαθεί, κινδυνεύσει ή έχουν καταστραφεί, αποκατασταθεί ή ανακατασκευαστεί. Ακόμη, υπάρχουν περιπτώσεις στοιχείων της πολιτιστικής κληρονομιάς που δεν μπορούν να προσεγγιστούν δια ζώσης τόσο από τους επιστήμονες όσο και από το κοινό γενικότερα. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η δημιουργία εικονικών αντιγράφων μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο για την έρευνα, τη διατήρηση και τη διάδοσή τους, καθώς όλοι αποκτούν πρόσβαση και διευκολύνεται η μελέτη και παρατήρησή τους.

Από τα παραπάνω κατανοούμε ότι η Χάρτα του Λονδίνου καθορίζει βασικές αρχές για την χρήση μεθόδων δημιουργίας μιας τρισδιάστατης απεικόνισης, ενώ ξεκαθαρίζονται και ζητήματα σχετικά με την εγκυρότητα, την τεκμηρίωση, την ακεραιότητα, την πρόσβαση και τη βιωσιμότητα των συγκεκριμένων ψηφιακών κατασκευών. Επιπλέον, αναγνωρίζεται η ύπαρξη ενός ευρέως φάσματος μεθόδων τρισδιάστατης οπτικοποίησης, που συνεχώς εξελίσσονται και μπορούν να εφαρμοστούν για την εξυπηρέτηση ερευνητικών στόχων της πολιτιστικής κληρονομιάς.

### 3.3.2 Οι Αρχές της Σεβίλλης

Οι διεθνείς Αρχές της Εικονικής Αρχαιολογίας, γνωστές και ως Αρχές της Σεβίλλης, αποτελούν μια προέκταση της Χάρτας του Λονδίνου (López-Menchero Bendicho, 2013). Η τελευταία περιλαμβάνει ένα σύνολο συστάσεων για την εφαρμογή τους στην πολιτιστική κληρονομιά γενικότερα, ενώ οι Αρχές της Σεβίλλης επικεντρώνονται αποκλειστικά σε ζητήματα της Αρχαιολογίας και των ευρημάτων της, ως τμήμα της πολιτιστικής κληρονομιάς (Lopez-Menchero & Grande, 2011). Η δομή που ακολουθούν οι Αρχές της Σεβίλλης ακολουθούν το ίδιο μοτίβο με τη Χάρτα του Λονδίνου, δίνοντας έμφαση σε στόχους, συστάσεις και ορισμούς, αποσκοπώντας στην διαχείριση και προβολή της αρχαιολογικής κληρονομιάς. Ειδικότερα, εδώ γίνεται λόγος για οκτώ βασικές αρχές σχετικά με την ανάπτυξη και υλοποίηση ενός έργου Εικονικής Αρχαιολογίας:

1. Διεπιστημονικότητα: κάθε έργο που περιλαμβάνει την χρήση νέων τεχνολογιών, οι οποίες συνδέονται με τις ψηφιακές απεικονίσεις της αρχαιολογικής κληρονομιάς, με σκοπό την έρευνα, την τεκμηρίωση, τη διατήρηση ή τη διάδοσή της, πρέπει να υποστηρίζεται από μια ομάδα ειδικών από διαφορετικές ειδικότητες και κλάδους. Αν αναλογιστούμε ότι η τρισδιάστατη αρχαιολογική απεικόνιση είναι μια πολύπλοκη διαδικασία, τότε κατανοούμε ότι δεν μπορεί να υλοποιηθεί από μια και μόνη ειδικότητα, αλλά απαιτείται η συνεργασία αρκετών επιστημών (αρχαιολόγοι, ιστορικοί, επιστήμονες των υπολογιστών, αρχιτέκτονες κλπ). Δυστυχώς, λόγω περιορισμένων πόρων, πολλές φορές αυτό δεν είναι εφικτό. Παρόλα αυτά, αν είναι εφικτό, η συμμετοχή περισσότερων ειδικών θα συμβάλλει καθοριστικά στη λήψη αποτελεσμάτων με μεγαλύτερη επιστημονική ακρίβεια. Σε αυτή τη συνθήκη εργασίας, ευνοείται η γόνιμη ανταλλαγή ιδεών και απόψεων, αλλά και η διεπιστημονική έρευνα, ξεφεύγοντας από τα στεγανά.  
Δεδομένου ότι γίνεται λόγος για Αρχαιολογία, ακόμα και στα διεπιστημονικά έργα της Εικονικής Αρχαιολογίας είναι απαραίτητη η παρουσία ιστορικών και αρχαιολόγων, και ειδικότερα εκείνων που ήταν υπεύθυνοι για τη διαχείριση των ανασκαφών ή την ανακατασκευή των αρχαιολογικών καταλοίπων. Κατά τη διάρκεια της τρισδιάστατης οπτικοποίησης ενός αρχαιολογικού χώρου μόνο ο αρχαιολόγος που τον ανέσκαψε και είναι εξοικειωμένος με το πεδίο μπορεί να ορίσει με ακρίβεια τα σημεία στα οποία πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση.
2. Σκοπός: Πριν την έναρξη της τρισδιάστατης απεικόνισης είναι σημαντικό οι στόχοι μας να είναι σαφείς, ώστε να δοθεί έμφαση στις αντίστοιχες λεπτομέρειες. Επίσης, δεδομένης της περιορισμένης διάθεσης πόρων για την Εικονική Αρχαιολογία, ο σκοπός του έργου που υλοποιείται πρέπει να είναι ξεκάθαρος.  
Κάθε έργο οπτικοποίησης της Εικονικής Αρχαιολογίας πρέπει πάντοτε να αποσκοπεί στην προώθηση της έρευνας, τη διατήρηση και τη διάδοση της πολιτιστικής κληρονομιάς. Εκτός από την αποσαφήνιση του κύριου σκοπού μιας οπτικοποίησης, χρειάζονται και πιο συγκεκριμένοι στόχοι, ώστε να επιλυθούν και τυχόν αδυναμίες και προβλήματα του έργου.  
Συγχρόνως, στόχος της χρήσης νέων τεχνολογιών στην Αρχαιολογία είναι η ικανοποίηση των αναγκών των αρχαιολόγων, των αναστηλωτών και όλων των ειδικοτήτων που εμπλέκονται στη διαχείριση των αρχαιολογικών δεδομένων. Σε διαφορετική περίπτωση, δε θα υπήρχε λόγος επένδυσης σε τέτοια έργα, αν τα ερωτήματα διαχείρισης της πολιτιστικής κληρονομιάς παρέμεναν αναπάντητα και δεν υπήρχε κάποιο ουσιαστικό αποτέλεσμα. Από τα παραπάνω



- προκύπτει ότι, η Εικονική Αρχαιολογία στοχεύει στην εξυπηρέτηση του κοινωνικού συνόλου και στην προώθηση της γνώσης, δίνοντας πρόσβαση στο σύνολο των έργων της.
3. Συμπληρωματικότητα: η χρήση της τρισδιάστατης ψηφιακής οπτικοποίησης πρέπει να αντιμετωπίζεται ως συμπληρωματικό εργαλείο στο έργο της πολιτιστικής κληρονομιάς, χωρίς να παίρνει τη θέση εξίσου σημαντικών παραδοσιακών μεθόδων και τεχνικών διαχείρισης της πολιτιστικής κληρονομιάς. Για το λόγο αυτό, μέρος της επιστημονικής κοινότητας εξακολουθεί σήμερα να αντιμετωπίζει με επιφύλαξη την ένταξη των νέων τεχνολογιών στον τομέα της προστασίας της πολιτιστικής κληρονομιάς.  
Η τρισδιάστατη αναπαράσταση χρειάζεται να αναζητήσει τους κατάλληλους τρόπους συνεργασίας με άλλες μεθόδους, προκειμένου να προωθηθεί η τρέχουσα αρχαιολογική έρευνα και να γίνει ευκολότερο το έργο της διαχείρισης και προβολής του πολιτισμού. Η συγκεκριμένη αρχή συμμορφώνεται και με εκείνη της διεπιστημονικότητας που αναφέρθηκε παραπάνω. Επιπλέον, οι συγκεκριμένες αναπαραστάσεις μπορούν να λειτουργήσουν ως μια εναλλακτική προσέγγιση ανάδειξης και προβολής των αρχαιολογικών καταλοίπων που έχουν χαθεί, που βρίσκονται σε δυσπρόσιτες περιοχές ή κινδυνεύουν να καταστραφούν
  4. Αυθεντικότητα: κατά κανόνα μια τρισδιάστατη οπτικοποίηση ανακατασκευάζει μνημεία, αντικείμενα ή περιβάλλοντα όπως πιστεύουμε ότι ήταν στο παρελθόν. Για το λόγο αυτό, θα πρέπει να μπορούμε να διακρίνουμε τι είναι γνήσιο ή όχι. Έτσι, η αυθεντικότητα πρέπει να είναι πάντα ένα από τα βασικά γνωρίσματα ενός εικονικού αρχαιολογικού έργου και να δηλώνονται όλα εκείνα τα πρόσθετα στοιχεία που ενδέχεται να οδηγήσουν σε παρερμηνείες. Γενικότερα, η Αρχαιολογία είναι μια επιστήμη αρκετά πολύπλοκη, καθώς μελετά και ερμηνεύει τα υλικά κατάλοιπα του παρελθόντος. Ως εκ τούτου, οφείλει να προσφέρει και εναλλακτικές εικονικές ερμηνείες, με την προϋπόθεση ότι θα βασίζονται σε έγκυρα επιστημονικά δεδομένα. Ταυτόχρονα, κατά την υλοποίηση των εικονικών αναπαραστάσεων πρέπει να ορίζονται ρητά τα επίπεδα ακρίβειας στα οποία στηρίζεται το εκάστοτε έργο, καθώς η αβεβαιότητα και οι μη έγκυρες πληροφορίες είναι βασικό πρόβλημα της Εικονικής Αρχαιολογίας.  
Όσον αφορά τα αρχαιολογικά κατάλοιπα έχουν ανακατασκευαστεί ή αποκατασταθεί, η ψηφιακές οπτικοποιήσεις πρέπει να βοηθούν τους επαγγελματίες και το κοινό να κάνουν ορισμένες διακρίσεις, όπως τα κατάλοιπα που έχουν διατηρηθεί *in situ*, τα κατάλοιπα που έχουν επιστρέψει στην αρχική τους τοποθεσία, τους χώρους που έχουν εν μέρει ή ολοκληρωτικά ξαναχτιστεί και τέλος τους χώρους που έχουν ανακατασκευαστεί ή αποκατασταθεί εικονικά.
  5. Ιστορική σαφήνεια: προκειμένου κάθε ψηφιακή απεικόνιση του παρελθόντος να χαρακτηρίζεται από τη μέγιστη δυνατή σαφήνεια, πρέπει να υποστηρίζεται και από την ανάλογη αρχαιολογική και ιστορική τεκμηρίωση. Σε αυτή την κατεύθυνση, η Εικονική Αρχαιολογία συμβάλλει στην δημιουργία της εικόνας και της αντίληψης που έχει ο χρήστης για το παρελθόν, γεγονός που δικαιολογεί την αναγκαιότητα της ιστορικής ακρίβειας για τις εικονικές ανακατασκευές. Η προσέγγιση του παρελθόντος πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να μην προβάλλονται μόνο στιγμές μεγαλοπρέπειας στην 3D απεικόνιση, αλλά και περίοδοι παρακμής, προκειμένου το κοινό να μην αποκτήσει μια ειδυλλιακή εικόνα για το παρελθόν. Το ίδιο ισχύει και για το περιβάλλον και το ευρύτερο πλαίσιο που συνδέονται με τα αρχαιολογικά κατάλοιπα θεωρούνται εξίσου σημαντικά με το ίδιο το μνημείο.
  6. Αποτελεσματικότητα: η αποτελεσματικότητα ενός έργου της Εικονικής Αρχαιολογίας εξαρτάται αναπόφευκτα από την εξασφάλιση των κατάλληλων οικονομικών και τεχνολογικών πόρων. Η χρήση λιγότερων πόρων για την επίτευξη περισσότερων και καλύτερων αποτελεσμάτων είναι το κλειδί της αποδοτικότητας. Για το λόγο αυτό, κάθε έργο που περιλαμβάνει την χρήση υπολογιστικών αρχαιολογικών οπτικοποιήσεων πρέπει να έχει προνοήσει εκ των προτέρων για την κάλυψη των αναγκών συντήρησης που θα προκύψουν μόλις υλοποιηθεί και λειτουργήσει.  
Παράλληλα, συνιστάται η αξιοποίηση αποτελεσμάτων από προηγούμενα έργα οπτικοποιήσεων για τη δημιουργία μελλοντικών, ώστε να αποφεύγεται η επανάληψη και η κακή χρήση οικονομικών πόρων. Ως εκ τούτου, κρίνεται αναγκαία η δημιουργία μια βάσης δεδομένων, με μια ξεκάθαρη πολιτική πρόσβασης και χρήσης πληροφοριών που αποθηκεύονται σε αυτή.
  7. Επιστημονική διαφάνεια: μια τρισδιάστατη γραφική απεικόνιση της Εικονικής Αρχαιολογίας πρέπει να είναι διαφανής και ανοιχτή για έλεγχο από ερευνητές και επαγγελματίες, ώστε να διαπιστωθεί η εγκυρότητά της και κατ' επέκταση το σύνολο των συμπερασμάτων που θα προκύψουν από εκείνη. Είναι σαφές ότι όλες οι 3D απεικονίσεις βασίζονται σε έναν μεγάλο

όγκο επιστημονικής έρευνας. Κατά συνέπεια, για να επιτευχθεί η επιστημονική και ακαδημαϊκή ακρίβεια στην Εικονική Αρχαιολογία και τις κατασκευές της, είναι απαραίτητη η δημιουργία βάσεων, οι οποίες θα συγκεντρώνουν και θα παρουσιάζουν με διαφάνεια το σύνολο της διαδικασίας εκτέλεσης του έργου (π.χ. στόχοι, μεθοδολογία, τεχνικές, πηγές, συμπεράσματα κλπ). Έτσι, τα έργα θα μπορούν να εξεταστούν από την επιστημονική κοινότητα, να διατυπωθούν διαφορετικές απόψεις και να προκύψουν νέα συμπεράσματα.

8. **Εκπαίδευση και Αξιολόγηση:** η Εικονική Αρχαιολογία σχετίζεται με τη διαχείριση των αρχαιολογικών δεδομένων και της πολιτιστικής κληρονομιάς και χρησιμοποιεί τη δική της συγκεκριμένη γλώσσα και τεχνικές. Επίσης, όπως κάθε κλάδος, απαιτεί ειδική κατάρτιση και εφαρμογή καθορισμένων προγραμμάτων. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητη η προώθηση ενός υψηλότερου επιπέδου εκπαίδευσης πάνω σε αυτόν τον τομέα, η οποία θα ανταποκρίνεται και στις ανάγκες ενός έργου της Εικονικής Αρχαιολογίας.

Όσον αφορά την αξιολόγηση των οπτικοποιήσεων, όταν αυτές προορίζονται ως εργαλεία εκπαίδευσης, η καταλληλότερη μέθοδος ελέγχου τους είναι η αξιολόγηση των ίδιων των επισκεπτών και του κοινού. Από την άλλη, όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν ως εργαλεία της αρχαιολογικής έρευνας, συνιστάται η δοκιμή τους από τον τελικό χρήστη, δηλαδή των επαγγελματιών. Γενικά, η τελική ποιότητα μιας ψηφιακής οπτικοποίησης πρέπει να αξιολογείται με αυστηρότητα και να μην επηρεάζεται από παράγοντες, όπως η θεαματικότητα και ο εντυπωσιασμός. Αντίθετα, η συμμόρφωση με τις αρχές που αναφέρθηκαν παραπάνω είναι εκείνη που θα καθορίσει την υψηλή ποιότητα ενός έργου της Εικονικής Αρχαιολογίας.

Παρά τις προσπάθειες που έχουν γίνει μέχρι τώρα από τους ερευνητές, παραμένουν πολλές προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν στον τομέα της πολιτιστικής κληρονομιάς και της ψηφιοποίησής της. Μολονότι οι Αρχές της Σεβίλλης καθιερώθηκαν αρχικά για την ικανοποίηση των απαιτήσεων της επιστημονικής κοινότητας σχετικά με τις εικονικές ανακατασκευές, πρέπει να ενσωματώνουν συνεχώς νέες αρχές, που θα καλύπτουν νέα ζητήματα και θα ανταποκρίνονται στις ανάγκες της ψηφιακής εποχής. Αυτή είναι μια πρόκληση που θα μπορέσει να υλοποιηθεί μονάχα μέσω της συνεργασίας των ειδικών, στοχεύοντας σε ένα καλύτερο μέλλον για την πολιτιστική κληρονομιά (Lopez-Menchero Bendicho et al., 2017).

### 3.4 Προβληματισμοί της επιστημονικής κοινότητας

Αναμφίβολα, τα εικονικά μοντέλα είναι χρήσιμα γνωστικά εργαλεία, μέσω των οποίων οι ειδικοί μπορούν να μελετήσουν το παρελθόν, να το ερμηνεύσουν και να το παρουσιάσουν με ευχάριστο τρόπο στο ευρύτερο κοινό. Πρόκειται για μια τεχνολογία που συμβάλλει στη διατήρηση, την ανακατασκευή και την προώθηση της πολιτιστικής κληρονομιάς, δημιουργώντας από τις πιο απλές (π.χ. αγγεία) έως τις πιο σύνθετες (π.χ. αρχαίοι ναοί) φωτορεαλιστικές και τρισδιάστατες κατασκευές (Bruno et al., 2009). Ωστόσο, παρά τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν τα έργα της Εικονικής Αρχαιολογίας, οι τρισδιάστατες αναπαραστάσεις πολλές φορές έχουν δεχθεί έντονη κριτική από την επιστημονική κοινότητα για την ποιότητα και το περιεχόμενό τους.

Μια από τις πιο βασικές ενστάσεις αφορά εκείνους που εμπλέκονται στην υλοποίηση των ψηφιακών αρχαιολογικών κατασκευών. Όσοι δραστηριοποιούνται στο χώρο της Αρχαιολογίας και του πολιτισμού γενικότερα, είναι απαραίτητο σήμερα να βελτιώνουν συνεχώς τις δεξιότητές τους και να εκπαιδεύονται στην εφαρμογή σύγχρονων ψηφιακών τεχνολογιών, ανταποκρινόμενοι στις ανάγκες της εποχής. Σε αυτή την κατεύθυνση, δεν πρέπει να αποφεύγουν τη συνεργασία και την υποστήριξη πιο τεχνολογικά καταρτισμένων ειδικοτήτων, προωθώντας τη διεπιστημονική έρευνα και τη σωστή επικοινωνία μεταξύ τους (Colley, 2015). Στο παρελθόν, πολλές ψηφιακές αρχαιολογικές αναπαραστάσεις θεωρήθηκαν αποτυχημένες, καθώς υλοποιήθηκαν χωρίς την παρουσία των κατάλληλων επιστημόνων (π.χ. αρχιτέκτονες, επιστήμονες των υπολογιστών κλπ), με συνέπεια να αμφισβητούνται για την επιστημονική τους ορθότητα (Κουρτζέλλης, 2012). Αναπόφευκτα, λοιπόν, ο σχεδιασμός τρισδιάστατων αρχαιολογικών απεικονίσεων, προϋποθέτει το συνδυασμό των θεωρητικών γνώσεων των αρχαιολόγων και των ιστορικών, με τις πιο πρακτικές και τεχνολογικές δεξιότητες άλλων ειδικοτήτων, όπως οι προγραμματιστές ή οι μηχανικοί (Tsiadaki & Michailidou, 2015). Με αυτόν τον τρόπο διευκολύνεται η ανταλλαγή απόψεων και τα ψηφιακά μοντέλα βελτιώνονται διαρκώς, δημιουργώντας κατασκευές φιλικές προς τον χρήστη που διευκολύνουν τη μελέτη και την γνωριμία του παρελθόντος.

Τα τρισδιάστατα αρχαιολογικά γραφικά είναι κατά κύρια βάση αποτέλεσμα ερμηνείων. Γι' αυτό, οι ερευνητές οφείλουν να λαμβάνουν αποφάσεις σχετικά με τα δεδομένα που απουσιάζουν στα

ψηφιακά αρχαιολογικά μοντέλα. Πρέπει να δημιουργούνται κατασκευές, οι οποίες να εμπεριέχουν φανταστικά στοιχεία, που δημιουργούν μια ψευδαίσθηση του πραγματικού; Η πλειοψηφία της επιστημονικής κοινότητας ισχυρίζεται ότι οι αρχαιολόγοι, οι αρχιτέκτονες ή οι επιστήμονες των υπολογιστών οφείλουν να οπτικοποιούν μόνο όσα στοιχεία στηρίζονται στα αρχαιολογικά δεδομένα (Richards-Rissetto, 2022). Εξαιτίας αυτού ο όρος «ανακατασκευή» δέχεται κριτική, καθώς μπορεί να θεωρηθεί παραπλανητικός και να δώσει τη λανθασμένη εντύπωση της ολοκληρωμένης γνώσης του παρελθόντος και της απόλυτης αλήθειας, ενώ στην πραγματικότητα πρόκειται απλώς για μια προσομοίωση, ένα υποθετικό μοντέλο του παρελθόντος ή το αποτέλεσμα μια υποκειμενικής ερμηνείας του δημιουργού.

Αντικείμενο συζήτησης έχουν γίνει πολλές φορές και τα γραφικά υψηλής ποιότητας των εικονικών αναπαραστάσεων. Ο σχεδιασμός υπερβολικά ρεαλιστικών αναπαραστάσεων αυξάνεται διαρκώς, με αποτέλεσμα η σωστή και ολοκληρωμένη τεκμηρίωση να είναι πιο αναγκαία από ποτέ (Hageneuer, 2020). Ο ρεαλισμός που επιτυγχάνουν οι εφαρμογές οπτικοποίησης μπορεί να οδηγήσει τους χρήστες στην πεποίθηση ότι το εικονικό μοντέλο είναι η αλήθεια, κι όχι το αποτέλεσμα της ερμηνείας των ερευνητών. Για το λόγο αυτό, κάθε έργο πρέπει να ακολουθεί κάποιες καθορισμένες προδιαγραφές (βλ. The London Charter & The Seville Principles), οι οποίες να καθορίζουν το επίπεδο αυθεντικότητας και να διακρίνουν το πραγματικό μνημείο από την ερμηνεία που δέχεται. Ένας ακόμα προβληματισμός της Εικονικής Αρχαιολογίας αφορά την αξιοπιστία και την επιστημονική διαφάνεια των κατασκευών της. Καθώς τα τρισδιάστατα γραφικά είναι τόσο ρεαλιστικά, γίνεται δύσκολο ακόμη και για τους ειδικούς να διακρίνουν το πρωτότυπο από μια απλή υπόθεση. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι είναι αδύνατον να γνωρίζουμε τις πηγές και τις διαδικασίες που χρησιμοποιήθηκαν για την κάθε κατασκευή, αν αυτές δε δηλώνονται ρητά και με σαφήνεια από το δημιουργό. Έτσι, τα τελικά έργα τείνουν να θεωρηθούν περισσότερο προϊόντα φαντασίας, παρά πλήρεις και επιστημονικές οπτικοποιήσεις του παρελθόντος. Κάθε προσθήκη στην ψηφιακή αναπαράσταση πρέπει να συνοδεύεται από τις αντίστοιχες πηγές και να αιτιολογείται λεπτομερώς, δίνοντας και στον χρήστη ή στο κοινό πρόσβαση σε αυτό το υλικό. Τυχόν κενά της πληροφορίας πρέπει να δηλώνονται εξίσου, ώστε να μην υπάρχουν παρανοήσεις ή λανθασμένες ερμηνείες (Pietroni & Ferdani, 2021).

Το κόστος υλοποίησης είναι ακόμα ένας βασικός παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη στην εφαρμογή της τρισδιάστατης τεχνολογίας στην αρχαιολογική έρευνα, αφού απαιτείται η επένδυση αρκετών κεφαλαίων (Colley, 2015; Tsiadaki & Michailidou, 2015). Συχνά, τόσο για οικονομία πόρων όσο και χρόνου, συναντάμε πλήθος ψηφιακών αναπαραστάσεων, στις οποίες έχουν χρησιμοποιηθεί παρόμοια αρχιτεκτονικά μέλη ή στοιχεία διακόσμησης, χωρίς να ακολουθούν το χαρακτήρα του μνημείου. Η συγκεκριμένη επιλογή, ωστόσο, δημιουργεί εσφαλμένες εντυπώσεις για την πραγματική μορφή των κτισμάτων, με αποτέλεσμα να μην είναι εύκολο να αναγνωριστούν οι διαφορές μεταξύ αρχιτεκτονικών μελών ανά εποχή ή ανά χρήση.

Πρέπει να τονίσουμε ότι η εκάστοτε τρισδιάστατη κατασκευή παρουσιάζει μια πλευρά του παρελθόντος, ακόμα κι αν υπάρχει μεγάλος βαθμός βεβαιότητας για την απεικόνιση που γίνεται. Ένα ψηφιακό αρχαιολογικό μοντέλο παρουσιάζει το μνημείο, όπως κατασκευάστηκε από το δημιουργό του, αποτυπώνει σημαντικές αλλαγές του μέσα στα χρόνια και την πορεία εξέλιξής του, αλλά δεν είναι δυνατόν να προβάλλει όλες τις μεταβολές που έγιναν, έπειτα από ανθρωπίνη παρέμβαση ή κάποια φυσική καταστροφή. Ακόμη κι αν υφίσταται ένας βαθμός ακρίβειας στην ψηφιακή κατασκευή, δεν παύει να προβάλλει μόνο μια πιθανή εικόνα ενός μνημείου, χωρίς να προσφέρει εναλλακτικές κατασκευές. Ως εκ τούτου, η Εικονική Αρχαιολογία έρχεται σε αντίθεση με τη θέση πολλών αρχαιολόγων, σύμφωνα με την οποία υπάρχουν πολλοί τρόποι εξέτασης του παρελθόντος. Η θέση αυτή συχνά συνοδεύεται και με την άποψη ότι οι ψηφιακές αρχαιολογικές κατασκευές αποσκοπούν στην προβολή των δυνατοτήτων των γραφικών, παρά στην εξυπηρέτηση της έρευνας. Όσο πιο ανεπτυγμένα τεχνολογικά είναι μια κατασκευή, τόσο πιο εύκολα θα πειστεί το κοινό ότι ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα (Sylaiou & Patias, 2004).

### 3.5 Συμπεράσματα

Στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο έγινε αναφορά στην εισαγωγή των σύγχρονων τεχνολογιών τρισδιάστατης απεικόνισης στον κλάδο της Αρχαιολογίας, συνδυασμός που γέννησε τις τελευταίες δεκαετίες την Εικονική Αρχαιολογία. Παρουσιάστηκε λεπτομερώς η συνεισφορά της ως εργαλείο επιστημονικής μελέτης και παρατήρησης των αρχαιολογικών δεδομένων, τα οποία οπτικοποιούνται και ερμηνεύονται από τους ερευνητές, μεταβάλλοντας τον τρόπο προσέγγισης της πολιτιστικής

κληρονομιάς γενικότερα. Παρόλα αυτά, εξακολουθούν να υπάρχουν ενστάσεις από μέρος της επιστημονικής κοινότητας και ασκείται έντονη κριτική στις κατασκευές της Εικονικής Αρχαιολογίας και στην αξιοπιστία τους. Κατά συνέπεια, προκειμένου οι τρισδιάστατες απεικονίσεις να θεωρούνται έγκυρες και επιστημονικά αποδεκτές, είναι απαραίτητο να τεθούν κάποια όρια και προϋποθέσεις, τα οποία αναφέρονται αναλυτικά σε καταστατικά και αρχές που εφαρμόζονται τα τελευταία χρόνια, όπως η Χάρτα του Λονδίνου και οι Αρχές της Σεβίλλης. Τα πρωτόκολλα αυτά στοχεύουν στο σεβασμό των μνημείων που αναπαρίστανται, ώστε να διασφαλίζεται η προστασία, η ορθή διαχείριση και η προβολή της πολιτιστικής κληρονομιάς.

### 3.6 Βιβλιογραφία

- Κουρτζέλλης, Ι. (2012). Παρελθόν και εικόνα: Αναπαράσταση αρχαιολογικών χώρων και μνημείων με ψηφιακά μέσα: Θεωρητικά ζητήματα και μελέτες παραδειγμάτων [Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Αιγαίου].  
<https://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/27629?lang=el#page/4/mode/2up>
- Barratt, R. (2021). Speculating the Past: 3D Reconstruction in Archaeology. Στο E.-M. Champion (Επιμ.), *Virtual Heritage, A Guide* (σσ. 13–23). ubiquity press.
- Colley, S. (2015). Ethics and Digital Heritage. Στο T. Ireland & J. Schoeld (Επιμ.), *The Ethics of Cultural Heritage* (σσ. 13–32). Springer Science & Business Media.
- Denard, H. (2013). Implementing Best Practice in Cultural Heritage Visualisation: The London Charter. Στο C. Corsi, B. Slapšak, & F. Vermeulen (Επιμ.), *Good Practice in Archaeological Diagnostics: Non-invasive Survey of Complex Archaeological Sites* (σσ. 255–268). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-01784-6>
- Forte, M., & Campana, St. (Επιμ.). (2016). *Digital Methods and Remote Sensing in Archaeology, Archaeology in the Age of Sensing*. Springer International Publishing.
- Hageneuer, S. (2020). The Challenges of Archaeological Reconstruction: Back Then, Now and Tomorrow Sebastian. *Proceedings of the International Conference on Digital Methods in Teaching and Learning in Archaeology (12–13 October 2018)*. Communicating the Past in the Digital Age, London.
- Hermon, S., Mara, H., & Sugimoto, G. (2007). The London Charter and its Applicability. The 8th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage VAST, Florence.
- Hermon Sorin. (2008). 3D Modelling and Virtual Reality for the Archaeological Research and Museum Communication of Cultural Heritage. *Museum and the Internet Presenting Cultural Heritage Resources On-line*. σ. 57–72.
- Kourtzellis J., Christodolou E., & Sampanikou E. (2008). Virtual Reconstruction of Archaeological Sites and Monuments. Reality or Realism? (Tsipopoulou M., Επιμ.). Hellenic Ministry of Culture, Directorate of the National Archive of Monuments.
- Koutsabasis, P. (2021). Evaluation in Virtual Heritage. Στο E.-M. Champion (Επιμ.), *Virtual Heritage, A Guide* (σσ. 115–128). ubiquity press.
- López-Menchero Bendicho, V.-M. (2013). International Guidelines for Virtual Archaeology: The Seville Principles. Στο C. Corsi, B. Slapšak, & F. Vermeulen (Επιμ.), *Good Practice in Archaeological Diagnostics: Non-invasive Survey of Complex Archaeological Sites* (σσ. 269–284). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-01784-6>
- Lopez-Menchero Bendicho, V.-M., Flores Gutierrez, M., Vincent, M., & Grande Leo'n, A. (2017). Digital Heritage and Virtual Archaeology: An Approach Through the Framework of International Recommendations. Στο Ioannides M., Magnenat-Thalmann N., & Papagiannakis G. (Επιμ.), *Mixed Reality and Gamification for Cultural Heritage* (2ο έκδ., σσ. 3–28). Springer International Publishing.
- Lopez-Menchero, V.-M., & Grande, A. (2011). The principles of the Seville Charter. *CIPA symposium proceedings*. 2011, 2–6.
- Miller P. & Richards J. (1995). The good, the bad, and the downright misleading: Archaeological adoption of computer visualization. *BAR International Series*, 600.

- Münster, S., Hegel, W., & Kröber, S. (2016). Model Classification for Digital 3D Reconstruction in the Context of Humanities Research. Στο S. Münster, M. Pfarr-Harfst, P. Kuroczyński, & M. Ioannides (Επιμ.), 3D Research Challenges in Cultural Heritage II: How to Manage Data and Knowledge Related to Interpretative Digital 3D Reconstructions of Cultural Heritage (τ. 10025, σσ. 3–31). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-47647-6>
- Pfarr-Harfst, M. (2016). Typical Workflows, Documentation Approaches and Principles of 3D Digital Reconstruction of Cultural Heritage. Στο S. Münster, M. Pfarr-Harfst, P. Kuroczyński, & M. Ioannides (Επιμ.), 3D Research Challenges in Cultural Heritage II: How to Manage Data and Knowledge Related to Interpretative Digital 3D Reconstructions of Cultural Heritage (τ. 10025, σσ. 32–46). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-47647-6>
- Pietroni, E., & Ferdani, D. (2021). Virtual Restoration and Virtual Reconstruction in Cultural Heritage: Terminology, Methodologies, Visual Representation Techniques and Cognitive Models. MDPI, 12(167). <https://doi.org/10.3390/info12040167>
- Pujol L. (2004). Archaeology, museums and virtual reality. *Digithum*, 6, 1–9.
- Reilly, P. (1990). Towards a virtual archaeology. *Computer Applications in Archaeology*, 133–139.
- Richards-Rissetto, H. (2022). Technological Challenges to Practicing 3D Ethics in Archaeology. Στο Eth. Watrall & L. Goldstein (Επιμ.), *Digital Heritage and Archaeology in Practice* (σσ. 163–193). University Press of Florida.
- Sylaiou ST. & Patias P. (2004). Virtual Reconstructions in archaeology and some issues for consideration. *The Annual Journal for Culture and Technology* published by the Foundation of the Hellenic World, 4.
- Tsiafaki, D., & Michailidou, N. (2015). Benefits and problems through the application of 3d technologies in archaeology: Recording, visualisation, representation and reconstruction. *Scientific Culture*, 1(3), 37–45. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18448>

## **4. Η καστροπολιτεία Μυστρά και ο Άγιος Χριστόφορος: η γνωριμία μαζί τους και η μέθοδος εργασίας στο χώρο**

### **4.1 Εισαγωγή**

Ο Μυστράς χαρακτηρίζεται ως ένα από τα πολυτιμότερα παραδείγματα βυζαντινών πόλεων, εκφράζοντας πλήρως την ακμή της αστικής κοινωνίας της Υστεροβυζαντινής Αυτοκρατορίας. Στο υποκεφάλαιο 4.2 γίνεται λεπτομερής επεξήγηση του τρόπου εργασίας στο χώρο του κάστρου του Μυστρά και στο παρεκκλήσι του Αγίου Χριστοφόρου ειδικότερα, ώστε να συγκεντρωθεί το απαραίτητο υλικό για την τρισδιάστατη ψηφιακή αναπαράσταση. Στο υποκεφάλαιο 4.3 γίνεται αναφορά στη λειτουργία του Μυστρά ως πνευματικό, πολιτιστικό και καλλιτεχνικό κέντρο, καθώς ήταν ένα από τα βασικά πολιτικά και διοικητικά κέντρα του Βυζαντίου. Στο υποκεφάλαιο 4.4 παρουσιάζεται αναλυτικά το παρεκκλήσι του Αγίου Χριστοφόρου και το σύνολο των αρχιτεκτονικών και καλλιτεχνικών του χαρακτηριστικών, καθώς αποτελεί ένα από τα λίγα σωζόμενα παρεκκλήσια στο χώρο του κάστρου.

