



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΠΜΣ: «ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Διπλωματική Εργασία

**«3Δ ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΔΕΙΞΗ ΕΚΚΛΗΣΙΑΣΤΙΚΗΣ
ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑΣ»**



Αφαντενού Τσαμπίκα

Ρόδος, 2017



Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Τμήμα Μεσογειακών Σπουδών

**«3Δ ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΔΕΙΞΗ
ΕΚΚΛΗΣΙΑΣΤΙΚΗΣ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑΣ»**

Αφαντενού Τσαμπίκα

Διπλωματική Εργασία

Επιβλέπων Καθηγητής

Επικ. Καθ. Σ. Βοσινάκης (Παν/μιο Αιγαίου)

Συνεπιβλέπων Καθηγητής

Δρ.Γ Παυλίδης (Ερ. Κέντρο ΑΘΗΝΑ, Ερευνητής Α΄)

Εξεταστική Επιτροπή

Δρ. Δ. Τσιαφάκη (Ερ. Κέντρο ΑΘΗΝΑ Ερευνήτρια Α΄)

Δρ. Α. Κουτσούδης (Ερ. Κέντρο ΑΘΗΝΑ, Ερευνητής Β΄)

Δηλώνω υπεύθυνα ότι η διπλωματική εργασία είναι εξ' ολοκλήρου δικό μου έργο και κανένα μέρος της δεν είναι αντιγραμμένο από έντυπες ή ηλεκτρονικές πηγές, μετάφραση από ξενόγλωσσες πηγές και αναπαραγωγή από εργασίες άλλων ερευνητών ή φοιτητών. Όπου έχω βασιστεί σε ιδέες ή κείμενα άλλων, έχω προσπαθήσει με όλες μου τις δυνάμεις να το προσδιορίσω σαφώς μέσα από την καλή χρήση αναφορών ακολουθώντας την ακαδημαϊκή δεοντολογία.

Η δηλούσα

Αφαντενού Τσαμπίκα

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, Δρ. Βοσινάκη, και τον συνεπιβλέποντα, Δρ. Παυλίδη, για τις πολύτιμες συμβουλές και τη χρήσιμη βοήθεια που μου προσέφεραν σε όλη την πορεία της μελέτης και της συγγραφής της διπλωματικής μου εργασίας. Ευχαριστώ, επίσης, τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, Δρ. Τσιαφάκη και Δρ. Κουτσούδη, για το θετικό τους πνεύμα.

Επίσης, ευχαριστώ πολύ τον Μητροπολίτη Ρόδου και πρόεδρο του Διοικητικού συμβουλίου του Επικοινωνιακού και Μορφωτικού Ιδρύματος της Ιεράς Μητροπόλεως Ρόδου κ.κ. Κύριλλο για την άμεση ανταπόκριση στο αίτημα μου και το ενδιαφέρον που επέδειξε, καθώς και τους αρμόδιους επικοινωνίας, τον Αρχιμανδρίτη κ. Κύριλλο Παπανθίμου, τον πατήρ Εμμανουήλ Σκλιβάκη και τον πατήρ Ηλία Πετρίδη.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ακόμη τον κ. Νικόλαο Σησαμάκη και την κ. Δέσποινα Σαλτουρίδου-Κωνσταντινίδη για τον δανεισμό του φωτογραφικού εξοπλισμού τους, προκειμένου να διεξαχθεί η έρευνά μου.

Ευχαριστώ τους φύλακες του Εκκλησιαστικού Μουσείου της Λίνδου, την κ. Βαλάντα Κοκκινογένη και τον κ. Κωνσταντίνο Σακαβάρα, για τη φιλικότητα και τη συντροφιά τους.

Ιδιαίτερα ευχαριστώ την αδερφική μου φίλη, Γεωργία Χατζάκη, για την ηθική υποστήριξη, την ενθάρρυνση και την ανοχή της σε ολόκληρη τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας εργασίας.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου για την αγάπη, τη διαρκή στήριξη και, κυρίως, για την υπομονή τους!

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη - Πρόλογος.....	9
Abstract.....	11
1. Εισαγωγή.....	13
1.1 Αντικείμενο και στόχοι της διπλωματικής μελέτης	16
1.2 Διάρθρωση των περιεχομένων της διπλωματικής μελέτης	17
1.3 Μεθοδολογία της έρευνας.....	19
2. Η εκκλησιαστική κληρονομιά – μελέτη περίπτωσης: εκκλησιαστικό μουσείο Λίνδου	20
2.1 Γενικά στοιχεία της παρούσας έρευνας	23
2.2 Το μουσείο της Λίνδου	24
2.2.1 Η επιλογή της θέσης του μουσείου	26
2.2.2 Τα τμήματα του μουσείου	28
2.2.3 Τα Εκθέματα του Μουσείου.....	32
2.2.4 Η βιβλιοθήκη του μουσείου	34
2.2.5 Μουσείο, έρευνα και εκπαίδευση.....	35
2.2.6 Τα επιλεγμένα αντικείμενα και η ιστορία τους	36
2.3 Η επιλογή των υπό μελέτη εκθεμάτων	43
3. Τριδιάστατη αποτύπωση πολιτιστικών αντικειμένων	45
3.1 Ορισμός τριδιάστατης ψηφιοποίησης.....	45
3.1.1 Ιστορική αναδρομή.....	47
3.1.2 Τεχνολογική ανασκόπηση.....	49
3.1.3 Περιγραφή εξοπλισμού ψηφιοποίησης.....	55
3.2 Σύλληψη γεωμετρικών δεδομένων	61
3.3 Προεπεξεργασία γεωμετρικής πληροφορίας.....	62
3.4 Φιλτράρισμα του θορύβου στο νέφος σημείων	63
3.5 Ομαδοποίηση και οργάνωση των δεδομένων	63
3.6 Ευθυγράμμιση και ενοποίηση τμηματικών σαρώσεων.....	64
3.7 Δημιουργία πολυγωνικού πλέγματος (meshing)	65
3.8 Απλοποίηση πολυγωνικού πλέγματος.....	66
3.9 Απαλοιφή γεωμετρικών ασυνεχειών.....	67
3.10 Δημιουργία υφής (χρώματος)	68
4. Ψηφιοποίηση και δημοσίευση πολύτιμων αντικειμένων της εκκλησιαστικής κληρονομιάς της Ρόδου	69
4.1 Πλάνο και μεθοδολογία ψηφιοποίησης	69
4.1.1 Σχεδιασμός του έργου ψηφιοποίησης και επιλογή της μεθόδου	72
4.1.2 Εισαγωγή στη Μέθοδο «Δομή από Κίνηση»	73
4.2 Διενέργεια της ψηφιοποίησης.....	79
4.2.1 Βάση με λαβή Αγίου Ποτηρίου (ΑΓΚ 021)	80
4.2.2 Σκαμνί ξυλόγλυπτο (ΑΓΚ 171).....	83
4.2.3 Πυξίδα από ξύλο (ΑΓΚ 098).....	86
4.2.4 Μανουάλι ξυλόγλυπτο με χρωματικό διάκοσμο (ΑΓΚ 168)	90
4.2.5 Μυροδοχείο – Περιπραντήριο (ΑΓΚ 069)	93

4.3	Δημιουργία της εικονικής έκθεσης στον ιστό	97
	Συμπεράσματα – Προτάσεις	101
	Ελληνική Βιβλιογραφία.....	104
	Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία.....	107
	Διαδικτυακές πηγές	111

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Ο οικισμός της Λίνδου.....	28
Εικόνα 2. Ο ναός της Κοιμήσεως της Θεοτόκου	29
Εικόνα 3. Τα οικοσκήμα των Μεγάλων Μαγίστρων	30
Εικόνα 4. Η Παναγία η Οδηγήτρια	30
Εικόνα 5. Η είσοδος στον νεκρικό θάλαμο	31
Εικόνα 6. Το δημοτικό σχολείο.....	32
Εικόνα 7. Τα εκθέματα του μουσείου	33
Εικόνα 8. Τα εκθέματα του μουσείου	33
Εικόνα 9. Σημείο όπου εκτίθεται η «Βάση με λαβή Αγίου Ποτηρίου»	37
Εικόνα 10. Κατασκευαστική λεπτομέρεια από τη «Βάση με λαβή Αγίου Ποτηρίου»	38
Εικόνα 11. Ξυλόγλυπτο σκαμνί στην προθήκη του	39
Εικόνα 12. Δωρεά του Διακολαμπριανού (κάλυμμα Ευαγγελίου).....	39
Εικόνα 13. Δωρεά του Διακολαμπριανού (η ασημένια επένδυση της Παναγίας).....	39
Εικόνα 14. Η ξύλινη πυξίδα στην προσθήκη της.....	40
Εικόνα 15. Λεπτομέρεια του πολιτισμικού αντικειμένου (Βουλοκέρι)	40
Εικόνα 16. Το μανουάλι στην προσθήκη του.....	41
Εικόνα 17. Κατασκευαστική λεπτομέρεια του πολιτισμικού αντικειμένου (γυναικεία μορφή)	41
Εικόνα 18. Γυναικεία μορφή στο τέμπλο της Παναγίας Τσαμπίκας της Ρόδου	41
Εικόνα 19. Το μυροδοχείο - περιρραντήριο στην προθήκη του.....	42
Εικόνα 20. Κατασκευαστική λεπτομέρεια του μυροδοχείου – περιρραντηρίου.....	42
Εικόνα 21. Η διαδικασία της ψηφιοποίησης	47
Εικόνα 22. Φωτογράφιση εντός του χώρου του μουσείου	71
Εικόνα 23. Φωτογράφιση στον προαύλιο χώρο του μουσείου	71
Εικόνα 24. Χρήση ξύλινου τραπεζιού και λευκού χαρτονιού.....	71
Εικόνα 25. Χρήση λευκού χαρτονιού ως φόντο.....	72
Εικόνα 26. Βάση με λαβή Αγίου Ποτηρίου	81
Εικόνα 27. Εικονικές τροχιές λήψης φωτογραφιών για τη βάση με λαβή Αγίου Ποτηρίου... ..	81
Εικόνα 28. Αναπαράσταση νέφους σημείων των 3Δ δεδομένων της βάσης με λαβή Αγίου Ποτηρίου	82
Εικόνα 29. Αναπαράσταση τριγωνικού πλέγματος των 3Δ δεδομένων της βάσης με λαβής Αγίου Ποτηρίου.....	82
Εικόνα 30. Λεπτομέρεια τριγωνικού πλέγματος της βάσης με λαβής Αγίου Ποτηρίου	83
Εικόνα 31. 3D μοντέλο βάσης με λαβή Αγίου Ποτηρίου	83
Εικόνα 32. Σκαμνί ξυλόγλυπτο	84
Εικόνα 33. Εικονικές τροχιές λήψης φωτογραφιών για το ξυλόγλυπτο σκαμνί	84
Εικόνα 34. Αναπαράσταση νέφους σημείων των 3Δ δεδομένων του ξυλόγλυπτου σκαμνιού	85
Εικόνα 35. Αναπαράσταση του τριγωνικού πλέγματος των 3Δ δεδομένων του ξυλόγλυπτου σκαμνιού.....	85
Εικόνα 36. Λεπτομέρεια του τριγωνικού πλέγματος του ξυλόγλυπτου σκαμνιού.....	86
Εικόνα 37. 3D μοντέλο για το ξυλόγλυπτο σκαμνί.....	86
Εικόνα 38. Πυξίδα από ξύλο	87
Εικόνα 39. Εικονικές τροχιές λήψης φωτογραφιών για την πυξίδα από ξύλο (σύνολο 1/2) ..	87

Εικόνα 40. Εικονικές τροχιές λήψης φωτογραφιών για την πυξίδα από ξύλο (σύνολο 2/2) ..	88
Εικόνα 41. Αναπαράσταση νέφους σημείων των 3Δ δεδομένων της πυξίδας.....	88
Εικόνα 42. Αναπαράσταση τριγωνικού πλέγματος των 3Δ δεδομένων της πυξίδας	89
Εικόνα 43. Λεπτομέρεια του τριγωνικού πλέγματος της πυξίδας.....	89
Εικόνα 44. 3D μοντέλο για την πυξίδα από ξύλο από την πλευρά με τις κόκκινες σφραγίδες	90
Εικόνα 45. 3D μοντέλο για την πυξίδα από ξύλο από την πλευρά με τις μωβ και μπλε σφραγίδες	90
Εικόνα 46. Μανουάλι ξυλόγλυπτο με χρωματικό διάκοσμο.....	91
Εικόνα 47. Εικονικές τροχιές λήψης φωτογραφιών για το ξυλόγλυπτο μανουάλι	91
Εικόνα 48.Αναπαράσταση νέφους σημείων των 3Δ δεδομένων του ξυλόγλυπτου μανουαλιού	92
Εικόνα 49.Αναπαράσταση τριγωνικού πλέγματος των 3Δ δεδομένων του ξυλόγλυπτου μανουαλιού.....	92
Εικόνα 50.Λεπτομέρεια τριγωνικού πλέγματος του ξυλόγλυπτου μανουαλιού.....	93
Εικόνα 51. 3D μοντέλο για το ξυλόγλυπτο μανουάλι.....	93
Εικόνα 52. Μυροδοχείο - Περιρραντήριο	94
Εικόνα 53. Εικονικές τροχιές λήψης φωτογραφιών για το μυροδοχείο – περιρραντήριο.....	95
Εικόνα 54.Αναπαράσταση νέφους σημείων των 3Δ δεδομένων του μυροδοχείου - περιρραντηρίου.....	95
Εικόνα 55. Αναπαράσταση τριγωνικού πλέγματος των 3Δ δεδομένων του μυροδοχείου – περιρραντηρίου.....	96
Εικόνα 56. Λεπτομέρεια τριγωνικού πλέγματος μυροδοχείου - περιρραντηρίου.....	96
Εικόνα 57. 3D μοντέλο για το μυροδοχείο - περιρραντήριο	97
Εικόνα 58. Εισαγωγή 3D Μοντέλου στο Meshlab.....	98
Εικόνα 59. Τοποθέτηση στο κέντρο του συστήματος συντεταγμένων	98
Εικόνα 60. Παράθυρο διαλόγου τοποθέτησης στο κέντρο του συστήματος συντεταγμένων .	99
Εικόνα 61. Απλοποίηση μοντέλου	99
Εικόνα 62. Παράθυρο διαλόγου απλοποίησης μοντέλου.....	100
Εικόνα 63. Παράθυρο διαλόγου αποθήκευσης απλοποιημένου 3D μοντέλου.....	100