### **4.2 Συνθήκες επιτόπιας έρευνας**

Ο σωστός σχεδιασμός θεωρείται ένα κρίσιμο σημείο για οποιαδήποτε έρευνα. Ο ερευνητικός σχεδιασμός για να θεωρηθεί επιτυχημένος χρειάζεται να λάβει υπόψη αρκετούς παράγοντες, όπως το αντικείμενο της έρευνας, τον σκοπό της, τα ερωτήματα που θέτει, τις μεθόδους ανάλυσης του υλικού κ.ά. Ο ερευνητής οφείλει να ακολουθήσει μια προγραμματισμένη πορεία, προκειμένου να καταφέρει να αναδείξει τα ερωτήματα που έθεσε, τους προβληματισμούς που αντιμετώπισε και τελικά τις απαντήσεις που κατάφερε να δώσει. Με άλλα λόγια, είναι ένας τρόπος εργασίας που προϋποθέτει οργανωμένη σκέψη και δράση, αλλά και την επιλογή των κατάλληλων εργαλείων που θα αναδείξουν τις σωστές πτυχές της γνωστικής προσπάθειας (Ίσαρη & Πουρκός, 2015).

Με βάση τα παραπάνω οργανώθηκε και η παρούσα διπλωματική εργασία. Αρχικά, ξεκαθαρίστηκε ο σκοπός της, ο οποίος σχετίζεται με την ανάδειξη και προβολή του Αγίου Χριστοφόρου στο Μυστρά, μέσω της χρήσης της τρισδιάστατης μοντελοποίησης και της Εικονικής Πραγματικότητας. Η εργασία αναδεικνύει σύγχρονους τρόπους, με τους οποίους οι αρχαιολόγοι μπορούν να αξιοποιήσουν τα συγκεκριμένα ψηφιακά εργαλεία, προκειμένου να διευρύνουν τους ερευνητικούς τους ορίζοντες, να ερμηνεύουν και να καταλήγουν σε συμπεράσματα, καθώς θα εφαρμόζουν τις θεωρίες στα εικονικά μοντέλα των ναών του κάστρου, όπως είναι το παρεκκλήσι του Αγίου Χριστοφόρου. Μέσα από την εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών δίνεται η δυνατότητα προβολής του πολιτιστικού αποθέματος ενός τόπου, καθώς το τρισδιάστατο μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμα και για τουριστικούς σκοπούς, επιτρέποντας στον χρήστη να περιηγηθεί ψηφιακά στο ναό, χωρίς να αλλοιώνεται ο χαρακτήρας του μνημείου.

Για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής διατριβής ήταν απαραίτητος ο συνδυασμός δύο βασικών πεδίων, καθώς αποσκοπεί στην ανάδειξη της πολιτιστικής κληρονομιάς του Μυστρά μέσω σύγχρονων ψηφιακών εργαλείων και εφαρμογών. Αρχικά, έγινε μελέτη της ελληνικής και διεθνούς βιβλιογραφίας σχετικά με την αρχιτεκτονική του Αγίου Χριστοφόρου, αλλά και των χαρακτηριστικών της ναοδομίας στο Μυστρά γενικότερα. Ταυτόχρονα, πραγματοποιήθηκε επιτόπια έρευνα στο χώρο του κάστρου, έπειτα από τη λήψη σχετικής άδειας που δόθηκε από την Εφορεία Βυζαντινών Αρχαιοτήτων Λακωνίας, καθώς το παρεκκλήσι του Αγίου Χριστοφόρου δεν είναι ακόμα προσβάσιμο για το ευρύτερο κοινό (Εικόνα 4.1). Η επιτόπια έρευνα είναι μια ποιοτική μέθοδος έρευνας και συλλογής δεδομένων, η οποία στοχεύει στην κατανόηση, την παρατήρηση και την αλληλεπίδραση με το περιβάλλον ή το πεδίο που μελετάται (Sheppard, 2021). Στο πλαίσιο της έρευνας, η παρατήρηση του παρεκκλησίου του Αγίου Χριστοφόρου είναι ένα σημαντικό βήμα, καθώς απαιτεί οργάνωση και σωστό σχεδιασμό, προκειμένου να καταγραφεί το σύνολο των αρχιτεκτονικών και δομικών χαρακτηριστικών του ναού και η κατάσταση διατήρησής του. Κατά τη διάρκεια των επισκέψεων, έγινε και φωτογράφιση στο εσωτερικό του παρεκκλησίου, αλλά και στον εξωτερικό του χώρο, ώστε να αποτυπωθούν λεπτομερώς όλα τα στοιχεία στο 3D μοντέλο που σχεδιάστηκε. Μέσα από την επιτόπια έρευνα καταφέραμε να

παρατηρήσουμε προσεκτικά τον τρόπο που έχει οικοδομηθεί ο Άγιος Χριστόφορος, συγκρίνοντάς το με άλλους ναούς και να κατανοήσουμε συνολικά τη βυζαντινή και μεταβυζαντινή εκκλησιαστική αρχιτεκτονική.

ΑΔΑ: ΨΕΖΚ46ΝΚΟΤ-Ν5Λ

### Αποφασίζουμε

Α. Χορηγούμε στην κ. Αλεξάνδρα Νικολοπούλου, άδεια φωτογράφισης των παρεκκλησίων του Αγίου Γεωργίου και του Αγίου Χριστοφόρου στον Αρχαιολογικό Χώρο Μυστρά, στο πλαίσιο εκπόνησης της διπλωματικής της εργασίας με τίτλο «Εφαρμογές εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας σε αρχαιολογικούς χώρους και μουσεία – Η περίπτωση του κάστρου του Μυστρά» στο ΠΜΣ «Ψηφιακός Πολιτισμός, Έξυπνες Πόλεις, IoT και Προηγμένες Ψηφιακές Τεχνολογίες» του Πανεπιστημίου Πειραιώς.

Β. Απαραίτητη προϋπόθεση για τη φωτογράφιση των μνημείων αποτελεί η πιστή τήρηση των ακόλουθων όρων:

1. Η ενδιαφερόμενη θα συμμορφώνεται με τις υποδείξεις των αρμόδιων υπαλλήλων της Υπηρεσίας, προκειμένου να μην παρεμποδιστεί η εύρυθμη λειτουργία του Αρχαιολογικού Χώρου.
2. Το υλικό θα χρησιμοποιηθεί αποκλειστικά και μόνο για την ανωτέρω μελέτη. Για δημοσίευση, ανάρτηση στο διαδίκτυο ή οποιαδήποτε νέα χρήση του, η ενδιαφερόμενη θα πρέπει να επανέλθει στην Υπηρεσία, υποβάλλοντας σχετικό αίτημα.
3. Θα κατατεθεί στην Εφορεία ένα (1) αντίτυπο της διπλωματικής εργασίας, για ενημέρωση της βιβλιοθήκης της.

Γ. Η φωτογράφιση θα γίνει ατελώς, δεδομένου ότι εξυπηρετεί καθαρά επιστημονικούς σκοπούς (άρθρο 9 της ανωτέρω αρ. 4 σχετικής Κ.Υ.Α.).

Η Προϊσταμένη της Εφορείας

ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ ΠΑΝΤΟΥ  
ΠΕ Αρχαιολόγων

#### Εικόνα 4.1: Η άδεια που χορηγήθηκε από την Εφορεία Βυζαντινών Αρχαιοτήτων.

Η άδεια που χορηγήθηκε βασίστηκε στην απαραίτητη αρχαιολογική νομοθεσία περί προστασίας των αρχαιοτήτων και εν γένει της πολιτιστικής κληρονομιάς (Ν. 4858/2021). Ο νόμος συμπεριλαμβάνει το σύνολο της άυλης και υλικής πολιτιστικής κληρονομιάς της χώρας από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα και αποσκοπεί στη διατήρηση της ιστορικής μνήμης και στην αναβάθμιση του πολιτιστικού αποθέματος (Lawspot.gr, 2021). Σύμφωνα με το άρθρο 10 του Ν. 4858/2021, «Για κάθε εργασία, επέμβαση ή αλλαγή χρήσης σε ακίνητα μνημεία [...] απαιτείται έγκριση που χορηγείται με απόφαση του Υπουργού Πολιτισμού και Αθλητισμού ύστερα από γνώμη του Συμβουλίου. Για την υλοποίηση έργων σε κηρυγμένα μνημεία, χρηματοδοτούμενων από εθνικούς πόρους ή συγχρηματοδοτούμενων από πόρους της Ευρωπαϊκής Ένωσης ή άλλων διεθνών οργανισμών, από φορείς εκτός των υπηρεσιών του Υπουργείου Πολιτισμού και Αθλητισμού, απαιτείται απόφαση του Υπουργού Πολιτισμού και Αθλητισμού, η οποία εκδίδεται κατόπιν διατύπωσης γνώμης από το αρμόδιο Συμβούλιο [...]». Επιπρόσθετα, σύμφωνα με το άρθρο 14 του Ν. 4858/2021, «για τον καθορισμό της χρήσης κτίσματος ή ελεύθερου χώρου αυτού ή κοινόχρηστου χώρου χορηγείται άδεια με απόφαση του Υπουργού Πολιτισμού και Αθλητισμού, η οποία εκδίδεται ύστερα από γνώμη του Συμβουλίου». Τέλος, σύμφωνα με το άρθρο 40 του Ν. 4858/2021, «[...] τίθενται οι ειδικότεροι κανόνες που διέπουν την εκπόνηση των μελετών και την εκτέλεση των εργασιών, οι οποίες εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής του παρόντος άρθρου. Αυτό αφορά ιδίως την καταγραφή, αποτύπωση, τεκμηρίωση, τοπογράφηση των μνημείων, την κατάρτιση των σχετικών αρχιτεκτονικών, δομοστατικών και διαγνωστικών μελετών, τις μελέτες συντήρησης, προστασίας, αναστήλωσης, ανάδειξης, διαχείρισης και ολοκληρωμένης χρήσης των μνημείων, την εφαρμογή συστημάτων ποιοτικού ελέγχου στα έργα συντήρησης και αναστήλωσης και κάθε άλλο συναφές ζήτημα». Ακόμη, η άδεια παραχωρήθηκε με βάση την ΥΠΠΟΤ/ΔΟΕΠΥ/ΤΟΠΥΝΣ/126463/28.12.2011 Κ.Υ.Α.(ΦΕΚ 3046/Β/30.12.2011), σχετικά με τα «Τέλη φωτογράφισης-κινηματογράφησης και χρήσης οπτικοακουστικών έργων και απεικονίσεων αρχαιολογικών χώρων, ιστορικών τόπων, μνημείων, μουσειακών εκθέσεων και συλλογών. Τέλη πραγματοποίησης εκδηλώσεων σε αρχαιολογικούς χώρους, ιστορικούς τόπους και ακίνητα

μνημεία», αλλά και την ΥΠΠΟΑ/ΓΔΑΠΚ/ΔΙΠΚΑ/ΤΠΚΑΧΜΑΕ/356481/254593/7509/2927/2.7.2019Υ.Α.(ΦΕΚ282/Β/4.7.2019) σχετικά με «Όρους, προϋποθέσεις, διαδικασίες και καθορισμό των οργάνων χορήγησης άδειας παραγωγής, αναπαραγωγής και διάδοσης στο κοινό, με οποιοδήποτε τρόπο και μέσο, αντιγράφων και απεικονίσεων μνημείων που ανήκουν στο Δημόσιο».

Σε αυτή την κατεύθυνση, σημαντικές ήταν οι γνώσεις που αποκόμισα σε προπτυχιακό επίπεδο, οι οποίες συνέβαλλαν στο σωστό σχεδιασμό του τρισδιάστατου ψηφιακού μοντέλου. Μαθήματα όπως η Βυζαντινή και Μεταβυζαντινή Αρχαιολογία, η Αρχαιολογία του πολέμου, αλλά και επιμορφώσεις σχετικά με την Πολιτιστική Διαχείριση ήταν χρήσιμα εργαλεία για την υλοποίηση της κατασκευής. Οι γνώσεις που αποκτήθηκαν από τον κλάδο της Αρχαιολογίας βοήθησαν στην απόκτηση μια συνολικής εικόνας για την αρχιτεκτονική και καλλιτεχνική παραγωγή (πολεοδομία, εκκλησιαστική αρχιτεκτονική, μνημειακή ζωγραφική κλπ) και τα κατάλοιπα του υλικού βίου σε τοποθεσίες, όπως ο Μυστράς. Ακόμη, η Πολιτιστική Διαχείριση με βοήθησε να κατανοήσω τους τρόπους προστασίας, ανάδειξης και προβολής της πολιτιστικής κληρονομιάς, αξιοποιώντας τόσο παραδοσιακές μεθόδους όσο και πιο σύγχρονες, χάρη στην εξέλιξη των ψηφιακών εργαλείων και τεχνολογιών που έχουμε στη διάθεσή μας σήμερα. Αναμφίβολα, οι παραπάνω γνώσεις αποτέλεσαν πολύτιμα εφόδια και λειτούργησαν επικουρικά στη συγκεκριμένη εργασία και στην εκπλήρωση των στόχων της.

### 4.3 Το κάστρο του Μυστρά

Ο Μυστράς ιδρύθηκε το 1249 από το Φράγκο πρίγκιπα Γουλιέλμο Β' Βιλλαρδουίνο, ιδρυτή του Πριγκιπάτου της Αχαΐας. Ο Μυστράς βρίσκεται στις βόρειες πλαγιές του Ταυγέτου, κοντά στην Σπάρτη, σε μια απότομη τοποθεσία, ξεκομμένη από το υπόλοιπο βουνό, ακολουθώντας το παράδειγμα κι άλλων υστεροβυζαντινών τειχισμένων πόλεων. Η επιλογή αυτή δεν ήταν τυχαία, καθώς το τραχύ ανάγλυφο του βουνού από το νότια και νοτιοανατολικά προσφέρει φυσική οχύρωση στον οικισμό, επιτρέποντας την πρόσβαση από συγκεκριμένα οχυρωμένα σημεία, ενώ εξασφαλίζεται και ο έλεγχος της πεδιάδας από ψηλά (Εικόνα 4.2). Επομένως, η συγκεκριμένη επιλογή καλύπτει πλήρως την ανάγκη της εποχής για ασφάλεια, χάρη στην ιδιαίτερη γεωγραφική του θέση (Αρβανιτόπουλος, 2004).

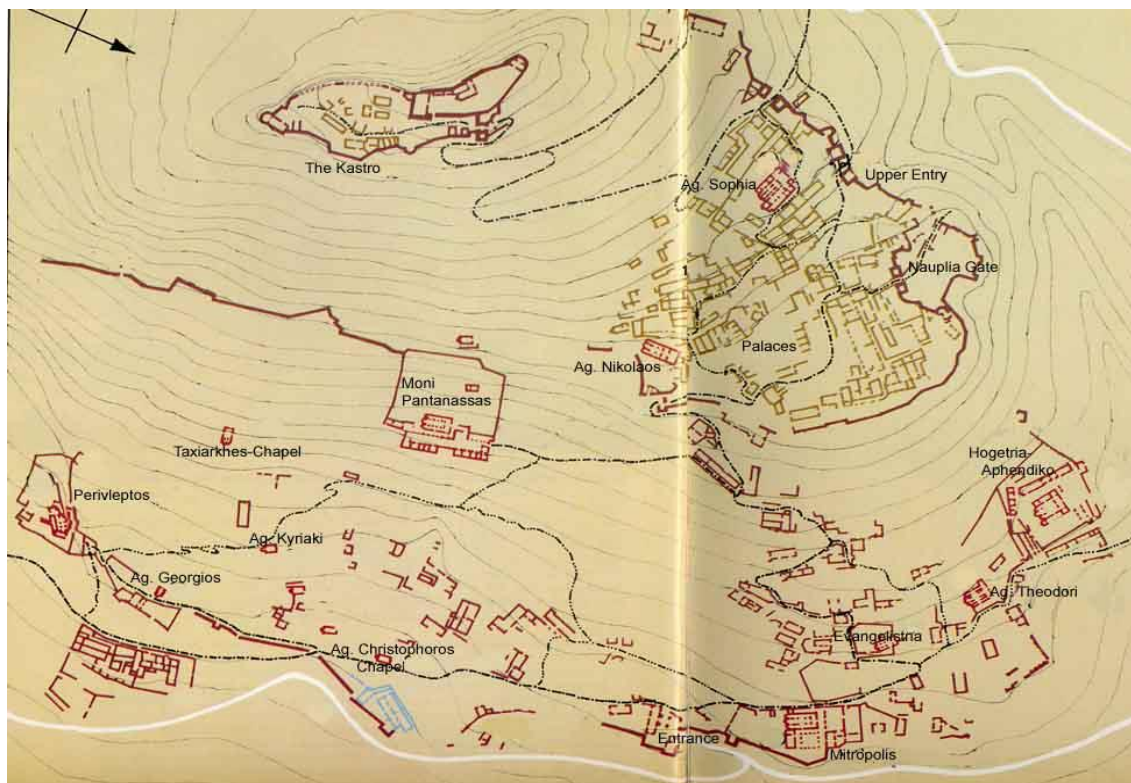
Η ίδρυση του κάστρου πραγματοποιείται έναν χρόνο μετά την κυρίευση της Μονεμβάσιας, της τελευταίας βυζαντινής βάσης στην Πελοπόννησο. Αργότερα, ακολούθησε η κατάκτηση κι άλλων σημαντικών φρουρίων, έχοντας ως στόχο τη σταθεροποίηση της κυριαρχίας των Φράγκων στην Πελοπόννησο (Χατζηδάκης, 1987). Ωστόσο, λίγα χρόνια μετά την ίδρυση του κάστρου, ο Γουλιέλμος αναγκάζεται μετά από ήττα των Φράγκων, να παραδώσει όχι μόνο το Μυστρά, αλλά και τα κάστρα της Μονεμβάσιας και του Γερακίου, στο βυζαντινό αυτοκράτορα Μιχαήλ Η' Παλαιολόγο, ο οποίος στο μεταξύ είχε ανακαταλάβει την Κωνσταντινούπολη, ιδρύοντας και την τελευταία βυζαντινή δυναστεία (Σίνος, 2009).



Εικόνα 4.2: Η έκταση την οποία μπορούσε να ελέγξει από ψηλά ο Μυστράς.



Μετά το 1262, όταν πέρασε υπό την κατοχή των Βυζαντινών, μετατράπηκε ταχύτατα στο διοικητικό και εμπορικό κέντρο της περιοχής. Το αρχικό φραγτικό φρούριο έδωσε τη θέση του στην ακρόπολη του Μυστρά, ο οποίος προστατευόταν από ένα εξωτερικό τείχος και εσωτερικά από ένα διατείχισμα. Έτσι, μεταξύ του εσωτερικού διατειχίσματος και του εξωτερικού τείχους σχηματίστηκε η Κάτω Πόλη, ενώ από το διατείχισμα έως την ακρόπολη αναπτύχθηκε η Άνω Πόλη, στην οποία υπήρχαν τα παλάτια. Όπως στις περισσότερες υστεροβυζαντινές πόλεις, έτσι και στο Μυστρά, η διαίρεση σε Πάνω και Κάτω Πόλη συμβάδιζε με την αντίστοιχη κοινωνική διαστρωμάτωση, γεγονός που επηρέαζε την αρχιτεκτονική και την οργάνωση της ζωής γενικότερα (Εικόνα 4.3).



Εικόνα 4.3: Χάρτης του Μυστρά (Gross, 2006).

Εκτός από το διαχωρισμό του Μυστρά σε Κάτω Πόλη, Άνω Πόλη και στο κάστρο, υπήρχαν και δύο πλατώματα, το πρώτο στη μέση, όπου χτίστηκαν τα παλάτια, και το δεύτερο στην κορυφή, όπου χτίστηκε το κάστρο. Από την άλλη, ο οικισμός αναπτύχθηκε στο ανατολικό και νοτιοανατολικό τμήμα της πλαγιάς και σε μέρος του βόρειου. Η δημιουργία οποιασδήποτε κατασκευής σε αυτά τα εδάφη μπορούσε να γίνει είτε απευθείας είτε με τη βοήθεια των κατάλληλων ανδρών και αφαίρεσης του βράχου. Οικοδομική δραστηριότητα εντοπίζεται ακόμα και εκτός των τειχών κατά τη διάρκεια του 14ου αιώνα, στη θέση του σημερινού οικισμού του Μυστρά (Πρέβα, 2023), αλλά στην παρούσα διπλωματική εργασία θα επικεντρωθούμε στον τομέα της ναοδομίας.

Μετά την επανεδραίωση της βυζαντινής κυριαρχίας στην Πελοπόννησο, ο Μιχαήλ Η΄ Παλαιολόγος επιθυμούσε την αναδιοργάνωση της Εκκλησίας στην περιοχή, διότι εκτός από τον πνευματικό της ρόλο, είχε και πολιτιστική σημασία (Χατζηδάκης, 1987). Έτσι, η παλαιά Μητρόπολη Λακεδαιμόνος μεταφέρεται στο Μυστρά με την οικοδόμηση της Μητρόπολης του Αγίου Δημητρίου, περίπου τη δεκαετία του 1262-1272. Τριάντα χρόνια μετά προστίθενται οι Άγιοι Θεόδωροι, ως το πρώτο καθολικό της Μονής Βροντοχίου (Εικόνα 4.4). Και οι δύο ναοί ακολουθούν την παράδοση της ελλαδικής σχολής και ακολουθούν το πρότυπο σημαντικών ιερών της ευρύτερης περιοχής.



**Εικόνα 4.4: Άγιοι Θεόδωροι.**

Οφείλουμε να τονίσουμε ότι η ίδρυση των δύο πρώτων ναών αποτέλεσε έργο των ιεραρχών, έως ότου σταθεροποιηθεί πλήρως η πολιτική διακυβέρνηση του Μυστρά. Στα επόμενα χρόνια, ο Μυστράς αναδεικνύεται σε ένα από τα σπουδαιότερα πνευματικά κέντρα, με το έργο που επέδειξαν ο μητροπολίτης Νικηφόρος Μοσχόπουλος και ο ηγούμενος της Μονής Βροντοχίου Παχώμιος. Αυτές οι δύο προσωπικότητες επέδειξαν, ταυτόχρονα, σημαντικό οικοδομικό έργο, κυρίως με την ίδρυση ενός νέου καθολικού για τη Μονή Βροντοχίου, την Παναγία την Οδηγήτρια ή Αφεντικό. Η συγκεκριμένη εκκλησία χαρακτηριζόταν για την ποιότητά και την κομψότητά της, αλλά και για τις μνημειακές τοιχογραφίες.

Κατά τη διάρκεια του β' μισού του 14ου αιώνα, πρώτος δεσπότης του Μυστρά γίνεται ο Μανουήλ Καντακουζηνός, ο οποίος διακρίνεται για το οικοδομικό του έργο, κτίζοντας δύο σημαντικές εκκλησίες για το Μυστρά, την Αγία Σοφία στην Άνω Πόλη (Εικόνα 4.5) και την Περίβλεπτο στην Κάτω. Επιπλέον, οικοδομείται ο κοιμητηριακός ναός της Ευαγγελίστριας, ο οποίος έφερε ορισμένα δυτικότερα στοιχεία. Τα χρόνια που ακολούθησαν η αρχιτεκτονική των ναών υιοθετεί νέα πρότυπα. Πρέπει να τονίσουμε ότι μέσα σε αυτά τα χρόνια, ο Μυστράς κατάφερε να αναδειχθεί σταδιακά σε αξιόλογο πνευματικό κέντρο, στο οποίο κατέφθαναν συνεχώς πολλές προσωπικότητες των γραμμάτων. Ακόμη, ο Μυστράς αποτέλεσε ένα από τα βυζαντινά κέντρα που υποστήριξαν την υιοθέτηση δυτικών προτύπων στην προσπάθεια ένωσης των δύο Εκκλησιών και την προσέγγιση του βυζαντινού κόσμου με τη Δύση.



**Εικόνα 4.5: Αγία Σοφία.**

Το 1428 χτίζεται η μονή της Παντάνασσας, σε σχετικά απομονωμένη τοποθεσία. Ο ναός αυτός αποτελείται από πολλά νέα αρχιτεκτονικά στοιχεία, ωστόσο ακολουθεί και το πρότυπο της Οδηγήτριας. Την περίοδο της Τουρκοκρατίας, η Οδηγήτρια και η Αγία Σοφία μετατρέπονται σε τζαμιά, ενώ ο Άγιος Δημήτρης διατηρεί το ρόλο της Μητρόπολης. Κατά τα μέσα του 17ου αιώνα, προκύπτει η ανάγκη για την ύπαρξη ενός χριστιανικού ναού στην Άνω Πόλη, οδηγώντας στην οικοδόμηση του ναού του Αγίου Νικολάου στη θέση ενός παλαιότερου ιερού (Εικόνα 4.6). Από τα παραπάνω κατανοούμε ότι εντός των τειχών του Μυστρά οικοδομήθηκε ένα πλήθος ναών και μοναστηριακών συγκροτημάτων, κάτι ιδιαίτερα συνηθισμένο για εκείνη την εποχή. Παρόλα αυτά, οι ναοί κατάφερναν να αφομοιωθούν πλήρως στον ιστό της πόλης, χωρίς η παρουσία τους να «κυριαρχεί» στο χώρο.

Το σύνολο των εκκλησιαστικών οικοδομημάτων στο Μυστρά, αλλά και τα μικρότερα ιερά και παρεκκλήσια ως σημεία αναφοράς (Εικόνα 4.7), αποτελούν εξαιρετικά παραδείγματα της τέχνης και της αρχιτεκτονικής της εποχής των Παλαιολόγων. Τα μνημεία αυτά έχουν καταφέρει να αποτελούν μέρος της ιστορίας του τόπου, αλλά και της καθημερινότητας που είχαν τότε οι κάτοικοι του Μυστρά, καθώς λειτουργούσαν ως βασικά κέντρα συνάντησης, ολοκληρώνοντας τον αστικό ιστό του Μυστρά (Σίνος, 2009). Από το 1989 το σύνολο του αρχαιολογικού χώρου του μεσαιωνικού κάστρου του Μυστρά αποτελεί προστατευόμενο μνημείο πολιτιστικής κληρονομιάς της UNESCO, ως ένα από τα καλύτερα σωζόμενα μνημεία που προβάλλουν την υστεροβυζαντινή τέχνη και αρχιτεκτονική της εποχής των Παλαιολόγων, αλλά και ως ένα από σημαντικότερα επαρχιακά πνευματικά κέντρα της Βυζαντινής Αυτοκρατορίας (UNESCO, 1989).



Εικόνα 4.6: Άγιος Νικόλαος.



Εικόνα 4.7: Παρεκκλήσι Αγίου Γεωργίου.

#### 4.4 Το παρεκκλήσι του Αγίου Χριστοφόρου

Τα παρεκκλήσια που συναντάμε στο Μυστρά χαρακτηρίζονται ως σημαντικά στοιχεία για την πολεοδομική του οργάνωση. Η πλειοψηφία αυτών χτίστηκαν ως αφιερώματα συγκεκριμένων, ισχυρών οικογενειών ή ως ταφικά παρεκκλήσια. Όλα είναι μονόκλιτα και διακρίνονται από μια ποικιλία αρχιτεκτονικών χαρακτηριστικών. Ο προσανατολισμός τους στο χώρο δεν είναι ακριβής,

καθώς η δόμησή τους ακολούθησε το ανάγλυφο της περιοχής. Ο σημερινός επισκέπτης του Μυστρά έχει την ευκαιρία να δει 17 παρεκκλήσια, με ορισμένα εξ αυτών να είναι αρκετά ερειπωμένα, ενώ άλλα έχουν υποστεί παρεμβάσεις, είτε επιτυχημένες είτε αποτυχημένες.

Οι περισσότεροι ναΐσκοι, όπως και ο Άγιος Χριστόφορος (Εικόνα 4.8), είναι μικρών διαστάσεων και δεν ξεπερνούν τα 25τ.μ., με εξαίρεση τον Αϊ Γιαννάκη με 35 τ.μ. Μπορούμε να διακρίνουμε τα παρεκκλήσια του Μυστρά σε δύο κατηγορίες: τα ξυλόστεγα ή καμαροσκέπαστα και τα σταυρεπίστεγα (Αγία Παρασκευή), με την πλειοψηφία να εντάσσεται στην πρώτη κατηγορία, όπως και ο Άγιος Χριστόφορος. Επίσης, τα περισσότερα εξ αυτών έφεραν απλό τέμπλο και συχνά κτιστό.



**Εικόνα 4.8: Παρεκκλήσι Αγίου Χριστοφόρου.**

Η κατασκευή των παρεκκλησιών του Μυστρά ακολουθεί απλές οικοδομικές τεχνικές, χρησιμοποιώντας ευτελή υλικά, όπως πλίνθους, αργούς λίθους και ασβεστοκονίαμα, ενώ οι επιφάνειες των τοίχων έφεραν επίχρυσμα. Ακόμη, οι θύρες που διατηρούνται μαρτυρούν ότι τα πλαίσια τους είναι πώρινα. Σε αντίθεση με την αρχαιότητα, εδώ η επανάχρηση αρχιτεκτονικών μαρμάρινων μελών από άλλες κατασκευές είναι αρκετά περιορισμένη. Τέλος, τα δάπεδα που διατηρούνται φανερώουν ότι κατασκευάστηκαν από κονίαμα και ασβέστη ή πήλινες πλάκες.

Ακόμη μια κατηγοριοποίηση που μπορούμε να κάνουμε σχετίζεται με την διαμόρφωση της ανατολικής τους όψης. Η πλειοψηφία των παρεκκλησιών εντάσσεται στην πρώτη κατηγορία. Στην ανατολική τους πλευρά σχηματίζεται μόνο η αψίδα του ιερού, χωρίς πρόθεση και διακονικό, τα οποία έχουν αντικατασταθεί από μικρές κόγχες, που βρίσκονται πλευρικά της αψίδας του ιερού

(π.χ. Αγία Άννα) ή στους κατά μήκος τοίχους (π.χ. Άγιος Γεώργιος). Στη δεύτερη κατηγορία συναντάμε όσα παρεκκλήσια έχουν ολοκληρωμένη διαμόρφωση τριών αψίδων στην πλευρά του ιερού (π.χ. Αϊ Γιαννάκης). Στην τελευταία κατηγορία ανήκουν τα πιο απλά παρεκκλήσια, τα οποία έχουν γενικά ορθογώνια κάτοψη και στην ανατολική πλευρά προεξέχει, κάποιες φορές, μικρό τμήμα της αψίδας (Άγιος Χριστόφορος). Στην πλειοψηφία, η αψίδα διαμορφώνεται μέσα στο πάχος του τοίχου, ενώ η πρόθεση και το διακονικό είναι μικρές πλευρικές κόγχες (Σίνος, 2009).

Ο Άγιος Χριστόφορος έχει ανασκαφεί από τον αρχαιολόγο Ν. Δρανδάκη και αναστηλώθηκε εσφαλμένα το 1953, κυρίως στα σημεία όπου οι λεπτομέρειες είχαν χαθεί. Το παρεκκλήσι είναι στραμμένο Νότια και το συναντάμε στο νότιο τμήμα της Κάτω Πόλης. Έχει οικοδομηθεί στο βόρειο τμήμα του δρόμου που οδηγεί στην Παντάνασσα, κοντά στην οικία Λάσκαρη. Σύμφωνα με τις πηγές, η οικοδόμησή του σχετίζεται με την παρουσία οικονομικά ισχυρών οικογενειών στο συγκεκριμένο σημείο της καστροπολιτείας. Με βάση τα υπολείμματα των τοιχογραφιών, υπολογίζεται ότι η τελευταία οικοδομική φάση του Αγίου Χριστοφόρου ήταν κατά το β' μισό του 14ου αιώνα.

Ως προς τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά, ο Άγιος Χριστόφορος είναι ένα επίμηκες κτίσμα, το οποίο διέθετε πιθανώς ξύλινη στέγη (Εικόνα 4.9), ενώ σήμερα το συναντάμε αναστηλωμένο. Τα μέρη που ανήκουν στην αρχική του φάση, μολοντί έχουν δεχθεί ορισμένες παρεμβάσεις, είναι το τμήμα της πλευράς από το ιερό έως το τμήμα του δυτικού τοίχου με τη θύρα του (Εικόνα 4.10). Η θύρα αυτή έχει διατηρήσει σε μεγάλο ποσοστό την αρχική της μορφή με πώρινο οξυκόρυφο πλαίσιο στο πάνω μέρος (Εικόνα 4.11). Ομοιότητες πρέπει να παρουσίαζε και η θύρα του τοίχου απέναντι από το ιερό, η οποία έχει αναστηλωθεί (Εικόνα 4.12). Επιπλέον, σε κάθε πλευρικό τοίχο του ναΐσκου διαμορφώνονται τέσσερα τυφλά αψιδώματα, ενώ στη μια πλευρά συναντάμε και παράθυρα τα οποία φαίνεται να έχουν αναστηλωθεί αυθαίρετα, χωρίς να εμφανίζουν ομοιότητες με την αρχική τους μορφή (Εικόνα 4.13).



**Εικόνα 4.9:** Η ξύλινη στέγη του παρεκκλησίου.



**Εικόνα 4.10:** Το ιερό του Αγίου Χριστοφόρου.



Εικόνα 4.11: Η θύρα με το πώρινο οξυκόρυφο πλαίσιο.



Εικόνα 4.12: Η κεντρική είσοδος του Αγίου Χριστοφόρου.



**Εικόνα 4.13: Τμήμα των αφιδωμάτων με παράθυρα.**

Το ιερό χωρίζεται από το υπόλοιπο παρεκκλήσι με κτιστό τέμπλο, στο οποίο διαμορφώνονται δύο είσοδοι, η κεντρική και μια πλευρική από τα αριστερά. Η κεντρική κόγχη του ιερού, όπως και οι δύο πλευρικές, της πρόθεσης και του διακονικού, διαμορφώνονται μέσα στο πάχος του τοίχου. Ωστόσο, εξωτερικά προεξέχει μονάχα η κεντρική κόγχη, η οποία φέρει στενό, μονόλοβο παράθυρο (Εικόνα 4.14).



**Εικόνα 4.14: Αψίδα του ιερού με στενό μονόλοβο παράθυρο.**



Όσον αφορά τις τοιχογραφίες, ένα σημαντικό μέρος έχει διατηρηθεί στη μια πλευρά του ναού. Μεταγενέστερα φαίνεται να δημιουργήθηκαν τοιχογραφίες και στο κτιστό τέμπλο (Εικόνα 4.15). Δυστυχώς, ολόκληρες συνθέσεις δεν έχουν διασωθεί στο παρεκκλήσι του Αγίου Χριστοφόρου. Ειδικότερα, στο δυτικό τοίχο διατηρούνται τοιχογραφίες στο δεύτερο και το τρίτο τόξο. Το τύμπανο που σχηματίζεται στο δεύτερο τόξο διαρτυπάται από τη θύρα και περιβάλλεται από δύο βαθμιδωτά αψιδώματα. Στο υπέρθυρο συναντάμε κεφαλή ενός νεαρού Αγίου, που έχει ταυτισθεί με τον Άγιο Χριστόφορο, σύμφωνα με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, όπως το σχήμα του προσώπου, οι μεγάλοι οφθαλμοί, το μικρό στόμα κ.ά. Στο ακριβώς από πάνω αψίδωμα και γύρω από τον Άγιο, εικονίζονται σε προτομή έξι μορφές, οι οποίες πιθανότητα είναι απόστολοι. Σε γενικές γραμμές, το σύνολο των τοιχογραφιών του Αγίου Χριστοφόρου θα μπορούσε να χαρακτηριστεί από μεγάλη φυσικότητα και ελευθερία στην απόδοση. Στο τρίτο τόξο της νότια πλευράς εντοπίζεται σε σχετικά καλή κατάσταση η τοιχογραφία του Αγίου Ιωάννη του Χρυσοστόμου, καθισμένου σε θρόνο, ως ιεράρχη, όπως μαρτυρείται από τα σωζόμενα γράμματα του ονόματος (Εικόνα 4.16). Η τοιχογραφία αυτή έχει καλλιτεχνηθεί με λιγότερη ελευθερία και παρουσιάζεται πιο σχηματοποιημένη και αυστηρά αποδοσμένη (Γρέβα, 2023).