Περίληψη - Πρόλογος

Στις μέρες μας, η τριδιάστατη ψηφιοποίηση ή μοντελοποίηση είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την πολιτιστική κληρονομιά και κατ' επέκταση την εκκλησιαστική κληρονομιά που αποτελεί υποσύνολό της. Η τριδιάστατη παρουσίαση μνημείων και αντικειμένων πολιτισμικής αξίας αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της προσπάθειας αρχειοθέτησης, διατήρησης, συντήρησης, ανάδειξης και προβολής τους (*UNESCO, 2003*).

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται βιβλιογραφική ανασκόπηση σε ζητήματα τριδιάστατης ψηφιοποίησης, εκκλησιαστικής κληρονομιάς καθώς επίσης και εμπειρική έρευνα που αφορά την τριδιάστατη ψηφιοποίηση, η οποία πραγματοποιείται με τη μέθοδο «Δομή από Κίνηση» - “Structure from Motion” (SfM) και την ανάδειξη των τριδιάστατων ψηφιοποιημένων εκκλησιαστικών αντικειμένων. Αναλυτικότερα, η τριδιάστατη ψηφιοποίηση αποτελεί μια πολύπλοκη διαδικασία που ολοένα εξελίσσεται. Για τη σωστή διεκπεραίωσή της εφαρμόζονται διάφορες μέθοδοι ανάλογα με τις απαιτήσεις του χώρου ή του αντικειμένου προς ψηφιοποίηση. Περιλαμβάνει συγκεκριμένα διακριτά μεταξύ τους στάδια, στηρίζεται στη χρήση και προοδευτική εξέλιξη των αλγορίθμων και διαθέτει καθορισμένους στόχους. Ο εξοπλισμός που απαιτείται για την επιτυχή πραγμάτωση ενός έργου τριδιάστατης ανακατασκευής είναι κάθε φορά διαφορετικός και εξαρτάται από τη μέθοδο τριδιάστατης ψηφιοποίησης που επιλέγεται και τους διαθέσιμους πόρους (*Κουτσούδης & Παυλίδης, 2016; Watt, 2000*).

Πιο συγκεκριμένα, στην παρούσα εργασία μελετάται το σύγχρονο εκκλησιαστικό μουσείο του Ι.Ν. της Κοιμήσεως της Θεοτόκου που βρίσκεται στον οικισμό της Λίνδου ΝΑ της πόλης της Ρόδου και απαρτίζεται από τρεις διαφορετικούς χώρους, την εκκλησία της Θεοτόκου, τον Νεκρικό Θάλαμο και το Δημοτικό Σχολείο, παρέχοντας στους επισκέπτες του όλες τις υπηρεσίες ενός σύγχρονου και τεχνολογικά ανεπτυγμένου μουσείου. Ειδικότερα, στο πλαίσιο της εργασίας πραγματοποιείται τριδιάστατη ψηφιοποίηση πέντε πολιτισμικών αντικειμένων εκκλησιαστικής κληρονομιάς, των οποίων η ιστορία ανάγεται από τα χρόνια της Ιπποτοκρατίας μέχρι και πρόσφατα. Τα πολιτισμικά αντικείμενα αυτά σκορπίζουν φως στην πλούσια ιστορία του οικισμού, τους ισχυρούς δεσμούς των

ανθρώπων με τη θρησκεία και την εκκλησιά της Κοιμήσεως της Θεοτόκου (Σησαμάκης, 2014; Παπαχριστοδούλου, 1994).

Επιπροσθέτως, η έρευνα έλαβε χώρα εντός του χώρου του μουσείου της Λίνδου και ολοκληρώθηκε με τη χρήση των λογισμικών AgiSoft PhotoScan, με το οποίο επιτεύχθηκε η τριδιάστατη ανακατασκευή και Meshlab, με τη βοήθεια του οποίου το τριδιάστατο μοντέλο έγινε κατάλληλο προς δημοσίευση σε ιστοσελίδα στο Διαδίκτυο. Καθοριστικό ρόλο στην ερευνητική διαδικασία διαδραμάτισαν αφενός τα ιδιαίτερα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των αντικειμένων, αφετέρου τα διαθέσιμα μέσα υλοποίησης της, ο τόπος και ο χρόνος διεξαγωγής της.

Λέξεις κλειδιά: τριδιάστατη ψηφιοποίηση – μοντελοποίηση – ανακατασκευή, πολιτιστική κληρονομιά, εκκλησιαστική κληρονομιά, Δομή από Κίνηση, Εκκλησιαστικό Μουσείο Λίνδου, Ρόδος.

Abstract

Nowadays, the three-dimensional digitization or modeling is inseparably linked to the cultural heritage and hence the ecclesiastical heritage that is a subset of it. The three-dimensional presentation of monuments and objects of great cultural value constitutes an integral part of their archival, preservation, conservation, promotion and dissemination efforts (*UNESCO, 2003*).

This study constitutes a bibliographic review of three-dimensional digitization, ecclesiastical heritage, as well as an empirical research relevant to the three-dimensional digitization – which is carried out using the "Structure from Motion" (SfM) method – and the dissemination of three-dimensional digitized ecclesiastical objects.

More specifically, three-dimensional digitization is a complex process that is constantly evolving. In order to handle it properly, various methods are applied depending on the requirements of the space or the object to be digitized. It includes distinct phases, is based on the use and development of algorithms, and has well-defined goals. The equipment needed to successfully implement a three-dimensional reconstruction project depends on the three-dimensional digitization method selected and the available resources (*Κουτσούδης & Παυλίδης, 2016; Watt, 2000*).

More specifically, in the present study the modern ecclesiastical museum of the H.T. of the Assumption of Virgin Mary is being studied, located in the settlement of Lindos SE of the city of Rhodes. The museum consists of three different spaces, the Virgin Mary's Church, the Death Chamber and the Primary School and provides all the services of a modern and technologically-developed museum to its guests. In particular, the three-dimensional digitization of five cultural objects of ecclesiastical heritage took place, dating back to the years of the Knighthood until recently. These cultural objects shed light in the rich history of the settlement, the strong bonds of people with the religion and the church of the Assumption of Virgin Mary (*Σησαμάκης, 2014; Παπαχριστοδούλου, 1994*).

In addition, the research took place within the Museum of Lindos and was completed with the use of the specialized software applications including AgiSoft PhotoScan, which was used for three-dimensional reconstruction, and Meshlab, with which the models became suitable for publishing on the Web. A decisive role in the

research process played on one hand the particular features of the objects, on the other hand the available resources for the implementation and the accessibility.

Keywords: three-dimensional digitization - modeling, cultural heritage, ecclesiastical heritage, Movement Structure, Ecclesiastical Museum of Lindos, Rhodes.

1. Εισαγωγή

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του μεταπτυχιακού προγράμματος εξειδίκευσης με τίτλο «Εφαρμοσμένες Αρχαιολογικές Επιστήμες» του Πανεπιστημίου Αιγαίου και πραγματεύεται την τριδιάστατη ψηφιοποίηση, καθώς επίσης και την ανάδειξη αντικειμένων εκκλησιαστικής κληρονομιάς στον παγκόσμιο ιστό. Πιο συγκεκριμένα, μελετούνται πέντε αντικείμενα ιδιαίτερης εκκλησιαστικής κληρονομιάς που προέρχονται από το Εκκλησιαστικό μουσείο του Ιερού Ναού της Κοιμήσεως της Θεοτόκου, το οποίο βρίσκεται στον οικισμό της Λίνδου ΝΑ του νησιού της Ρόδου.

Στις μέρες μας η τριδιάστατη ψηφιοποίηση αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την επιβίωση και την ενίσχυση της ιστορίας και του πολιτισμού, παράγοντες υψίστης σημασίας που καθορίζουν τη συλλογική και εξελισσόμενη μνήμη των διαφόρων κοινωνιών, εθνοτήτων και λαών. Ειδικότερα, η τριδιάστατη ψηφιοποίηση αποτελεί το μέσο που συμβάλλει στην επίτευξη σημαντικών στόχων όπως η διατήρηση της πληροφορίας που περιέχουν τα πολιτισμικά αντικείμενα, καθώς αυτά είναι δυνατό να καταστραφούν ή να αλλοιωθούν με το πέρασμα του χρόνου από ανθρωπογενή ή φυσικά αίτια. Επίσης, η τριδιάστατη ψηφιοποίηση συμβάλλει στην ενίσχυση του ρόλου που έχει το πολιτιστικό αγαθό, καθώς η αντίστοιχη πληροφορία μπορεί να βρεθεί πιο εύκολα και να είναι διαθέσιμη για έρευνα, μελέτη και εκπαίδευση, και τέλος, συμβάλλει στην προβολή και ανάδειξη των πολιτιστικών αγαθών μέσα από το διαδίκτυο αλλά και με την παραγωγή ηλεκτρονικών εκδόσεων (CD, DVD, εφαρμογές κτλ.) για την εκπαίδευση και τον πολιτισμό (Addison, 2000).

Επιπροσθέτως, οι νέες τεχνολογίες των τριδιάστατων ψηφιακών γραφικών συνεισφέρουν σε διάφορους τομείς της διαχείρισης της πολιτιστικής κληρονομιάς, διευκολύνοντας και επιταχύνοντας υπάρχουσες διαδικασίες ή προσφέροντας νέες δυνατότητες. Οι τεχνολογίες τριδιάστατης ψηφιακής αναπαράστασης αντικειμένων και χώρων που φέρουν πολιτισμική πληροφορία αποτελούν ένα χρήσιμο εργαλείο για τη διαχείριση και ανάδειξη της πολιτιστικής κληρονομιάς (Δ1).

Ειδικότερα, η πρόοδος που έχει επιτευχθεί στις τεχνολογίες τριδιάστατης ψηφιοποίησης σε συνδυασμό με την εύρεση νέων αλγορίθμων επεξεργασίας δεδομένων έχουν προσφέρει τη δυνατότητα παροχής αξιόπιστης και υψηλής ακρίβειας λεπτομέρειας ψηφιοποίησης των χαρακτηριστικών πολλών αντικειμένων.

Ως εκ τούτου, το τριδιάστατο ψηφιακό μοντέλο ενός πολιτισμικού αντικειμένου να μπορεί να υποστηρίξει την τεκμηρίωση και τη συντήρηση του, καθώς επίσης συμβάλλει στην έρευνα, προβολή και διδασκαλία της πολιτισμικής πληροφορίας που αυτό φέρει (*Κουτσούδης & Παυλίδης, 2016*).

Επιπλέον, στη διαδικασία τεκμηρίωσης των εκθεμάτων των μουσειακών συλλογών ή των αρχαιολογικών ευρημάτων μιας ανασκαφής, η τριδιάστατη ψηφιακή απεικόνιση του αντικειμένου μπορεί να αποτελέσει άλλη μια πηγή χρήσιμης πληροφορίας, συμπληρώνοντας το κείμενο της περιγραφής τους και τις πληροφορίες του κάθε αντικειμένου. Έπειτα, κατά τη διαδικασία της συντήρησης τα ψηφιακά μοντέλα μπορούν να αξιοποιηθούν ως εργαλεία μετρήσεων διαφόρων δυνάμεων που επιδρούν στο φυσικό αντικείμενο και να αποφασιστεί ο καλύτερος τρόπος μεταχείρισής τους. Ακόμη, το τριδιάστατο μοντέλο δύναται να γίνει και μέσο απεικόνισης των διαφορετικών σταδίων της συντήρησης ή να χρησιμοποιηθεί για να παρουσιαστούν διαφορετικού τύπου πληροφορίες χρήσιμες για τη συντήρησή του.