Εικόνα 4.15: Οι τοιχογραφίες του κτιστού τέμπλου.



Εικόνα 4.16: Οι σωζόμενες τοιχογραφίες του Αγίου Χριστοφόρου.

#### 4.5 Συμπεράσματα

Στο παρόν κεφάλαιο αναλύθηκε η φυσιογνωμία της καστροπολιτείας του Μυστρά, η οποία διακρίνεται για την ιστορία και τη μοναδική της εκκλησιαστική αρχιτεκτονική, αποτελώντας σήμερα

έναν από τους σημαντικότερους αρχαιολογικούς χώρους της Ελλάδας. Ο αυθεντικός αστικός χαρακτήρας του δεν έχει επηρεαστεί από ανθρώπινες παρεμβάσεις και έχει καταφέρει να διατηρηθεί στο πέρασμα των αιώνων, με το κάθε μνημείο ξεχωριστά να βοηθά τον επισκέπτη να αντιληφθεί τις διάφορες πτυχές του βυζαντινού πολιτισμού. Στην ίδια κατεύθυνση κινήθηκε και η ανάλυση του ναΐσκου του Αγίου Χριστοφόρου, ο οποίος πιθανώς να χτίστηκε από κάποια οικονομικά ισχυρή οικογένεια που κατοικούσε στην Κάτω Πόλη του Μυστρά. Επίσης, έγινε ολοκληρωμένη περιγραφή για τον Άγιο Χριστόφορο και τον τρόπο οικοδόμησής του, ο οποίος ακολουθούσε τα πρότυπα της υστεροβυζαντινής αρχιτεκτονικής. Τέλος, λαμβάνοντας υπόψη τη μελέτη όλων των παραπάνω, αναλύθηκε η μεθοδολογία με την οποία προσεγγίστηκε το μνημείο του Αγίου Χριστοφόρου, ώστε να αναπαρασταθεί τρισδιάστατα, δίνοντας έμφαση στη λεπτομερή υλοποίηση της κατασκευής αυτής.

#### 4.6 Βιβλιογραφία

- Αρβανιτόπουλος Στ. (2004). Η πόλη του Μυστρά: Όψεις της οργάνωσης και λειτουργίας ενός υστεροβυζαντινού αστικού συνόλου με βάση τις πηγές και τα κοσμικά κτίσματα. ΕΚΠΑ. <https://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/22165?lang=el#page/34/mode/2up>.
- Ίσαρη Φ. & Πουρκός Μ. (2015). Ποιοτική Μεθοδολογία Έρευνας—Εφαρμογές στην Ψυχολογία και στην Εκπαίδευση. ΣΕΑΒ.
- Κοινή Υπουργική Απόφαση Αριθμ. ΥΠΠΟΤ/ΔΟΕΠΥ/ΤΟΠΥΝΣ/126463/2011 "Περί τελών φωτογράφησης-κινηματογραφησης και χρήσης οπτικοακουστικών έργων και απεικονίσεων αρχαιολογικών χώρων, ιστορικών τόπων, μνημείων, μουσειακών εκθέσεων και συλλογών. Τέλη πραγματοποίησης εκδηλώσεων σε αρχαιολογικούς χώρους, ιστορικούς τόπους και ακίνητα μνημεία". ΦΕΚ 3046/Β/30-12-2011
- Κοινή Υπουργική Απόφαση 356481/254593/7509/2927/2019 "Περί όρων, προϋποθέσεων, διαδικασιών και καθορισμού των οργάνων χορήγησης άδειας παραγωγής, αναπαραγωγής και διάδοσης στο κοινό, με οποιονδήποτε τρόπο και μέσο, αντιγράφων και απεικονίσεων μνημείων που ανήκουν στο Δημόσιο". ΦΕΚ 2812/Β/4-7-2019
- Νόμος υπ' αριθμ. 4858 "Περί Κυρώσεως Κώδικα νομοθεσίας για την προστασία των αρχαιοτήτων και εν γένει της πολιτιστικής κληρονομιάς". ΦΕΚ Α 220/19.11.202.
- Πρέβα Ε. (2023). Οι ναΐσκοι του Μυστρά. Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου.
- Σίνος Στ. (2009). Τα μνημεία του Μυστρά. Το Έργο της Επιτροπής Αναστήλωσης Μνημείων Μυστρά. Καρδαμίτσας.
- Χατζηδάκης, Μ. (1987). Μυστράς: η μεσαιωνική πολιτεία και το κάστρο. Εκδοτική Αθηνών.
- Gross, R. (2006). Map of Mystras. RolfGross.
- Lawspot.gr. (2021, Νοέμβριος 23). Κώδικας νομοθεσίας για την προστασία των αρχαιοτήτων και εν γένει της πολιτιστικής κληρονομιάς (Ν. 4858/2021). Lawspot. [https://www.lawspot.gr/nomika-nea/kodikas-nomotheseias-gia-tin-prostasia-ton-arhaiotiton-kai-en-genei-tis-politistikis?lspt\\_destination=upgrade](https://www.lawspot.gr/nomika-nea/kodikas-nomotheseias-gia-tin-prostasia-ton-arhaiotiton-kai-en-genei-tis-politistikis?lspt_destination=upgrade)
- Sheppard, V. (2021). Field research: A qualitative research technique. Στο Research methods for the social sciences: An introduction. BCcampus Pressbooks.
- UNESCO. (1989). Archaeological Site of Mystras. UNESCO World Heritage Convention. <https://whc.unesco.org/en/list/511/>

## 5. Εννοιολογική χαρτογράφηση, αποδελτίωση και μοντελοποίηση της κατασκευής

### 5.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η εννοιολογική χαρτογράφηση, η ποιοτική στάθμιση και η μοντελοποίηση των δεδομένων που συνελέγησαν και μελετήθηκαν για την εργασία και την ψηφιακή κατασκευή. Πιο συγκεκριμένα, στο υποκεφάλαιο 5.2 γίνεται αναφορά στους στόχους της εννοιολογικής χαρτογράφησης και πραγματοποιείται η εννοιολογική συσχέτιση των κύριων όρων της εργασίας με το εργαλείο CmapTools. Στο υποκεφάλαιο 5.3 αναλύεται το ζήτημα της αποδελτίωσης και της ποιοτικής αξιολόγησης των δεδομένων της εργασίας με τη βοήθεια του λογισμικού Taguette. Τέλος, στο υποκεφάλαιο 5.4 παρουσιάζεται η μοντελοποίηση της ψηφιακής κατασκευής με διαγράμματα μηχανής καταστάσεων της Ενοποιημένης Γλώσσας Σχεδίασης Προτύπων.

### 5.2 Η λειτουργία της εννοιολογικής χαρτογράφησης και η εννοιολογική συσχέτιση βασικών όρων με το εργαλείο CmapTools

Οι εννοιολογικοί χάρτες είναι διαγράμματα που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση λεκτικών ή εννοιολογικών πληροφοριών, και διευκολύνουν στην πρόσληψη της γνώσης. Ταυτόχρονα, καταφέρνουν να ενοποιήσουν πολλαπλές αναφορές και σχέσεις σε μια έννοια, η οποία αναπτύσσει δεσμούς με άλλες αντίστοιχες και δεν βρίσκονται απλώς μέσα σε ένα κείμενο ή μια ακολουθία. Για να γίνει αυτό είναι σημαντικό να εστιάσουμε στο αν τα ερωτήματα που έχουμε θέσει μπορούν να απαντηθούν με την κατανόηση της γνώσης που αναπαρίσταται στον εννοιολογικό χάρτη (Novak & Cañas, 2014). Με βάση αυτό το συλλογισμό δημιουργήθηκαν και οι παρακάτω εννοιολογικές χαρτογραφήσεις για το σύνολο της εργασίας, αλλά και της ψηφιακής κατασκευής, με τη συνδρομή του εργαλείου CmapTools.

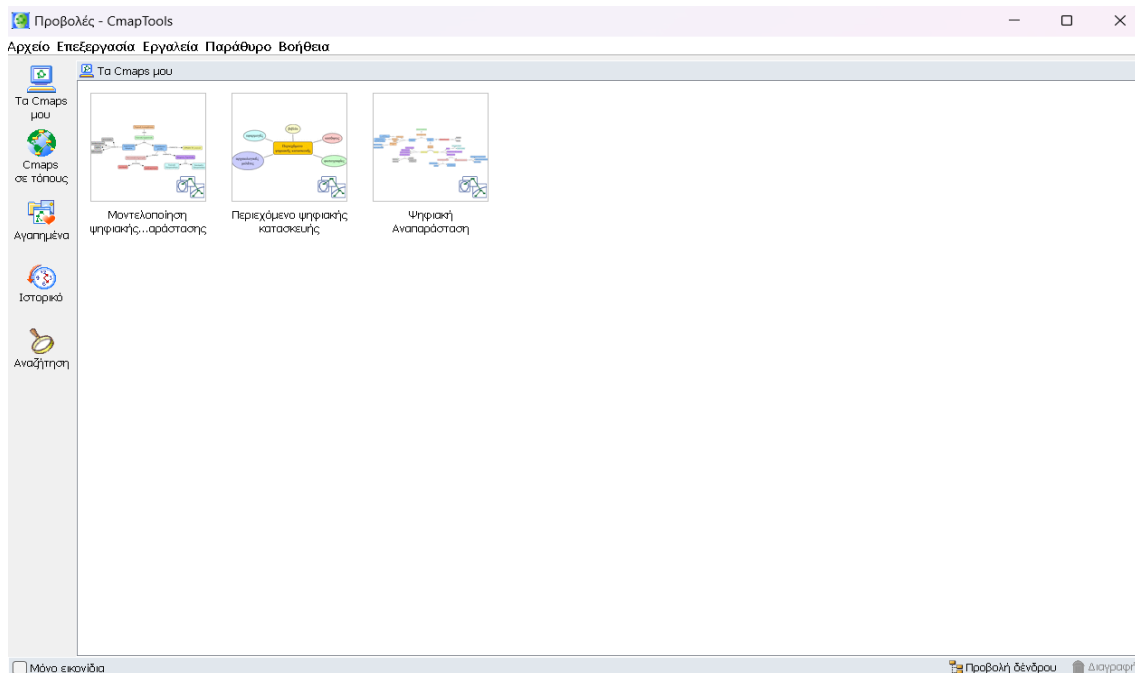
#### 5.2.1 Η σημασία της εννοιολογικής χαρτογράφησης

Οι εννοιολογικοί χάρτες είναι χρήσιμα γραφικά εργαλεία που βοηθούν στην οργάνωση και τη δομημένη αναπαράσταση εννοιών και γνώσεων. Αποτελούν μια μορφή σχηματοποίησης που συνδέει την προγενέστερη γνώση του ατόμου με τη νεότερη, ενώ προβάλλουν και τον τρόπο που διαφορετικοί όροι συνδέονται μεταξύ τους. Η τεχνική της εννοιολογικής χαρτογράφησης έχει βοηθήσει πολλούς ανθρώπους να εξετάσουν και να κατανοήσουν διαφορετικά γνωστικά πεδία, καθώς όταν οι έννοιες και οι συνδετικές λέξεις είναι προσεκτικά επιλεγμένες, αυτόματα οι χάρτες μετατρέπονται σε ισχυρά εργαλεία παρατήρησης διαφορετικών νοημάτων. Με άλλα λόγια, πρόκειται για ένα χωρικό πίνακα που αναπαριστά γνωστικά στοιχεία μέσω κόμβων και συνδέσμων, που αντιπροσωπεύουν ιδέες, έννοιες και τις σχέσεις μεταξύ τους.

Οι εννοιολογικοί χάρτες έχουν πολλούς επιδιωκόμενους σκοπούς, όπως την οπτικοποίηση πληροφοριών, καθώς και τη δημιουργία, την αξιολόγηση και την οργάνωση ιδεών. Οι έννοιες, οι μεταξύ τους σχέσεις και οι συνδετικές λέξεις είναι τα βασικά τους συστατικά, ενώ κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η σωστή και ιεραρχημένη διάταξη από το γενικό και περιεκτικό στο ειδικό και το συγκεκριμένο. Ένα ακόμα σημαντικό χαρακτηριστικό που διακρίνει τη χαρτογράφηση εννοιών είναι η προσφορά της στην αποσαφήνιση, την εξωτερίκευση και την οργάνωση της γνώσης. Κατά τη διαδικασία της μάθησης και της επίλυσης ερωτημάτων, ένας εννοιολογικός χάρτης μπορεί να βοηθήσει στην επίλυση αποριών, ενώ ταυτόχρονα καταφέρνει να μειώσει τον όγκο των δεδομένων, τα οποία πλέον παρουσιάζονται οργανωμένα και ιεραρχικά (Tergan, 2005).

Τα προηγμένα εργαλεία χαρτογράφησης εννοιών, που γίνονται με τη βοήθεια του υπολογιστή, διευκολύνουν αρκετά την αναπαράσταση και την πρόσβαση σε διάφορα είδη γνώσης. Πλέον με την χρήση των κατάλληλων εφαρμογών, η δημιουργία ενός εννοιολογικού χάρτη έχει γίνει μια φιλική προς το χρήστη διαδικασία και ιδιαίτερα αποτελεσματική, καθώς οι έννοιες μπορούν να προστεθούν, να διορθωθούν ή να διαγραφούν άμεσα. Παράλληλα, θεωρείται ένας ενεργητικός τρόπος μάθησης και οικοδόμησης της γνώσης, καθώς προϋποθέτει την πλήρη κατανόηση των εννοιών και των θεμάτων που μοντελοποιούνται (Asiksoy, 2019).

Μια τέτοια εφαρμογή, η οποία αξιοποιήθηκε και στην παρούσα διπλωματική εργασία είναι και το SmartTools (Εικόνα 5.1). Είναι ένα δωρεάν web-based software, το οποίο ενθαρρύνει τους χρήστες να οικοδομήσουν, να μοιραστούν και να ασκήσουν κριτική σε γνωσιακά μοντέλα που έχουν αποκτήσει οπτική μορφή μέσω των λειτουργιών που προσφέρει. Το εργαλείο αυτό υποστηρίζει την αναπαράσταση σε πολλές διαφορετικές μορφές, όπως εικόνες, κείμενο, ιστότοποι ή αρχεία ήχου κλπ., διαμορφώνοντας μια δυναμική σχέση μεταξύ των εννοιών. Είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος να αναπαρασταθεί οπτικά ο τρόπος που ένα άτομο έχει κατανοήσει ένα πεδίο γνώσης. Η τεχνολογία, επομένως, μπορεί να συμβάλλει περαιτέρω, κάνοντας ευκολότερη την κατασκευή και την τροποποίηση αυτών των αναπαραστάσεων, τη διαχείριση χαρτών για πιο σύνθετες έννοιες, αλλά και να δώσει την ευκαιρία να διαμοιραστούν τα μοντέλα αυτά σε όλες τις ομάδες ανθρώπων (Cañas et al., 2005).

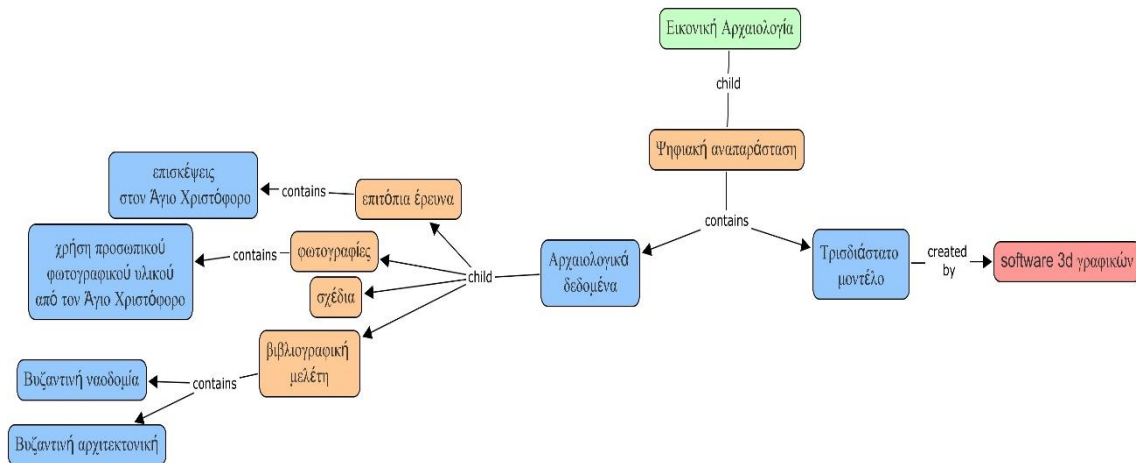


Εικόνα 5.1: Η αρχική σελίδα του SmartTools.

### 5.2.2 Εννοιολογική συσχέτιση βασικών όρων της εργασίας

Ο κεντρικός όρος στον οποίο έχει βασιστεί η παρούσα διπλωματική εργασία είναι η «Εικονική Αρχαιολογία» η οποία βρίσκεται και στην κορυφή του χάρτη ως η πιο γενική και περιεκτική έννοια (Εικόνα 5.2). Πρόκειται για ένα επιστημονικό πεδίο που γνωρίζει ευρεία εφαρμογή στον κλάδο της πολιτιστικής κληρονομιάς, καθώς έχει καταφέρει να αναπτύξει καινοτόμες τεχνικές σχετικά με την οπτικοποίηση των αρχαιολογικών δεδομένων. Μια εξ αυτών των τεχνικών σχετίζεται και με την έννοια της «ψηφιακής αναπαράστασης». Χάρη στην τεχνολογική εξέλιξη, οι τεχνικές μελέτης και έρευνας στην Αρχαιολογία έχουν δεχθεί σημαντικές αλλαγές, απαιτώντας το συνδυασμό των παραδοσιακών μεθόδων με τα σύγχρονα ψηφιακά εργαλεία και εφαρμογές.

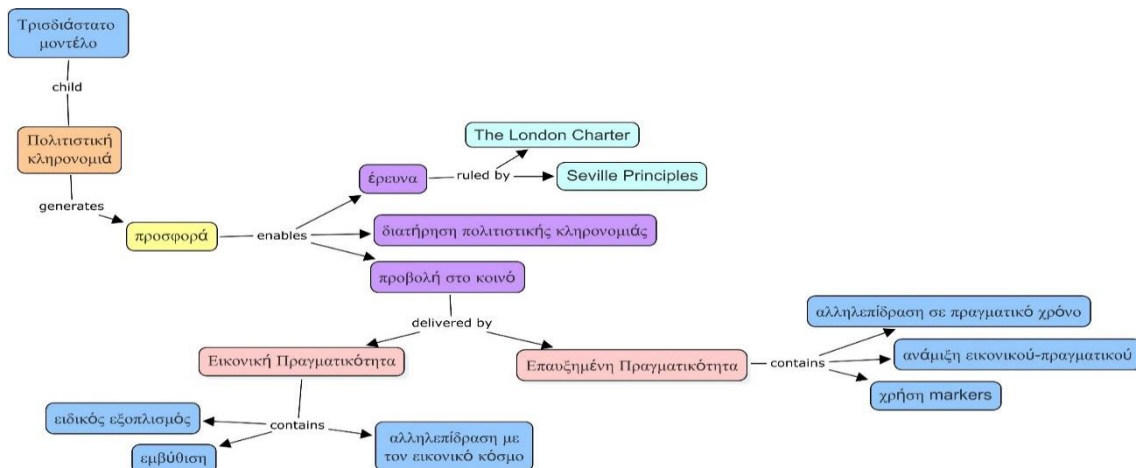
Η ψηφιακή αναπαράσταση, για να θεωρηθεί πλήρης και επιστημονικά τεκμηριωμένη, έχει ανάγκη από τα κατάλληλα αρχαιολογικά δεδομένα, όπως οι βιβλιογραφικές πηγές, στοιχεία από την επιτόπια έρευνα, σχέδια και φωτογραφικό υλικό, τα οποία συνδυάζονται και αποκτούν οπτική μορφή. Στην παρούσα εργασία, τα δεδομένα που συλλέχθηκαν προέρχονται από τη μελέτη της βυζαντινής αρχιτεκτονικής και ναοδομίας στο κάστρο του Μυστρά, από παρατηρήσεις που έγιναν μετά από επιτόπια έρευνα στο παρεκκλήσι του Αγίου Χριστοφόρου, αλλά και με προσωπικό φωτογραφικό υλικό που τραβήχτηκε κατά τη διάρκεια των επισκέψεων. Επόμενο βήμα είναι ο σχεδιασμός και η υλοποίηση του τρισδιάστατου μοντέλου του αρχαιολογικού μνημείου, με τη βοήθεια των κατάλληλων software τρισδιάστατων γραφικών, το οποίο αποτελεί και το μέσο μελέτης και οπτικής ερμηνείας του παρελθόντος, που θα ενισχύσει την αρχαιολογική διαδικασία και θα φέρει το ευρύ κοινό πιο κοντά στην επιστήμη της Αρχαιολογίας.



**Εικόνα 5.2: Εννοιολογική συσχέτιση της Εικονικής Αρχαιολογίας.**

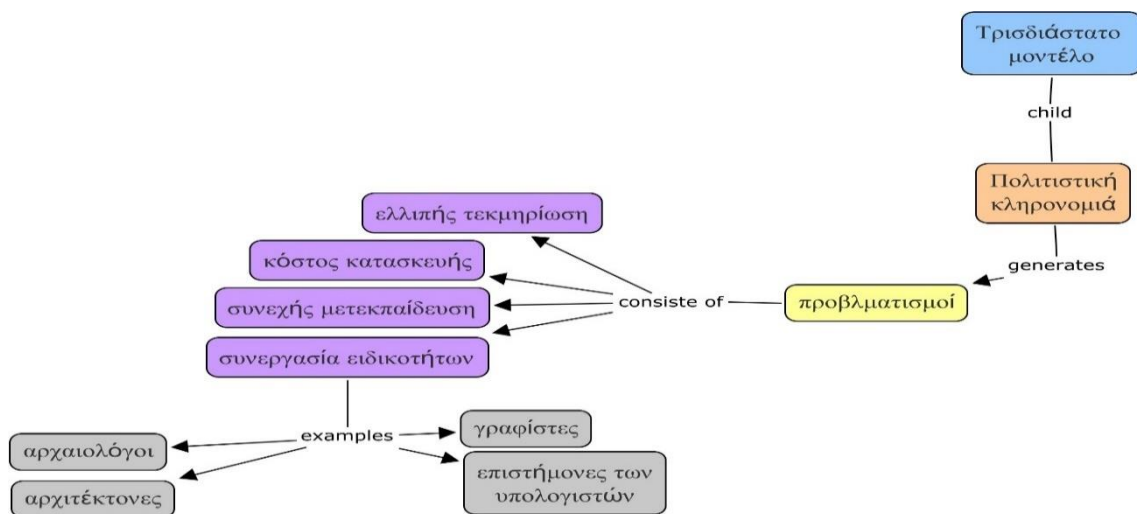
Μέσα από το τρισδιάστατο μοντέλο που κατασκευάζεται, αποτυπώνεται εικονικά ένα μέρος της πολιτιστικής κληρονομιάς μίας περιοχής (Εικόνα 5.3). Μέσα από αυτή τη διαδικασία δίνεται μια καλή ευκαιρία για την αναπαράσταση και την οπτικοποίηση αρχαιολογικών στοιχείων και χαρακτηριστικών που σε διαφορετική περίπτωση δε θα ήταν εύκολο να γίνουν κατανοητά. Η προσφορά, ωστόσο, στην πολιτιστική κληρονομιά δεν περιορίζεται εκεί, καθώς επιτυγχάνεται η διάσωση και η διατήρησή της μέσα στον χρόνο και ευνοείται η μελέτη και η ερμηνεία των υλικών καταλοίπων ακόμα και εκτός του πεδίου της ανασκαφής. Ωστόσο, προκειμένου τα μοντέλα αυτά να θεωρηθούν αξιόπιστα για την επιστημονική κοινότητα χρειάστηκε να τεθούν ορισμένες προδιαγραφές και όρια με συγκεκριμένα πρωτόκολλα, όπως είναι η Χάρτα του Λονδίνου (The London Charter) και οι Αρχές της Σεβίλλης (Seville Principles). Από την άλλη, οι τρισδιάστατες ψηφιακές κατασκευές μπορούν να αξιοποιηθούν για την προβολή και την προώθηση των αρχαιολογικών ευρημάτων και της πολιτιστικής κληρονομιάς γενικότερα στο ευρύτερο κοινό, το οποίο έχει την ευκαιρία να επεξεργαστεί και να γνωρίσει από απόσταση τα μνημεία και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους.

Πιο συγκεκριμένα, οι τεχνολογίες της Εικονικής και της Επαυξημένης Πραγματικότητας μπορούν να λειτουργήσουν ως ευέλικτα εργαλεία προβολής μνημείων αρχαιολογικού ενδιαφέροντος. Η Εικονική Πραγματικότητα (Virtual Reality), με την χρήση του κατάλληλου εξοπλισμού, δίνει στον χρήστη τη δυνατότητα να αλληλεπιδράσει με τον εικονικό κόσμο, να περιηγηθεί ελεύθερα σε αυτόν, να εμβυθιστεί πλήρως στο ψηφιακό εικονικό περιβάλλον και να αισθανθεί ότι αποτελεί τμήμα του και ο ίδιος. Όσον αφορά την Επαυξημένη Πραγματικότητα (Augmented Reality), πρόκειται για την τεχνολογία που συνδέει στενά τον πραγματικό και τον εικονικό κόσμο με την εφαρμογή των κατάλληλων markers, οι οποίοι θα επιτρέψουν στο κοινό να αλληλεπιδράσει σε πραγματικό χρόνο με το μνημείο και να δει ενδεχομένως τη δυναμική του μορφή στο παρελθόν.

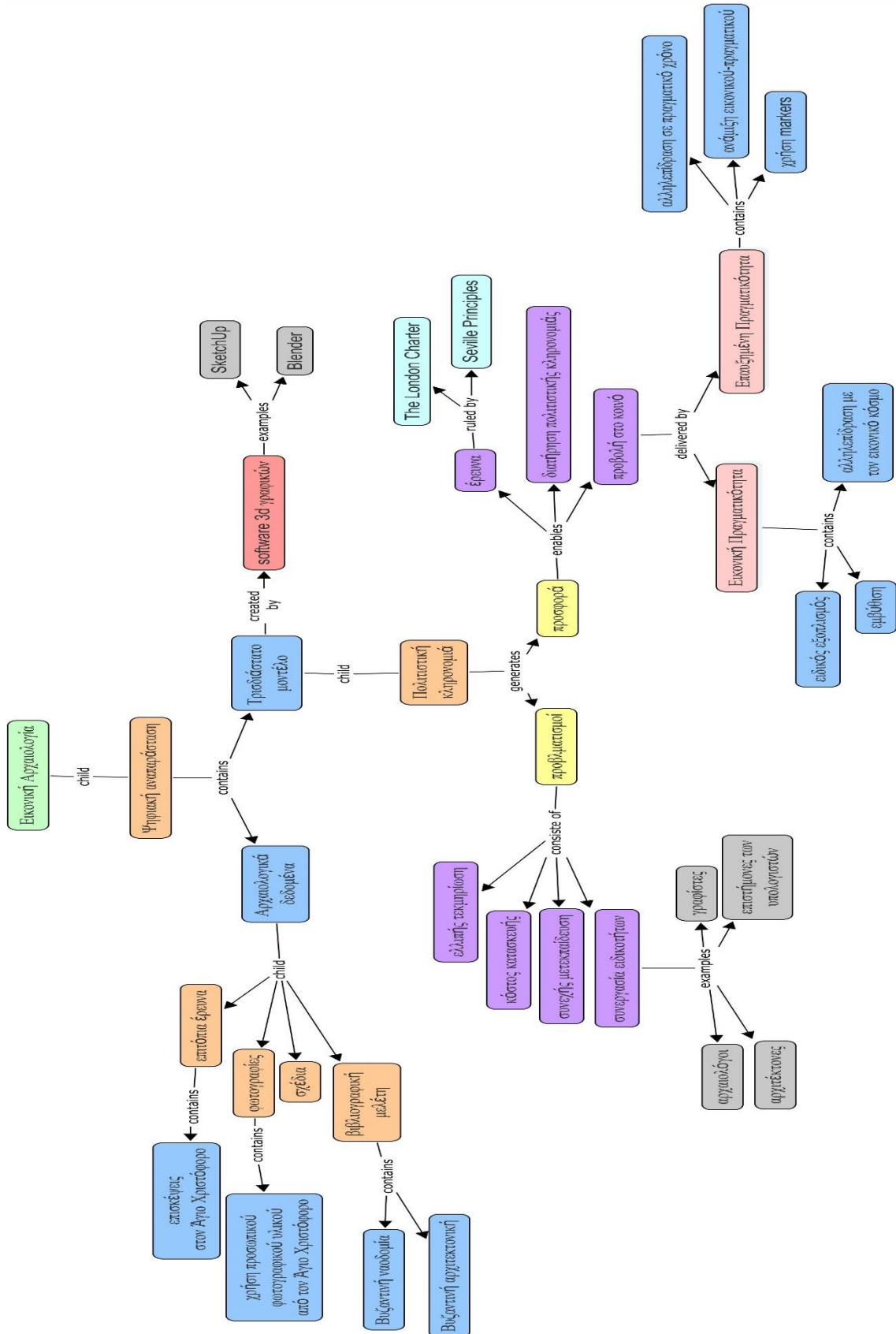


**Εικόνα 5.3: Η προσφορά του τρισδιάστατου μοντέλου στην πολιτιστική κληρονομιά.**

Ταυτόχρονα, η εφαρμογή των τρισδιάστατων μοντέλων στον πολιτισμό εγείρει κάποιους βασικούς προβληματισμούς (Εικόνα 5.4). Αρχικά, οι κατασκευές που προκύπτουν πολλές φορές δεν έχουν λάβει επαρκή επιστημονική τεκμηρίωση και στηρίζονται περισσότερο στην σφαίρα της φαντασίας και του εντυπωσιασμού του θεατή, γεγονός που οδηγεί στην δημιουργία μια λανθασμένης αντίληψης για τους πολιτισμούς του παρελθόντος. Επιπλέον, πρόκειται για έργα αρκετά δαπανηρά, καθώς απαιτείται η χρήση των κατάλληλων μέσων και λογισμικών για την υλοποίησή τους, τα οποία σήμερα εξελίσσονται διαρκώς, με αποτέλεσμα να είναι αναγκαία η συνεχής μετεκπαίδευση της επιστημονικής κοινότητας σε αυτές τις νέες τεχνολογίες, ώστε να ανταποκρίνονται στις ανάγκες της εποχής. Τα μοντέλα αυτά συχνά απαιτούν την σύμπραξη πολλών διαφορετικών ειδικοτήτων. Οι αρχαιολόγοι δεν έχουν τον απόλυτο έλεγχο της πορείας της κατασκευής, αλλά καλούνται να μοιραστούν τις γνώσεις τους με άλλες επιστήμες, περισσότερο πρακτικές, όπως η Αρχιτεκτονική, η Γραφιστική και η Επιστήμη των υπολογιστών. Παρακάτω παρουσιάζεται το σύνολο του εννοιολογικού χάρτη που κατασκευάστηκε (Εικόνα 5.5).



Εικόνα 5.4: Προβληματισμοί σχετικά με τα τρισδιάστατα μοντέλα στον πολιτισμό.

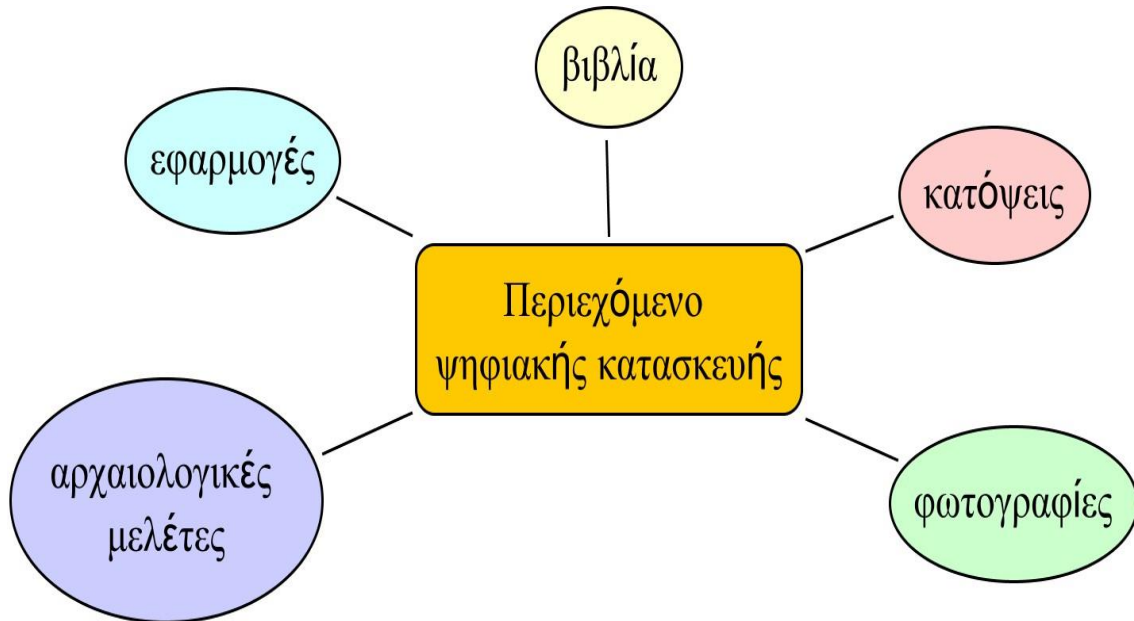


Εικόνα 5.5: Εννοιολογική συσχέτιση των βασικών όρων της εργασίας συνολικά.

Ψηφιακή αναπαράσταση αρχαιολογικών χώρων –  
 Η περίπτωση του Αγίου Χριστόφουρο στο κάστρο του Μυστρά

### 5.2.3 Εννοιολογική χαρτογράφηση της ψηφιακής κατασκευής

Η μοντελοποίηση της ψηφιακής κατασκευής του παρεκκλησίου του Αγίου Χριστοφόρου φανερώνει ότι η υλοποίηση του τρισδιάστατου μοντέλου στηρίζεται σε ένα συνδυασμό πηγών, προκειμένου να επιτευχθεί μια ολοκληρωμένη τεκμηρίωση. Η δημιουργία της τρισδιάστατης αναπαράστασης του Αγίου Χριστοφόρου είναι ένα αποτέλεσμα συσχετισμού διαφορετικών εξωτερικών πληροφοριών, όπως φωτογραφικό υλικό, αρχαιολογικές μελέτες, βιβλιογραφικές αναφορές, εφαρμογές και κατόψεις. οι οποίες μελετήθηκαν και οργανώθηκαν μεθοδικά. Ως εκ τούτου, το τελικό έργο είναι εκείνο που δίνει οπτική μορφή στα δεδομένα που συνελέγησαν, τα οποία έχουν συνδυαστεί και διαμορφώνουν ένα ομοιόμορφο σύνολο (Εικόνα 5.6).



Εικόνα 5.6: Μοντελοποίηση της ψηφιακής κατασκευής.

Επιπρόσθετα, η ψηφιακή κατασκευή βασίζεται σε εξειδικευμένες αρχαιολογικές πηγές, οι οποίες αναφέρονται γενικότερα στην εκκλησιαστική αρχιτεκτονική της καστροπολιτείας του Μυστρά, αλλά και ειδικότερα στο παρεκκλήσι του Αγίου Χριστοφόρου, στην εξέλιξή του μέσα στα χρόνια, στην εικονογραφία του και στις διαδικασίες αναστήλωσής του. Με βάση τα στοιχεία αυτά, τα οποία μελετήθηκαν, με επισκέψεις στο πεδίο, αλλά και με τη λήψη φωτογραφιών, υλοποιήθηκε και η ψηφιακή κατασκευή με τη συνδρομή των κατάλληλων εφαρμογών, οι οποίες διευκόλυναν το έργο, την αλληλεπίδραση με τα δεδομένα και αναδείκνυαν πλήρως το χαρακτήρα του έργου. Ένας ακόμη βασικός άξονας για τον σχεδιασμό της κατασκευής ήταν και η ευκολία περιήγησης του μελλοντικού χρήστη στο εικονικό περιβάλλον του παρεκκλησίου, ώστε να κατανοήσει το σύνολο των πληροφοριών που βλέπει.

Μια βασική παράμετρος για τον σχεδιασμό και τη μοντελοποίηση της ψηφιακής αναπαράστασης είναι, επίσης, η ευκολία χρήσης της από την επιστημονική κοινότητα, η οποία έχει τη δυνατότητα να την επεξεργαστεί. Η τρισδιάστατη κατασκευή του Αγίου Χριστοφόρου είναι σημαντικό να αναπαραστή όλα τα διαθέσιμα δεδομένα από τη βιβλιογραφία και τις αρχαιολογικές μελέτες, ώστε ο ερευνητής να μπορεί να προβεί σε παρατηρήσεις και ερμηνείες, να καταλήξει σε πιθανά συμπεράσματα και να ανταλλάξει απόψεις με άλλους ειδικούς. Το έργο οφείλει να είναι πλήρως τεκμηριωμένο, να δηλώνονται σαφώς τυχόν ανεπάρκειες στα δεδομένα και να αναφέρονται ρητά τα πρόσθετα στοιχεία, που δε βασίζονται σε έγκυρες πληροφορίες.

### 5.3 Αποδελτίωση και χρήση του λογισμικού Taguette

Επόμενο βήμα είναι η ποιοτική στάθμιση της εργασίας και των κυριότερων εννοιών, στις οποίες βασίστηκε, και παρουσιάστηκαν στην εννοιολογική χαρτογράφηση παραπάνω. Το εργαλείο που επιλέχθηκε για το σκοπό αυτό είναι το Taguette. Πρόκειται για ένα δωρεάν λογισμικό ανοιχτού κώδικα, το οποίο συμβάλλει σημαντικά στη διεξαγωγή της ποιοτικής έρευνας και στην κατανόηση



των θεμάτων που θίγει η εργασία. Αναμφίβολα, μπορούμε να χαρακτηρίσουμε το Taguette ως ένα εύχρηστο εργαλείο, το οποίο επιτρέπει τη συνεργασία μεταξύ διαφορετικών χρηστών για την ποιοτική ανάλυση της έρευνας. Ειδικότερα, μπορούν να εισάγουν στοιχεία, να τα οργανώνουν μεθοδικά, να τα συνδέουν μεταξύ τους με τις κατάλληλες ετικέτες και να συνεργάζονται, προκειμένου να καταλήξουν σε συμπεράσματα και να εξάγουν άμεσα τα ποιοτικά τους δεδομένα (Taguette, 2018).

Προτού ξεκινήσει η ποιοτική στάθμιση, ονομάζουμε το project το οποίο μας απασχολεί, δίνοντας και κάποια μικρή περιγραφή σχετικά με το περιεχόμενό του. Έπειτα, εμφανίζεται η αρχική σελίδα του project, όπου υπάρχει η καρτέλα στην οποία μπορούμε να προσθέσουμε έγγραφα και η καρτέλα των ετικετών (tags), τις οποίες θα εισάγουμε αργότερα. Το Taguette επιτρέπει την επεξεργασία πολλών μορφών εγγράφων, όπως .pdf, .docx, .txt κλπ. Στη συνέχεια, μεταφορτώνουμε τα δεδομένα που θα αξιολογηθούν ποιοτικά και ξεκινάει η διαδικασία προσθήκης των κατάλληλων ετικετών, με βάση τις κύριες έννοιες που απασχολούν την παρούσα διπλωματική εργασία. Για να υλοποιηθεί το βήμα αυτό χρειάστηκε να διαβάσουμε αρκετές φορές τα κεφάλαια, ώστε το περιεχόμενό τους να γίνει πλήρως κατανοητό. Αφού εντοπίσαμε τα κύρια θέματα, που επαναλαμβάνονται μέσα στα κείμενα, δημιουργούμε τις ετικέτες που κρίνουμε ότι χρειάζονται και καλύπτουν όλα τα ζητήματα που αναφέρει η εργασία. Έτσι, καταφέραμε να οργανώσουμε και να αναλύσουμε ποιοτικά τα έγγραφα, στηριζόμενοι στην εννοιολογική χαρτογράφηση του υποκεφαλαίου 5.2 και στα βασικά θέματα που αναλύονται (Εικόνα 5.7).

Πληροφορίες έργου Έγγραφα

Επισημάνσεις

	Προσθήκη εγγράφου
2ο κεφάλαιο	Επεξεργασία
3ο κεφάλαιο	Επεξεργασία
4ο κεφάλαιο	Επεξεργασία
6ο κεφάλαιο	Επεξεργασία
<input type="checkbox"/> Οπισθοφορισμός	

### 3. Εικονική Αρχαιολογία και Πολιτιστική Κληρονομιά

#### 3.1 Εισαγωγή

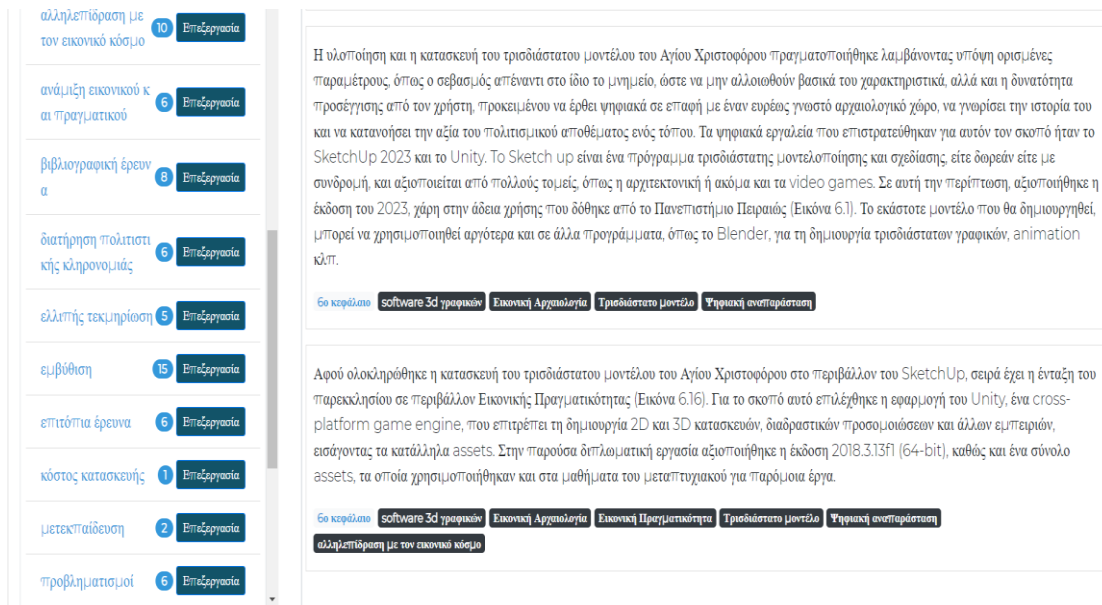
Στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο γίνεται αναλυτική αναφορά στην Εικονική Αρχαιολογία και στους τρόπους με τους οποίους έχει επηρεάσει την έρευνα. Πιο συγκεκριμένα στο υποκεφάλαιο 3.2 δίνεται ο ορισμός του όρου «Εικονική Αρχαιολογία» και η συνεισφορά της στην οπτικοποίηση των αρχαιολογικών δεδομένων, με σκοπό τη διατήρηση, τη μελέτη και την προβολή της πολιτιστικής κληρονομιάς στην επιστημονική κοινότητα και στο ευρύτερο κοινό. Στο υποκεφάλαιο 3.3 παρουσιάζονται δύο από τα βασικότερα καταστατικά που είναι σήμερα σε ισχύ σχετικά με τις πρακτικές της Εικονικής Αρχαιολογίας και της Ψηφιακής Πολιτιστικής Κληρονομιάς γενικότερα, η Χάρτα του Λονδίνου και οι Αρχές της Σεβίλλης. Τέλος, στο υποκεφάλαιο 3.4 αναλύονται οι βασικότεροι προβληματισμοί και οι ενστάσεις των ειδικών σχετικά με την εφαρμογή της Εικονικής Αρχαιολογίας και τα προβλήματα που μπορεί να προκύψουν κατά τη διάρκεια δημιουργίας μιας τρισδιάστατης αρχαιολογικής αναπαράστασης.

#### 3.2 Η Εικονική Αρχαιολογία και η Προσφορά της

Η τρισδιάστατη μοντελοποίηση (3D modeling) και η Εικονική Πραγματικότητα (Virtual Reality) έχουν καταφέρει να εμπλακούν στον κλάδο της Αρχαιολογίας από τα τέλη της δεκαετίας του '80 – αρχές της δεκαετίας του '90, δημιουργώντας σταδιακά ανεπτυγμένα μοντέλα και εικονικές κατασκευές αρχαιολογικών χώρων, μνημείων και αντικειμένων, τα οποία δημοσιεύονται στο ευρύτερο κοινό (Hermon, 2008). Η ιδέα του «εικονικού» υποδηλώνει ότι το ψηφιακό μοντέλο, σε πολλές περιπτώσεις, ανακατασκευάζει κάτι που πλέον δεν υπάρχει, αλλά υπήρχε στο παρελθόν. Με τη συνδρομή της τεχνολογίας, οι αρχαίοι πολιτισμοί και τα δημιουργήματά τους αναβιώνουν μέσω των ψηφιακών εικόνων. Η Εικονική Αρχαιολογία, επίσης, περιλαμβάνει και την εφαρμογή της Εικονικής Πραγματικότητας, όπου δεν υφίσταται μια απλή αναπαράσταση ενός τρισδιάστατου μοντέλου, αλλά μια διαδραστική οπτικοποιημένη ανακατασκευή (Kourtzellis et al., 2008). Η συνθήκη αυτή σύντομα «γέννησε» τον όρο Εικονική Αρχαιολογία (Virtual Archaeology), ο οποίος εισάγεται το 1990 από τον P. Reilly: Η Εικονική Αρχαιολογία βασίζεται στο εικονικό στοιχείο, ένα μοντέλο ή αντίγραφο, στην αντίληψη ότι κάτι μπορεί να λειτουργήσει ως υποκατάστατο στο πραγματικό (Reilly, 1990). Ειδικότερα, σχετίζεται με τα τρισδιάστατα γραφικά που κατασκευάζονται από τον υπολογιστή και έχουν αρχαιολογικό ενδιαφέρον. Οι συγκεκριμένες εικονικές αρχαιολογικές κατασκευές, αναφέρονται στην χρήση 2D και 3D μοντέλων μνημείων, ανασκαφών, τοπίων κλπ, τα οποία δημιουργούνται μέσω

#### Εικόνα 5.7: Διαδικασία ποιοτικής στάθμισης στο Taguette.

Αφού ολοκληρώθηκε αυτό το βήμα για όλα τα δεδομένα, στην καρτέλα των ετικετών μπορούμε να δούμε συγκεντρωτικά το σύνολο των ετικετών/tags που χρησιμοποιήθηκαν, πόσες φορές εντοπίζεται η καθεμία, αλλά και τα δεδομένα εκείνα που αξιολογήθηκαν ποιοτικά και επισημάνθηκαν κατά τη διάρκεια της στάθμισης. Με αυτόν τον τρόπο, έχουμε τη δυνατότητα να παρακολουθήσουμε το σύνολο της ποιοτικής αξιολόγησης και να κατανοήσουμε τις κεντρικές ιδέες που αναπτύσσονται, τις βασικές έννοιες και λέξεις-κλειδιά, αλλά και τις σχέσεις που δημιουργούνται μεταξύ τους (Εικόνα 5.8).



**Εικόνα 5.8: Η καρτέλα των ετικετών της ποιοτικής στάθμισης στο Taguette.**

Το Taguette επιτρέπει στον χρήστη να κάνει εξαγωγή το έργο του σε πολλές μορφές, εμείς ωστόσο επιλέξαμε το Excel, καθώς δίνει τη δυνατότητα να αναπαραστήσουμε τα δεδομένα με βάση τις ανάγκες μας. Στις εικόνες 5.9 και 5.10 απεικονίζεται η οργάνωση των ετικετών/tags που χρησιμοποιήσαμε ανά κεφάλαιο, προκειμένου να γνωρίζουμε τα θέματα που θίγονται ανά ενότητα.

Πιο αναλυτικά, στο κεφάλαιο 2 αναπτύσσονται θέματα που σχετίζονται με τις τεχνολογίες της Εικονικής και της Επαυξημένης Πραγματικότητας, αλλά και των κύριων χαρακτηριστικών τους, όπως η αλληλεπίδραση και η εμβύθιση, αλλά και η σύνδεση τους με τον κλάδο της πολιτιστικής κληρονομιάς. Το κεφάλαιο 3 αναφέρεται αναλυτικά στην Εικονική Αρχαιολογία, η οποία αξιοποιεί συχνά την Εικονική και την Επαυξημένη Πραγματικότητα για την επίτευξη των στόχων της. Επίσης, δίνεται έμφαση σε βασικά της γνωρίσματα, όπως είναι η ψηφιακή αναπαράσταση, η χρήση αρχαιολογικών δεδομένων και τα τρισδιάστατα μοντέλα που δημιουργούνται με τη βοήθεια των κατάλληλων 3d software. Από τα παραπάνω, προκύπτουν τόσο οφέλη όσο και ορισμένοι προβληματισμοί γύρω από τον πολιτισμό, που σχετίζονται με τη διατήρηση του πολιτιστικού αποθέματος, την προβολή στο κοινό, την επιστημονική έρευνα, την ανάγκη συνεργασίας πολλών ειδικοτήτων, αλλά και το κόστος υλοποίησης αντίστοιχων έργων σήμερα.

Το κεφάλαιο 4 αφορά περισσότερο την αρχαιολογική τεκμηρίωση της παρούσας εργασίας, καθώς παρουσιάζει λεπτομερώς το σύνολο των αρχαιολογικών πληροφοριών που μελετήθηκαν και αξιοποιήθηκαν. Ειδικότερα, τονίζεται η μελέτη αρχαιολογικών σχεδίων σχετικά με το παρεκκλησι του Αγίου Χριστοφόρου και των βιβλιογραφικών πηγών που εξετάστηκαν τόσο για το παρεκκλησι όσο και για το σύνολο του κάστρου του Μυστρά. Ακόμη, μέσα από την ποιοτική στάθμιση, αναδείχθηκε και η επιτόπια έρευνα που πραγματοποιήθηκε στον αρχαιολογικό χώρο και η λήψη προσωπικού φωτογραφικού υλικού, που συνέβαλε στη δημιουργία του ψηφιακού έργου. Τέλος, το κεφάλαιο 6, παρουσιάζει αναλυτικά όλα τα βήματα για την υλοποίηση της κατασκευής με τη βοήθεια των software τρισδιάστατων γραφικών. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι σε αυτό το κεφάλαιο εφαρμόζεται στην πράξη το σύνολο των δεδομένων που συλλέχθηκαν και αναλύθηκαν στην εργασία. Το τρισδιάστατο μοντέλο που δημιουργήθηκε αποτελεί ένα χαρακτηριστικό δείγμα της Εικονικής Αρχαιολογίας και των στόχων που προσπαθεί να επιτύχει τόσο για την επιστημονική κοινότητα όσο και για το ευρύτερο κοινό. Φανερώνει ότι ένα τέτοιο εγχείρημα απαιτεί μια σωστή τεκμηρίωση αλλά και την κατάλληλη τεχνολογική κατάρτιση, προκειμένου να είναι αποδεκτό και επιστημονικά τεκμηριωμένο. Ταυτόχρονα, η ένταξή του σε περιβάλλον Εικονικής Πραγματικότητας αποδεικνύει ότι μπορεί να αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο διατήρησης και ανάδειξης της πολιτιστικής κληρονομιάς, αρκεί να ληφθούν υπόψη όλοι οι προβληματισμοί που προκύπτουν και να τηρηθούν ορισμένες βασικές αρχές σχετικά με το πρότυπο δημιουργίας ανάλογων έργων.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2	<b>ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ ΑΝΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟ</b>										
3	Ετικέτες γραμμής										
4	<b>= 2ο κεφάλαιο</b>										
5	αλληλεπίδραση με τον εικονικό κόσμο										
6	ανάμιξη εικονικού και πραγματικού										
7	Εικονική Πραγματικότητα										
8	εμβύθιση										
9	Επαυξημένη Πραγματικότητα										
10	Πολιτιστική κληρονομιά										
11	χρήση markers										
12	<b>= 3ο κεφάλαιο</b>										
13	software 3d γραφικών										
14	αλληλεπίδραση με τον εικονικό κόσμο										
15	Αρχαιολογικά δεδομένα										
16	διατήρηση πολιτιστικής κληρονομιάς										
17	Εικονική Αρχαιολογία										
18	Εικονική Πραγματικότητα										
19	ελλιπής τεκμηρίωση										
20	εμβύθιση										
21	Επαυξημένη Πραγματικότητα										
22	έρευνα										
23	κόστος κατασκευής										
24	μετεκπαίδευση										
25	Πολιτιστική κληρονομιά										
26	προβληματισμοί										
27	προβολή στο κοινό										
28	προσφορά										
29	συνεργασία ειδικοτήτων										
30	Τρισδιάστατο μοντέλο										
31	Ψηφιακή αναπαράσταση										

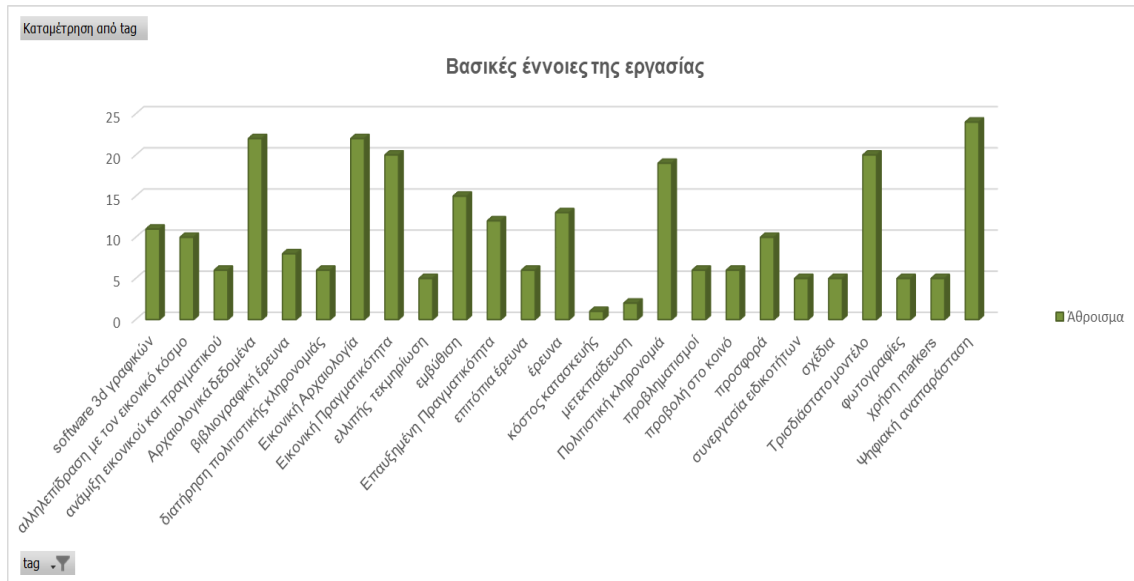
Εικόνα 5.9: Οργάνωση των κύριων εννοιών των κεφαλαίων 2 και 3.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
32	<b>= 4ο κεφάλαιο</b>										
33	Αρχαιολογικά δεδομένα										
34	βιβλιογραφική έρευνα										
35	Εικονική Αρχαιολογία										
36	επιτόπια έρευνα										
37	Πολιτιστική κληρονομιά										
38	σχέδια										
39	Τρισδιάστατο μοντέλο										
40	φωτογραφίες										
41	Ψηφιακή αναπαράσταση										
42	<b>= 6ο κεφάλαιο</b>										
43	software 3d γραφικών										
44	αλληλεπίδραση με τον εικονικό κόσμο										
45	Αρχαιολογικά δεδομένα										
46	βιβλιογραφική έρευνα										
47	διατήρηση πολιτιστικής κληρονομιάς										
48	Εικονική Αρχαιολογία										
49	Εικονική Πραγματικότητα										
50	ελλιπής τεκμηρίωση										
51	επιτόπια έρευνα										
52	έρευνα										
53	προβολή στο κοινό										
54	συνεργασία ειδικοτήτων										
55	σχέδια										
56	Τρισδιάστατο μοντέλο										
57	φωτογραφίες										
58	Ψηφιακή αναπαράσταση										

Εικόνα 5.10: Οργάνωση των κύριων εννοιών των κεφαλαίων 4 και 6.

Μια ακόμη δυνατότητα που δίνει η εξαγωγή της ποιοτικής στάθμησης σε μορφή Excel, είναι η δημιουργία ραβδοδιαγράμματος σχετικά με τη συχνότητα χρήσης των ετικετών/tags που έγινε στο

Taguette (Εικόνα 5.11). Με αυτό τον τρόπο, μπορούμε να ελέγξουμε ποιες είναι οι κύριες και πιο συχνά εμφανιζόμενες έννοιες στα δεδομένα που μελετήθηκαν, αλλά και να κατανοήσουμε το θεματικό άξονα σύμφωνα με τον οποίο αναπτύχθηκε η παρούσα διπλωματική εργασία.

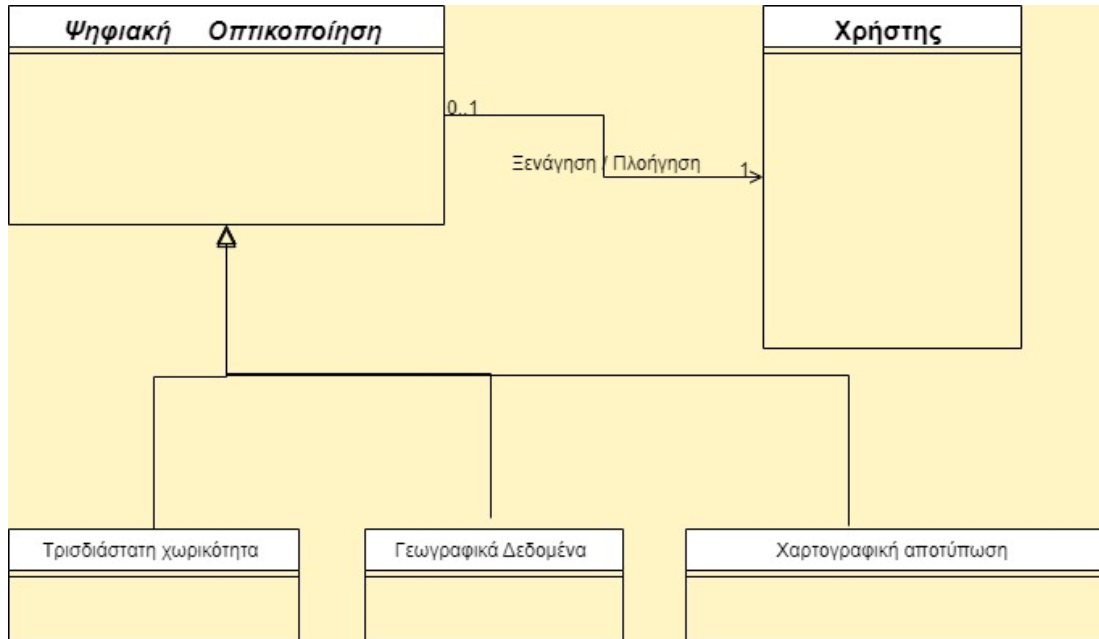


Εικόνα 5.11: Ραβδοδιάγραμμα βασικών εννοιών.

#### 5.4 Μοντελοποίηση της οπτικοποίησης της ψηφιακής αναπαράστασης του Αγίου Χριστοφόρου στο κάστρο του Μυστρά

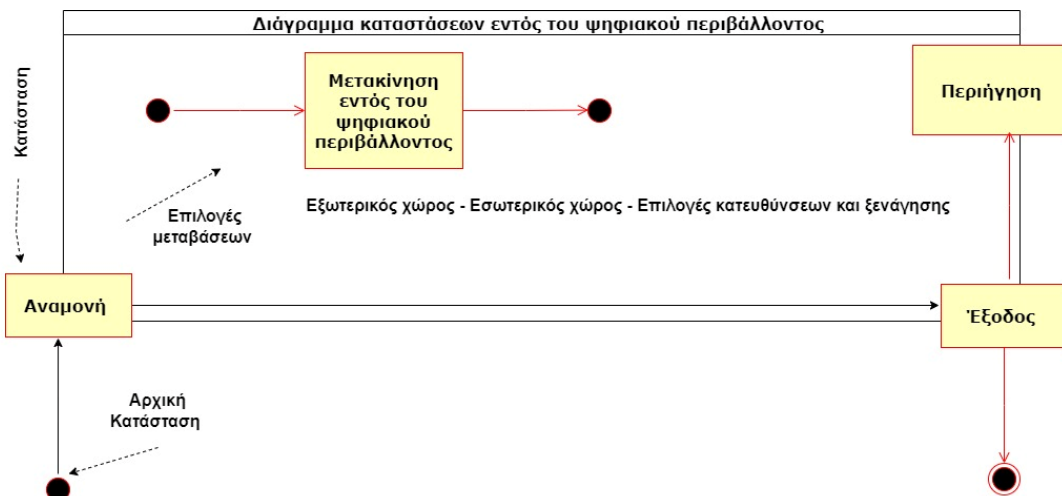
Για την μοντελοποίηση της κατασκευής μας επιλέξαμε να αξιοποιήσουμε τα διαγράμματα μηχανής καταστάσεων (state machine diagrams), (Samuel, Mall & Bothra, 2008), με βάση την Ενοποιημένη Γλώσσα Σχεδίασης Προτύπων - Unified Modeling Language, (UML) (Jacobson & Booch, 2021). Όταν αναφερόμαστε στις μηχανές καταστάσεων αναπόφευκτα παραπέμπουμε σε συστήματα αναφοράς, όπως είναι τα συστήματα μηχανοτρονικής, τα αυτόματα συστήματα πλοήγησης ή οι αυτόματες μηχανές. Για αυτές τις καταστάσεις υπάρχουν διάφορες μορφές διαγραμμάτων καταστάσεων (André, Etienne, et al., 2023), οι οποίες προέρχονται από τις πρώτες μορφές αντικειμενοστρεφών τεχνικών και υιοθετούνται για να παρουσιαστεί η συνολική συμπεριφορά ενός συστήματος. Από την πλευρά της δικής μας μοντελοποίησης θεωρούμε τη συνολική κατασκευή σαν ένα έννοια ενιαίο σύστημα και αναζητάμε τη συμπεριφορά από την αποτύπωση ενός και μόνο αντικειμένου, του παρεκκλησίου του Αγίου Χριστοφόρου στο κάστρο του Μυστρά, ενταγμένο σε μια διαδικασία ξενάγησης από έναν χρήστη.

Για την συγκεκριμένη μοντελοποίηση αξιοποιήσαμε τέσσερα βασικά διαγράμματα μηχανής καταστάσεων τα οποία περιγράφουν την λειτουργία της εικονικής ξενάγησης ως σύστημα. Θεωρούμε ότι ο χρήστης έχει κατακτήσει μέσω της άρτητα γενικευμένης χρήσης των εξατομικευμένων διαδικτυακών συσκευών την τεχνική ξενάγησης σε εικονικό κόσμο, μέσο ενός εικονικού χαρακτήρα. Ο χαρακτήρας της κατασκευής μας έχει αποκλειστικά στραμμένο το βλέμμα στο περιβάλλον της ξενάγησης και επιλέγει συγκεκριμένες κατευθύνσεις και καταστάσεις. Κατά την διαδικασία της σχεδίασης περιορίσαμε τις συνθήκες κατά τις οποίες επιτυγχάνεται στο ψηφιακά κατασκευασμένο περιβάλλον η οπτικοποίηση της ψηφιακής αναπαράστασης του Αγίου Χριστοφόρου στο κάστρο του Μυστρά. Τα δεδομένα της ξενάγησης είναι πολλά και αφορούν την γεωγραφική, τρισδιάστατη, χαρτογραφική, και τέλος ψηφιακή οπτικοποίηση. Η μοντελοποίηση μας συμβάλει οργάνωση αυτής της οπτικοποίησης στη μαθησιακή διαδικασία ως εργαλείο επικοινωνίας του χρήστη με το σημείο, αλλά και ως καθ' αυτό περιβάλλον οπτικοποίησης (Εικόνα 5.12).



Εικόνα 5.12: Τα δεδομένα της ξενάγησης.

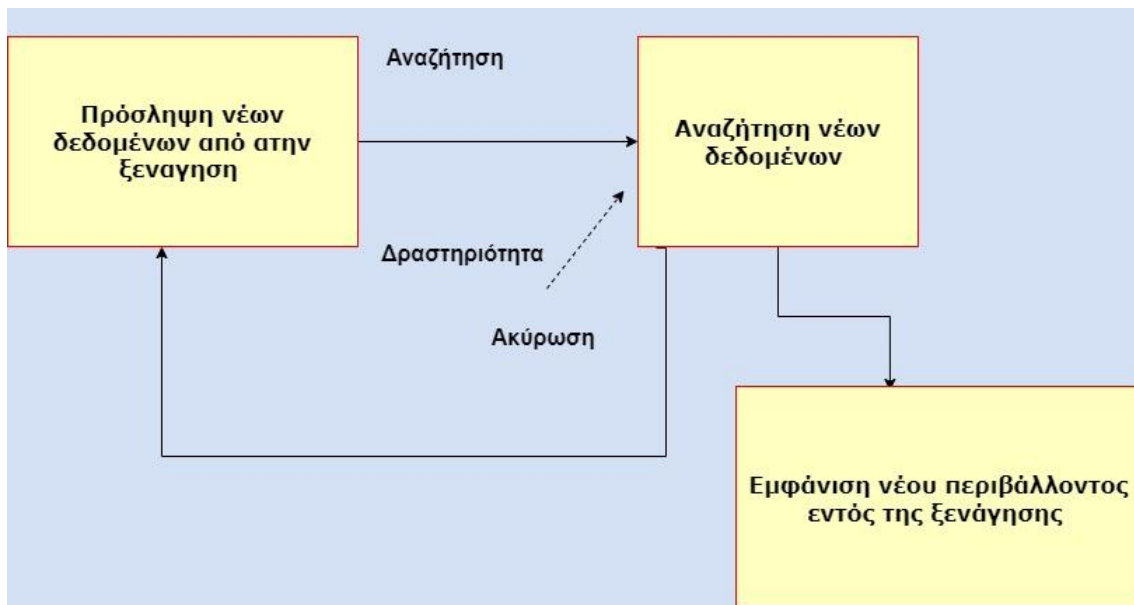
Η Εικόνα 5.13 απεικονίζει ένα διάγραμμα μηχανής καταστάσεων για την κλάση ελέγχου που καθοδηγεί το σύστημα ξενάγησης της ψηφιακής αναπαράστασης του Αγίου Χριστοφόρου στο κάστρο του Μυστρά. Το διάγραμμα καταστάσεων ξεκινάει με την κατάσταση του χρήστη σε αναμονή (Αρχική Κατάσταση).



Εικόνα 5.13: Το διάγραμμα μηχανής καταστάσεων για την κλάση ελέγχου.