Τα τελευταία χρόνια, γίνεται προσπάθεια δημιουργίας εργαλείων τριδιάστατων γραφικών που θα βοηθούν στην συναρμολόγηση πολιτισμικών αντικειμένων που δεν διασώζονται ακέραια με τη ψηφιοποίηση των θραυσμάτων και την εφαρμογή αλγόριθμων σύγκρισης των περιγραμμάτων των επιφανειών αυτών και εντοπισμού των ομολόγων τμημάτων (*Cooper, 2002*).

Τα τριδιάστατα μοντέλα χρησιμεύουν επίσης για την αναπαράσταση, την ανάλυση και την ερμηνεία της πολιτισμικής πληροφορίας. Με τη βοήθεια των νέων τεχνολογιών και τεχνικών ψηφιοποίησης τριδιάστατης πληροφορίας γίνεται καταγραφή με μεγάλη λεπτομέρεια των πολιτιστικών τεκμηρίων και μεγάλης ακρίβειας ψηφιακή αναπαραγωγή. Η υψηλή ποιότητα των τριδιάστατων γραφικών δίνει τη δυνατότητα στους ερευνητές να έχουν πρόσβαση στην ίδια σχεδόν πληροφορία που φέρουν τα αυθεντικά αντικείμενα και φυσικά μπορούν να τα επεξεργαστούν χωρίς περιορισμούς ή φόβο φθοράς και μάλιστα ανεξάρτητα από τη γεωγραφική τους θέση, δηλαδή, μουσειακά αντικείμενα που βρίσκονται στην Ελλάδα, μπορούν να επεξεργάζονται και να αναλύονται μέσα από τις ψηφιακές τους αναπαραστάσεις από ερευνητές που βρίσκονται σε άλλες χώρες. Ένα ακόμη πλεονέκτημα της τριδιάστατης ψηφιοποίησης στη διαδικασία της τεκμηρίωσης είναι ότι παρέχει μεγάλη ευελιξία στην παραγωγή διαφορετικών απεικονίσεων ενός

αντικειμένου προσδίδοντας του διαφορετικά χαρακτηριστικά κάθε φορά (Godin,2002).

Επίσης, ένα τριδιάστατο μοντέλο συμβάλλει καθοριστικά στην ανάδειξη της πολιτισμικής πληροφορίας στο κοινό, κάτι που αποτελεί κοινό στόχο κάθε μουσείου. Η έκθεση των αντικειμένων σε ένα χώρο όπου παρέχονται μόνο κάποιες βασικές πληροφορίες για τα εκθέματα αποτελεί «στεγνή» πληροφόρηση και δε βοηθά στην ανάκτηση των πληροφοριών εκείνων που δηλώνουν την εποχή που δημιουργήθηκαν, την ιστορία και τη σημασία του κάθε εκθέματος. Συνεπώς, η παρουσίαση του σε τριδιάστατη μορφή σε συνδυασμό με άλλες πηγές πληροφόρησης μπορεί να ενισχύσει τη διαδικασία οικοδόμησης της γνώσης για τον πολιτισμό, τα ιστορικά πρόσωπα και γεγονότα που αυτό πρεσβεύει. Με τον τρόπο αυτό, τα τριδιάστατα ψηφιακά μοντέλα γίνονται εργαλεία διάδρασης με το παρελθόν και βοηθούν στη δημιουργία μιας πληρέστερης εικόνας του (Οικονόμου, 2007).

Σήμερα, οι τρόποι δημιουργίας ενός τριδιάστατου μοντέλου είναι πολυάριθμοι. Όσο εξελίσσεται η τεχνολογία τόσο αναπτύσσονται και οι μέθοδοι τριδιάστατης ψηφιοποίησης, καθώς διαφορετικά λογισμικά πακέτα μπορούν να υποστηρίξουν διαφορετικές τεχνικές αναπαράστασης της τριδιάστατης πληροφορίας. Οι τεχνικές τριδιάστατης ανακατασκευής ποικίλουν ανάλογα με την εφαρμογή και τα μέσα που χρησιμοποιούνται και διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, τις ενεργητικές και τις παθητικές. Στις ενεργητικές για τη λήψη πληροφορίας προς ψηφιοποίηση χρησιμοποιείται ελεγχόμενη προβολή φωτός με τη χρήση ειδικών συσκευών laser, πομπών, υπερήχων, φωτεινών πηγών κ.α. ενώ στις παθητικές γίνεται χρήση φυσικού φωτισμού και συνήθως χρησιμοποιούνται απλά μέσα όπως για παράδειγμα μια ψηφιακή φωτογραφική μηχανή. Στην παρούσα εργασία, όπως ειπώθηκε και πιο πάνω θα γίνει χρήση της μεθόδου «Δομή από Κίνηση» που ανήκει στις παθητικές μεθόδους ψηφιοποίησης (Godin, 2002).

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας υπολογιστών και λογισμικού σε συνδυασμό με τη χρήση τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνίας προσφέρει, επίσης, νέες δυνατότητες στους μελετητές της Εκκλησιαστικής Ιστορίας, της Χριστιανικής γραμματείας, της Αρχαιολογίας και Τέχνης για τη ψηφιοποίηση του εκκλησιαστικού αποθέματος και την καταγραφή του, δηλαδή των τεχνουργημάτων που εξυπηρετούν τις λειτουργικές ανάγκες της Χριστιανικής λατρείας και Εκκλησίας. Η εκκλησιαστική

τέχνη διακρίνεται σε τρεις περιόδους, την Παλαιοχριστιανική ή Πρωτοβυζαντινή (3^{ος} αιώνας – 726 μ.Χ.), τη Βυζαντινή (726 – 1453 μ.Χ.) και την Μεταβυζαντινή (1453 μ.Χ – αρχές 18^{ου} αιώνα). Τα υλικά και άυλα κληροδοτήματα της εκκλησιαστικής κληρονομιάς είναι επιτεύγματα και των τριών αυτών περιόδων και προστατεύονται σύμφωνα με τη νομοθεσία που διέπει την πολιτιστική κληρονομιά. Πρόκειται για μνημεία αρχιτεκτονικής, γλυπτικής, ζωγραφικής, βιοτεχνίας και μικροβιοτεχνίας, γραπτά μνημεία καθώς και ηχητικά ντοκουμέντα (Καλοκύρης, 1980; Αντουράκης, 1984; Αλμπάνη, 1999).

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκαν πέντε αντικείμενα εκκλησιαστικής κληρονομιάς που προέρχονται από το Εκκλησιαστικό Μουσείο του Ι.Ν. της Κοιμήσεως της Θεοτόκου του οικισμού της Λίνδου στο νησί της Ρόδου. Αδιαμφισβήτητα, η τριδιάστατη ψηφιοποίηση και η εφαρμογή νέων τεχνολογιών αγγίζουν και τη μουσειακή διαχείριση. Το κάθε μουσείο ως φορέας πολιτισμού έχει ανάγκη τη χρήση καινοτόμων μέσων για να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις της νέας εποχής και να ανταποκριθεί στο ρόλο του ως φορέας συλλογής, διατήρησης, διαφύλαξης, μελέτης, ερμηνείας, τεκμηρίωσης, έκθεσης του πολιτιστικού αποθέματος, και παράλληλα πληροφόρησης, εκπαίδευσης και ψυχαγωγίας του κοινού (Μιχαηλίδου, 2003).

1.1 Αντικείμενο και στόχοι της διπλωματικής μελέτης

Το θέμα μελέτης και έρευνας της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η τριδιάστατη ψηφιοποίηση και ανάδειξη αντικειμένων εκκλησιαστικής κληρονομιάς. Ειδικότερα, μελετήθηκαν πέντε αντικείμενα μεγάλης εκκλησιαστικής αξίας, τα οποία αποτελούν εκθέματα του εκκλησιαστικού μουσείου της Λίνδου. Τα πολιτισμικά αντικείμενα που μελετηθήκαν είναι μια *βάση με λαβή Αγίου Ποτηρίου*, ένα *σκαμνί ξυλόγλυπτο*, μια *πυξίδα από ξύλο*, ένα *μανουάλι ξυλόγλυπτο με χρωματικό διάκοσμο* και ένα *μυροδοχείο – περιρραντήριο*. Η επιλογή τους έναντι των υπολοίπων εκθεμάτων έγινε με συγκεκριμένα κριτήρια που συνδέονται με το ιστορικό τους πλαίσιο και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους γνωρίσματα. Στη συνέχεια, αφού πραγματοποιήθηκε η τριδιάστατη μοντελοποίηση των πέντε εκκλησιαστικών αντικειμένων δημιουργήθηκε ιστοσελίδα στην οποία προβάλλονται τα εκθέματα υπό τη μορφή εικονικού μουσείου, με δυνατότητα τα μοντέλα αυτά να μπορεί να τα δει κανείς στην επίσημη ιστοσελίδα του εκκλησιαστικού μουσείου της Λίνδου.

Ένα έργο ψηφιοποίησης πρέπει κάθε φορά να έχει σαφείς και ξεκάθαρους στόχους. Η τριδιάστατη ανακατασκευή, την οποία πραγματεύεται η παρούσα διπλωματική εργασία, εκτός από τους καθολικούς στόχους που χαρακτηρίζουν κάθε ανακατασκευή (προβολή, άμεση πρόσβαση, συντήρηση, έρευνα, διαδραστικότητα κτλ.) έχει διττό χαρακτήρα:

- Αφενός, με την τριδιάστατη ψηφιοποίηση των επιλεγθέντων εκκλησιαστικών αντικειμένων επιχειρείται ο εμπλουτισμός της ήδη υπάρχουσας ψηφιακής παρουσίασης του εκκλησιαστικού μουσείου της Λίνδου με τα τριδιάστατα μοντέλα των πέντε εκθεμάτων ιδιαίτερης καλλιτεχνικής και ιστορικής αξίας. Η παρουσία τους σε τριδιάστατη μορφή σε συνδυασμό με άλλες μορφές πληροφορίας μπορεί να ενισχύσει την οικοδόμηση της γνώσης για τον πολιτισμό, τα ιστορικά πρόσωπα και τα γεγονότα που αυτά πρεσβεύουν. Επιπρόσθετα, η παρουσία των τριδιάστατων μοντέλων στο διαδίκτυο μπορεί να αναθερμάνει και να δραστηριοποιήσει τους νέους για επαφή με τον πολιτισμό, καθώς έλκονται από κάθε νέα μορφή τεχνολογίας.
- Αφετέρου, με την ιδιαίτερη παρουσίαση αυτών των εκκλησιαστικών αντικειμένων καταβάλλεται προσπάθεια ενίσχυσης του Θρησκευτικού Τουρισμού που ολοένα και αυξάνει τα τελευταία χρόνια. Ο Θρησκευτικός Τουρισμός, ως μια μορφή εναλλακτικού τουρισμού στηρίζεται στην προβολή και ανάδειξη της εκκλησιαστικής κληρονομιάς και την προβολή της πολιτισμικής ιστορίας ενός τόπου (*Μέντης, 2005*).

Μέσα σ' αυτό το πλαίσιο η ύπαρξη των τριδιάστατων μοντέλων των εκκλησιαστικών εκθεμάτων και η στοχευμένη προβολή τους θα μπορούσε να δελεάσει και να παρακινήσει τον κάθε διαδικτυακό επισκέπτη να μετατρέψει την εικονική του επίσκεψη σε δια ζώσης εμπειρία, ενταγμένη μέσα σε ένα ευρύτερο εμπλουτισμένο πλαίσιο πολιτιστικού τουρισμού.

1.2 Διάρθρωση των περιεχομένων της διπλωματικής μελέτης

Η παρούσα διπλωματική εργασία είναι διαρθρωμένη σε πέντε κεφάλαια τα οποία με τη σειρά τους διακρίνονται σε υποκεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο δίνεται μια εισαγωγή στο θέμα της παρούσας διπλωματικής έρευνας και γίνεται αναφορά στη συμβολή της τριδιάστατης ψηφιοποίησης στη διαχείριση και προβολή της

πολιτιστικής κληρονομιάς και κατ' επέκταση της εκκλησιαστικής κληρονομιάς. Ειδικότερα, παρουσιάζεται το αντικείμενο το οποίο ερευνάται στην εργασία και περιγράφονται τα κίνητρα που οδήγησαν στην εκπόνηση της παρούσας εργασίας και οι επιμέρους στόχοι της έρευνας. Ακόμη, το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει τη διάρθρωση των περιεχομένων της διπλωματικής εργασίας όπως και τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε κατά τη συγγραφή και έρευνα του παρόντος πονήματος.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται το Εκκλησιαστικό Μουσείο της Λίνδου. Γίνεται σύντομη αναφορά στην ιστορία του οικισμού της Λίνδου, στην ίδρυση του μουσείου και περιγράφονται τόσο τα οικιστικά τμήματα που το απαρτίζουν και ο περιβάλλον χώρος τους, όσο οι διάφορες λειτουργίες του και οι ευκαιρίες που αυτό προσφέρει. Ειδικότερα, αναλύονται τα πέντε εκκλησιαστικά εκθέματα του μουσείου που αποτελούν τον πυρήνα της παρούσας ερευνητικής εργασίας και σχολιάζονται οι λόγοι που οδήγησαν στην επιλογή τους.

Το τρίτο κεφάλαιο είναι αφιερωμένο στην τριδιάστατη ψηφιοποίηση των πολιτιστικών αντικειμένων. Σε αυτό το κεφάλαιο δίνεται ο ορισμός της τριδιάστατης ψηφιοποίησης, προβάλλεται η ιστορική διαδρομή της και γίνεται μια σύντομη τεχνολογική ανασκόπηση. Πιο συγκεκριμένα, επιχειρείται η αναλυτική παρουσίαση των σταδίων της διαδικασίας της τριδιάστατης αποτύπωσης και του εξοπλισμού που απαιτείται για την πραγματοποίηση ενός έργου ψηφιοποίησης.

Το τέταρτο κεφάλαιο περιλαμβάνει την πρακτική έρευνα της διπλωματικής εργασίας. Αναφέρεται στο πλάνο και τη μεθοδολογία του έργου ψηφιοποίησης που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας μελέτης, καθώς και στον σχεδιασμό του. Γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στους λόγους για τους οποίους επιλέχθηκε η μέθοδος τριδιάστατης αποτύπωσης «Δομή από Κίνηση» - “ Structure from Motion” (SfM) στις αρχές λειτουργίας της, στα μέσα που απαιτούνται και στους περιορισμούς της. Ακολούθως, περιγράφεται η διενέργεια της ψηφιοποίησης με την χρήση του λογισμικού Agisoft Photoscan και δίνονται τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των τριδιάστατων μοντέλων των εκκλησιαστικών αντικειμένων. Επιπλέον, γίνεται παρουσίαση του τρόπου προβολής και ανάδειξης των ψηφιοποιημένων μοντέλων.

Τέλος, στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη μεταπτυχιακή αυτή διατριβή με θέμα «Τριδιάστατη Ψηφιοποίηση και Ανάδειξη Εκκλησιαστικής Κληρονομιάς».

1.3 Μεθοδολογία της έρευνας

Η μελέτη για την υλοποίηση της εργασίας πραγματοποιήθηκε σε βιβλιογραφικό και ερευνητικό επίπεδο. Σε βιβλιογραφικό επίπεδο, υλικό για την έρευνα αποτέλεσαν συγγράμματα, μελέτες, άρθρα σε επιστημονικά περιοδικά και δημοσιεύσεις σε συνέδρια που είχαν ως θέμα τη χρήση των νέων τεχνολογιών στον πολιτισμό αλλά και δημοσιεύσεις ιστορικού, αρχαιολογικού και εκκλησιαστικού περιεχομένου. Επίσης, σημαντική πηγή πληροφοριών αποτέλεσε και το διαδίκτυο (*Kumar & Phrommathed, 2005; Wahyuni, 2012*).

Το ερευνητικό μέρος της εργασίας πραγματοποιήθηκε σε διαφορετικά στάδια. Αρχικά, έγινε η επιλογή του θέματος και κατατέθηκε αίτηση στο Ε.Μ.Ι. της Ι.Μ. Ρόδου για άδεια έρευνας. Στη συνέχεια, αφού έγινε δεκτή η αίτηση, έγινε η προετοιμασία των εκθεμάτων προς ψηφιοποίηση και πραγματοποιήθηκε η λήψη των φωτογραφικών τεκμηρίων των αντικειμένων, σύμφωνα με τις αρχές της μεθόδου τριδιάστατης ψηφιοποίησης που επιλέχθηκε. Αφού έγινε η επιλογή των κατάλληλων φωτογραφιών, ακολούθησε η κατάλληλη επεξεργασία τους από το λογισμικό Agisoft PhotoScan, προκειμένου να δημιουργηθούν τα τριδιάστατα μοντέλα των αντικειμένων προς ψηφιοποίηση. Τέλος, δημιουργήθηκε ιστοσελίδα που περιλαμβάνει τα ψηφιοποιημένα μοντέλα.

2. Η εκκλησιαστική κληρονομιά – μελέτη περίπτωσης: εκκλησιαστικό μουσείο Λίνδου

Η εκκλησιαστική κληρονομιά αποτελεί υποσύνολο της πολιτιστικής κληρονομιάς ενός τόπου και ειδικότερα στη χώρα μας η μεγάλη σπουδαιότητα της συμβάλει στη διατήρηση του πολιτισμού. Πιο συγκεκριμένα, ως πολιτιστική κληρονομιά ορίζεται το απόθεμα προϊόντων της τέχνης που έχει προκύψει στο φάσμα της ιστορίας της τέχνης και αποτελείται από συστατικά μέρη του πολιτισμού του κάθε λαού (*UNESCO, 1972*). Επομένως, η έννοια της πολιτιστικής κληρονομιάς υποδηλώνει τη σχέση που δημιουργήθηκε με ορισμένα στοιχεία του περιβάλλοντος μέσα στο κοινωνικό - ιστορικό πλαίσιο (*Pearce, 2002*).

Αναλυτικότερα, σύμφωνα με τον νόμο 3028/2002 περί Προστασίας των Αρχαιοτήτων και εν γένει της Πολιτιστικής Κληρονομιάς και με βάση το άρθρο 3, ορίζεται η πολιτιστική κληρονομιά και συνιστάται ο εντοπισμός, η έρευνα, η καταγραφή, η τεκμηρίωση και η μελέτη των στοιχείων της κάθε άμεσης ή έμμεσης βλάβης της. Επίσης, συνιστάται η αποτροπή της παράνομης ανασκαφής, κλοπής και της παράνομης εξαγωγής, η συντήρηση και η κατά περίπτωση αναγκαία αποκατάστασή της, η διευκόλυνση της πρόσβασης και της επικοινωνίας του κοινού με αυτήν, η ανάδειξη και η ένταξή της στη σύγχρονη κοινωνική ζωή και τέλος, η παιδεία, η αισθητική αγωγή και η ευαισθητοποίηση των πολιτών περί της πολιτιστικής κληρονομιάς (*14; Κόνσολα, 1995*).

Στην πολιτιστική κληρονομιά περιλαμβάνονται τα μνημεία, τα οικοδομήματα αλλά και οι τοποθεσίες αυτών. Ειδικότερα, τα μνημεία αποτελούνται από έργα αρχιτεκτονικής, γλυπτικής και ζωγραφικής, κατασκευές αρχαιολογικής φύσεως, επιγραφές, προϊστορικά στοιχεία, καθώς επίσης και συνδυασμοί αυτών των χαρακτηριστικών που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της ιστορίας, της τέχνης και της επιστήμης (*UNESCO, 1972*). Σύμφωνα με την UNESCO η υλική πολιτιστική κληρονομιά είναι μια πολυδιάστατη έννοια που περιλαμβάνει ποικίλα αντικείμενα κατασκευασμένα στο παρελθόν, μνημεία, έργα τέχνης, έργα αρχιτεκτονικής, έργα γλυπτικής, έργα ζωγραφικής, κ.ά. (*UNESCO, 1972*). Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια προωθείται και ο όρος της άυλης πολιτιστικής κληρονομιάς που σύμφωνα με την UNESCO περιλαμβάνει απεικονίσεις, εκφράσεις, πρακτικές, γνώσεις, και δεξιότητες των ατόμων ή των κοινωνιών που προβάλλονται μέσα από τα

αντικείμενα ή τα διάφορα οικοδομήματα της τέχνης. Η άυλη πολιτιστική - εκκλησιαστική κληρονομιά διέπεται από τον νόμο 3521/2006, ο οποίος ορίζει πρωταρχικά την προστασία και το σεβασμό της άυλης πολιτιστικής κληρονομιάς, καθώς επίσης και την ευαισθητοποίηση σε επίπεδο τοπικό, εθνικό και διεθνές. Επίσης, ορίζει τη σημασία της άυλης πολιτιστικής κληρονομιάς και της αμοιβαίας εκτίμησης που πρέπει να τυγχάνει αλλά και τη διεθνή συνεργασία και συνδρομή. Τέλος, σύμφωνα με την επικρατούσα νομοθεσία, η άυλη πολιτιστική κληρονομιά περιλαμβάνει τις προφορικές παραδόσεις και τις εκδηλώσεις, τα τελετουργικά, τα εορταστικά γεγονότα, τα έργα παραδοσιακής χειροτεχνίας, τα οποία αναφέρονται στο παρελθόν και επηρεάζουν αναπόφευκτα τις σημερινές κοινωνίες αλλά και τις μεταγενέστερες (Δ5; Κωνσταντέλλης *et al.*, 2010).

Η αναγνώριση της πολιτιστικής κληρονομιάς κάθε τύπου συμβάλει στην ανάδειξη της πολιτιστικής ταυτότητας των λαών, καθώς αποτελεί το μέσο που υποδεικνύει την προέλευση και το παρελθόν των ανθρώπων. Παράλληλα, συμβάλει στην οικονομική και κοινωνική ανάδειξη του τόπου, καθώς αποτελεί βασικό στοιχείο ανάπτυξης σημαντικών κλάδων την οικονομίας, όπως ο τουρισμός, η εκπαίδευση και η βιομηχανία παραγωγής πολιτιστικών αντικειμένων (Κωνσταντέλλης *et al.*, 2010).

Όπως προαναφέρθηκε, η εκκλησιαστική κληρονομιά αποτελεί κομμάτι της πολιτιστικής κληρονομιάς και διέπεται από την ίδια νομοθεσία για τη διατήρηση και διαφύλαξή της. Ειδικότερα, η εκκλησιαστική κληρονομιά περιλαμβάνει την υλική και την άυλη εκκλησιαστική κληρονομιά. Από τη μια μεριά, η υλική περιλαμβάνει τα πολιτισμικά αντικείμενα που συνδέονται με τη θρησκευτική λατρεία και αποτελούν αντικείμενα χρήσης ή διακόσμησης στους ναούς και στους χώρους λατρείας, τα αρχιτεκτονικά οικοδομήματα των ναών και τους χώρους λατρείας, τα ιερά άμφια και τα ιδιαίτερα διακριτικά αντικείμενα των ιερωμένων (Καλοκύρης, 1980). Από την άλλη μεριά, η άυλη εκκλησιαστική κληρονομιά περιλαμβάνει τα ήθη και τα έθιμα που συνδέονται με τη θρησκευτική παράδοση, τις δωρεές και τις προσφορές, τα θεία μυστήρια, τους ψαλμούς και τους ύμνους.

Η σημαντικότητα της εκκλησιαστικής κληρονομιάς τόσο σε τοπικό όσο σε εθνικό αλλά και σε παγκόσμιο επίπεδο είναι μεγάλη. Όσον αφορά τον ελλαδικό χώρο σπουδαία μνημεία εκκλησιαστικής λατρείας αλλά και πολιτισμικά αντικείμενα συγκαταλέγονται στο θησαυρό της εκκλησιαστικής κληρονομιάς της χώρας. Από

αυτά μεγάλος αριθμός εκτίθενται είτε σε διάφορα εκκλησιαστικά μουσεία, είτε σε ενεργούς χώρους λατρείας και ναούς, είτε φυλάσσονται μακριά από τα βλέμματα του κοινού. Η μη έκθεση των αντικειμένων αυτών είτε συνδέεται με την ιδιαιτερότητα του υλικού κατασκευής ή το χαρακτήρα του αντικειμένου είτε οφείλεται στο γεγονός της μη χρονολόγησης ή αποκρυπτογράφησης του αντικειμένου αυτού. Στις μέρες μας, η επιστήμη που ασχολείται με την τριδιάστατη ψηφιοποίηση πολιτιστικών αντικειμένων και συμβάλει ιδιαίτερα στην ανάδειξη των αντικειμένων αυτών, ολοένα και περισσότερο βοηθά στην κατάρτιση ψηφιακών εκθέσεων αθέατων πολιτιστικών αντικειμένων, προσφέροντας πολύτιμο πολιτισμικό ψηφιακό περιεχόμενο στο κοινό. Η προσφορά της επιστήμης είναι ουσιαστική στη διατήρηση, διαφύλαξη και προβολή της εκκλησιαστικής κληρονομιάς τόσο σε εθνικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Επομένως, η διαφύλαξη και προβολή της εκκλησιαστικής κληρονομιάς θεωρείται αδιαπραγμάτευτη ανάγκη, διότι μέσω αυτής οι μεταγενέστερες γενεές «γεύονται» τις παραδόσεις, τα ήθη και έθιμα, τις λατρευτικές συνήθειες των προγόνων τους, γεγονός που διασφαλίζεται με τη διαφύλαξη των θρησκευτικών πεποιθήσεων ανά τους αιώνες. Επίσης, μέσω της διατήρησης της εκκλησιαστικής κληρονομιάς ενισχύεται και η θρησκευτική ταυτότητα των λαών. Παράλληλα, η ανάπτυξη και οικονομική εξέλιξη κάθε τόπου και κοινωνίας συνδέεται αναπόσπαστα με τη διατήρηση και διαφύλαξη της εκκλησιαστικής κληρονομιάς, διότι σχετίζεται με παραγωγικούς κλάδους της οικονομίας (UNESCO,1972).