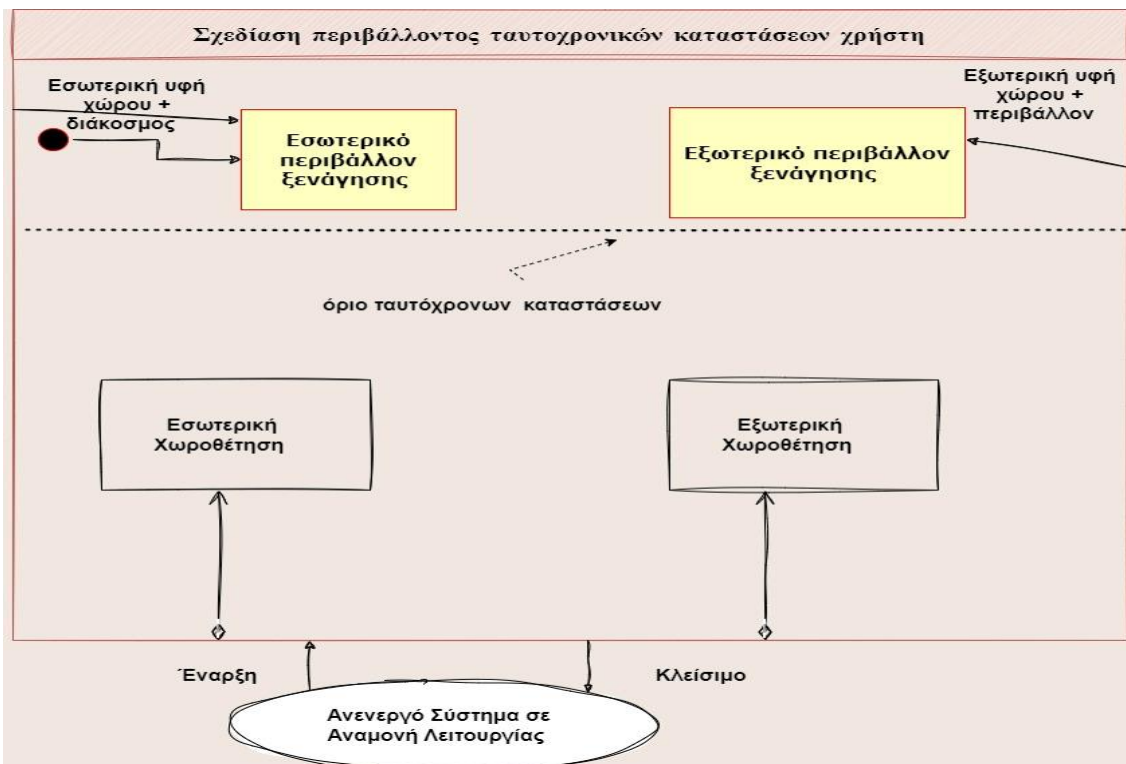
Η αρχική κατάσταση δεν είναι μια πραγματική κατάσταση αλλά έχει ένα βέλος με διακεκομμένες γραμμές που δείχνει ακριβώς τη συνθήκη αναμονής του χρήστη για να εισέλθει στο ψηφιακό σύστημα ξενάγησης. Το διάγραμμα δείχνει ότι ο χρήστης μπορεί να βρίσκεται σε τρεις καταστάσεις: Αναμονή, Περιήγηση, και Έξοδος. Το διάγραμμα επίσης δείχνει τους κανόνες με τους οποίους εναλλάσσονται οι διάφορες καταστάσεις του χριστού αυτοί οι κανόνες έχουν την μορφή μεταβάσεων από γραμμές που ενώνουν τις καταστάσεις. Κάθε μετάβαση δείχνει τη μετακίνηση από τη μία κατάσταση στην άλλη, ενώ διαθέτει ετικέτα, η οποία περιγράφει ένα και μόνο συμβάν που ενεργοποιεί μια πιθανή αλλαγή κατάστασης. Από πλευράς προγραμματισμού αυτό είναι μια λογική συνθήκη που πρέπει να είναι αληθής ώστε να γίνει η μετάβαση. Κάθε δραστηριότητα είναι κάποια λειτουργία η οποία εκτελείται κατά τη μετάβαση. Αυτή η λειτουργία μπορεί να είναι οποιαδήποτε προβλεπόμενη παράσταση συμπεριφοράς του εικονικού χρήστη. Η πλήρη μορφή μιας λειτουργίας μπορεί να συμπεριλαμβάνει περισσότερα από ένα συμβάντα και παραμέτρους. Σύμφωνα με την Εικόνα 5.13, ο χρήστης είναι σε κατάσταση αναμονής ενώ εάν

εισέλθει στο σύστημα αποκαλύπτονται οι επιλογές μετάβασής του, αλλά και οι παραλλαγές αυτών. Και τα τρία μέρη της μετάβασης, αναμονή, έξοδος, περιήγηση, είναι προαιρετικά. Η απουσία δραστηριότητας δείχνει ότι δεν γίνεται τίποτα κατά τη διάρκεια της μετάβασης, δηλαδή ότι μπορεί ο χρήστης να παραμένει σε ένα στάδιο διαρκώς. Είναι σημαντικό να προστεθεί ότι σε αυτό τον τύπο μοντελοποίησης μέσω διαγραμμάτων μηχανής καταστάσεων δεν έχει προβλεφθεί ενδιάμεση δραστηριότητα (Ma & Chao, 2020). Κάθε συμβάν πραγματοποιείται αμέσως, και ακολουθεί μόνο μια μετάβαση εξόδου από αυτή την κατάσταση. Η τελική κατάσταση δείχνει ότι η μηχανή καταστάσεων ολοκληρώθηκε, με μοναδικά αναμενόμενο αποτέλεσμα την έξοδο του χρήστη από το σύστημα. Μεθοδολογικά η μηχανή καταστάσεων μπορεί να δείξει μόνο όσα το ίδιο το αντικείμενο παρατηρεί ή ενεργοποιεί άμεσα. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι όποιες άλλες προγραμματιστικές ενέργειες δεν απεικονίζονται στο διάγραμμα καταστάσεων με συνέπεια να μην μπορούν να γίνουν αντιληπτές από το χρήστη, αν συμβαίνουν ταυτόχρονα. Η έννοια της κατάστασης των αντικειμένων σε ένα διάγραμμα μηχανής καταστάσεων είναι μια πιο αφηρημένη έννοια της κατάστασης, καθώς διαφορετικές καταστάσεις συνεπάγονται διαφορετικούς τρόπους αντίδρασης στα συμβάντα (Gupta, Poels & Bera, 2023).



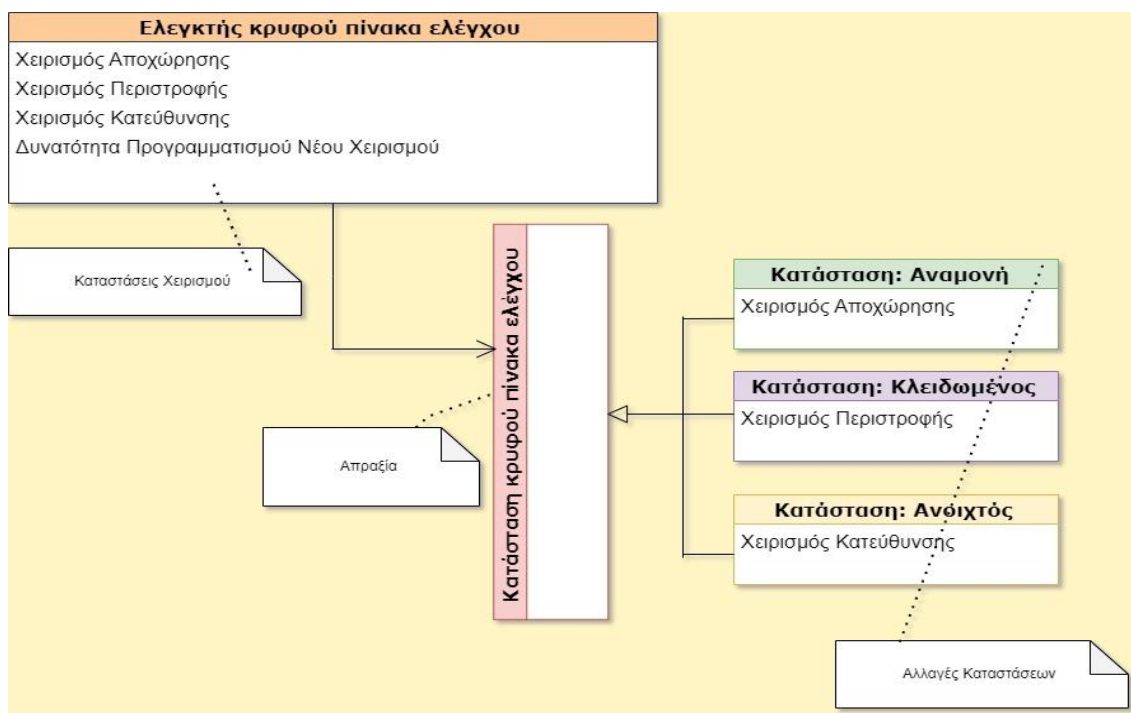
**Εικόνα 5.14: Κατάσταση με δραστηριότητα του χρήστη.**

Για τις καταστάσεις που περιγράψαμε μέχρι τώρα, θεωρήσαμε ότι ο χρήστης περιμένει το επόμενο συμβάν πριν κάνει οτιδήποτε. Για την ολοκληρωμένη μοντελοποίηση του συστήματος ξενάγησης της ψηφιακής αναπαράστασης του Αγίου Χριστοφόρου στο κάστρο του Μυστρά, θα πρέπει να σχεδιάσουμε την κατάσταση κατά την οποία ο χρήστης εκτελεί μια εξελισσόμενη εργασία. Η κατάσταση «αναζήτησης» του χρήστη (Εικόνα 5.13), είναι μια κατάσταση δραστηριότητας (Letaw, 2024). Η εξελισσόμενη δραστηριότητα ονομάζεται και δραστηριότητα ενέργειας και ακολουθεί μεταβάσεις οι οποίες δεν έχουν δραστηριότητες όπως αυτή της εμφάνισης νέου υλικού. Μια τέτοια δραστηριότητα στην δική μας μοντελοποίηση είναι η μετάβαση του χρήστη από τον εξωτερικό χώρο στον εσωτερικό του παρεκκλησίου. Και οι δραστηριότητες ενέργειας και οι κανονικές δραστηριότητες αντιπροσωπεύουν την εξέλιξη κάποιας συμπεριφοράς του χρήστη στο ψηφιοποιημένο περιβάλλον ξενάγησης. Η κρίσιμη διαφορά μεταξύ των δύο αυτών ενεργημάτων του χρήστη είναι ότι οι κανονικές δραστηριότητες συμβαίνουν «στιγμιαία» και δεν μπορούν να διακοπούν από κανονικά συμβάντα, ενώ, οι δραστηριότητες ενέργειας μπορούν να έχουν κάποια πεπερασμένη χρονική διάρκεια και να διακοπούν. Εδώ πρέπει να σημειώσουμε ότι το επίρρημα «στιγμιαία» έχει διαφορετική σημασία για διαφορετικά συστήματα. Σε συστήματα αυστηρά πραγματικού χρόνου μπορεί να είναι η διάρκεια εκτέλεσης μερικών εντολών μηχανής, ενώ σε συστήματα λογισμικού γραφείου μπορεί να είναι μερικά δευτερόλεπτα (Baumgartner & Pulvermüller, 2024). Από την άλλη μεριά οι καταστάσεις μπορούν να διαιρεθούν σε πολλά «ορθογωνικά» διαγράμματα καταστάσεων τα οποία εξελίσσονται ταυτόχρονα (Εικόνα 5.15).



Εικόνα 5.15: «Ορθογωνικές» ταυτόχρονες καταστάσεις.

Για την οργάνωση της μοντελοποίησης της ψηφιακής αναπαράστασης του Αγίου Χριστοφόρου στο κάστρο του Μυστρά εκτιμήσαμε ότι οι επιλογές «Εσωτερική Χωροθέτηση» και «Εξωτερική Χωροθέτηση», είναι «ορθογωνικές» επιλογές (Hu, 2023). Ο διαχωρισμός των δύο περιοχών συμπεριφοράς σε ξεχωριστά διαγράμματα καταστάσεων κάνει τα πράγματα πιο σαφή. Τα βέλη από και προς το «Ανενεργό Σύστημα σε Αναμονή Λειτουργίας» δείχνουν σε ποια κατάσταση θα μεταφερθεί ο χρήστης την πρώτη φορά, όταν δεν υπάρχει ιστορικό ξενάγησης ή όταν ολοκληρώνει την ξενάγηση του και απομακρύνεται από το ψηφιακό περιβάλλον.



Εικόνα 5.16: Μοντελοποίηση με βάση το μοτίβο καταστάσεων.

Τέλος, για την για ολοκλήρωση της μοντελοποίησης του συστήματος ξενάγησης της ψηφιακής αναπαράστασης του Αγίου Χριστοφόρου στο κάστρο του Μυστρά, θα αξιοποιήσουμε το μοτίβο καταστάσεων (State Pattern). Το μοτίβο καταστάσεων, (Wąsowski & Berger, 2023), δημιουργεί μια ιεραρχία από κλάσεις καταστάσεων για το χειρισμό της συμπεριφοράς των καταστάσεων του χρήστη (Εικόνα 5.16). Κάθε κατάσταση στο διάγραμμα έχει μια δευτερεύουσα κλάση κατάστασης. Με αυτόν τον τρόπο ο σχεδιαστής του συστήματος διαθέτει μεθόδους για το συμβάν, το οποίο απλώς προωθείται στην κλάση κατάστασης. Η κορυφή της ιεραρχίας είναι μια αφηρημένη κλάση, η οποία υλοποιεί όλες τις μεθόδους χειρισμού συμβάντων ώστε να μην κάνουν τίποτα εκτός της σχεδίασης (Steffen et al., 2024). Για κάθε συγκεκριμένη κατάσταση απλώς υποσκελίζονται οι αντίστοιχες μεθόδους συμβάντων για τις οποίες η αντίστοιχη κατάσταση έχει μεταβάσεις. Το μοτίβο καταστάσεων δημιουργείται εύκολα και παρόλο που χρειάζεται μια νέα κλάση για κάθε κατάσταση, σε ενδεχόμενη αναβάθμιση του συστήματος απαιτείται πολύ λίγος χρόνος προγραμματισμού για κάθε νέα περίπτωση. Σε κάθε περίπτωση η υλοποίηση των μοντέλων καταστάσεων θα πρέπει να οδηγεί σε τυποποιημένο κώδικα σχεδίασης.

Η επιλογή της μοντελοποίησης για χρήση των διαγραμμάτων καταστάσεων έγινε καθώς οι κλάσεις του ψηφιακού περιβάλλοντος έχουν περιορισμένο εύρος και παρουσιάζουν ενδιαφέρον ως προς την αλληλεπίδραση με τον χρήστη. Η κατασκευή των διαγραμμάτων καταστάσεων, πέραν της πολύτιμης οριοθέτησης μας βοήθησε στο να κατανοήσουμε τι ακριβώς θέλουμε να συμβεί από την μεριά του χρήστη και να οριοθετήσουμε την χρήση του ψηφιακού υλικού, εστιάζοντας στην ψηφιακή ξενάγηση του χρήστη. Από την τελική οργάνωση της σχεδίασης διαπιστώσαμε ότι τα αντικείμενα διασύνδεσης με το χρήστη και οι διάφοροι ελεγκτές έχουν εκείνο του είδους της συμπεριφοράς που είναι χρήσιμη για την απεικόνιση της με ένα διάγραμμα καταστάσεων.

## 5.5 Συμπεράσματα

Στο 5ο κεφάλαιο αναδείχθηκε η σημασία της εννοιολογικής χαρτογράφησης, αλλά και ο τρόπος που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της συγκεκριμένης διπλωματικής, με τη βοήθεια του εργαλείου SmartTools. Ολοκληρώνοντας την εννοιολογική συσχέτιση των βασικών όρων της εργασίας, ακολούθησε η αποδελτίωση και η ποιοτικής στάθμισή τους με τη συνδρομή της πλατφόρμας ανοιχτού κώδικα Taguette. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με τη μοντελοποίηση της ψηφιακής κατασκευής του Αγίου Χριστοφόρου με την χρήση διαγραμμάτων UML.

## 5.6 Βιβλιογραφία

- André, Étienne, et al. "Formalizing UML state machines for automated verification—A survey." *ACM Computing Surveys* 55.13s (2023): 1-47.
- Asiksoy, G. (2019). Computer-Based Concept Mapping as a Method for Enhancing the Effectiveness of Concept Learning in Technology-Enhanced Learning. *Sustainability*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/su11041005>
- Baumgartner, N., & Pulvermüller, E. (2024, April). An Extensive Analysis of Data Clumps in UML Class Diagrams. In *Proceedings of the International Conference on Evaluation of Novel Approaches to Software Engineering, ENASE-Proceedings*, Angers, France (pp. 28-29).
- Cañas, A., Carff, R., Hill, Gr., Carvalho, M., Arguedas, M., Arguedas, Th., Lott, J., & Carvajal, R. (2005). *Concept Maps: Integrating Knowledge and Information Visualization*. Στο S.-O. Tergan & T. Keller (Επιμ.), *Knowledge and Information Visualization—Searching for Synergies* (σσ. 205–219). Springer.
- Gupta, A., Poels, G., & Bera, P. (2023). Generating multiple conceptual models from behavior-driven development scenarios. *Data & Knowledge Engineering*, 145, 102141. Hu, C. (2023). *Software Modeling Languages and Tools*. In *An Introduction to Software Design: Concepts, Principles, Methodologies, and Techniques* (pp. 137-186). Cham: Springer International Publishing.
- Letaw, L. (2024). *Unified Modeling Language Class and Sequence Diagrams*. *Handbook of Software Engineering Methods*.



- Ma, W. M., & Chao, W. S. (2020). Structure-behavior coalescence abstract state machine for metamodel-based language in model-driven engineering. *IEEE Systems Journal*, 15(3), 4105-4115.
- Novak, J., & Cañas, A. (2014). Concept Mapping Using CmapTools to Enhance Meaningful Learning. Στο A. Okada, S. Buckingham Shum, & T. Sherborne (Επιμ.), *Knowledge Cartography Software Tools and Mapping Techniques (Second, σσ. 23–46)*. Springer-Verlag.
- Samuel, P., Mall, R., & Bothra, A. K. (2008). Automatic test case generation using unified modeling language (UML) state diagrams. *IET software*, 2(2), 79-93.
- Taguette. (2018). [Open-source qualitative research tool]. Taguette. <https://www.taguette.org/about.html>
- Steffen, B., Margaria, T., Balczyk, A., Boßelmann, S., Busch, D., Driessen, M., ... & Zweihoff, P. (2024). Language-Driven Engineering An Interdisciplinary Software Development Paradigm. arXiv preprint arXiv:2402.10684.
- Tergan, S.-O. (2005). Digital Concept Maps for Managing Knowledge and Information. Στο S.-O. Tergan & T. Keller (Επιμ.), *Knowledge and Information Visualization—Searching for Synergies (σσ. 185–204)*. Springer.
- Jacobson, L., & Booch, J. R. G. (2021). *The unified modeling language reference manual*.
- Wąsowski, A., & Berger, T. (2023). Domain Analysis and Abstract Syntax. In *Domain-Specific Languages: Effective Modeling, Automation, and Reuse (pp. 47-85)*. Cham: Springer International Publishing.

## 6. Παρουσίαση της ψηφιακής κατασκευής

### 6.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται αναλυτική παρουσίαση της δημιουργίας και κατασκευής του τρισδιάστατου μοντέλου για το παρεκκλήσι του Αγίου Χριστοφόρου στο κάστρο του Μυστρά. Ειδικότερα, στο υποκεφάλαιο 6.2 αναλύεται ο τρόπος με τον οποίο μπορεί να πραγματοποιηθεί η αρχαιακή τεκμηρίωση του αντικειμένου που αναπαρίσταται τρισδιάστατα, αλλά και η μεθοδολογία που χρειάζεται να ακολουθήσει ο δημιουργός μιας τέτοιας κατασκευής. Στο υποκεφάλαιο 6.3 περιγράφεται η διαδικασία και τα βήματα σχεδιασμού του Αγίου Χριστοφόρου στο πρόγραμμα του SketchUp, χρησιμοποιώντας την κάτοψη του παρεκκλησίου. Πιο συγκεκριμένα, εξηγείται αναλυτικά η κατασκευή όλων των αρχιτεκτονικών στοιχείων του ναού και η προσθήκη των κατάλληλων υφών, που ολοκληρώνουν το έργο. Στο υποκεφάλαιο 6.4 ακολουθεί η ένταξη του Αγίου Χριστοφόρου στο περιβάλλον του Unity για τη δημιουργία μιας περιήγησης Εικονικής Πραγματικότητας. Προκειμένου να γίνει απολύτως κατανοητή η πορεία όλης της κατασκευής, το κείμενο συνοδεύεται από τα αντίστοιχα στιγμιότυπα οθόνης, τα οποία παρουσιάζουν λεπτομερώς την πορεία της κατασκευής.

### 6.2 Η σημασία της τεκμηρίωσης ενός τρισδιάστατου μοντέλου

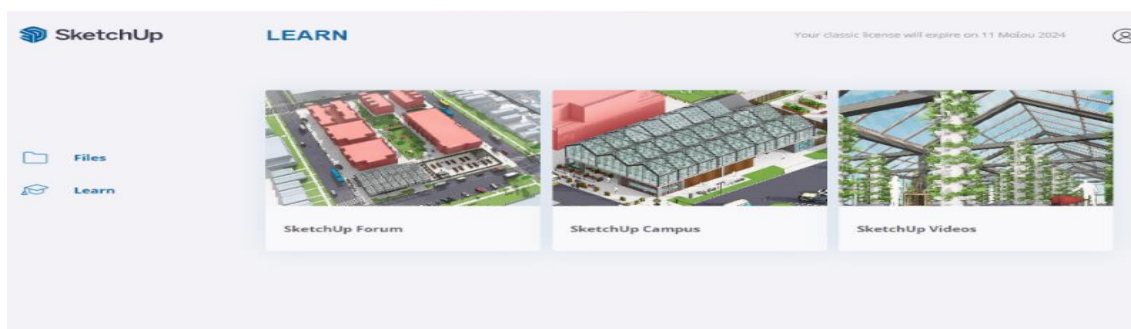
Είναι αλήθεια ότι τα πεδία εφαρμογής των 3D μοντέλων έχουν γίνει ακόμη πιο σύνθετα και πολύπλοκα, σε σχέση με την αρχική ιδέα που υπήρχε για αυτά, καθώς σήμερα έχουμε στη διάθεσή μας ένα εύρος εφαρμογών και προγραμμάτων που βοηθούν σημαντικά στη διαμόρφωση του ψηφιακού πολιτισμού (Münster et al., 2016). Η σωστή τεκμηρίωση οποιοδήποτε πολιτιστικού αντικειμένου μάς επιτρέπει να συνειδητοποιήσουμε καλύτερα την πραγματική του αξία (ιστορική, αισθητική, κοινωνική, οικονομική κλπ) και να προσπαθήσουμε να το διατηρήσουμε. Μέσα στα χρόνια η τεκμηρίωση της πολιτιστικής κληρονομιάς έχει πραγματοποιηθεί σε διαφορετικές χρονικές περιόδους και με μια ποικιλία τεχνικών και εργαλείων, ενώ δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι ο κάθε χώρος ή αντικείμενο έχει τα δικά του μοναδικά χαρακτηριστικά και έχει διατηρηθεί διαφορετικά στο πέρασμα του χρόνου.

Ποιο είναι, ωστόσο το πρώτο βήμα για την τρισδιάστατη ανακατασκευή ενός στοιχείου της πολιτιστικής κληρονομιάς; Αυτό είναι σίγουρα η αρχαιακή τεκμηρίωση, η οποία αποτελεί μια χρονοβόρα και δαπανηρή διαδικασία, καθώς η εύρεση των κατάλληλων πηγών είναι αρκετά περίπλοκη και απαιτεί χρόνο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το φωτογραφικό υλικό, το οποίο αποδεικνύεται ιδιαίτερα χρήσιμο όταν ένα κτίσμα έχει χαθεί, καταρρεύσει ή δεχθεί άλλες παρεμβάσεις, ώστε να μπορέσει να αποκατασταθεί εν μέρει ή ολοκληρωτικά. Βέβαια, η ακρίβεια του 3D μοντέλου εξαρτάται άμεσα από την ποιότητα και την ποσότητα των φωτογραφιών που είναι διαθέσιμες. Η διαθεσιμότητα ιστορικών σχεδίων και κατόψεων είναι μια ακόμη σημαντική βοήθεια, καθώς δείχνουν μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα ενός κτίσματος. Ωστόσο, παρουσιάζουν ορισμένες ανομοιογένειες, καθώς δεν απεικονίζουν όλα τις ίδιες λεπτομέρειες ή στην ίδια κλίμακα. Σε αυτή την κατεύθυνση, αξιοποιούνται και τα αρχιτεκτονικά σχέδια, τα οποία περιέχουν αρκετές πληροφορίες, όπως ο εσωτερικός και εξωτερικός σχεδιασμός, η γεωμετρία κλπ (Křutířna, 2019).

Ο εκάστοτε δημιουργός τρισδιάστατων ψηφιακών μοντέλων, προκειμένου να θεωρήσει πετυχημένη την προσπάθειά του, χρειάζεται να ακολουθήσει την απαραίτητη μεθοδολογία (Paradis et al., 2019). Η κατασκευή ενός αντικειμένου του παρελθόντος αποτελεί ένα απαιτητικό έργο, το οποίο χρειάζεται έρευνα, διαχείριση πολλών πληροφοριών και τη συνεργασία διαφορετικών ειδικοτήτων. Είναι ένα εγχείρημα που απαιτεί σωστό σχεδιασμό, καθώς περιλαμβάνει μια ποικιλία δεδομένων και μπορεί να δεχθεί πολλές προσεγγίσεις, καθώς υπάρχουν διάφορες τεχνικές και πηγές άντλησης πληροφοριών (Corsi et al., 2013). Αφού ολοκληρωθεί η συλλογή του αρχαιολογικού υλικού (κατόψεις, φωτογραφίες, πηγές κ.ά.), μπορεί να ξεκινήσει η επεξεργασία και η ανάλυσή του με τη συνδρομή σύγχρονων τεχνολογικών μέσων, που θα προάγουν την ερευνητική διαδικασία. Ακολουθεί η υλοποίηση του μοντέλου σε κάποιο πρόγραμμα σχεδίασης, όπως το SketchUp που χρησιμοποιήθηκε και στην παρούσα εργασία, ώστε το μνημείο να λάβει υπόσταση, δίνοντας έμφαση στην οπτική ποιότητα του έργου για τη σωστή προβολή των δεδομένων (Demetrescu & Ferdani, 2021).

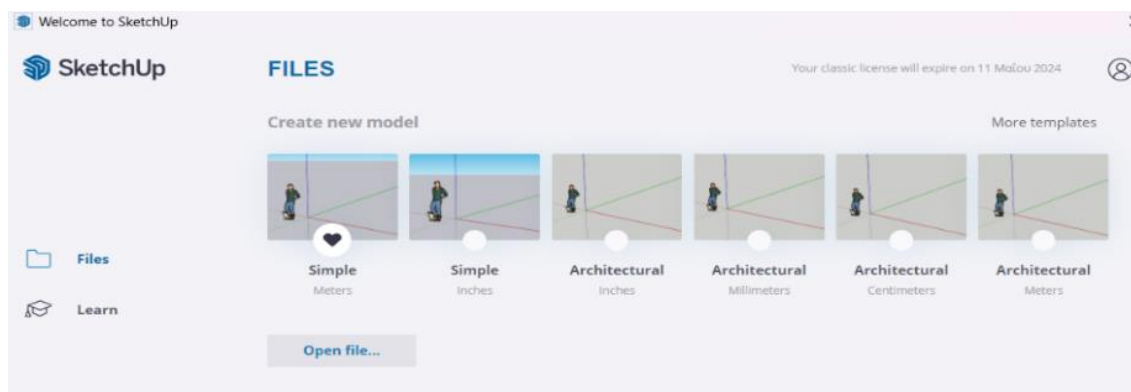
### 6.3 Κατασκευή 3D μοντέλου του Αγίου Χριστοφόρου

Η υλοποίηση και η κατασκευή του τρισδιάστατου μοντέλου του Αγίου Χριστοφόρου πραγματοποιήθηκε λαμβάνοντας υπόψη ορισμένες παραμέτρους, όπως ο σεβασμός απέναντι στο ίδιο το μνημείο, ώστε να μην αλλοιωθούν βασικά του χαρακτηριστικά, αλλά και η δυνατότητα προσέγγισης από τον χρήστη, προκειμένου να έρθει ψηφιακά σε επαφή με έναν ευρέως γνωστό αρχαιολογικό χώρο, να γνωρίσει την ιστορία του και να κατανοήσει την αξία του πολιτισμικού αποθέματος ενός τόπου. Τα ψηφιακά εργαλεία που επιστρατεύθηκαν για αυτόν τον σκοπό ήταν το SketchUp 2023 και το Unity. Το Sketch up είναι ένα πρόγραμμα τρισδιάστατης μοντελοποίησης και σχεδίασης, είτε δωρεάν είτε με συνδρομή, και αξιοποιείται από πολλούς τομείς, όπως η αρχιτεκτονική ή ακόμα και τα video games. Σε αυτή την περίπτωση, αξιοποιήθηκε η έκδοση του 2023, χάρη στην άδεια χρήσης που δόθηκε από το Πανεπιστήμιο Πειραιώς (Εικόνα 6.1). Το εκάστοτε μοντέλο που θα δημιουργηθεί, μπορεί να χρησιμοποιηθεί αργότερα και σε άλλα προγράμματα, όπως το Blender, για τη δημιουργία τρισδιάστατων γραφικών, animation κλπ.



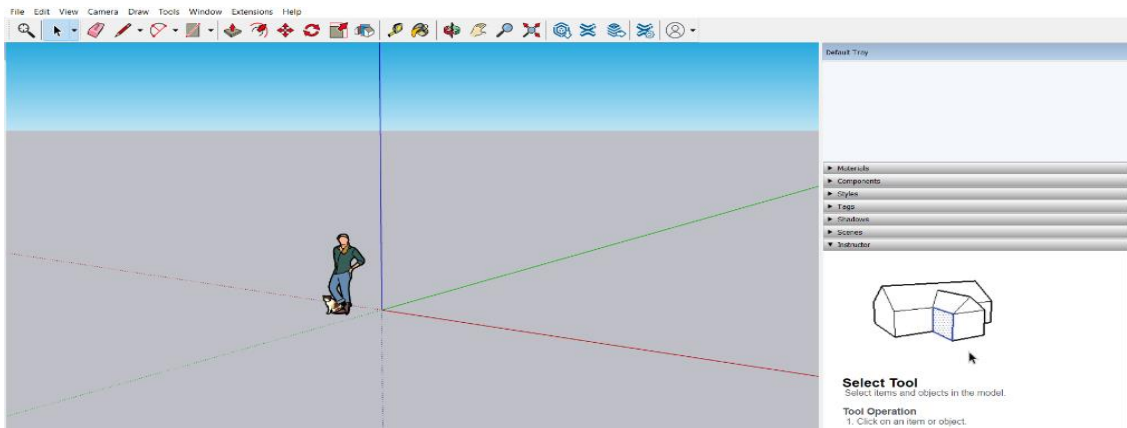
Εικόνα 6.1: Η αρχική σελίδα του SketchUp 2023.

Προτού ο χρήστης ξεκινήσει την σχεδίαση στο SketchUp, είναι απαραίτητο να επιλέξει το template του μοντέλου που θέλει να κατασκευάσει, αλλά και τη μονάδα μέτρησης (μέτρα ή ίντσες) (Εικόνα 6.2). Σε γενικές γραμμές, το συγκεκριμένο πρόγραμμα επιτρέπει τη δημιουργία απλών έως και πολύ σύνθετων μοντέλων, δίνοντας έμφαση στη λεπτομέρεια του έργου, ώστε το τελικό μοντέλο να διακρίνεται από ρεαλισμό, χωρίς στοιχεία υπερβολής και να προσομοιάζει στο πραγματικό. Θα λέγαμε ότι, είναι ένα ψηφιακό εργαλείο, το οποίο ενίσχυσε το διεπιστημονικό χαρακτήρα της παρούσας εργασίας, καθώς καταφέραμε να συνδυάσουμε πληροφορίες από διάφορα επιστημονικά πεδία, όπως η αρχαιολογία και η αρχιτεκτονική.



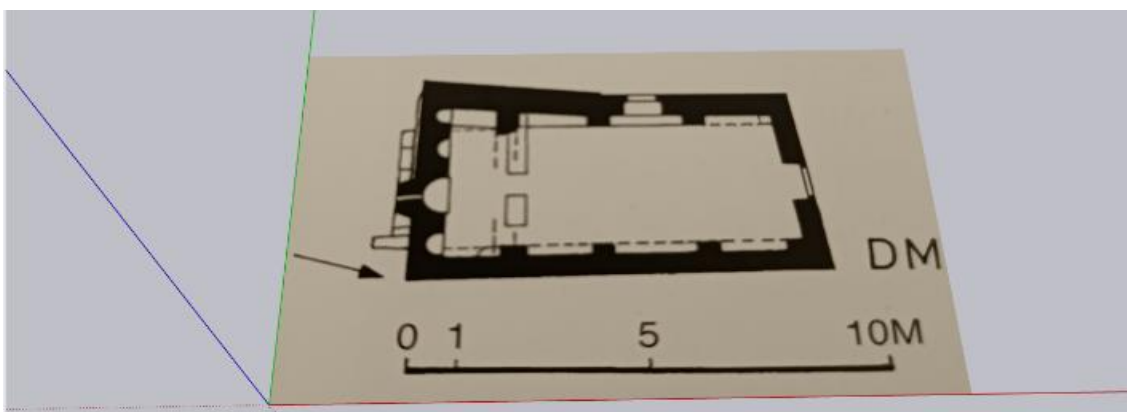
Εικόνα 6.2: Επιλογή των κατάλληλων παραμέτρων για την κατασκευή 3D μοντέλου.

Αφού ορίσουμε τις κατάλληλες παραμέτρους για το μοντέλο, μπορούμε να προχωρήσουμε στο στάδιο του σχεδιασμού. Το πρόγραμμα προσφέρει μια ποικιλία εργαλείων που διευκολύνουν στις μετρήσεις, το λεπτομερή σχεδιασμό, τη μετακίνηση και την προσθήκη υφών στη 3D κατασκευή. Όπως φαίνεται και στην εικόνα 6.3, το SketchUp προσφέρει ένα σύστημα τριών αξόνων x,y και z, ώστε το μοντέλο να τοποθετηθεί σωστά στο χώρο ως προς το μήκος, το πλάτος και το ύψος (Εικόνα 6.3).



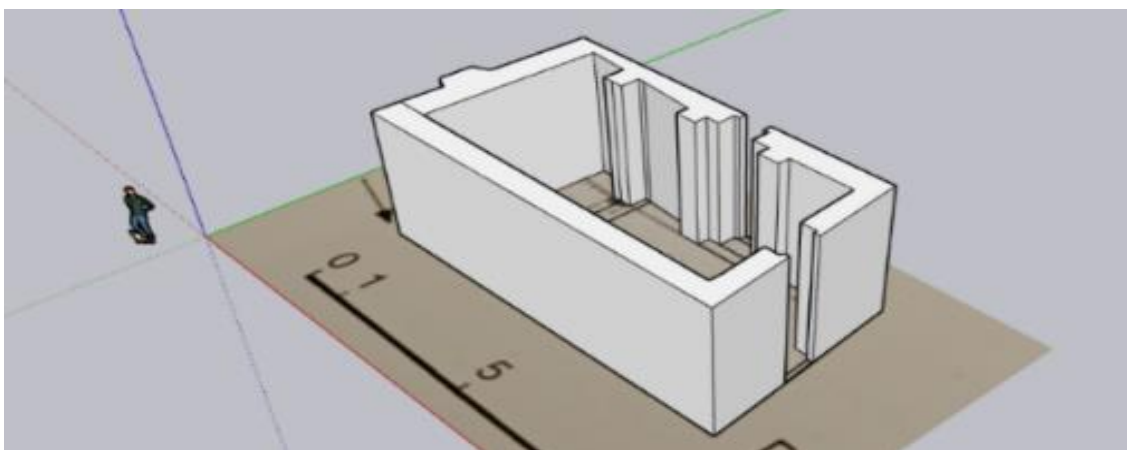
**Εικόνα 6.3: Το περιβάλλον και τα εργαλεία του SketchUp 2023.**

Προκειμένου να ξεκινήσουμε τη διαδικασία σχεδίασης του Αγίου Χριστοφόρου, είναι απαραίτητο να εισάγουμε στο πρόγραμμα μια φωτογραφία της κάτοψης του παρεκκλησίου, την οποία τοποθετούμε με βάση το σύστημα αξόνων που αναφέραμε και προσαρμόζουμε το μέγεθός της, πραγματοποιώντας τις αναγκαίες μετρήσεις (tape measure tool), σύμφωνα με τις διαστάσεις του ναού και την κλίμακα (Εικόνα 6.4). Έπειτα ακολουθεί ο σχεδιασμός των τοίχων του Αγίου Χριστοφόρου με το line tool, με το οποίο περιγράφουμε ακριβώς την κάτοψη και όλα τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά του ναού, όπως εσοχές, σκαλιά, εισόδους κλπ.