Σπουδαία παραδείγματα εκκλησιαστικής κληρονομιάς στο νησί της Ρόδου αποτελούν το εκκλησιαστικό μουσείο της Λίνδου, η Παναγιά Τσαμπίκα στον Αρχάγγελο, ο ναός της Υψώσεως του Τιμίου Σταυρού στα Απόλλωνα και η Παναγιά της Φιλερήμου στην Ιαλυσό, καθώς περιλαμβάνουν αντικείμενα ιδιαίτερης πολιτισμικής αξίας συνδεδεμένα με σημαντικούς δωρητές, από την εποχή της Ιπποτοκρατίας μέχρι και σήμερα. Σε εθνικό επίπεδο, τα Μετέωρα, το Άγιο όρος, η Παναγιά της Τήνου και το νησί της Πάτμου αποτελούν χώρους σπουδαίας εκκλησιαστικής κληρονομιάς της χώρας. Σε παγκόσμιο επίπεδο η Αγία Σοφία στην Κωνσταντινούπολη, ο Άγιος Πέτρος στο Βατικανό, ο Πανάγιος Τάφος στα Ιεροσόλυμα και οι τοιχογραφημένοι ναοί στη περιοχή του όρους Τρόδος στην Κύπρο, αποτελούν επίσης χώρους σπουδαίας εκκλησιαστικής κληρονομιάς των εκάστοτε κρατών.

Στην παρούσα εργασία, επιλέχθηκε το μουσείο της Λίνδου ως χώρος μελέτης. Πιο συγκεκριμένα, επιλέχθηκαν πέντε εκκλησιαστικά αντικείμενα μεγάλης πολιτισμικής αξίας συνδεδεμένα με την ιστορία της Ρόδου αλλά και την πολιτισμική ταυτότητα του λαού της. Τα αντικείμενα αυτά είναι μια *βάση με λαβή αγίου ποτηριού*, ένα *σκαμνί ξυλόγλυπτο*, μια *πυξίδα από ξύλο*, ένα *μανουάλι ξυλόγλυπτο με χρωματικό διάκοσμο* και ένα *μυροδοχείο - περιρραντήριο*. Η σπουδαιότητα των αντικειμένων αυτών έγκειται στη σπουδαιότητα των δωρητών τους, οι οποίοι συνδέονται με την επικράτηση της Ιπποτοκρατίας στο νησί της Ρόδου. Το μουσείο της Λίνδου συμβάλει ουσιαστικά στην οικονομική ανάπτυξη του τόπου με την προσέλκυση κοινού που καταφθάνει στο νησί, ώστε να θαυμάσει ή να ερευνήσει τα εκθέματα. Τα πέντε επιλεγμένα αντικείμενα της έρευνα αυτής μελετήθηκαν και στη συνέχεια ψηφιοποιήθηκαν σε τρεις διαστάσεις και η τριδιάστατη ψηφιακή ανακατασκευή τους αναρτήθηκε στον παγκόσμιο ιστό προκειμένου ο εκάστοτε θεατής να δύναται να ταυτιστεί με παλαιά αντικείμενα μέσα από το χρόνο και το χώρο και να μπορεί να τα «γευτεί» μέσα από την πλούσια εμπειρία που παρέχουν τα σύγχρονα τεχνολογικά μέσα.

2.1 Γενικά στοιχεία της παρούσας έρευνας

Στην παρούσα μελέτη έπειτα από εκτενή βιβλιογραφική έρευνα σε θέματα που αφορούν την πολιτισμική αλλά κυρίως την εκκλησιαστική κληρονομιά του τόπου και μετά από επιτόπια έρευνα στον υπό μελέτη χώρο, έγινε προσπάθεια παρουσίασης κάποιων σημαντικών πολιτισμικών αντικειμένων του Εκκλησιαστικού Μουσείου της Λίνδου, χώρος ιδιαίτερης εκκλησιαστικής κληρονομιάς που βρίσκεται στο νησί της Ρόδου.

Πιο συγκεκριμένα, εξετάστηκαν εκτενώς πέντε εκκλησιαστικά αντικείμενα. Η επιλογή των αντικειμένων προς εξέταση και ψηφιοποίηση δεν έγινε τυχαία. Αφενός, τα αντικείμενα αυτά επιλέχθηκαν εξαιτίας της ιδιαίτερης ιστορικής και καλλιτεχνικής τους αξίας που συνδέεται με τα υλικά κατασκευής, την χρονολογία κατασκευής, τους δωρητές και τον καλλιτεχνικό τους διάκοσμο που μαρτυρά τον τόπο κατασκευής τους καθώς επίσης τις επιρροές της εποχής κατά την οποία δημιουργήθηκαν. Επίσης, η επιλογή των αντικειμένων αναδεικνύει τη σύνδεση τους με τους ανθρώπους και την ιδιαίτερη παράδοση του οικισμού της Λίνδου και παράλληλα προβάλλει τη γενικότερη ιστορία του νησιού της Ρόδου. Αφετέρου, τα αντικείμενα αυτά πληρούν τις προϋποθέσεις της τριδιάστατης ψηφιοποίησης με τη χρήση της μεθόδου «Δομή από

Κίνηση», με αποτέλεσμα το τελικό επιθυμητό τριδιάστατο ψηφιακό μοντέλο να μπορεί να αποτελέσει άρτιο ψηφιακό αντίγραφο (digital replica) με το πολιτισμικό αντικείμενο και να δύναται να αναρτηθεί σε ψηφιακή διαδικτυακή έκθεση. Ειδικότερα, το μέγεθος και το υλικό του εκάστοτε αντικειμένου επηρεάζει τη διαδικασία της τριδιάστατης ψηφιοποίησης, ακόμα και με τη χρήση της μεθόδου «Δομή από Κίνηση» (Structure from Motion – SfM).

Συνοψίζοντας, η ψηφιοποίηση και η παραχώρηση των ψηφιοποιημένων προϊόντων, θα συμβάλουν, πρωτίστως στη διασφάλιση και διατήρηση της σπουδαίας εκκλησιαστικής κληρονομιάς των αντικειμένων αυτών στην πάροδο του χρόνου και δευτερευόντως στην τοπική οικονομική ανάπτυξη και κοινωνική εξέλιξη του οικισμού που θα ενισχυθεί πιθανότατα περισσότερο με την αύξηση της επισκεψιμότητας του κοινού στο Μουσείο (Πούλιος, 2010β). Η έρευνα αυτή επίσης στοχεύει στην προσέλκυση ειδικών επιστημόνων που θα ερευνήσουν περαιτέρω τα πολιτισμικά αυτά αντικείμενα και θα συμβάλουν καθοριστικά και εκείνοι με τη σειρά τους στη διατήρηση της πολιτιστικής ταυτότητας του τόπου μέσω της διασφάλισης και προστασίας της εκκλησιαστικής κληρονομιάς.

2.2 Το μουσείο της Λίνδου

Το εκκλησιαστικό μουσείο της Λίνδου βρίσκεται στο κέντρο του οικισμού της Λίνδου στα νοτιοανατολικά του Δήμου της Ρόδου. Ο οικισμός καθώς και η εκκλησία της Παναγίας της Λίνδου αλλά και τα προκτίσματά της είναι κηρυγμένα ως ιστορικά διατηρητέα μνημεία σύμφωνα με την *υπ. αρ. πρωτ.23085/738/25-8-1948* Εφημερίδα της Γενικής Διοικήσεως Δωδεκανήσου *αρ.φύλλου 10/23-9-1948* απόφαση κήρυξης. Το εκκλησιαστικό μουσείο της Λίνδου ιδρύθηκε το 1998 από την 4^η Εφορεία Βυζαντινών Αρχαιοτήτων (Ε.Β.Α.) στον ενοριακό ναό της Κοιμήσεως της Θεοτόκου, προκειμένου να προβάλλει και ταυτοχρόνως να διαφυλάξει τα εξαιρετικής αξίας εκκλησιαστικά κειμήλια της ενορίας. Η επανέκθεση των κειμήλιων που προέρχονται από την εκκλησιαστική περιουσία της ενορίας της Λίνδου με θέμα «Η Θεία Λατρεία, ο Ναός, η Ναοσκευή και οι Καραβοκύρηδες της Λίνδου» δημιουργεί κατάλληλες προϋποθέσεις στον επισκέπτη να κατανοήσει τον θρησκευτικό πολιτισμό του ναυτικού οικισμού της Λίνδου, αλλά και του νησιού γενικότερα. Υπεύθυνος αρχαιολόγος και επιμελητής της τότε έκθεσης ήταν ο Θεωρής Αρχοντόπουλος. Το Μουσείο λειτουργεί ανελλιπώς από την ημέρα των εγκαινίων μέχρι σήμερα χωρίς ουσιαστικές αλλαγές στη διαρρύθμιση και τα εκθέματα. Το σύνολο των αντικειμένων

επιλέχτηκαν από τον Ηλία Κόλλια και τον Θεωρή Αρχοντόπουλο με ιδιαίτερη προσωπική επιμέλεια (Σησαμάκης, 2014). Επίσης, η έκθεση αυτή αποτελεί αδιάσπαστη ενότητα του δικτύου του «Μητροπολιτικού Μουσείου Χριστιανικού Πολιτισμού» της Ρόδου με θέμα «Η ιστορία της ροδιακής εκκλησίας και ο πολιτισμός που αναπτύχθηκε στο νησί γύρω από την ορθόδοξη λατρεία». Συνεπώς, το Μουσείο της Λίνδου ανήκει στο δίκτυο χριστιανικών μουσείων και επισκέψιμων μνημείων που ανήκουν στο Επικοινωνιακό και Μορφωτικό Ίδρυμα (Ε.Μ.Ι.) της Ιεράς Μητροπόλεως Ρόδου, ως ένας από τους κεντρικούς περιφερειακούς κόμβους.

Ο χώρος του Εκκλησιαστικού Μουσείου αποτελείται από τρία διακριτά τμήματα, τον Ιερό Ναό της Κοιμήσεως της Θεοτόκου, τον νεκρικό θάλαμο και το Δημοτικό σχολείο, ενώ παράλληλα διαθέτει χώρο υποδοχής στον πρόναο. Τα τμήματα αυτά στο σύνολό τους αποτελούν μουσειακούς χώρους σύγχρονων προδιαγραφών, οι οποίοι πληρούν τις απαιτούμενες προϋποθέσεις προβολής, διατήρησης, ασφάλειας και προσβασιμότητας, δίνοντας ιδιαίτερη ευαισθησία στα άτομα με ειδικές ανάγκες (ΑμΕΑ). Ειδικότερα, οι εκθεσιακοί χώροι παρουσιάζουν μικρές ανισοσταθμίσεις μεταξύ τους που δημιουργούν ευνοϊκές συνθήκες προσβασιμότητας στα άτομα αυτά. Επιπλέον, στο σύνολό του το Μουσείο χαρακτηρίζεται από μουσειολογικά πρότυπα και μοντέλα παρουσίασης, ερμηνείας και αξιοποίησης των δυνατοτήτων που συνδέονται με τις νέες τεχνολογίες. Επιπροσθέτως, το μουσείο διαθέτει ψηφιακό οδηγό εκθεμάτων, οθόνες προβολών, οθόνες αφής με ακουστικά που παρέχουν πολυεπίπεδα διαδραστικά προγράμματα, τα οποία αφορούν το δίκτυο του μητροπολιτικού μουσείου, ενώ παράλληλα προσφέρει στους επισκέπτες του φορητές συσκευές (iPad tablet) εφόσον δε φέρουν κάποια προσωπική συσκευή, προκειμένου να λάβουν ειδικότερες πληροφορίες για συγκεκριμένα εκθέματα, σαρώνοντας τα QR codes που βρίσκονται δίπλα στα εκθέματα (12). Ακόμη, το μουσείο παρέχει σε όλους τους επισκέπτες ασύρματο δίκτυο (WiFi) και διατίθενται τρεις διαδραστικοί σταθμοί προσβάσιμοι και από ΑμΕΑ για την ενίσχυση της ενημέρωσης των επισκεπτών.

Ο επισκέπτης δύναται να κατανοήσει την καλλιτεχνική και λειτουργική χρήση των αντικειμένων διαδραστικά, ακόμα και τη θέση τους στη μυστηριακή λατρευτική ζωή της εκκλησίας. Επιπλέον, οι χώροι του μουσείου εμπεριέχουν τμήματα εκπαίδευσης και ευαισθητοποίησης των επισκεπτών δια μέσου μουσειολογικών προγραμμάτων και εκδηλώσεων, τα οποία σέβονται το θρησκευτικό χαρακτήρα και

αναδεικνύουν τη συλλογή, τον πολιτισμό και τη θρησκευτική ζωή του οικισμού της Λίνδου. Ακόμη, το Μουσείο της Λίνδου παρέχει στους επισκέπτες τον εισαγωγικό κόμβο της πολιτιστικής διαδρομής «Περίπατος στο χώρο και το χρόνο» που σχετίζεται στενά με τα αρχοντικά των Καραβοκώρηδων και τους ναούς της Λίνδου. Η συλλογή συνδέεται με τα υπόλοιπα Χριστιανικά μουσεία και μνημεία της Ρόδου και αποτελεί την πύλη υποδοχής των επισκεπτών στο δίκτυο του Μητροπολιτικού Μουσείου με τη διοχέτευση καίριων πληροφοριών.

Όσον αφορά το μουσειολογικό πρόγραμμα της έκθεσης κειμηλίων, αυτό χωρίζεται σε τρεις ενότητες. Η πρώτη αποτελεί εισαγωγική ενότητα με θέμα το συγκρότημα του Ιερού Ναού της Λίνδου και τη χριστιανική Ρόδο και χωρίζεται σε τέσσερις υποενότητες. Οι δύο πρώτες υποενότητες συνδέονται με το ναό και τον οικισμό της Λίνδου, ενώ οι επόμενες αφορούν το περιφερειακό δίκτυο μέσω της πολιτιστικής διαδρομής «Περίπατος στο χώρο και το χρόνο» αλλά και το συνολικό δίκτυο του Μητροπολιτικού Μουσείου με θέμα «Η Ιστορία της Ροδιακής Εκκλησίας».

Η δεύτερη ενότητα σχετίζεται με το εσωτερικό του Ιερού Ναού της Κοιμήσεως της Θεοτόκου και περιλαμβάνει το εσωτερικό κτηριακό κέλυφος και τα αντικείμενα. Απαρτίζεται από τρεις υποενότητες που έχουν στόχο την ανάδειξη των αρχιτεκτονικών, λειτουργικών και διακοσμητικών στοιχείων του ναού αλλά και των συμβολισμών τους. Τέλος, η τρίτη ενότητα απαρτίζεται από επτά υποενότητες που αφορούν τα αντικείμενα με τελετουργική κυρίως χρήση. Τα αντικείμενα αυτά, ως επί το πλείστον αποτελούν αφιερώματα των πιστών και απαντώνται κατά κύριο λόγο σε ορθόδοξους ναούς. Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται η συμβολική και λειτουργική τους αξία που συνδέεται άρρηκτα με τη χριστιανική κοινότητα, τους κατοίκους της Λίνδου, αλλά και τους Καραβοκώρηδες του οικισμού (Σησαμάκης, 2014).

2.2.1 Η επιλογή της θέσης του μουσείου

Η επιλογή της θέσης του Εκκλησιαστικού Μουσείου στον οικισμό της Λίνδου δεν έγινε τυχαία. Η Λίνδος αποτελεί μία από τις σημαντικότερες περιοχές της Ρόδου, τόσο από ιστορική και όσο και από εκκλησιαστική σκοπιά (Εικόνα 1). Η μακροχρόνια ιστορία της, την καταδεικνύει ως ένα τόπο με συνεχή επιρροή στο πέρασμα των αιώνων.

Ειδικότερα, ο οικισμός της Λίνδου σύμφωνα με τη μυθολογία ιδρύθηκε από τον γενάρχη των Ροδίων Τληπόλεμο. Βάσει των αρχαιολογικών δεδομένων, ο οικισμός της Λίνδου κατοικείται από τη νεολιθική περίοδο (4000-2.800 π.Χ.) και αποτέλεσε φυσικό οχυρό που ανήλθε οικονομικά, εξαιτίας της ναυτιλίας έπειτα από τη δωρική κατάκτησή του. Συγκεκριμένα, αποτελούσε τμήμα της Δωρικής Εξάπολης μαζί με την Κάμιρο, Ιαλυσό, Αλικαρνασσό, Κω και Κνίδο. Η Λίνδος διαδραμάτισε ενεργό ρόλο και κατά τη διάρκεια της αποικιοκρατίας, καθώς εμφανίζει αποικία στη Σικελία και τη Γέλα. Ο ολοένα αναπτυσσόμενος επεκτατικά οικισμός συνδέονταν ιδιαίτερα με τη λατρεία της θεάς Αθηνάς και μέχρι σήμερα διατηρείται ιερό προς τιμήν της στην ακρόπολη του οικισμού της Λίνδου που σύμφωνα με τη μυθολογία το έκτισαν οι Δαναΐδες, οι 50 κόρες του Δαναού, βασιλιά των Αργείων (13). Ακόμη, κατά τη διάρκεια της διακυβέρνησης του τυράννου Κλεόβουλου (ενός από τους επτά σοφούς της αρχαιότητας) τον 6^ο αιώνα π.Χ. η περιοχή της Λίνδου γνώρισε ιδιαίτερη ακμή. Η περιοχή αποτελούσε σημαντικότατο ναυτικό εμπορικό κόμβο κατά τη βυζαντινή περίοδο. Η Λίνδος αποτέλεσε τον κυριότερο οικισμό του νησιού, μετά την πόλη της Ρόδου. Στα χρόνια της Ιπποτοκρατίας το κάστρο της Λίνδου αποτελούσε ένα από τα πιο ισχυρά οχυρά του νησιού, στο οποίο έδρασαν Μεγάλοι Μάγιστροι, όπως ο Pierre D' Aubusson που άφησε το αποτύπωμά του στο νησί. Επιπροσθέτως, η Μεσαιωνική περίοδος κληροδότησε στο νησί της Ρόδου τις εκκλησίες και το κάστρο. Ο Άγιος Γεώργιος ο Χωστός που χρονολογείται γύρω στον 12^ο αιώνα αποτελεί ένα από τα πρωιμότερα τοιχογραφικά χριστιανικά μνημεία της περιοχής. Ο Άγιος Μηνάς αλλά και ο βραχώδης ναός της Παναγίας Εάλω που χρονολογούνται την ίδια περίοδο και βρίσκονται εκτός του οικισμού, ανήκουν στα πρωιμότερα επίσης τοιχογραφημένα χριστιανικά μνημεία και αποτελούν αξιόλογους χώρους μελέτης των βυζαντινών χρόνων, ενώ παράλληλα φανερώνουν δείγματα της ανθρώπινης παρουσίας κατά τις εποχές αυτές στο νησί (Αρχοντόπουλος, 1999; Παπαχριστοδούλου, 1994).

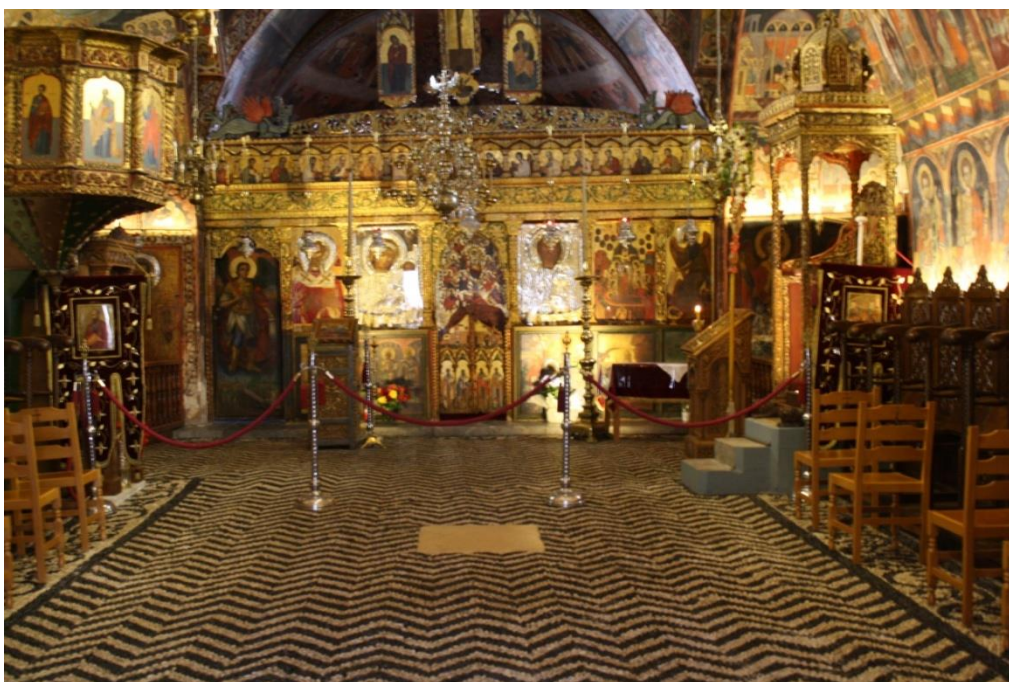


Εικόνα 1. Ο οικισμός της Λίνδου

2.2.2 Τα τμήματα του μουσείου

Το εκκλησιαστικό μουσείο της Λίνδου, όπως προαναφέρθηκε, αποτελείται από τρία διακριτά τμήματα, τον Ιερό Ναό της Κοιμήσεως της Θεοτόκου, τον Νεκρικό θάλαμο και το Δημοτικό σχολείο που συγκροτούνται από ξεχωριστά κτιριακά οικοδομήματα, τα οποία έχουν κατασκευαστεί σε διαφορετικές χρονικές στιγμές και από διαφορετικούς κατασκευαστές. Τα κτίσματα αυτά είχαν διαφορετική χρήση, όμως «συνενώθηκαν» για να αποτελέσουν το εκκλησιαστικό μουσείο της Λίνδου.

Όσον αφορά τον Ιερό Ναό της Κοιμήσεως της Θεοτόκου, είναι κτισμένος με τον τύπο του ελεύθερου σταυρού με τρούλο και είναι ο ενοριακός ναός του οικισμού της Λίνδου (Εικόνα 2). Αναλυτικότερα, από επιγραφή εντός του ναού αντλούνται πληροφορίες για το έτος κατασκευής του που χρονολογείται μεταξύ 13^{ου} - 15^{ου} αιώνα ή και παλαιότερα (Βολανάκης, 1998; Ορλάνδος, 1948). Ωστόσο, άλλες γραπτές πηγές αναφέρουν ότι ο Ιερός Ναός της Κοιμήσεως της Θεοτόκου κατασκευάστηκε τον 10^ο αιώνα, αλλά φαίνεται πως αναφέρονται σε προγενέστερο ναό (Βολανάκης, 1998). Ο χώρος, όπου χτίστηκε ο ναός, αποτελούσε δωρεά κατοίκου της Λίνδου και η ανέγερσή του ολοκληρώθηκε με τη βοήθεια όλων των κατοίκων, αλλά και των караβοκύρηδων της περιοχής. Οι πληροφορίες αυτές αντλούνται από επιγραφή που υπάρχει πάνω από τη θύρα της βόρειας κεραίας του σταυρού του ναού.



Εικόνα 2. Ο ναός της Κοιμήσεως της Θεοτόκου

Σύμφωνα με ιστορικά στοιχεία, η επισκευή του ναού χρηματοδοτήθηκε το 1489 από τον Μεγάλο Μάγιστρο Pierre D' Aubusson και τότε κατασκευάστηκε το σταυροθολιακό προστώο του ναού. Τα οικόσημα που χαρακτηρίζουν τον Μεγάλο Μάγιστρο εντοπίζονται ακόμη και σήμερα στην νότια πλευρά του καμπαναριού του ναού (Εικόνα 3).

Η εικόνα της Παναγίας της Οδηγήτριας που χρονολογείται περί τον 14^ο αιώνα αποτελεί και το παλαιότερο σωζόμενο εκκλησιαστικό αντικείμενο το ναού, το οποίο βρίσκεται σήμερα στο εικονοστάσι της εκκλησίας, αριστερά της Ωραιάς Πύλης (Εικόνα 4). Το μεγάλης πολιτισμικής αξίας αντικείμενο αυτό, πιθανόν, να κατασκευάστηκε σε εργαστήριο της Κωνσταντινούπολης και σύμφωνα με την παράδοση βρέθηκε στην παραλία του μεγάλου γιαλού της Λίνδου, πριν ακόμα κτιστεί η εκκλησία κατά την Οθωμανική περίοδο.

Κατά την Οθωμανική κατοχή ο Ιερός Ναός της Κοιμήσεως της Θεοτόκου παρέμεινε χωρίς αγιογράφηση (Lingas, 2008). Η διαδικασία της αγιογράφησης του ναού ξεκίνησε με πρωτοβουλία του Γεωργίου Χαριστάκη που προσέγγισε με διπλωματικό τρόπο τον γενικό διοικητή του οθωμανικού κράτους (Αναστασιάδης, 1954). Ο Hasan Karetan μετά την προσέγγιση του Χαριστάκη, έδωσε άδεια για να ξεκινήσουν τα έργα εικονογράφησης του ναού. Οι τοιχογραφίες ολοκληρώθηκαν από

τον αγιογράφο Γρηγόριο από τη Σύμη, το έτος 1779. Σημαντική ήταν επίσης, η συμβολή του Δημητρίου, ο οποίος είχε καταφθάσει από το Φανάρι της Κωνσταντινούπολης στην Λίνδο για την ολοκλήρωση της αγιογράφησης του ναού (Αναστασιάδης, 1954).



Εικόνα 3. Τα οικόσημα των Μεγάλων
Μαγίστρων



Εικόνα 4. Η Παναγία η Οδηγήτρια

Σύμφωνα με την παράδοση, ο Ιερός Ναός της Κοιμήσεως της Θεοτόκου ανήκε σε Μονή και τα γύρω κτίσματα αποτελούσαν τα κελιά των μοναχών. Η άποψη αυτή ενισχύεται από την επιγραφή στον Νεκρικό θάλαμο, αλλά και από το γεγονός ότι τα κτίσματα που βρίσκονται περιμετρικά του ναού ανήκουν ακόμη και σήμερα στην ιδιοκτησία της εκκλησίας.