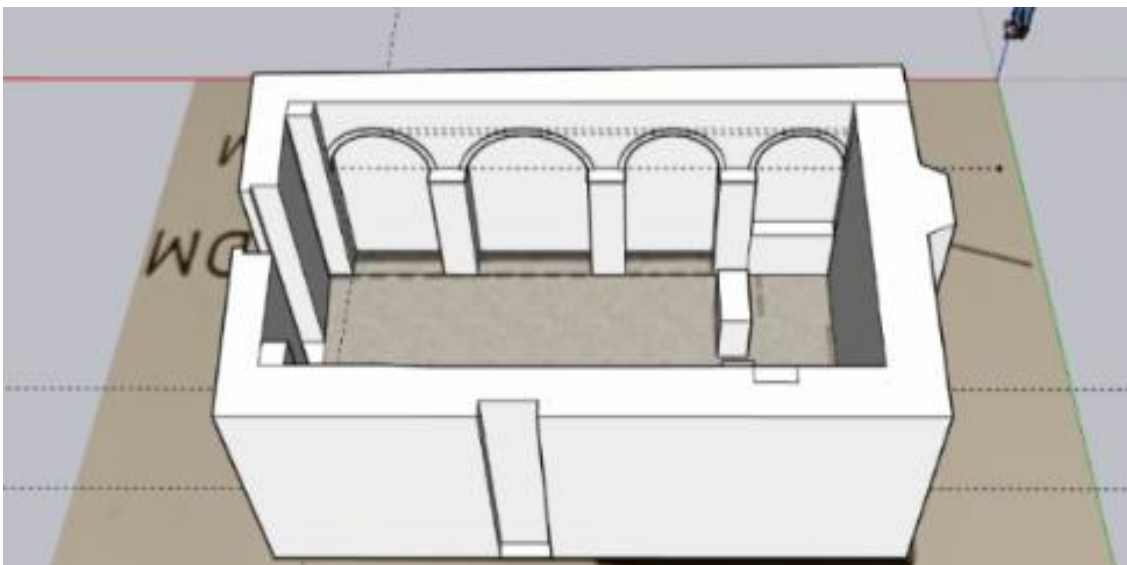


**Εικόνα 6.4: Εισαγωγή της κάτοψης του Αγίου Χριστοφόρου στο SketchUp.**

Το επόμενο βήμα είναι να υψώσουμε τα στοιχεία που σχεδιάσαμε, χρησιμοποιώντας το εργαλείο Push/Pull, δίνοντας έτσι μια αρχική μορφή στο παρεκκλήσι, πάνω στην οποία θα εργαστούμε και θα προσθέσουμε επιπλέον στοιχεία (Εικόνα 6.5).

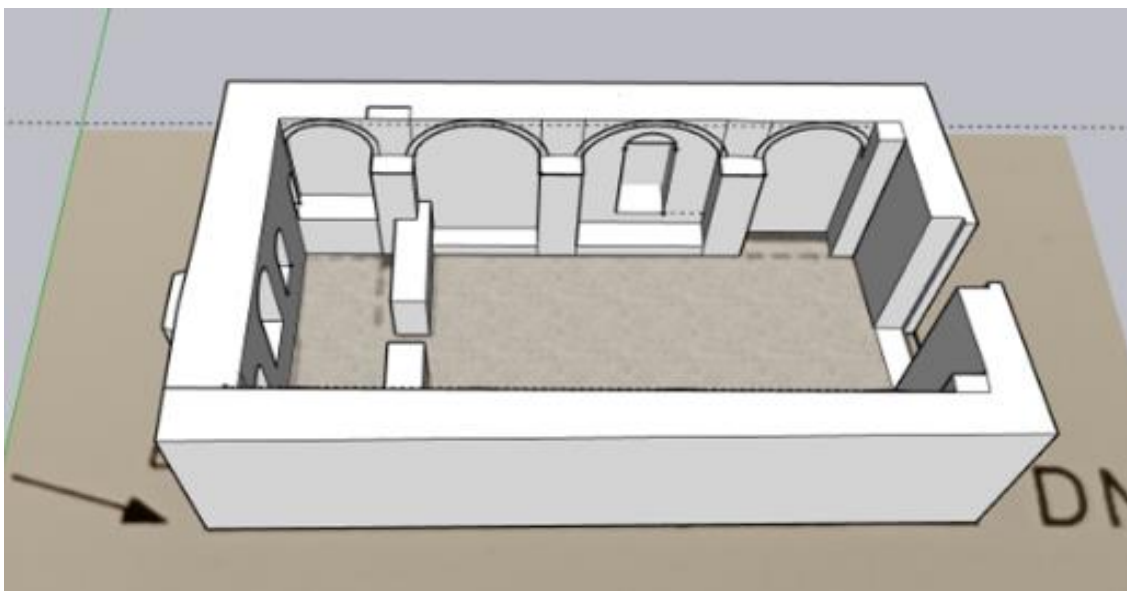


**Εικόνα 6.5: Διαμόρφωση των τοίχων του παρεκκλησίου.**



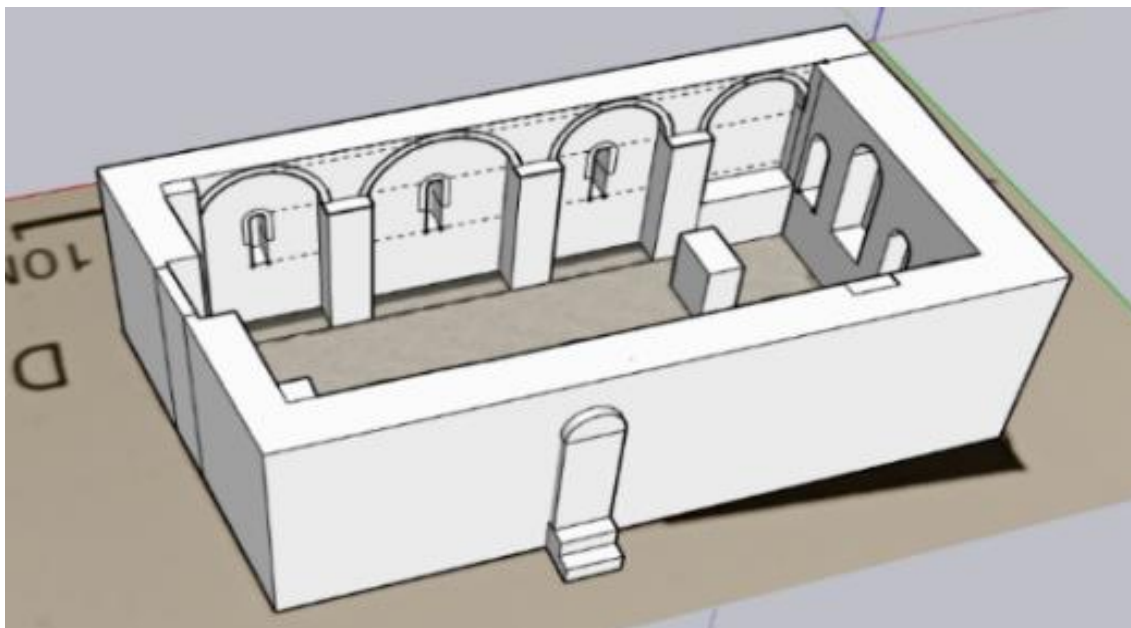
**Εικόνα 6.6:** Σχεδιασμός αφιδωμάτων.

Η κατασκευή συνεχίζεται με τη δημιουργία των αφιδωμάτων στο εσωτερικό, τέσσερα σε κάθε πλευρικό τοίχο του παρεκκλησίου (Εικόνα 6.6). Η κεντρική αφίδα είναι μικρή και διαμορφωμένη μέσα στον τοίχο με στενό μονόλοβο παράθυρο, ενώ στις δύο πλευρές της υπάρχουν οι κόγχες της πρόθεσης και του διακονικού. Οφείλουμε να επισημάνουμε ότι η κάτοψη του ναού δεν ακολουθεί απόλυτα ένα ορθογώνιο σχήμα, οπότε είναι λογικό και τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά του να μην είναι πλήρως συμμετρικά. Στο μοντέλο προστέθηκε η μια πλευρική θύρα, η οποία διαθέτει οξυκόρυφο πώρινο πλαίσιο και αποτελεί ένα από τα μέρη της αρχικής φάσης του ναού, έχοντας δεχθεί μόνο ορισμένες διορθώσεις μαζί με την πλευρά του ιερού. Ακόμη προστέθηκαν το κτιστό ιερό, το οποίο δυστυχώς δε διασώζεται πλήρως, και η κεντρική θύρα, σύμφωνα με τη σημερινή της μορφή (Εικόνα 6.7).



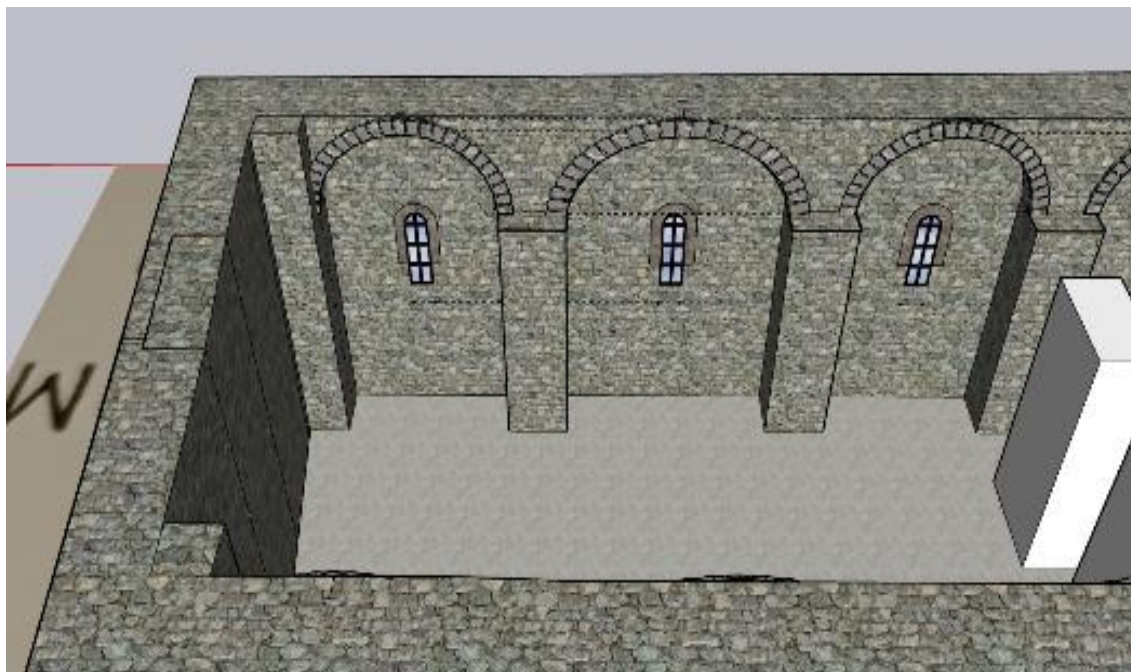
**Εικόνα 6.7:** Σχεδιασμός θυρών και ιερού.

Σε αυτό το στάδιο, ακολούθησε η κατασκευή των παραθύρων, τα οποία στην πραγματικότητα είναι αποτέλεσμα αναστήλωσης, και σχεδιάστηκαν σύμφωνα με αυτό το πρότυπο, προκειμένου να αποδοθεί με ακρίβεια η σημερινή εικόνα του Αγίου Χριστοφόρου (Εικόνα 6.8). Αναμφίβολα, είναι ένα μέρος της κατασκευής, το οποίο μπορεί να δεχθεί περαιτέρω ερμηνείες, ώστε να προσεγγιστεί η πρωταρχική τους εικόνα, ανοίγοντας τους ορίζοντες της αρχαιολογικής έρευνας. Για τη δημιουργία τους αξιοποιήθηκαν βασικά εργαλεία του SketchUp, όπως το line tool, τα arches, το push/pull και το offset, ώστε να αποδοθούν όλα τους τα χαρακτηριστικά.



**Εικόνα 6.8: Προσθήκη παραθύρων.**

Αφού ολοκληρώθηκε ο «σκελετός» του ναού, ακολούθησε η προσθήκη των απαραίτητων υφών, για να λάβει το 3D μοντέλο τη μορφή που έχει και στην πραγματικότητα (Εικόνες 6.9 και 6.10). Οι υφές που επιλέχθηκαν τόσο για το εσωτερικό όσο και για το εξωτερικό ακολούθησαν το πρότυπο του Αγίου Χριστοφόρου, προκειμένου ο χρήστης να έχει μια ολοκληρωμένη εικόνα για το παρεκκλήσι και να αντλήσει τις πληροφορίες που επιθυμεί. Το μοτίβο που κυριαρχεί, λοιπόν, για τους εσωτερικούς τοίχους, τους εξωτερικούς, τις ασίδες και τα παράθυρα είναι η πέτρα, σε διαφορετικές αποχρώσεις για να αποδοθούν με λεπτομέρεια και σαφήνεια όλα τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά του ναού.

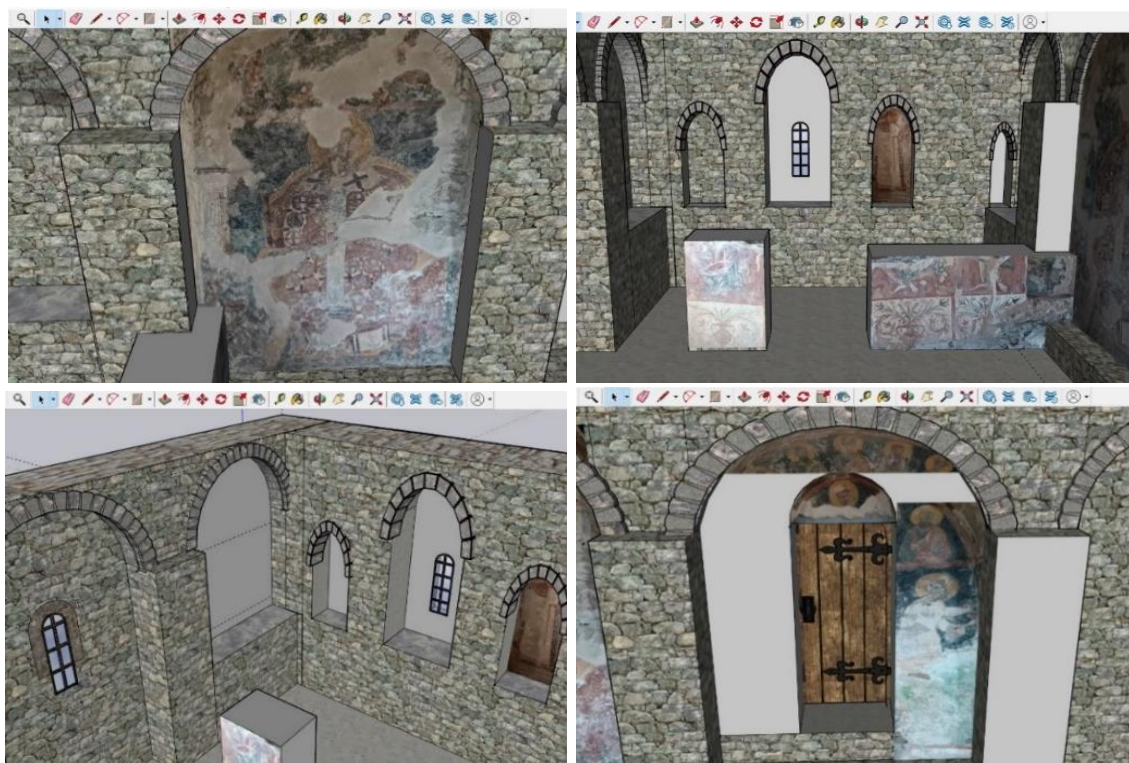


**Εικόνα 6.9: Εφαρμογή υφών εσωτερικά του ναού.**



**Εικόνα 6.10: Εφαρμογή υφών στο εξωτερικό του ναού.**

Επιπλέον, ορισμένοι από τους τοίχους του ναού, κυρίως από την αριστερή πλευρά και στο ιερό, ήταν διακοσμημένοι με περίτεχνες τοιχογραφίες, πολλές από τις οποίες σώζονται αποσπασματικά. Όσες έχουν διασωθεί ή τμήματα αυτών έχουν τοποθετηθεί και στο μοντέλο, καθώς αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα του ναού και παρουσιάζουν χαρακτηριστικά της ζωγραφικής του 14ου αιώνα. Σε όσους τοίχους δεν υπάρχουν κατάλοιπα των τοιχογραφιών, επιλέχθηκε να επισημανθούν με διαφορετικό χρώμα, ώστε ο χρήστης να γνωρίζει ότι τα σημεία εκείνα κάποτε έφεραν διάκοσμο και τοιχογραφίες. Ακόμη, τοίχοι, όπως αυτοί του ιερού έχουν υποστεί υλικές ζημιές, με αποτέλεσμα να μη σώζονται εξ ολοκλήρου, όπως ακριβώς και οι τοιχογραφίες που τους κοσμούσαν. Ως εκ τούτου, το τμήμα αυτό προτιμήθηκε να αποτυπωθεί στην κατάσταση που βρίσκεται σήμερα, για να υπάρχει μια σαφής εικόνα του ναού, αν αναλογιστούμε ότι δεν είναι και προσβάσιμος στο ευρύ κοινό (Εικόνα 6.11).



**Εικόνα 6.11: Τοποθέτηση των τοιχογραφιών του Αγίου Χριστοφόρου και επισήμανση των σημείων όπου δε σώζονται για να αναπαρασταθούν.**

Η τοποθέτηση των υφών ολοκληρώνεται με την προσθήκη ενός χωμάτινου δαπέδου, καθώς στο παρεκκλήσι δεν εντοπίζονται στοιχεία για τη μορφή που μπορεί να είχε στο παρελθόν (Εικόνα 6.12).



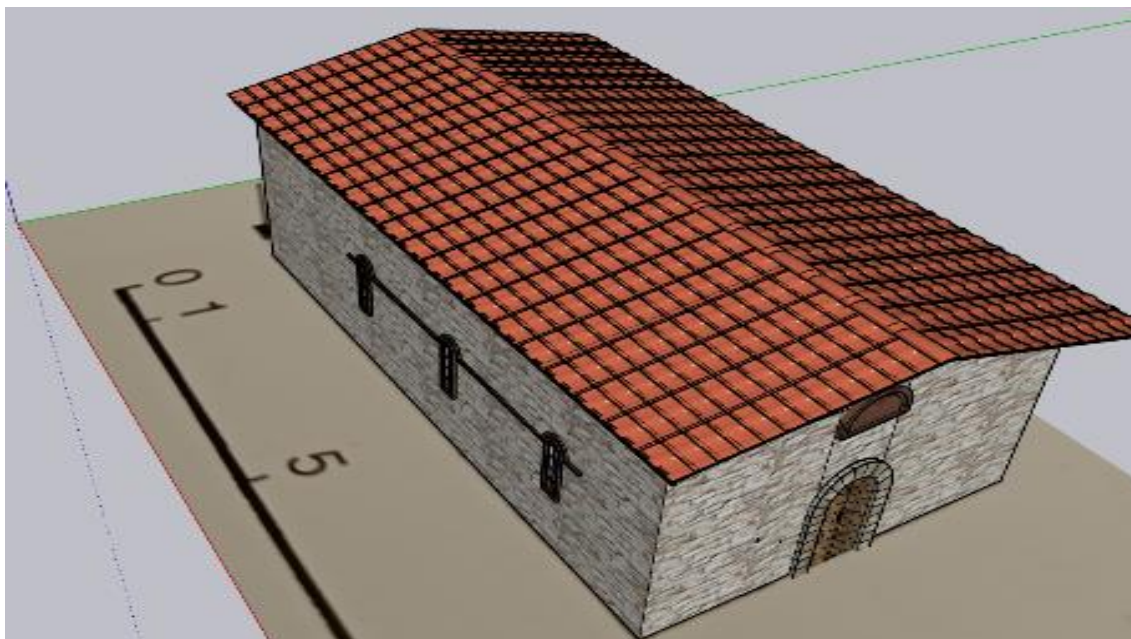
Εικόνα 6.12: Προσθήκη χωμάτινου δαπέδου.

Βασικό χαρακτηριστικό του Αγίου Χριστοφόρου, όπως και στα περισσότερα παρεκκλήσια του κάστρου στο Μυστρά είναι η ξύλινη στέγη. Έτσι, τοποθετήθηκαν κατά μήκος ξύλινα δοκάρια, τα οποία προσφέρουν την απαιτούμενη στήριξη για την κεραμοσκεπή, η οποία ολοκληρώνει και τη στέγαση του παρεκκλησίου (Εικόνες 6.13 και 6.14).



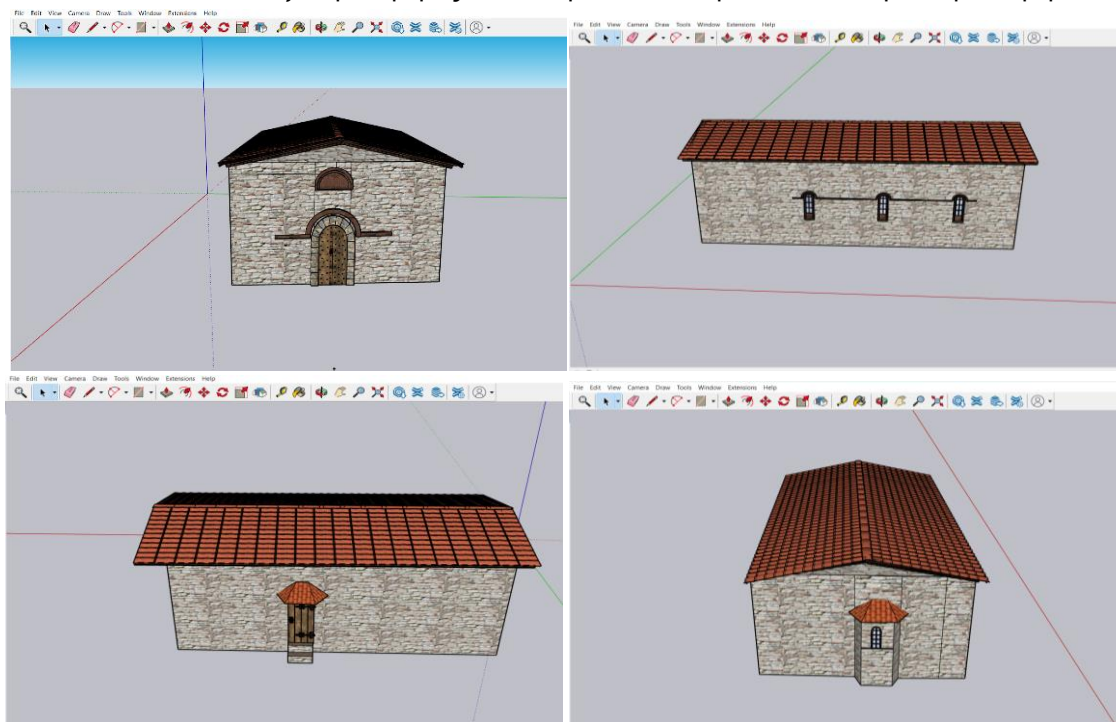
Εικόνα 6.13: Τοποθέτηση ξύλινων δοκαριών.





**Εικόνα 6.14: Τοποθέτηση κεραμοσκεπής.**

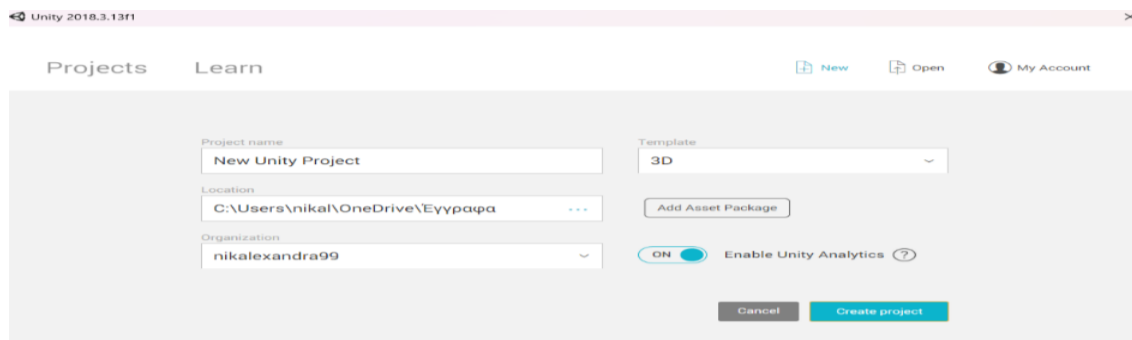
Παρακάτω ακολουθούν στιγμιότυπα από την ολοκλήρωση της ψηφιακής κατασκευής του Αγίου Χριστοφόρου (Εικόνα 6.15). Πρέπει να τονίσουμε ότι, τόσο το συγκεκριμένο μοντέλο, όσο και αντίστοιχα έργα έρχονται να εμπλουτίσουν το έργο του αρχαιολόγου του 21ου αιώνα, ο οποίος, εκτός από τις παραδοσιακές μεθόδους, έχει στη διάθεσή του πλέον ψηφιακές τεχνολογίες και εφαρμογές, που λειτουργούν ως νέα εργαλεία μελέτης και έρευνας. Συγχρόνως, η ψηφιακή αναπαράσταση αποτελεί έναν καινοτόμο τρόπο επικοινωνίας του πολιτιστικού αποθέματος, όχι μόνο μεταξύ της επιστημονικής κοινότητας, αλλά και με το κοινό, το οποίο είναι ελεύθερο να γνωρίσει το ναό και να περιηγηθεί ψηφιακά, καθώς πολλοί είναι εκείνοι που δεν είναι εξοικειωμένοι με τα αναλογικά σχέδια (π.χ. κατόψεις, τομές κλπ) (Κουρτζέλλης, 2012). Ακολουθούν στιγμιότυπα που αποτυπώνουν το εξωτερικό μέρος από το τρισδιάστατο μοντέλο του Αγίου Χριστοφόρου.



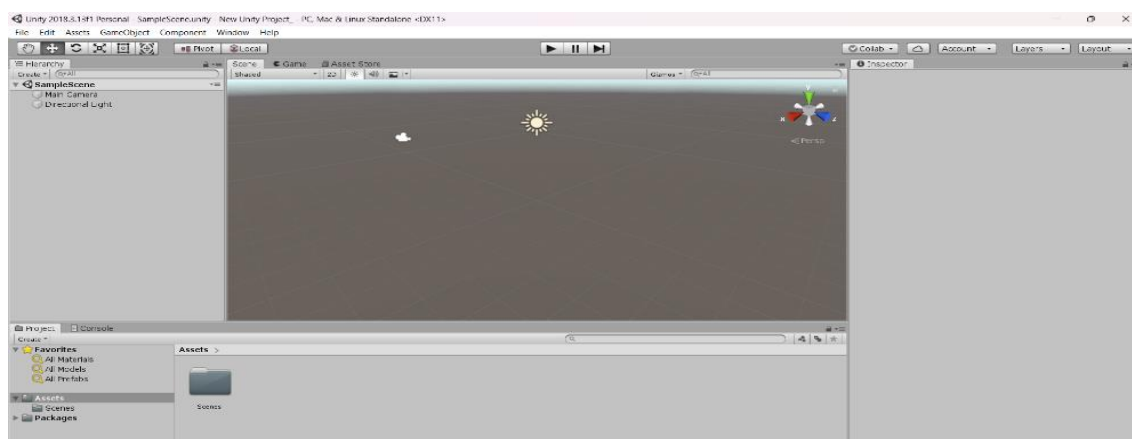
**Εικόνα 6.15: Στιγμιότυπα από τον Άγιο Χριστόφορο.**

## 6.4 Ένταξη του Αγίου Χριστοφόρου σε περιβάλλον VR

Αφού ολοκληρώθηκε η κατασκευή του τρισδιάστατου μοντέλου του Αγίου Χριστοφόρου στο περιβάλλον του SketchUp, σειρά έχει η ένταξη του παρεκκλησίου σε περιβάλλον Εικονικής Πραγματικότητας (Εικόνα 6.16). Για το σκοπό αυτό επιλέχθηκε η εφαρμογή του Unity, ένα cross-platform game engine, που επιτρέπει τη δημιουργία 2D και 3D κατασκευών, διαδραστικών προσομοιώσεων και άλλων εμπειριών, εισάγοντας τα κατάλληλα assets. Στην παρούσα διπλωματική εργασία αξιοποιήθηκε η έκδοση 2018.3.13f1 (64-bit), καθώς και ένα σύνολο assets, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν και στα μαθήματα του μεταπτυχιακού για παρόμοια έργα.

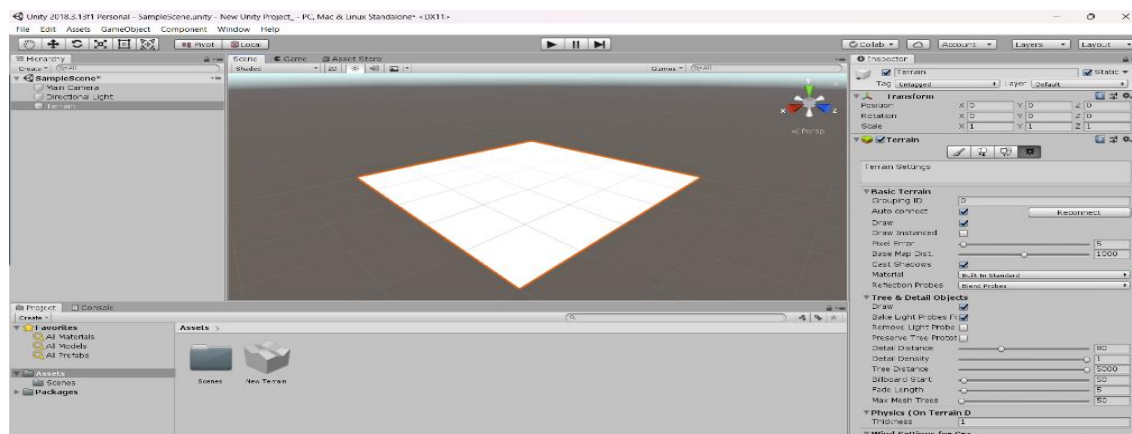


Εικόνα 6.16: Αρχική σελίδα Unity.



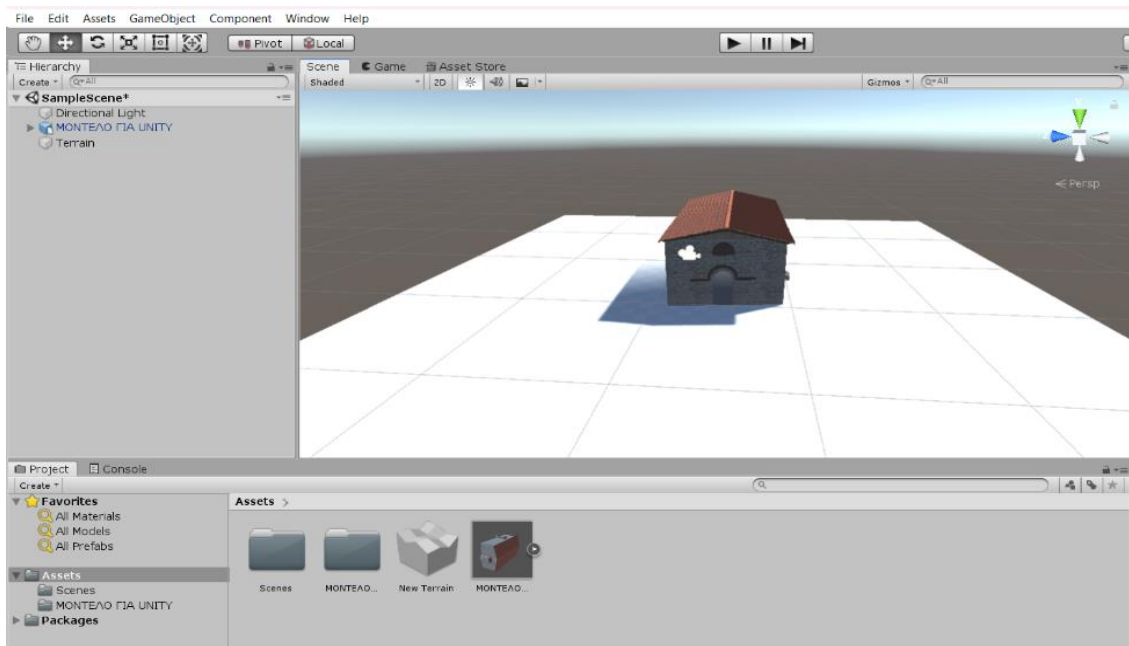
Εικόνα 6.17: Άνοιγμα νέου project.

Αφού ανοίξουμε ένα νέο project (Εικόνα 6.17), εισάγουμε μια νέα επιφάνεια εδάφους (Game Object - 3D object - Terrain) και προσαρμόζουμε τις διαστάσεις της επιφάνειας σε 50x50, ώστε να είναι ευκολότερα διαχειρίσιμη. Έχοντας επιλεγμένο το terrain, μειώνουμε από τα settings το μήκος (length) και το πλάτος (width) του (Εικόνα 6.18).



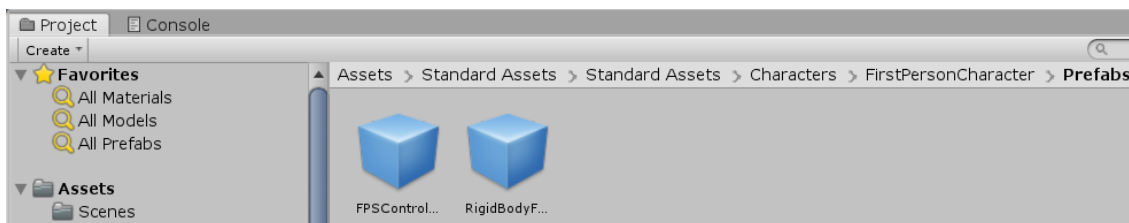
Εικόνα 6.18: Εισαγωγή terrain στις κατάλληλες διαστάσεις.

Στην ομάδα των assets του Unity, προσθέτουμε το μοντέλο του Αγίου Χριστοφόρου, το οποίο έχει γίνει export από το SketchUp σε μορφή .dae (Εικόνα 6.19). Στο inspector του ναού, αλλάζουμε το scale factor σε μικρότερη τιμή (0,04) για να ταιριάξει με τις διαστάσεις του terrain. Μια ακόμη σημαντική ρύθμιση είναι η ενεργοποίηση του generate colliders, ώστε κατά τη διάρκεια της περιήγησης οι τοίχοι του ναού να είναι συμπαγείς, ενώ ταυτόχρονα απενεργοποιούμε το weld vertices. Αφού εφαρμόσουμε αυτές τις αλλαγές, μεταφέρουμε και τοποθετούμε το μοντέλο μας πάνω στο έδαφος, εφαρμόζοντας και τις υφές του. Τέλος, αφαιρούμε τη main camera για να προχωρήσουμε στα επόμενα βήματα.



**Εικόνα 6.19: Προσθήκη του Αγίου Χριστοφόρου στο Unity.**

Στη συνέχεια, ακολουθεί η εισαγωγή ορισμένων Standard Assets του Unity, τα οποία πλέον δε διατίθενται δωρεάν από το Asset Store, αλλά μοιράστηκαν στο μεταπτυχιακό για δική μας διευκόλυνση. Με drag & drop κάνουμε import το φάκελο αυτό και αναπτύσσουμε την εξής ιεραρχία: Assets – Standard Assets – Characters – FirstPersonCharacter – Prefabs (Εικόνα 6.20). Έπειτα, πάλι με drag & drop εισάγουμε στην σκηνή το FPSController.prefab. Με άλλα λόγια, προσθέτουμε στην σκηνή τη δυνατότητα για περιήγηση πρώτου προσώπου στο εξωτερικό και το εσωτερικό του ναού.