Όσον αφορά το δεύτερο κτιριακό τμήμα του εκκλησιαστικού μουσείου της Λίνδου, τον Νεκρικό θάλαμο, αυτός βρίσκεται στη βόρεια πλευρά του ναού και κατασκευάστηκε στις αρχές του 17^{ου} αιώνα, χρονολογία που συνδέεται με την επιδημία της πανώλης που μάστιζε την περιοχή, γεγονός που ομολογείται από επιγραφή που διατηρείται ακόμη και σήμερα, εντός του Νεκρικού θαλάμου (Εικόνα 5). Η χρήση του κτίσματος αυτού, ως Νεκρικού θαλάμου ίσχυε ως τις αρχές του 20^{ου} αιώνα. Εικασίες μαρτυρούν τη συνήθεια των Λινδίων να ξενυχτούν τον νεκρό στο νεκρικό διαμέρισμα της εκκλησίας και όχι στο σπίτι, όπως συνηθίζονταν σχεδόν σε όλη την Ελλάδα. Η συνήθεια τους αυτή σχετίζεται με τις ρίζες των κατοίκων που ήταν βαθιά συνδεδεμένες με τη θάλασσα, αλλά και το φόβο της μεταφοράς του θανατικού στα σπίτια.



Εικόνα 5. Η είσοδος στον νεκρικό θάλαμο

Το τμήμα αυτό του Μουσείου πιθανόν να λειτουργούσε αποκλειστικά ως ένα ιδιότυπο λοιμοκαθαρητήριο για τη μη μετάδοση ασθενειών στον πυκνό οικιστικό ιστό της περιοχής και ταυτόχρονα να αποτελούσε δικλείδα ασφαλείας για τη διαφύλαξη της υγείας των υγιών κατοίκων. Η άποψη αυτή ενισχύεται περισσότερο από τα όσα αναφέρονται σε επιγραφή που υπάρχει στον ανατολικό τοίχο του κτηρίου και αναφέρεται στη Δόμνα, νεκρή σύζυγο του καπετάνιου Χατζή Τζανετή, η οποία εικάζεται πως έχει ταφεί κάτω από την εικόνα της Παναγίας της Οδηγήτριας (Αρχοντόπουλος, 1999).

Εσωτερικά αλλά και εξωτερικά, το κτήριο ήταν επιχρισμένο με σοβά, γεγονός που καθιστά μη ορατές τις τοξοστοιχίες του (Βολανάκης, 1989). Τα τελευταία χρόνια πραγματοποιήθηκε προσπάθεια μερικής αποκάλυψής τους (Αρχοντόπουλος, 1995). Την περίοδο αυτή, ο Νεκρικός θάλαμος έλαβε τη σημερινή του μορφή, εξαιτίας της ουσιαστικής αναστηλωτικής παρέμβασης που προήλθε από το προσωπικό της 4ης Εφορείας Βυζαντινών Αρχαιοτήτων (Ε.Β.Α.). Ο Νεκρικός θάλαμος έχει δύο εισόδους, μια από το εσωτερικό του ναού και μια από τον υπαίθριο χώρο του συγκροτήματος.

Όσον αφορά το τμήμα του Μουσείου, το Δημοτικό σχολείο, αυτό βρίσκεται βορειοανατολικά του Ιερού Ναού της Κοιμήσεως της Θεοτόκου (Εικόνα 6). Το Δημοτικό σχολείο ήταν το μόνο σχολείο του οικισμού και βρισκόταν σε λειτουργία έως την εποχή του μεσοπολέμου (1932-1933). Εξαιτίας του πλήθους των μαθητών, το Δημοτικό σχολείο δεν επαρκούσε για να εξυπηρετήσει τις ανάγκες τους και για τον

λόγο αυτό είχαν παραχωρηθεί αρκετά κελιά, τα οποία άνηκαν στην εκκλησία, προκειμένου να καλυφθεί η διεξαγωγή των μαθημάτων. Δυστυχώς, δεν υπάρχουν μαρτυρίες που να ομολογούν τη χρονολογία κατασκευής του σχολείου αλλά και τον κατασκευαστή του. Τα τελευταία χρόνια, ο χώρος αυτός λειτουργούσε για να λάβουν χώρα κοινωνικές εκδηλώσεις, αλλά και εκδηλώσεις επιμόρφωσης των πολιτών. Ταυτόχρονα, αποτελούσε αποθηκευτικό και βοηθητικό χώρο του ενοριακού ναού. Λεπτομερής αποτύπωση του Δημοτικού σχολείου πραγματοποιήθηκε το 1995 από την 4^η Ε.Β.Α και προτάθηκε η αναστήλωση και η μετατροπή του σε εκθεσιακό χώρο, πράγμα που δεν υλοποιήθηκε ποτέ (Σησαμάκης, 2014).



Εικόνα 6. Το δημοτικό σχολείο

2.2.3 Τα Εκθέματα του Μουσείου

Τα εκθέματα του εκκλησιαστικού μουσείου της Λίνδου αποτελούνται κυρίως από αφιερώματα που σχετίζονται με τον εξοπλισμό του ενοριακού ναού, αλλά και των υπολοίπων ναών του οικισμού, όπως και από αντικείμενα που έχουν αγοραστεί. Στο σύνολό τους τα εκθέματα έχουν τελετουργική χρήση (Σησαμάκης, 2014).

Πιο συγκεκριμένα, 243 εξαιρετικής σημασίας αντικείμενα προέρχονται από τον Ιερό Ναό της Κοιμήσεως της Θεοτόκου (Εικόνες 7-8). Επίσης, πληθώρα αντικειμένων υπάρχουν στο σκευοφυλάκιο του ναού της Θεοτόκου, αλλά και σε άλλους ναούς, τα οποία δεν έχουν εκτεθεί ακόμη και ενδέχεται να μην εκτεθούν ποτέ.



Εικόνα 7. Τα εκθέματα του μουσείου



Εικόνα 8. Τα εκθέματα του μουσείου

Ως επί το πλείστον, τα αντικείμενα του Εκκλησιαστικού Μουσείου αποτελούν εξαιρετικής ποιότητας και μεγάλης καλλιτεχνικής αξίας εκθέματα του εκκλησιαστικού χώρου, ενώ ταυτόχρονα ανήκουν στη σημερινή ναοσκευή του ναού της Κοιμήσεως της Θεοτόκου. Παρατηρούνται, επίσης, κάποια αντικείμενα λαϊκής τέχνης, τα οποία εμφανίζονται λίγα στον αριθμό. Η σπουδαία ποιότητα των αντικείμενων που εκτίθενται, αντανακλά την οικονομική ευμάρεια των κατοίκων του οικισμού, μιας και στην πλειονότητα τους υπήρξαν αφιερώματα των караβοκύρηδων της Λίνδου στον ναό. Εικάζεται ότι τα αγόραζαν ή τα παρήγγειλαν σε εργαστήρια της

Κωνσταντινούπολης και της Κρήτης ή γενικά σε εργαστήρια των λιμανιών όπου κατέφθαναν. Η θεματολογία των αντικειμένων σχεδόν στο σύνολό τους είναι αυστηρά εκκλησιαστική (Σησαμάκης, 2014).

Εν κατακλείδι, η συλλογή απαρτίζεται από παλαίτυπα, χειρόγραφα αποτοιχισμένες τοιχογραφίες, ξύλινα και ξυλόγλυπτα εκκλησιαστικά αντικείμενα, σταυρούς, εξαπτέρυγα λιτανείας, άμφια, αργυρά σκεύη, αργυρόδετα ευαγγέλια, κοσμήματα, νομίσματα, πόρπες, υφασμάτινα λειτουργικά αντικείμενα και το μοναδικό έντυπο ειλητάριο. Κάποια από τα αντικείμενα αυτά έχουν συμμετάσχει σε εκθέσεις και είναι ήδη δημοσιευμένα. Το μεγαλύτερο ποσοστό των αντικειμένων της συλλογής χρονολογείται προ του 1830 και εμπίπτει στις διατάξεις του νέου αρχαιολογικού νόμου για τη διατήρηση και τη φύλαξή τους (Σησαμάκης, 2014).

2.2.4 Η βιβλιοθήκη του μουσείου

Το εκκλησιαστικό μουσείο της Λίνδου διαθέτει, επίσης, και βιβλιοθήκη. Η βιβλιοθήκη αυτή προς το παρόν είναι ανενεργή. Ωστόσο, περιλαμβάνει αξιόλογο αριθμό παλαίτυπων βιβλίων, αλλά και νεότερων, τα οποία όμως δεν είναι καταγεγραμμένα. Σε έκθεση της 4ης Εφορίας Βυζαντινών Αρχαιοτήτων (Ε.Β.Α.) στο Καστέλο, αλλά και σε ποικίλους αποθηκευτικούς χώρους της Ρόδου φιλοξενείται το μεγαλύτερο μέρος της συλλογής των χειρογράφων της ενορίας (Κόλιας & Πολίτης, 1971).

Κατά το σχεδιασμό της βιβλιοθήκης έχει προβλεφθεί ειδικός χώρος εντός του σκευοφυλακίου που θα φυλάσσονται τα παλαίτυπα και χειρόγραφα της ενορίας, τα οποία δεν προτίθενται να χρησιμοποιηθούν για επανέκθεση. Πρόσβαση στο χώρο αυτό θα έχουν μονάχα μελετητές που υποχρεούνται να κάνουν αίτηση και να λάβουν απόφαση εισόδου από τη διοικούσα επιτροπή του Επικοινωνιακού και Μορφωτικού Ιδρύματος (Ε.Μ.Ι) της Ιεράς Μητροπόλεως Ρόδου. Ο χώρος δε θα λειτουργήσει ως οργανωμένη βιβλιοθήκη. Η εξέταση του υλικού από τους ερευνητές θα πραγματοποιείται στο ενοριακό γραφείο, το οποίο βρίσκεται σε κοντινό κτίσμα, όπου διατηρείται και το σπουδαιότερο αρχείο της ενορίας.

Μελλοντικά, οι βλέψεις της διοικητικής επιτροπής της ενορίας φανερώνουν επιθυμία καταγραφής του συνόλου των βιβλίων και του αρχειακού υλικού σε βιβλίο εισαγωγής, αλλά και δημιουργίας ψηφιακού συστήματος, το οποίο θα δημιουργεί

προϋποθέσεις ταξινόμησης του αρχείου, σύμφωνα με το διεθνές σύστημα ταξινόμησης DEWEY.

2.2.5 Μουσείο, έρευνα και εκπαίδευση

Πρόσβαση στο χώρο του Εκκλησιαστικού Μουσείου έχουν όλοι οι πολίτες ανεξαιρέτως εθνικότητας καταγωγής και θρησκευματος. Ωστόσο, τα ιστορικά αρχεία, τα κειμήλια, η ιστορία μέσω των χειρογράφων αλλά και αντικείμενα που ομολογούν τον αρχιτεκτονικό πλούτο του ναού διατίθενται μόνο σε ερευνητές, προκειμένου να διεξάγουν έρευνες που θα βοηθήσουν στην περαιτέρω καταγραφή, αξιολόγηση, χρονολόγηση και μελέτη των εκκλησιαστικών αυτών αντικειμένων. Για την είσοδο των μελετητών στα τμήματα, όπου φυλάσσεται ιστορικό υλικό του μουσείου της Λίνδου, απαιτείται ειδική άδεια από τη διοικητική επιτροπή του Επικοινωνιακού και Μορφωτικού Ιδρύματος (Ε.Μ.Ι.) της Ιεράς Μητροπόλεως Ρόδου και πάντα με τη σύμφωνη γνώμη της 4ης Εφορείας Βυζαντινών Αρχαιοτήτων (Ε.Β.Α.).

Η ίδρυση του Ε.Μ.Ι συνδέεται στενά με την επικοινωνία μεταξύ μουσείων και επισκεπτών, αλλά και τη διάδοση της γνώσης μέσω της χρήσης βιωματικών μεθόδων και πρακτικών. Κύριος στόχος και του μουσείου της Λίνδου είναι ο επισκέπτης να συμμετέχει ενεργά σε εκδηλώσεις και εκπαιδευτικά προγράμματα, τα οποία σχετίζονται με την εκκλησιαστική και πολιτιστική παράδοση του τόπου. Ειδικότερα, το μουσειοπαιδαγωγικό πρόγραμμα με την ονομασία «Το κάλεσμα της θάλασσας και η Παναγιά της Λίνδου. Σαλπάρουμε με ένα σεντούκι απ' τον ναό της Παναγιάς» που πραγματοποιείται στο Μουσείο και αναφέρεται σε όλες τις σχολικές βαθμίδες, αποτελεί βιωματικό εργαλείο για την εξερεύνηση της εκκλησιαστικής και πολιτιστικής κληρονομιάς της Λίνδου.