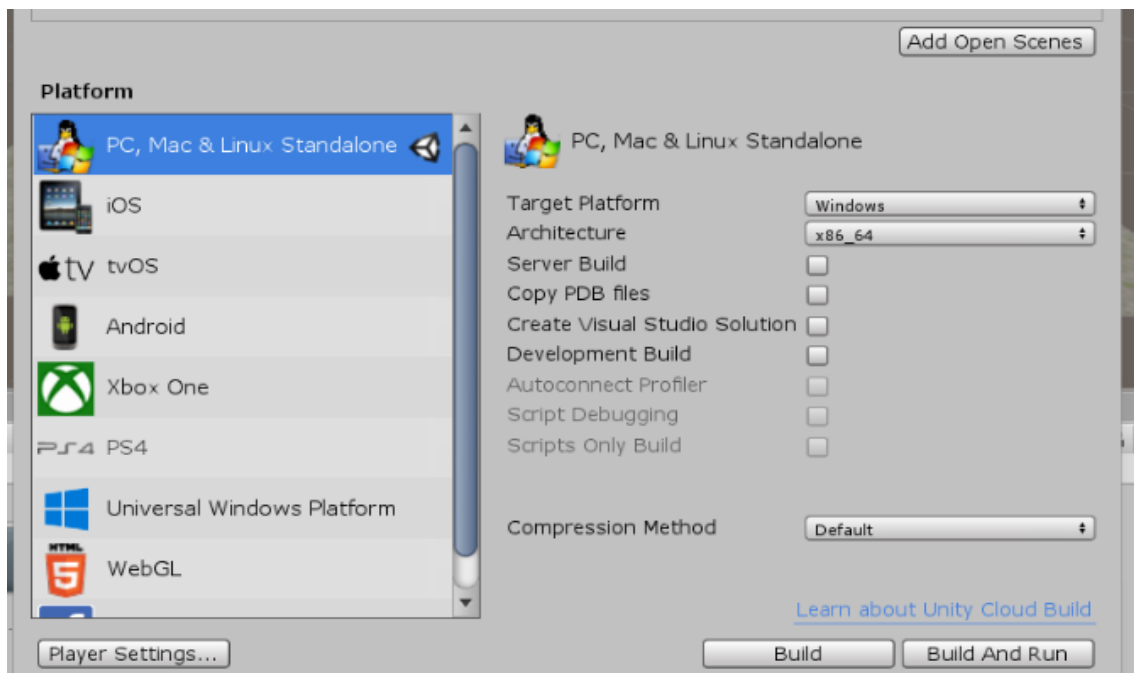
**Εικόνα 6.20: Εισαγωγή first – person περιήγησης στο ναό.**

Βασική προϋπόθεση για να είναι ρεαλιστική η εικονική περιήγηση στο παρεκκλησί είναι η διαμόρφωση ενός περιβάλλοντος που θα παραπέμπει τον χρήστη στο φυσικό περιβάλλον του ναού. Αφού επιλέξουμε το terrain, στο inspector του επιλέγουμε τη λειτουργία paint terrain και μετά edit terrain layers, δημιουργώντας ένα νέο layer με υφή που να θυμίζει το ανάγλυφο του εδάφους στο κάστρο του Μυστρά. Ο χώρος εμπλουτίζεται, επίσης, με λίγα δέντρα, για να κατανοεί ο χρήστης ότι βρίσκεται σε έναν ανοιχτό φυσικό χώρο και συνυπάρχει με το παρεκκλησί που εξερευνεί (Εικόνα 6.21). Η κατασκευή ολοκληρώνεται με την παραγωγή του εκτελέσιμου αρχείου. Από την καρτέλα File, επιλέγουμε τα Build Settings και κάνουμε build το έργο. Τα αρχεία που θα προκύψουν είναι τρία: το εκτελέσιμο αρχείο (.exe), το αρχείο UnityPlayer.dll και ο φάκελος των

data του project. Τέλος, ορίζουμε το resolution της οθόνης σε 1280x720 για να προβάλλεται εύκολα σε πολλές συσκευές (Εικόνα 6.22).



Εικόνα 6.21: Διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου.



Εικόνα 6.22: Εκτέλεση του project.

Όταν ολοκληρωθεί η κατασκευή στο Unity, ο χρήστης μπορεί να περιηγηθεί εικονικά στο παρεκκλήσι του Αγίου Χριστοφόρου, να παρατηρήσει το ναό και τα αρχιτεκτονικά του χαρακτηριστικά. Με τη βοήθεια της εφαρμογής καταγραφής οθόνης και ήχου Bandicam, έχει τραβηχτεί ένα μικρό [video με την first – person περιήγηση](#) στο χώρο του ναού, το οποίο έχει αναρτηθεί και στην πλατφόρμα του YouTube.

## 6.5 Συμπεράσματα

Στο 6ο κεφάλαιο έγινε αναλυτική περιγραφή της διαδικασίας και των βημάτων που έγιναν για την κατασκευή της τρισδιάστατης ψηφιακής αναπαράστασης του Αγίου Χριστοφόρου, με τη βοήθεια του SketchUp και του Unity. Για την απόδοση λεπτομερειών από το παρεκκλήσι και προκειμένου να γίνει κατανοητή η φυσιογνωμία και τα αρχιτεκτονικά του γνωρίσματα, πραγματοποιήθηκαν διαζώσης επισκέψεις και φωτογράφιση του ναού. Έπειτα, αξιοποιώντας την κάτοψη του ναού και το

φωτογραφικό υλικό σχεδιάστηκε το μοντέλο του ναού, πάνω στο οποίο προστέθηκαν άλλα στοιχεία, όπως θύρες και σκεπή. Το συγκεκριμένο έργο μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για την προώθηση της αρχαιολογικής έρευνας, όσο και για εκπαιδευτικούς ή τουριστικούς σκοπούς. Όσον αφορά το τελευταίο, το παρεκκλήσι εντάχθηκε και σε VR περιβάλλον, δίνοντας τη δυνατότητα στον ψηφιακό επισκέπτη να το γνωρίσει, αλλά και να εξοικειωθεί με τις νέες τεχνολογίες.

## 6.6 Βιβλιογραφία

- Κουρτζέλλης Ι. (2012). Παρελθόν και εικόνα: Αναπαράσταση αρχαιολογικών χώρων και μνημείων με ψηφιακά μέσα: Θεωρητικά ζητήματα και μελέτες παραδειγμάτων. Πανεπιστήμιο Αιγαίου. <https://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/27629?lang=el#page/4/mode/2up>.
- Corsi, C., Slapšak, B., & Vermeulen, F. (Επιμ.). (2013). *Good Practice in Archaeological Diagnostics: Non-invasive Survey of Complex Archaeological Sites*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-01784-6>.
- Demetrescu, E., & Ferdani, D. (2021). From Field Archaeology to Virtual Reconstruction: A Five Steps Method Using the Extended Matrix. *Applied Sciences*, 11(11), 5206. <https://doi.org/10.3390/app11115206>.
- Krūmiņa, D. (2019). Cultural heritage 3D reconstruction from historical materials.
- Münster, S., Pfarr-Harfst, M., Kuroczyński, P., & Ioannides, M. (Επιμ.). (2016). *3D Research Challenges in Cultural Heritage II: How to Manage Data and Knowledge Related to Interpretative Digital 3D Reconstructions of Cultural Heritage* (τ.10025). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-47647-6>.
- Paradis, M.-A., Nicolas, T., Gaugne, R., Barreau, J.-B., Auger, R., & Gouranton, V. (2019). Making Virtual Archaeology Great Again (without scientific compromise). *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W15, 879–886. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W15-879-2019>.

## 7. Αξιολόγηση του έργου από ομοτίμους

### 7.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η αξιολόγηση του ερευνητικού έργου από ομοτίμους. Πιο συγκεκριμένα, στο υποκεφάλαιο 7.2 γίνεται αναφορά στην αξία της αξιολόγησης που προέρχεται από ομοτίμους, αλλά και πώς μπορεί να συμβάλλει στην προώθηση της έρευνας. Στο υποκεφάλαιο 7.3 παρατίθεται το ερωτηματολόγιο που μοιράστηκε στους φοιτητές του ΠΜΣ «Ψηφιακός Πολιτισμός, Έξυπνες Πόλεις, IoT και Προηγμένες Ψηφιακές Τεχνολογίες» και η ανάλυση των απαντήσεών τους με το λογισμικό Statgraphics. Στο υποκεφάλαιο 7.4 ακολουθεί η ποιοτική ανάλυση των σχολίων που έγιναν από τους φοιτητές σχετικά με το περιεχόμενο της ψηφιακής αναπαράστασης και τον σχεδιασμό της εικονικής περιήγησης του Αγίου Χριστοφόρου.

### 7.2 Η σημασία της αξιολόγησης από ομοτίμους

Η αξιολόγηση ομοτίμων είναι μια στρατηγική αξιολόγησης, η οποία εμπλέκει τους συμφοιτητές του μεταπτυχιακού στη διαδικασία αξιολόγησης της εργασίας και των αποτελεσμάτων της, δίνοντας τη δική τους βαθμολογία και ανατροφοδότηση. Ως ομότιμοι ορίζονται τα άτομα με παρόμοιο ή ίδιο εκπαιδευτικό επίπεδο, ενώ η αξιολόγηση και τα σχόλια που παρέχουν μπορούν να έχουν γραπτή, προφορική ή διαδικτυακή μορφή. Σκοπός της συγκεκριμένης μεθόδου είναι η ενίσχυση της ποιότητας του παραγόμενου έργου, γεγονός που θα βελτιώσει τη μελλοντική απόδοση των φοιτητών, θα τους παρακινήσει ανάλογα και θα τους ενθαρρύνει να μοιραστούν τις γνώσεις τους, ενισχύοντας τη συμμετοχικότητα στην εκπαιδευτική διαδικασία και την έρευνα (Chien et al., 2020; Double et al., 2019).

Πρόκειται για ένα χρήσιμο εργαλείο, το οποίο για να λειτουργήσει αποτελεσματικά, απαιτεί το σαφή ορισμό των στόχων της εργασίας και της αξιολόγησης, ώστε και η ανατροφοδότηση που θα δοθεί να θεωρείται αξιόπιστη και ότι αντικατοπτρίζει την πραγματικότητα (Victoria, 2020). Στην τριτοβάθμια εκπαίδευση η αξιολόγηση από ομοτίμους είναι ένα αναπόσπαστο μέρος της μαθησιακής διαδικασίας, καθώς συμβάλλει σημαντικά στην ανάπτυξη του προβληματισμού και στην προαγωγή της επιστημονικής γνώσης από την πλευρά των φοιτητών (Fang et al., 2021).

Όταν ο εκπαιδευόμενος - αξιολογητής προσπαθεί να δώσει τη δική του βαθμολογία ή ένα σχόλιο κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης, μπαίνει στη διαδικασία να αναλογιστεί το δικό του αντίστοιχο έργο, να συγκρίνει, να εντοπίσει δικές του παραλείψεις, αλλά και να κατανοήσει τα ποιοτικά κριτήρια με τα οποία κρίνεται μια εργασία (π.χ. ενσωμάτωση προγενέστερων γνώσεων και εμπειριών). Ταυτόχρονα, καταφέρνει να ενισχύσει τα κίνητρά του για μάθηση και απόκτηση δεξιοτήτων, καλλιεργεί την κριτική σκέψη και τον προβληματισμό του. Με άλλα λόγια γίνεται πιο ενεργητικός, αναλαμβάνει πρωτοβουλίες και αποβάλλει την παθητικότητα της παραδοσιακής μορφής αξιολόγησης από μια αυθεντία. Συνεπώς, ωθείται να αξιολογήσει πιο δίκαια και τεκμηριωμένα και αντιμετωπίζει το μαθησιακό περιβάλλον πιο θετικά, με την απόδοσή του να βελτιώνεται, με βάση τα όσα έμαθε από τους συμφοιτητές του (Chien et al., 2020).

Για να αυξηθεί η εγκυρότητα της ανατροφοδότησης, αναγκαία είναι η απόκτηση των κατάλληλων εφοδίων και γνώσεων από τους αξιολογητές, κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής διαδικασίας, ώστε να κατανοήσουν και να κρίνουν το επίπεδο, την προστιθέμενη αξία και την ποιότητα του έργου ενός συμφοιτητή (Li et al., 2021). Συγχρόνως, αποτελεί και μια μορφή κοινωνικής αλληλεπίδρασης, καθώς τις περισσότερες φορές οι αξιολογητές είναι περισσότεροι από ένας, και ο αξιολογούμενος είναι σε θέση να δει το θέμα από πολλές οπτικές και να προβεί στις αντίστοιχες βελτιώσεις (Li et al., 2019). Σε αυτή την κατεύθυνση, επισημαίνεται ότι η διαδικασία αξιολόγησης είναι προτιμότερο να εφαρμόζεται ανώνυμα, ώστε να θεωρηθεί επιτυχημένη. Αυτό συμβαίνει γιατί δημιουργείται ένα ασφαλές περιβάλλον, στο οποίο οι φοιτητές νιώθουν πιο ελεύθεροι εκφράζουν ανοιχτά και με ειλικρίνεια τις απόψεις τους και ασκούν κριτική, ενώ ο αξιολογούμενος επικεντρώνεται αποκλειστικά στο περιεχόμενο των σχολίων και στη βελτίωση του έργου του, χωρίς να επηρεάζονται οι διαπροσωπικές σχέσεις των εμπλεκόμενων (Double et al., 2019).

### 7.3 Αξιολόγηση της ψηφιακής κατασκευής από ομοτίμους

Η αξιολόγηση της ψηφιακής κατασκευής του Αγίου Χριστοφόρου έγινε από τους φοιτητές και τις φοιτήτριες του ΠΜΣ «Ψηφιακός Πολιτισμός, Έξυπνες Πόλεις, IoT και Προηγμένες Ψηφιακές Τεχνολογίες», ως μέρος των υποχρεώσεών τους για το μεταπτυχιακό. Προτού απαντηθεί το ερωτηματολόγιο, στο πλαίσιο του μαθήματος «Παγκόσμιος Ιστός και Διαχείριση Ψηφιακών Συλλογών» παρουσιάστηκαν αναλυτικά στο ακροατήριο οι στόχοι της εργασίας και της ψηφιακής κατασκευής, αλλά και ο βαθμός δυσκολίας του συγκεκριμένου εγχειρήματος. Με χαρά διαπιστώσαμε ότι το έργο της ψηφιακής αναπαράστασης του Αγίου Χριστοφόρου έγινε αποδεκτό από το σύνολο των διδασκομένων, με την ανταπόκρισή τους να είναι άμεση.

Οι φοιτητές και οι φοιτήτριες κλήθηκαν να απαντήσουν σε δέκα ερωτήσεις, για τις οποίες οι απαντήσεις και ο βαθμός συμφωνίας διαμορφώθηκαν με βάση την επταβάθμια κλίμακα Likert από χαμηλότερη τιμή «1»: «Εξαιρετικά χαμηλός βαθμός», μέχρι την ψηλότερη τιμή «7»: «Εξαιρετικά υψηλός βαθμός». Στο τέλος, προστέθηκαν δύο ερωτήσεις, οι απαντήσεις των οποίων είναι ανοιχτού τύπου, δίνοντας την ευκαιρία στους συμμετέχοντες να δώσουν τα δικά τους σχόλια και παρατηρήσεις.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ	ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΕΙΣ						
	1 Εξαιρετικά χαμηλός βαθμός	2 Πολύ μικρός βαθμός	3 Μικρός βαθμός	4 Μέτριος βαθμός	5 Μεγάλος βαθμός	6 Πολύ μεγάλος βαθμός	7 Εξαιρετικά μεγάλος βαθμός
1) Μου άρεσε ο τρόπος που παρουσιάζονται στο βίντεο οι πολλαπλές πληροφορίες κατασκευής και τα πολλαπλά επίπεδα της.	1	1	1	8	8	13	17
2) Θα ήθελα να συνεργαστώ σε ένα ανάλογο project.	1	1	0	3	10	11	23
3) Οι πληροφορίες που παράχθηκαν παρείχαν σοβαρή και εξειδικευμένη περιήγηση στον/στην επισκέπτη/-τρια με βάση την έρευνα των επιμέρους πεδίων.	1	1	2	6	9	15	15
4) Θα μπορούσε το βίντεο να παρείχε περισσότερη βοήθεια στον/στην επισκέπτη/-τρια ώστε η εικονική περιήγηση να ήταν πληρέστερη.	2	6	3	6	9	12	11
5) Το βίντεο δεν ανέδειξε διαφορετικές απόψεις για το θέμα και επομένως το ερευνητικό project δεν παρουσιάστηκε ολοκληρωμένα.	13	9	6	6	8	5	2
6) Η παροχή οδηγιών στο βίντεο είχε οργανωθεί με επιμέλεια.	2	1	3	9	8	11	15

7) Η περιήγηση στο βίντεο αδυνατούσε να διαχειριστεί σύνθετα αιτήματα από τους/τις επισκέπτες/ –τριες με αποτέλεσμα μεγάλο μέρος του ψηφιακού υλικού να παραμείνει ανεκμετάλλευτο και χωρίς την κατάλληλη προβολή.	7	10	4	9	10	7	2
8) Η ψηφιακή περιήγηση του βίντεο παρέχει ικανοποιητικό πληροφοριακό υλικό για το θέμα.	1	2	5	7	8	11	15
9) Θεωρώ ότι ως ερευνητικό project η πορεία κατασκευής του μοντέλου είχε επιστημονικό ενδιαφέρον.	1	0	0	1	10	10	27
10) Θεωρώ ότι το αποτέλεσμα της εργασίας κάλυψε ψηλές προσδοκίες και απαιτήσεις και προσέγγισε ψηλά επαγγελματικά επίπεδα.	0	1	3	4	8	15	18

**Πίνακας 7.1: Ερωτηματολόγιο αξιολόγησης ψηφιακής κατασκευής Αγίου Χριστοφόρου.**

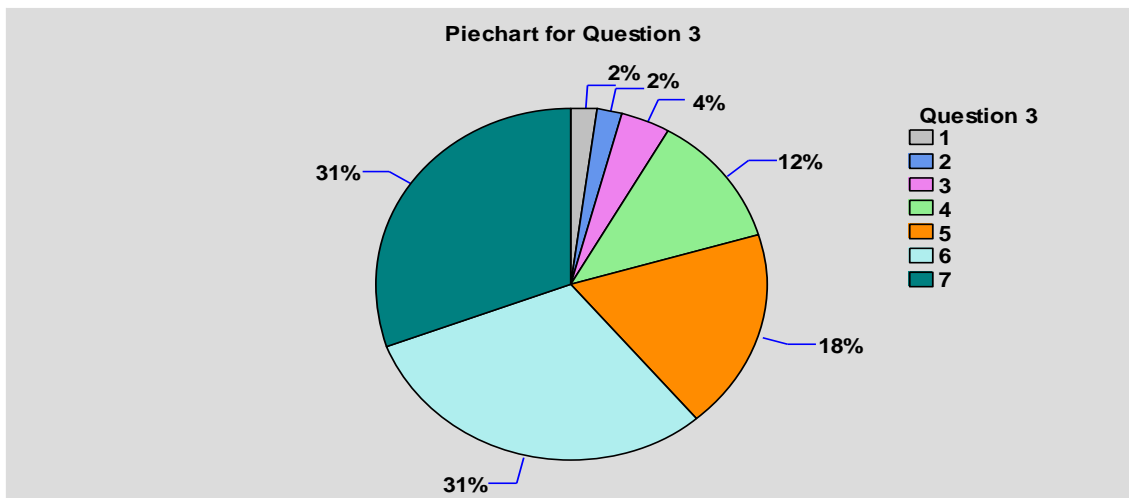
Η ανάλυση των απαντήσεων έγινε με το λογισμικό στατιστικής ανάλυσης Statgraphics. Αφού εισαγάγαμε στο λογισμικό το σύνολο των απαντήσεων για καθεμία από τις δέκα ερωτήσεις, επιλέξαμε να δημιουργήσουμε δύο είδη αναπαραστάσεων: γραφήματα πίτας, όπου φαίνονται τα ποσοστά των απαντήσεων, και πίνακα συχνοτήτων (Πίνακας 7.1), όπου παρουσιάζεται αναλυτικά με ποια συχνότητα δόθηκε η κάθε απάντηση. Οι ερωτήσεις σταθμίστηκαν με θετικό («Θα ήθελα να συνεργαστώ σε ένα ανάλογο project») και αρνητικό πρόσημο («Το βίντεο δεν ανέδειξε διαφορετικές απόψεις για το θέμα και επομένως το ερευνητικό project δεν παρουσιάστηκε ολοκληρωμένα»). Ο βαθμός συμφωνίας κυμάνθηκε από το «μεγάλος βαθμός» έως το «εξαιρετικός βαθμός» για τις ερωτήσεις με θετικό πρόσημο (1, 2, 3, 6, 8, 9, 10) και για τις ερωτήσεις με αρνητικό πρόσημο (4, 5, 7) ο βαθμός συμφωνίας κυμάνθηκε από το «εξαιρετικά μικρός βαθμός» έως το «μικρός βαθμός».

Όπως προκύπτει από την ανάλυση των απαντήσεων που λάβαμε, το 80% των φοιτητών συμφώνησαν ότι οι πληροφορίες που προβάλλονται στο βίντεο παρέχουν μια ολοκληρωμένη περιήγηση στον εικονικό επισκέπτη με βάση την έρευνα των επιμέρους επιστημονικών πεδίων (Εικόνα 7.1), ενώ το 84% θεωρεί ότι το τελικό αποτέλεσμα ανταποκρίθηκε σε υψηλές προσδοκίες και τεχνικές απαιτήσεις (Εικόνα 7.2), ανεξαρτήτως των εμποδίων που μπορεί να προέκυψαν κατά τη δημιουργία της κατασκευής. Επιπλέον, η συντριπτική πλειοψηφία των ομοτίμων (95%) συμφώνησε ότι το συγκεκριμένο ερευνητικό εγχείρημα και η πορεία κατασκευής του παρουσιάζουν έντονο επιστημονικό ενδιαφέρον (Εικόνα 7.3), με τους περισσότερους εξ αυτών (90%) να επιθυμούν να συνεργαστούν σε αντίστοιχο project δημιουργίας μιας ψηφιακής αναπαράστασης ενός αρχαιολογικού χώρου (Εικόνα 7.4).

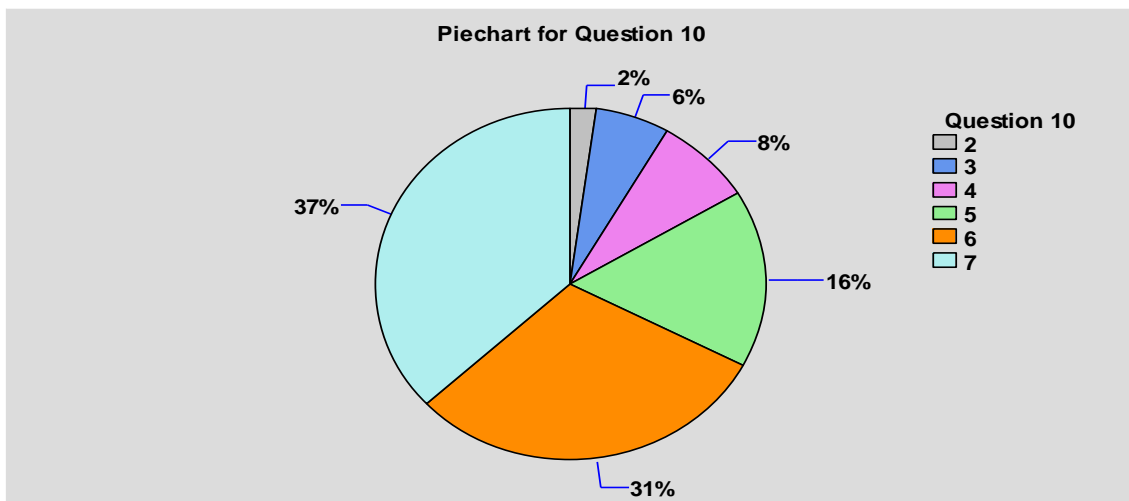
Όσον αφορά τις ερωτήσεις με αρνητικό πρόσημο, αναμφίβολα λειτούργησαν βοηθητικά, ώστε να διαπιστώσουμε τα εμπόδια και τις δυσκολίες κατασκευής ενός τέτοιου έργου, αλλά και τις βελτιώσεις που χρειάζεται να γίνουν μελλοντικά, ώστε να αναβαθμιστεί το τελικό αποτέλεσμα. Ειδικότερα, το 65% συμφώνησε ότι η εικονική περιήγηση μπορεί να εμπλουτιστεί με επιπλέον βοηθητικό πληροφοριακό υλικό σχετικά με το παρεκκλήσι του Αγίου Χριστοφόρου (Εικόνα 7.5),



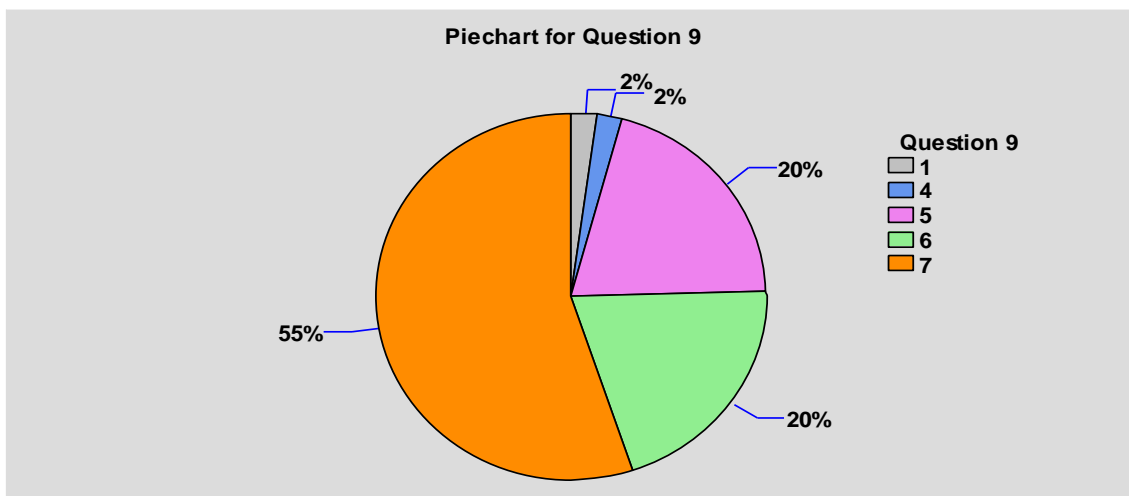
γεγονός που διευρύνει ακόμα περισσότερο τους ορίζοντες της έρευνας. Παρόλα αυτά, περίπου το 70% των φοιτητών συμφώνησαν ότι το βίντεο κατάφερε να παρουσιάσει ολοκληρωμένα το ερευνητικό έργο (Εικόνα 7.6).



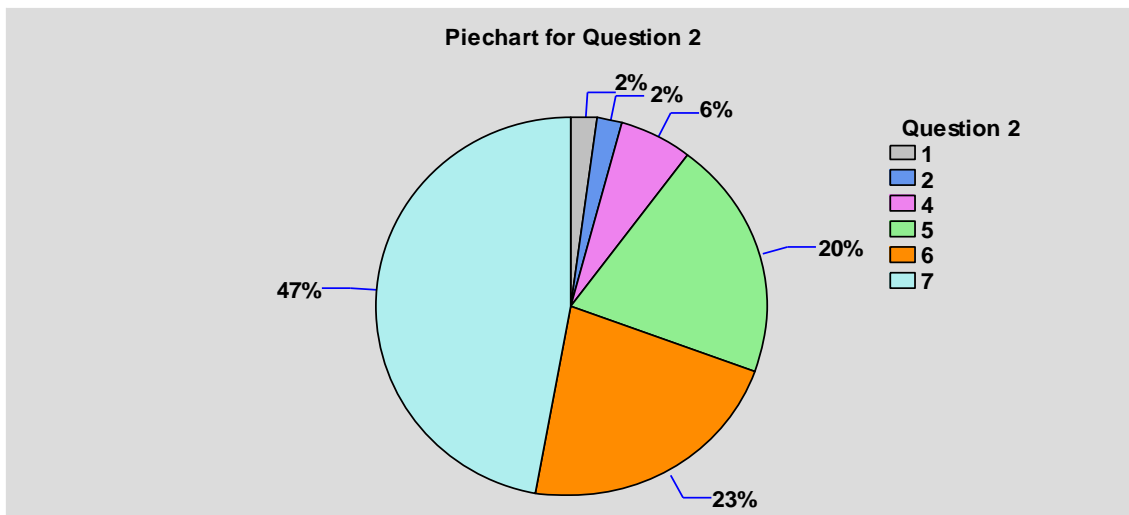
Εικόνα 7.1: Διάγραμμα πίτας ερώτησης 3.



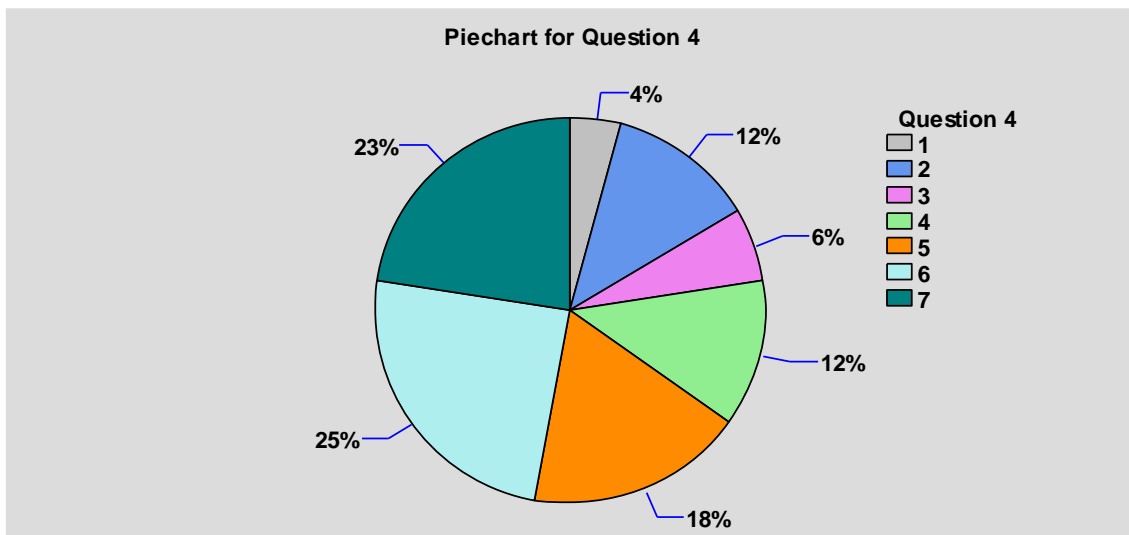
Εικόνα 7.2: Διάγραμμα πίτας ερώτησης 10.



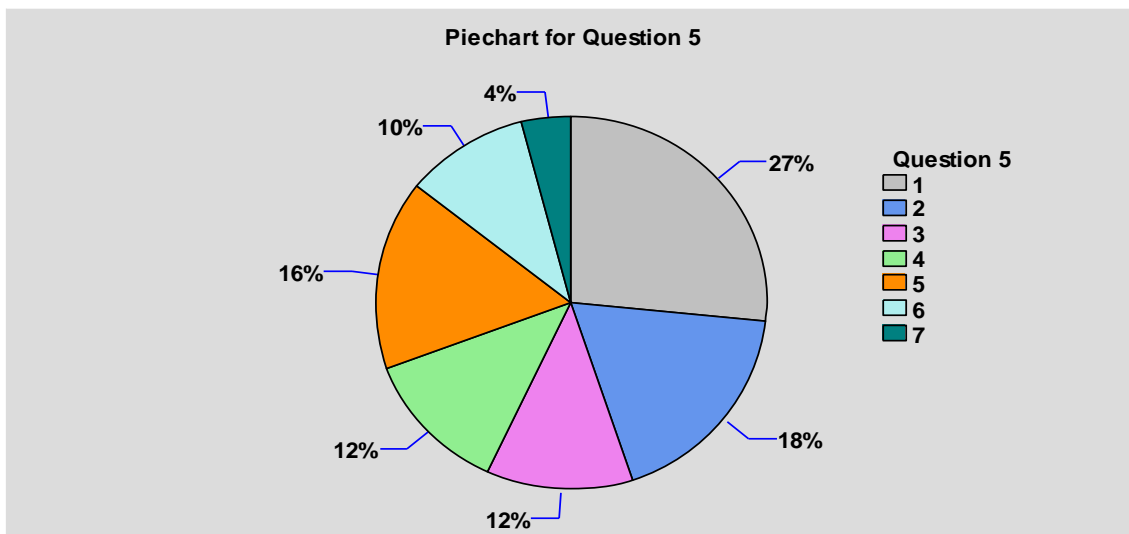
Εικόνα 7.3: Διάγραμμα πίτας ερώτησης 9.



Εικόνα 7.4: Διάγραμμα πίτας ερώτησης 2.



Εικόνα 7.5: Διάγραμμα πίτας ερώτησης 4.



Εικόνα 7.6: Διάγραμμα πίτας ερώτησης 7.

## 7.4 Αξιολόγηση της ψηφιακής κατασκευής ως προς το περιεχόμενο και τον σχεδιασμό

Στο πλαίσιο του ερωτηματολογίου, δόθηκε η δυνατότητα στους μεταπτυχιακούς φοιτητές να παραθέσουν και προσωπικά τους σχόλια σε σχέση με τον σχεδιασμό και το περιεχόμενο της ψηφιακής κατασκευής. Η αποτίμησή τους, με βάση την στάθμιση των απαντήσεων, κινήθηκε σε τρεις βασικούς άξονες: την αποτύπωση των αρχιτεκτονικών χαρακτηριστικών, την απόδοση των τοιχογραφιών και την ποιότητα της εικονικής περιήγησης στο παρεκκλήσι του Αγίου Χριστοφόρου (Εικόνα 7.7).



Εικόνα 7.7: Βασικοί άξονες της αξιολόγησης από ομοτίμους.

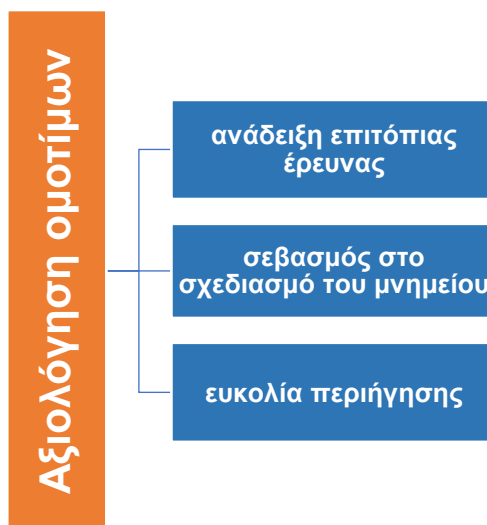
Ως προς τον πρώτο άξονα, έμφαση δίνεται στην παρατήρηση κάποιων λεπτομερειών στο εσωτερικό του ναού, όπως η απόδοση των τυφλών αφιδωμάτων και οι υφές των τοίχων και των παραθύρων, στοιχεία που αποσκοπούν στην ρεαλιστική αποτύπωση του μνημείου. Ακόμη, το εσωτερικό της σκεπής και της ξύλινης κατασκευής με δοκάρια που την συγκρατεί, φαίνεται να αποτελούν βασικά γνωρίσματα, τα οποία συμβάλλουν στην αποτελεσματική ανάδειξη του μνημείου, δίνοντας έμφαση στη σωστή διαχείριση της αρχαιολογικής πληροφορίας. Γενικότερα, η σχεδίαση και η προσέγγιση της κατασκευής του Αγίου Χριστοφόρου χαρακτηρίζονται από τους φοιτητές ακριβείς και άρτιες, προβάλλοντας μια αξιόλογη εικόνα του, η οποία προωθεί το σημερινό χαρακτήρα του μνημείου και αναδεικνύει τα κυριότερα δομικά και αρχιτεκτονικά του στοιχεία.

Συνεχίζοντας με τις τοιχογραφίες, η πλειοψηφία σχολίασε θετικά την προσθήκη τους στο εσωτερικό του Αγίου Χριστοφόρου, καθώς ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να σταθεί μπροστά τους, να τις παρατηρήσει και να κατανοήσει τα βασικά χαρακτηριστικά της βυζαντινής ζωγραφικής του 14ου αιώνα. Την ίδια στιγμή, λειτουργούν ως στοιχείο που βοηθά τον εικονικό επισκέπτη να αποκτήσει μια ολοκληρωμένη εμπειρία και να αντιληφθεί πλήρως το χώρο, δίχως να χρειάζεται να τον επισκεφθεί, ειδικά αν αναλογιστούμε ότι το παρεκκλήσι δεν είναι ακόμα επισκέψιμο για το ευρύ κοινό. Ταυτόχρονα, πέρα από τα σωζόμενα κατάλοιπα των τοιχογραφιών, σημαντική είναι και η υπόδειξη των σημείων όπου δε σώζεται κάποιο έργο, γεγονός που αποδίδει με αληθοφάνεια και ακρίβεια τη σημερινή κατάσταση που σώζεται το παρεκκλήσι.

Η ένταξη του τρισδιάστατου μοντέλου στο Unity και η δημιουργία της εικονικής περιήγησης προβάλλει ένα μνημείο, το οποίο εντάσσεται σε έναν αρχαιολογικό χώρο, όπως η καστροπολιτεία του Μυστρά, με έντονο ιστορικό και αρχιτεκτονικό ενδιαφέρον. Η συγκεκριμένη ψηφιακή αποτύπωση, μέσα από την απλότητα του περιβάλλοντος χώρου, εστιάζει στον ίδιο το ναό και την πολιτιστική του αξία, χωρίς να χρησιμοποιούνται στοιχεία εντυπωσιασμού ή ωραιοποίησης του παρελθόντος. Επιπλέον, ο ήχος των βημάτων από την περιήγηση πρώτου προσώπου έρχεται να συμπληρώσει την «ψηφιακή επίσκεψη», καθώς ο χρήστης νιώθει ότι κινείται στο χώρο, προσδίδοντας την απαραίτητη ζωντάνια και αμεσότητα της εμπύθισης. Αναμφίβολα, αν η εικονική περιήγηση γίνει με την χρήση των κατάλληλων γυαλιών VR, η εμπειρία της εμπύθισης θα είναι ακόμα πιο έντονη από την απλή προβολή της περιήγησης στην οθόνη του Η/Υ, με τον εκάστοτε

χρήστη να μπορεί να εστιάσει για περισσότερο χρόνο στα σημεία εκείνα του ναού που τον ενδιαφέρουν.

Γενικότερα, το σύνολο της ψηφιακής κατασκευής του Αγίου Χριστοφόρου προωθεί την επιτόπια έρευνα που πραγματοποιήθηκε στον αρχαιολογικό χώρο, καθώς και το σεβασμό με τον οποίο υλοποιήθηκε το τρισδιάστατο μοντέλο και η εικονική περιήγηση. Το συγκεκριμένο εγχείρημα καταφέρνει να αναδείξει τη φυσιογνωμία ενός μνημείου, το οποίο δεν είναι ευρέως γνωστό, επιτρέποντας στον χρήστη να αλληλεπιδράσει μαζί του, να κινηθεί αυτόνομα μέσα σε αυτό και να διαμορφώσει τα δικά του συμπεράσματα σχετικά με την κατάσταση στην οποία σώζεται σήμερα. Ακόμη, η περιήγηση στο εικονικό περιβάλλον μπορεί να πραγματοποιηθεί χωρίς να απαιτούνται εξειδικευμένες γνώσεις, με τον ψηφιακό χώρο να είναι αρκετά φιλικός και προσίτος στον χρήστη.



Εικόνα 7.8: Σχολιασμός της ψηφιακής κατασκευής από ομοτίμους.

## 7.5 Συμπεράσματα

Στο 7<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναδεικνύεται η σημασία της αξιολόγησης από ομοτίμους ως πολύτιμη στρατηγική αξιολόγησης και ανατροφοδότησης. Παρουσιάστηκε το ερωτηματολόγιο που μοιράστηκε στους φοιτητές του μεταπτυχιακού, καθώς και οι απαντήσεις που δόθηκαν σε σχέση με την ποιότητα της ψηφιακής κατασκευής του Αγίου Χριστοφόρου. Επιπλέον, αναλύθηκαν τα στατιστικά των απαντήσεών τους, καθώς και τα σχόλια που έγιναν σχετικά με το επίπεδο της κατασκευής ως προς την εκτέλεση και το αρχαιολογικό περιεχόμενο. Όπως προέκυψε από την ανατροφοδότηση, το τρισδιάστατο μοντέλο και η ένταξή του σε περιβάλλον Εικονικής Πραγματικότητας, προβάλλουν με επιτυχημένο τρόπο τα χαρακτηριστικά του παρεκκλησίου και διευκολύνουν την εξερεύνησή και την παρατήρησή του, κάνοντας το σύνολο της διαδικασίας της εικονικής περιήγησης ευχάριστο και ρεαλιστικό, χωρίς να γίνεται προστίθενται στοιχεία υπερβολής που αλλοιώνουν το μνημείο.

## 7.6 Βιβλιογραφία

- Chien, S.-Y., Hwang, G.-J., & Jong, M.-S.-Y. (2020). Effects of peer assessment within the context of spherical video based virtual reality on EFL students' English-Speaking performance and learning perceptions. *Computers & Education*, 146. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103751>
- Double, K., McGrane, J., & Hopfenbeck, Th. (2019). The Impact of Peer Assessment on Academic Performance: A Meta-analysis of Control Group Studies. *Educational Psychology Review*, 2020(32), 481–509. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09510-3>

- Fang, J.-W., Chang, Sh.-Ch., Hwang, G.-J., & Yang, G. (2021). An online collaborative peer-assessment approach to strengthening pre-service teachers' digital content development competence and higher-order thinking tendency. *Educational Technology Research and Development*, 69(2021), 1155–1181. <https://doi.org/10.1007/s11423-021-09990-7>
- Li, H., Xiong, Y., Hunter, Ch.-V., Guo, X., & Tywoniw, R. (2019). Does peer assessment promote student learning? A meta-analysis. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 45(2), 193–211. <https://doi.org/10.1080/02602938.2019.1620679>
- Li, H., Zhao, C., Long, T., Huang, Y., & Shu, F. (2021). Exploring the reliability and its influencing factors of peer assessment in massive open online courses. *British Journal of Educational Technology*, 52(6), 2263–2277. <https://doi.org/10.1111/bjet.13143>
- Victoria, M.-F. (2020). Types of peer assessments in group projects. *AMPS Proceedings series*, 49–58.

## 8. Περιορισμοί της έρευνας, μελλοντικά έργα, συμπεράσματα και προστιθέμενη αξία

### 8.1 Εισαγωγή

Στο 8<sup>ο</sup> και τελευταίο κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας γίνεται αναλυτική αναφορά στα εμπόδια δημιουργίας της ψηφιακής κατασκευής, στους τρόπους που μπορεί να αξιοποιηθεί, αλλά στη συνεισφορά της στην προώθηση της πολιτιστικής κληρονομιάς. Πιο συγκεκριμένα, στο υποκεφάλαιο 8.2, παρουσιάζονται οι περιορισμοί που εντοπίσαμε κατά τη διάρκεια υλοποίησης της έρευνας, οι οποίοι σχετίζονται κυρίως με την κατάσταση διατήρησης του Αγίου Χριστοφόρου και τεχνικά ζητήματα κατά τη δημιουργία της κατασκευής. Στο υποκεφάλαιο 8.3, προτείνονται ορισμένα έργα, μέσα στα οποία θα μπορούσε να ενταχθεί τόσο το τρισδιάστατο μοντέλο όσο και η VR περιήγηση, γεγονός που θα ενίσχυε περισσότερο την σχέση της πολιτιστικής κληρονομιάς με τις νέες ψηφιακές τεχνολογίες. Στο υποκεφάλαιο 8.4, τονίζεται η προστιθέμενη αξία της διπλωματικής εργασίας σε σχέση με την εφαρμογή των τεχνολογιών της 3D μοντελοποίησης και του Virtual Reality στην Αρχαιολογία και στον πολιτισμό γενικότερα.

### 8.2 Όρια και περιορισμοί της έρευνας

Από το σύνολο των θεμάτων που αναλύθηκαν στη διπλωματική εργασία, γίνεται κατανοητό ότι η διαδικασία κατασκευής μιας τρισδιάστατης αναπαράστασης ενός μνημείου πολιτιστικού ενδιαφέροντος δεν είναι εύκολη. Κατά τη διάρκεια υλοποίησης ενός τέτοιου εγχειρήματος, προκύπτουν ορισμένα εμπόδια, όρια και προβληματισμοί, τα οποία εντοπίσαμε και στην περίπτωση του Αγίου Χριστοφόρου.

Η αξιοποίηση των τρισδιάστατων τεχνολογιών στην Αρχαιολογία δεν αποτελεί μια αυτοματοποιημένη διαδικασία. Τα στάδια οργάνωσης, σχεδιασμού και κατασκευής ενός έργου, όπως το παρεκκλήσι του Αγίου Χριστοφόρου, είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα και διαφέρουν από τις παραδοσιακές αρχαιολογικές μεθόδους καταγραφής, χωρίς αυτό να αποκλείει το συνδυασμό τους (Tsiafaki & Michailidou, 2015). Τα δεδομένα που συνελέγησαν έπρεπε να μελετηθούν αναλυτικά, να συγκριθούν μεταξύ τους, καθώς και να γίνουν κατανοητά τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά και η εξέλιξή τους στον χρόνο, γεγονός που δε θα μπορούσε να συμβεί δίχως την επιτόπια έρευνα στον αρχαιολογικό χώρο. Δυστυχώς, αποδείχθηκε δύσκολο να βρεθούν στοιχεία σχετικά με την αρχική κατάσταση που είχε το παρεκκλήσι, καθώς έχει δεχθεί αναστηλωτικές παρεμβάσεις, και επιλέξαμε να το αναπαραστήσουμε στην κατάσταση που σώζεται σήμερα.

Σημαντικό είναι να τονίσουμε το ζήτημα του κόστους υλοποίησης ενός τέτοιου εγχειρήματος, το οποίο αποτελεί έναν από τους κυριότερους παράγοντες για την ενσωμάτωση ή όχι των τρισδιάστατων τεχνολογιών σε ένα αρχαιολογικό έργο (De Reu et al., 2014). Η ψηφιακή κατασκευή της συγκεκριμένης εργασίας πραγματοποιήθηκε με μηδενικό κόστος και με το βασικό τεχνολογικό εξοπλισμό (π.χ. φωτογραφική μηχανή, κινητό τηλέφωνο, προσωπικός Η/Υ), προσπαθώντας να αποτυπώσει με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια το παρεκκλήσι και τα χαρακτηριστικά του. Ακόμη, και τα λογισμικά που επιλέχθηκαν (SketchUp2023 και Unity), χρησιμοποιήθηκαν στη δωρεάν τους έκδοση, χωρίς απαιτήσεις για επιπλέον οικονομικούς πόρους.

Σχετικά με την περιήγηση Εικονικής Πραγματικότητας, κατανοήσαμε ότι για τη δημιουργία μιας πλήρους εικονικής περιήγησης στον αρχαιολογικό χώρο, απαιτείται και ένας επαγγελματικός εξοπλισμός, ο οποίος θα μπορέσει να προσφέρει και το αντίστοιχο αποτέλεσμα. Για το λόγο αυτό, αποφασίστηκε, τουλάχιστον σε αυτό το στάδιο, να δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στην εικονική αναπαράσταση του 3D μοντέλου του Αγίου Χριστοφόρου, η οποία δεν στοχεύει στην παρουσίαση μιας ιδανικής και ωραιοποιημένης εικόνας του, αλλά αντίθετα προβάλλει το παρεκκλήσι χωρίς παρεμβάσεις, που μπορούν να αλλοιώσουν την κατάσταση που διατηρείται. Με άλλα λόγια, προτιμήσαμε να αναδείξουμε το μνημείο με τις αδυναμίες και τα πιθανά προβλήματά του, χωρίς να προβάλλουμε ένα κτίσμα το οποίο δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα και δημιουργεί εσφαλμένες εντυπώσεις για το συγκεκριμένο αρχαιολογικό χώρο.

Η τελική κατασκευή που προέκυψε για την παρούσα διπλωματική εργασία είναι αποτέλεσμα ατομικής προσπάθειας, συνδυάζοντας τις αρχαιολογικές γνώσεις από το προπτυχιακό επίπεδο

και τις ψηφιακές δεξιότητες που αποκτήθηκαν κατά τη διάρκεια του μεταπτυχιακού. Ωστόσο, οφείλουμε να επισημάνουμε, ότι αντίστοιχα έργα εφαρμογής της τρισδιάστατης σχεδίασης και της Εικονικής Πραγματικότητας στον πολιτισμό, προκύπτουν μέσα από τη συνεργασία διαφορετικών ειδικοτήτων (Σκουρλής, 2024; De Reu et al., 2014). Οι αποφάσεις για τον σχεδιασμό και τη δημιουργία μιας ψηφιακής αναπαράστασης λαμβάνονται από κοινού μεταξύ αρχαιολόγων, αρχιτεκτόνων, μηχανικών, επιστημόνων των υπολογιστών ή και άλλων επιστημονικών κλάδων, στοχεύοντας στη δημιουργία μιας κατασκευής φιλικής προς τον χρήστη και λαμβάνοντας πάντα υπόψη τις πραγματικές αρχαιολογικές απαιτήσεις ενός τέτοιου έργου.

### 8.3 Μελλοντικά έργα

Η ψηφιακή κατασκευή του Αγίου Χριστοφόρου, που υλοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, μπορεί να επεκταθεί στη δημιουργία αντίστοιχων έργων για άλλα μνημεία αρχαιολογικού και πολιτιστικού ενδιαφέροντος στο σύνολο της χώρας, τα οποία δεν έχουν αποκτήσει ακόμη ψηφιακό χαρακτήρα. Η παραδοσιακή ροή εργασίας στην αρχαιολογική έρευνα έχει μεταβληθεί χάρη στην εφαρμογή των τρισδιάστατων ψηφιακών τεχνολογιών τα τελευταία χρόνια. Η 3D καταγραφή και απεικόνιση με την χρήση των κατάλληλων λογισμικών, οι ψηφιακές ανακατασκευές αρχαιολογικών χώρων, η τρισδιάστατη μοντελοποίηση και προσομοίωση αντικειμένων ή μνημείων, όπως του Αγίου Χριστοφόρου, είναι μερικές από τις τάσεις που κυριαρχούν στην Αρχαιολογία, ενισχύοντας σημαντικά τον τεχνολογικό χαρακτήρα των ανθρωπιστικών σπουδών (Tsiafaki & Michailidou, 2015). Μέσα από τέτοιες προσπάθειες ψηφιακής ανάδειξης και προστασίας του πολιτιστικού αποθέματος ενός τόπου μπορούν να επωφεληθούν τόσο η επιστημονική κοινότητα όσο και το ευρύτερο κοινό, πάντα με σεβασμό στο χαρακτήρα του εκάστοτε μνημείου. Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω προτείνουμε τα εξής:

- Ένταξη του τρισδιάστατου μοντέλου και της εικονικής περιήγησης του Αγίου Χριστόφορου σε ιστοτόπους και πλατφόρμες αρχαιολογικού και πολιτιστικού ενδιαφέροντος, με σκοπό την άμεση πρόσβαση των χρηστών στην οπτικοποίηση των δεδομένων του παρεκκλησίου. Η αρχαιολογική πληροφορία εγκαταλείπει την αναλογική της μορφή και αποκτά ψηφιακό και τρισδιάστατο χαρακτήρα, γεγονός που επιτρέπει στους ειδικούς (π.χ. αρχαιολόγοι, αρχιτέκτονες) να πειραματιστούν με το μοντέλο, να εφαρμόσουν πιθανές θεωρίες για τη μορφή που μπορεί να είχε ο Άγιος Χριστόφορος στο παρελθόν ή να προτείνουν λύσεις συντήρησης και καλύτερης διαχείρισης του μνημείου, χωρίς να γίνεται άμεση παρέμβαση στο φυσικό χώρο. Έτσι, το 3D μοντέλο αποκτά το ρόλο ενός αποθετηρίου, στο οποίο μπορούν να προστίθεται ανά πάσα στιγμή νέα δεδομένα που προκύπτουν από την αρχαιολογική έρευνα (Derudas et al., 2021; Herman et al., 2020).
- Επέκταση του έργου της τρισδιάστατης μοντελοποίησης και σε άλλα μνημεία του αρχαιολογικού χώρου (ναοί, ανάκτορα, οικίες κ.ά.). Η καστροπολιτεία του Μυστρά είναι ένας αρχαιολογικός χώρος με πλούσια ιστορία που χρονολογείται ακόμα και πριν τους βυζαντινούς χρόνους. Διαθέτει μνημεία, τα οποία αποτελούν εξαιρετικό δείγμα της ύστερης και μεταβυζαντινής εποχής, τα οποία χρειάζεται να αποκτήσουν έναν νέο, ψηφιακό χαρακτήρα. Μέσω της μελέτης των τρισδιάστατων μοντέλων των μνημείων, μπορούν να ανιχνευτούν παραδοσιακές τεχνικές δόμησης, πολύπλοκες αρχιτεκτονικές τεχνικές και γεωμετρίες που ακολουθήθηκαν για την κατασκευή τους (Castagnettia et al., 2017). Τόσο το 3D μοντέλο του Αγίου Χριστοφόρου όσο και των υπόλοιπων μνημείων, σε συνδυασμό με εφαρμογές Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS), μπορούν να «ζωντανέψουν» τα κτίσματα, καθώς διευκολύνεται η ανασκόπηση και παρουσίαση της ανασκαφικής διαδικασίας, παρέχοντας μετρικές πληροφορίες υψηλής ακρίβειας και ποιότητας. Ταυτόχρονα, πραγματοποιούνται συγκρίσεις στοιχείων, δίνονται απαντήσεις σε χωρικά ερωτήματα και τεκμηριώνονται αποφάσεις που πηγάζουν από την έρευνα (Derudas κ.ά., 2021; Tsiafaki & Michailidou, 2015). Εξάλλου, είναι γνωστό ότι η αρχαιολογική ερμηνεία αποτελεί μια διαδικασία, η οποία δεν είναι τυποποιημένη και δεν υπακούει σε αυστηρούς κανόνες. Επομένως, γίνεται κατανοητό ότι μια τόσο αναλυτική και απαιτητική διαδικασία δεν μπορεί να αρκεστεί απλώς στις παραδοσιακές και χρονοβόρες μεθόδους αναζήτησης στα αναλογικά αρχαιολογικά ημερολόγια και σχέδια. Ως εκ τούτου, και ο ερευνητής του κάστρου του Μυστρά, θα έχει άμεση πρόσβαση σε ένα εύρος αρχαιολογικών δεδομένων και ψηφιακών αναπαράστασεων, θα μπορεί να δημιουργήσει συσχετίσεις μεταξύ τους ή ακόμα και να

συνδέσει τις ανασκαφικές παρατηρήσεις με το χώρο της ίδιας της ανασκαφής (Tsipidis et al., 2011).

- Δημιουργία εικονικής περιήγησης για το σύνολο των μνημείων του αρχαιολογικού χώρου του κάστρου του Μυστρά. Τα τελευταία χρόνια οι Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών έχουν γνωρίσει μεγάλη διάδοση στον τομέα του πολιτισμού, κυρίως μέσω της ανάπτυξης διαδραστικών εφαρμογών και πολυμέσων που ευνοούν την επαφή του κοινού με την πολιτιστική κληρονομιά. Η Εικονική Πραγματικότητα είναι μια από τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται προς αυτή την κατεύθυνση (Christofi et al., 2017). Ξεκινώντας από τον Άγιο Χριστόφορο, προτείνεται ο σχεδιασμός μιας VR περιήγησης, όπου ο χρήστης μπορεί να κινηθεί ελεύθερα σε όλα τα κτίσματα. Πρόκειται για μια προσομοίωση, στην οποία ο βαθμός της εμπύθισης εξαρτάται από τον χρήστη και τον τρόπο που επιλέγει να περιηγηθεί. Ο πρώτος τρόπος περιλαμβάνει την χρήση του Η/Υ, με την οθόνη να λειτουργεί ως μέσο προβολής του εικονικού περιβάλλοντος (desktop VR), ενώ ο δεύτερος προβλέπει την χρήση κατάλληλου εξοπλισμού, όπως VR γυαλιά, γεγονός που καθιστά το επίπεδο εμπύθισης ιδιαίτερα υψηλό. Και στις δύο περιπτώσεις, ο εικονικός επισκέπτης του Μυστρά έχει τη δυνατότητα να αλληλεπιδράσει με τα μνημεία, να τα παρατηρήσει εσωτερικά και εξωτερικά και να γνωρίσει τη βυζαντινή αρχιτεκτονική και ιστορία. Σε ενδεδειγμένα σημεία θα υπάρχουν επιπλέον πληροφορίες (γραπτά ή ακουστικά) σχετικά με την ιστορική εξέλιξη του κάστρου, τις πολιτικές και πολιτιστικές μεταβολές της περιοχής, αλλά και τα στάδια οικοδόμησης εντός των τειχών της καστροπολιτείας (Loaiza Carvajal et al., 2020). Για την υλοποίηση ενός τέτοιου εγχειρήματος, σημαντική είναι η αξιοποίηση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS), που αναφέρθηκαν και παραπάνω. Μέσω της γεωαναφοράς των μνημείων και του περιβάλλοντος χώρου τους, η περιήγηση που θα κατασκευαστεί θα έχει επιτύχει υψηλά επίπεδα ακρίβειας και ανάλυσης, περιορίζοντας το χάσμα μεταξύ φυσικού και εικονικού περιβάλλοντος (Kim & Han, 2018). Η περιήγηση αυτή θα λειτουργήσει ενισχυτικά στην προσπάθεια διάδοσης του πολιτιστικού πλούτου της βυζαντινής καστροπολιτείας και των σημαντικότερων μνημείων της, καθώς ο χρήστης θα έχει τη δυνατότητα να τα επισκεφθεί ψηφιακά και να τα μελετήσει συγκεντρωτικά, χωρίς να απαιτείται η φυσική του παρουσία στον αρχαιολογικό χώρο.
- Χρήση της ψηφιακής κατασκευής του Αγίου Χριστοφόρου σε παιχνίδι μάθησης που στοχεύει στην καλλιέργεια της αρχαιολογικής και ιστορικής γνώσης. Τόσο το τρισδιάστατο μοντέλο όσο και η εικονική περιήγηση του Αγίου Χριστοφόρου μπορούν να ενταχθούν στην υλοποίηση ενός εκπαιδευτικού παιχνιδιού (π.χ. παιχνίδι γρίφων, κυνήγι θησαυρού κ.ά.), το οποίο στοχεύει σε μια πιο διαδραστική προσέγγιση της πολιτιστικής κληρονομιάς. Η διδασκαλία της Αρχαιολογίας και της Ιστορίας εντός της τάξης μπορεί να αποδειχθεί αρκετά μεγάλη πρόκληση για τους εκπαιδευτικούς, ωστόσο η ένταξη ενός παιχνιδιού στην διδακτική διαδικασία μπορεί να οδηγήσει σε μια νέα γνωστική εμπειρία, που ξεφεύγει από τις παραδοσιακές μεθόδους μάθησης (Derudas & Berggren, 2021). Η παρουσίαση του εκπαιδευτικού περιεχομένου για το παρεκκλήσι και τον αρχαιολογικό χώρο του κάστρου, μέσω της παιγνιοποίησης (gamification), επιτρέπει στο μαθητή να οικοδομήσει μόνος του την γνώση, να ανακαλύψει το παρελθόν και να αναλάβει πρωτοβουλίες, βελτιώνοντας κατ'επέκταση και την απόδοσή του. Ταυτόχρονα, είναι ελεύθερος να αλληλεπιδράσει με το ψηφιακό περιβάλλον, να συνεργαστεί και να επικοινωνήσει με συνομηλίκους του, ανταλλάσσοντας ιδέες και εντυπώσεις σχετικά με αυτό (Moseikina et al., 2022; Shackelford et al., 2019).

#### **8.4 Προστιθέμενη αξία της μεταπτυχιακής διατριβής**

Σκοπός της μεταπτυχιακής διατριβής είναι η ανάδειξη και η προστασία του παρεκκλησίου του Αγίου Χριστοφόρου, τμήματος του αρχαιολογικού χώρου του κάστρου του Μυστρά, μέσω των τεχνολογιών της 3D μοντελοποίησης και της Εικονικής Πραγματικότητας. Από το σύνολο των κεφαλαίων, αναδεικνύονται τρόποι με τους οποίους οι αρχαιολόγοι μπορούν να αξιοποιήσουν τα συγκεκριμένα ψηφιακά εργαλεία προς όφελος της πολιτιστικής κληρονομιάς και της ιστορίας ενός τόπου.

Η πορεία υλοποίησης της κατασκευής του Αγίου Χριστοφόρου αποδεικνύει ότι ο ψηφιακός αρχαιολόγος του 21ου αιώνα έχει στη διάθεσή του ένα εύρος εργαλείων ψηφιακής αναπαράστασης, τα οποία του επιτρέπουν να οπτικοποιεί τα δεδομένα που έχει συλλέξει και να



τα παρουσιάζει στο κοινό. Συγχρόνως, είναι σε θέση να εμπλουτίζει και να ανανεώνει άμεσα το τρισδιάστατο μοντέλο με νέα στοιχεία, κάτι που με τις παραδοσιακές μεθόδους τεκμηρίωσης και καταγραφής δε θα ήταν εφικτό να πραγματοποιηθεί χωρίς να σπαταλήσει επιπλέον χρόνο και πόρους.

Μέσω της κατασκευής του τρισδιάστατου μοντέλου, δημιουργείται ένα ψηφιακό αντίγραφο του ναού, γεγονός που συμβάλλει στη διατήρησή του στον χρόνο και επιτρέπει την χρήση του για ερευνητικούς σκοπούς. Ταυτόχρονα, αν αναλογιστούμε ότι ο Άγιος Χριστόφορος δεν είναι ακόμα επισκέψιμος για το κοινό, δίνεται η ευκαιρία σε όλους να αποκτήσουν πρόσβαση στο παρεκκλήσι, έστω και ψηφιακά. Μέσω της εικονικής περιήγησης, μπορούν να πραγματοποιήσουν μια «επίσκεψη», να παρατηρήσουν το παρεκκλήσι και τα αρχιτεκτονικά του χαρακτηριστικά και να γνωρίσουν τις βυζαντινές τοιχογραφίες που το κοσμούν. Με αυτόν τον τρόπο, ξεπερνούνται τα όρια ενός παραδοσιακού μουσείου ή αρχαιολογικού χώρου, καθώς ο χρήστης έχει πρόσβαση ανά πάσα στιγμή, μπορεί να παρατηρήσει το μνημείο και να αντλήσει εύκολα τις πληροφορίες που τον αφορούν. Από την άλλη, η ψηφιακή αναπαράσταση μπορεί να αξιοποιηθεί σε έργα αποκατάστασης ή ανάπλασης του Αγίου Χριστοφόρου, χωρίς να γίνει οποιαδήποτε άμεση παρέμβαση στο ίδιο το μνημείο, η οποία δεν έχει τεκμηριωθεί και μελετηθεί επαρκώς.

Κατά τη διάρκεια υλοποίησης της διπλωματικής εργασίας, καθοριστικός ήταν ο συνδυασμός της επιτόπιας έρευνας, των βιβλιογραφικών αναφορών και των ψηφιακών τεχνολογιών. Τα τρία αυτά στοιχεία αποτέλεσαν βασικούς πυλώνες της εργασίας και της προσπάθειας παρουσίασης ενός μνημείου, το οποίο ανήκει σε έναν από τους σημαντικότερους αρχαιολογικούς χώρους της Ελλάδας και αποτελεί μνημείο παγκόσμιας κληρονομιάς της UNESCO. Χάρη στις δια ζώσης επισκέψεις στο παρεκκλήσι, μπορέσαμε να αντιληφθούμε πλήρως τη φυσιογνωμία του και τα κύρια γνωρίσματά του, τα οποία έπρεπε να αναδειχθούν. Μέσω της βιβλιογραφίας, κατανοήσαμε τις αρχές και τα όρια που πρέπει να διέπουν ένα τέτοιο εγχείρημα, ενώ με τα ψηφιακά εργαλεία μπορέσαμε να οπτικοποιήσουμε το σύνολο των πληροφοριών που είχαμε συλλέξει, σεβόμενοι το μνημείο και το χαρακτήρα του.

## 8.5 Συμπεράσματα

Στο 8ο κεφάλαιο παρουσιάστηκαν οι οριοθετήσεις και οι περιορισμοί της διπλωματικής εργασίας, καθώς και μελλοντικά έργα, στα οποία μπορεί να ενταχθεί το τρισδιάστατο μοντέλο και η εικονική περιήγηση του Αγίου Χριστοφόρου. Τέλος, επισημάνθηκε η προστιθέμενη αξία της διπλωματικής διατριβής και η συνεισφορά της στην ψηφιακή ανάδειξη του Αγίου Χριστοφόρου και των σύγχρονων τεχνολογιών και εργαλείων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν προς όφελος της πολιτιστικής κληρονομιάς γενικότερα.

Ο διεπιστημονικός χαρακτήρας της διπλωματικής εργασίας και της ψηφιακής κατασκευής αποτέλεσε μια απαιτητική διαδικασία, ώστε να αποτυπωθεί με σεβασμό και ακρίβεια το παρεκκλήσι του Αγίου Χριστοφόρου. Στόχος ήταν να προβληθεί τόσο το παρεκκλήσι, το οποίο δεν είναι ευρέως γνωστό, αλλά και όλος ο αρχαιολογικός χώρος της καστροπολιτείας του Μυστρά, ώστε να αποκτήσουν σταδιακά τον ψηφιακό χαρακτήρα που χρειάζεται κάθε αρχαιολογικός χώρος σήμερα. Ο συνδυασμός της αρχαιολογικής πρακτικής και έρευνας με την Επιστήμη των Υπολογιστών και των τρισδιάστατων γραφικών καταφέρνουν να προωθήσουν την επιστημονική έρευνα σχετικά με τα μνημεία πολιτιστικού ενδιαφέροντος, αλλά και να τα προβάλλουν με έναν μοναδικό τρόπο στο κοινό. Με τον τρόπο αυτό, διαμορφώνεται για όλους μια γόνιμη σχέση με τον πολιτισμό, προωθείται η συνεισφορά των ψηφιακών τεχνολογιών στον κλάδο της Αρχαιολογίας, ενώ ξεπερνιούνται προβλήματα του παρελθόντος σχετικά με τη διατήρηση, την προστασία και ανάδειξη των αρχαιολογικών χώρων.

## 8.6 Βιβλιογραφία

- Σκουρλής, Στ. (2024). Το 2D animation ως μοντέλο οπτικοποίησης και μετάδοσης της πληροφορίας και η σύγχρονη γραφιστική στην ανάδειξη αρχαιολογικών ευρημάτων, χώρων και επιστημονικών κειμένων. Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής.
- Castagnettia, C., Gianninia, M., & Rivola, R. (2017). Image-based virtual tours and 3d modeling of past and current ages for the enhancement of archaeological parks: The visualVersilia 3D project. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial

- Information Sciences, XLII-5/W1, 639–645. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-5-W1-639-2017>
- Christofi, M., Kyriltsias, Chr., Michael-Grigoriou, D., Anastasiadou, Z., Michaelidou, M., Papamichael, I., & Pieri, K. (2017). A Tour in the Archaeological Site of Choirokoitia Using Virtual Reality: A Learning Performance and Interest Generation Assessment. Στο M. Ioannides, J. Martins, R. Žarnic, & . Lim (Επιμ.), *Advances in Digital Cultural Heritage* (σσ. 208–217). Springer International Publishing.
- De Reu, J., De Smedt, Ph., Herremans, D., Van Meirvenne, M., Laloo, P., & De Clercq, W. (2014). On introducing an image-based 3D reconstruction method in archaeological excavation practice. *Journal of Archaeological Science*, 4(2014), 251–262. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.08.020>
- Derudas, P., & Berggren, Å. (2021). Expanding Field-Archaeology Education: The Integration of 3D Technology into Archaeological Training. *Open Archaeology*, 2021(7), 556–573. <https://doi.org/10.1515/opar-2020-0146>
- Derudas, P., Dell'Unto, N., Callieri, M., & Apel, J. (2021). Sharing Archaeological Knowledge: The Interactive Reporting System. *Journal of Field Archaeology*, 46(5), 303–315. <https://doi.org/10.1080/00934690.2021.1911132>
- Herman, G.-V., Caciora, T., Ilies, D.-C., Ilies, A., Deac, A., Sturza, A., Sonko, S.-M., Suba, N. S., & Nistor, S. (2020). 3d modeling of the cultural heritage: Between opportunity and necessity. *Journal of Applied Engineering Sciences*, 10(23), 27–30. <https://doi.org/10.2478/jaes-2020-0005>
- Kim, H., & Han, S. (2018). Interactive 3D building modeling method using panoramic image sequences and digital map. *Multimed Tools Appl*, 77(2018), 27387–27404. <https://doi.org/10.1007/s11042-018-5926-4>
- Loaiza Carvajal, D.-A., Morita, M.-M., & Bilmes, G.-M. (2020). Virtual museums. Captured reality and 3D modeling. *Journal of Cultural Heritage*, 45(2020), 234–239. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2020.04.013>
- Moseikina, M., Toktamysov, S., & Danshina, Sv. (2022). Modern Technologies and Gamification in Historical Education. *Simulation & Gaming*, 53(2), 135–156. <https://doi.org/10.1177/10468781221075965>
- Shackelford, L., Huang, W.-D., Craig, A., Merrill, C., & Chen, D. (2019). Relationships between motivational support and game features in a game-based virtual reality learning environment for teaching introductory archaeology. *Educational Media International*, 56(3), 183–200. <https://doi.org/10.1080/09523987.2019.1669946>
- Tsiafaki, D., & Michailidou, N. (2015). Benefits and problems through the application of 3d technologies in archaeology: Recording, visualisation, representation and reconstruction. *Scientific Culture*, 1(3), 37–45. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18448>
- Tsipidis, Sp., Koussoulakou, A., & Kotsakis, K. (2011). Geovisualization and Archaeology: Supporting Excavation Site Research. Στο A. Ruas (Επιμ.), *Advances in Cartography and GIScience*. Volume 2 (τ. 2, σσ. 85–108). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.