Πιο συγκεκριμένα, το πρόγραμμα αυτό περιλαμβάνει στοιχεία για τους ανθρώπους και το φυσικό περιβάλλον του νησιού, τον ναό, τη σχέση ναυτικής ζωής και εκκλησίας, αλλά και τεχνικές, όπως το βοτσαλωτό και η νωπογραφία. Το πρόγραμμα στοχεύει στην απόκτηση ολοκληρωμένης εικόνας από τους συμμετέχοντες για το ναό, την ιστορία του και τη σύνδεσή του με την τοπική κοινωνία και την ιστορία της Λίνδου.

Τέλος, τα εκπαιδευτικά προγράμματα λαμβάνουν χώρα στην αίθουσα πολυμέσων, κυρίως, αλλά και σε άλλους χώρους του Μουσείου. Ακόμη, η

παρακολούθηση του εκπαιδευτικού προγράμματος δύναται να γίνει εναλλακτικά και εκτός μουσείου με τη χρήση DVD που συνοδεύει το μουσειοπαιδαγωγικό πρόγραμμα και περιλαμβάνει το περιεχόμενο του προγράμματος, το οποίο μπορεί να αποτελέσει δανειστικό υλικό για σχολεία, εκπαιδευτήρια, συλλόγους και φορείς που επιθυμούν να γνωρίσουν το μουσείο, την ιστορία και τα εκθέματά του (Σησαμάκης, 2014).

2.2.6 Τα επιλεγμένα αντικείμενα και η ιστορία τους

Στην παρούσα εργασία εξεταστήκαν πέντε εκκλησιαστικά αντικείμενα ιδιαίτερης πολιτισμικής αξίας που βρίσκονται στο εκκλησιαστικό μουσείο της Λίνδου στο νησί της Ρόδου. Πιο συγκεκριμένα, τα υπό μελέτη αντικείμενα είναι μια *βάση με λαβή Αγίου Ποτηρίου*, ένα *ξυλόγλυπτο σκαμνί*, μια *ξύλινη πυξίδα*, ένα *ξυλόγλυπτο μανουάλι με περίτεχνο χρωματικό διάκοσμο* και ένα *μυροδοχείο - περιρραντήριο*. Η αδιαμφισβήτητα πολιτισμική τους αξία έγκειται αφενός στους δωρητές τους, οι οποίοι μαρτυρούν την τοποθέτηση των αντικειμένων αυτών στον χρόνο και αφετέρου στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κατασκευής τους.

Οι πληροφορίες που συλλέχτηκαν από την εκτενή μελέτη των αντικειμένων αυτών δια μέσου της μεθόδου «Δομή από Κίνηση» (Structure from Motion-SfM), χρησιμοποιήθηκαν για την τριδιάστατη ανακατασκευή τους, με σκοπό τη δημιουργία εικονικής ψηφιακής έκθεσης που θα τα περιλαμβάνει. Ουσιαστικά, η έκθεση αυτή δημιουργεί εύφορο έδαφος για την αέναη διατήρηση των αντικειμένων αυτών στο χρόνο αλλά και για την παγκόσμια προβολή τους.

2.2.6.1 Βάση με λαβή Αγίου Ποτηρίου (ΑΓΚ 021)

Το αντικείμενο αυτό ανήκει στην κατηγορία της μικροτεχνίας, είναι κατασκευασμένο από επιχρυσωμένο χαλκό και χρονολογείται περί τα τέλη του 15^{ου} αιώνα ή τις αρχές του 16^{ου} αιώνα (Εικόνα 9). Όσον αφορά την κατασκευή του αντικείμενου, η βάση του έχει σχήμα άνθους μαργαρίτας και κάθε σχηματοποιημένο πέταλο εμφανίζεται διάτρητο στην κάθετη του πλευρά καταλήγοντας προς τα πάνω σε ανάγλυφη φτερωτή κεφαλή. Η ανοδική κωνικότητα της βάσης απολήγει σε δύο εξάπλευρους δακτυλίους που στηρίζουν στέλεχος, επίσης εξάπλευρο και διακόπτεται από έναν μεγάλο δακτύλιο διακοσμημένο με σταυρούς που καταλήγει σε δισκάριο αποτελούμενο από έξι άνθη (το ένα άνθος απουσιάζει).

Σχετικά με τη διακόσμηση της βάσης του Αγίου Ποτηρίου, εμφανίζει οικόσημο με δύο λέοντες που κρατούν σημαία σε σχήμα ζατρικίου, ενώ η παράσταση αυτή επιστέφεται με τα αρχικά C και A. Πιθανότατα ο δωρητής του Αγίου Ποτηρίου να ήταν ο Μεγάλος Μάγιστρος Pierre D' Abusson (1476-1503) στην Παναγία της Λίνδου. Η ταύτιση του δωρητή με μια από τις σημαντικότερες προσωπικότητες της Ιπποτοκρατίας στη Ρόδο, ισχυροποιείται με την ύπαρξη του οικόσημου που διακρίνεται στο χαμηλότερο μέρος της βάσης του αντικείμενου. Το οικόσημο αυτό συναντάται, επίσης, και πάνω από την νότια είσοδο του πρόναου της εκκλησίας της Παναγίας της Λίνδου (Δ2) (Εικόνα 10). Ο Pierre D' Abusson θέλοντας να εκφράσει την ευγνωμοσύνη του στους κατοίκους του νησιού της Ρόδου, αλλά και στην Παναγία, καθώς με τη καθοριστική συμβολή τους αντιμετώπισε με αποτελεσματικότητα την πρώτη τουρκική πολιορκία το 1480, κατασκεύασε τον πρόναο της εκκλησίας της Παναγίας της Λίνδου, δώρισε το Άγιο Ποτήριο και πιθανότατα, έναν σταυρό λιτανείας που επίσης εκτίθεται στο Εκκλησιαστικό Μουσείο της Λίνδου και εμφανίζει κοινά κατασκευαστικά χαρακτηριστικά με τη «Βάση με λαβή του Αγίου Ποτηρίου» (Δ1; Παπαχριστοδούλου, 1994).



Εικόνα 9. Σημείο όπου εκτίθεται η «Βάση με λαβή Αγίου Ποτηρίου»



Εικόνα 10. Κατασκευαστική λεπτομέρεια από τη «Βάση με λαβή Αγίου Ποτηρίου»

2.2.6.2 Σκαμνί ξυλόγλυπτο (ΑΓΚ 171)

Το ξύλινο σκαμνί ανήκει στην κατηγορία των ξύλινων - ξυλόγλυπτων και η κατασκευή του χρονολογείται στις 20 Ιανουαρίου 1715 (ΑΨΙΕ) (Εικόνα 11). Οι πλευρές του σκαμνιού αποτελούνται από αυτοτελή τμήματα ξύλου. Στις δύο μακρές πλευρές του αντικειμένου και συγκεκριμένα στο κάτω άκρο τους επαναλαμβάνεται η επιγραφή:

«(σχήμα σταυρού με τις βραχυγραφίες IC XP NI KA στις γωνίες) ΚΤΗΜΑΝ ΛΑΜΠΡΙΑΝΟΥ
ΣΥΝΔΡΟΜΗΤΟΥ/ ΛΟΓΙΟΤΑΤΟΥ ΕΙΗΣ ΜΝΗΜΗΝ ΑΥΤΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΓΩ/ΝΕΟΝ ΑΥΤΟΥ ΚΑ
ΤΩΝ ΑΔΕΛΦΩΝ ΑΥΤΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΝΟ/ΝΝΑΣ ΑΥΤΟΥ ΑΨΙΕ Χ(ριστού) ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ Κ'»

Το έκθεμα αυτό, πριν την τοποθέτησή του στον εκθεσιακό χώρο της Λίνδου, ανήκε στον αφιερωτή Διακολαμπριανό, σύμφωνα με την επιγραφή. Επιπλέον, ο δωρητής Διακολαμπριανός συνδέεται και με την προσφορά άλλων δύο πολύτιμων αντικειμένων, ενός ευαγγελίου με ασημένιο κάλυμμα και ανάγλυφες παραστάσεις, στα περιθώρια των οποίων και κατά μήκος των μακρών πλευρών της σταχόσεως υπάρχει κεφαλαιογράμματη επιγραφή που αναφέρει το όνομα του λόγιου και διδάσκαλου, καθώς και τη χρονολογία δωρεάς του, όπως επίσης και της αργυρής

επένδυσης της Δεσποτικής εικόνας της Παναγίας της Οδηγήτριας που υπάρχει στο τέμπλο του ναού της Κοιμήσεως της Θεοτόκου, όπου περιμετρικά του φωτοστέφανού της υπάρχει και πάλι κεφαλαιογράμματη επιγραφή που μαρτυρεί τα στοιχεία του συνδρομητή Διακολαμπριανού και τη χρονολογία που έγινε η δωρεά (Εικόνες 12-13) (12).



Εικόνα 11. Ξυλόγλυπτο σκαμνί στην προθήκη του



Εικόνα 12. Δωρεά του Διακολαμπριανού
(κάλυμμα Ευαγγελίου)



Εικόνα 13. Δωρεά του Διακολαμπριανού (η
ασημένια επένδυση της Παναγίας)

2.2.6.3 Πυξίδα από ξύλο (ΑΓΚ 098)

Το αντικείμενο αυτό που ανήκει στην κατηγορία των ξύλινων - ξυλόγλυπτων εκθεμάτων, αποτελούσε εργαλείο προσανατολισμού και είναι κατασκευασμένο από ξύλο (Εικόνα 14). Πιο συγκεκριμένα, η πυξίδα εμφανίζεται με ελλειψοειδές σχήμα αλλά και με σκέπασμα που εμφανίζει ανάγλυφες σφραγίδες μπλε και κόκκινου χρώματος. Οι διαφορετικές σφραγίδες, ενδεχομένως, δηλώνουν ότι το αντικείμενο χρησιμοποιήθηκε πολλές φορές. Πιθανότατα, να χρονολογείται κατά την περίοδο της Ιπποτοκρατίας, εξαιτίας του σταυρού που παρατηρείται στα σφραγίσματα (Εικόνα 15). Ωστόσο, σκουρότερες μπλε χρώματος σφραγίδες συνδέονται με αρκετά νεότερες περιόδους. Το αντικείμενο δεν έχει ταυτιστεί μέχρι στιγμής με καμία χρονολογική περίοδο. Το ελλειψοειδές κουτί πιθανώς να εξυπηρετούσε στη φύλαξη ή την ασφαλή μεταφορά σημαντικών εγγράφων ή εκκλησιαστικών αντικειμένων (Σησαμάκης, 2014).



Εικόνα 14. Η ξύλινη πυξίδα στην προσθήκη της

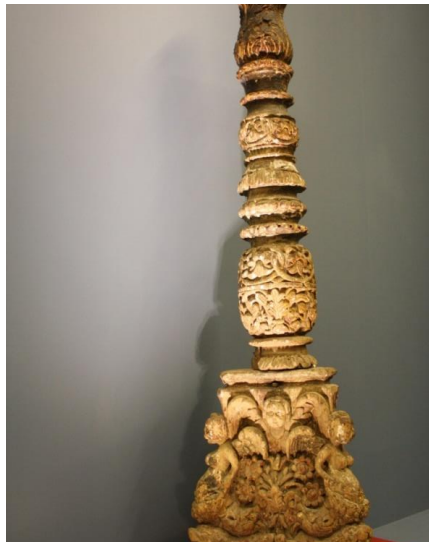


Εικόνα 15. Λεπτομέρεια του πολιτισμικού αντικειμένου (Βουλοκέρι)

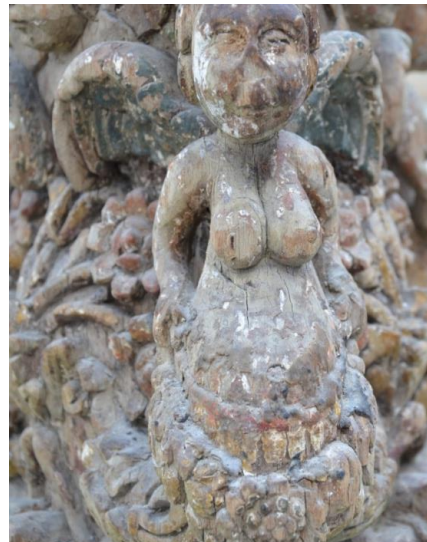
2.2.6.4 Μανουάλι ξυλόγλυπτο με χρωματικό διάκοσμο (ΑΓΚ 168)

Μανουάλι ξυλόγλυπτο με περίτεχνο χρωματικό διάκοσμο που ανήκει στην κατηγορία ξύλινων/ξυλόγλυπτων, αντικείμενο κατασκευασμένο από ξύλο και χρωστικές (Εικόνα 16). Χρησιμοποιούνταν ως μανουάλι/κηροστάτης. Το αντικείμενο αυτό αποτελείται από ξυλόγλυπτο επιδαπέδιο κηροστάτη με τρίπλευρη, κωνική βάση κοσμημένη με φυτικά θέματα. Στο μέσο της βάσης αυτής, αλλά και σε κάθε ακμή της, απεικονίζεται μια αγγελική και γυναικεία μορφή αντίστοιχα (κοσμικός και

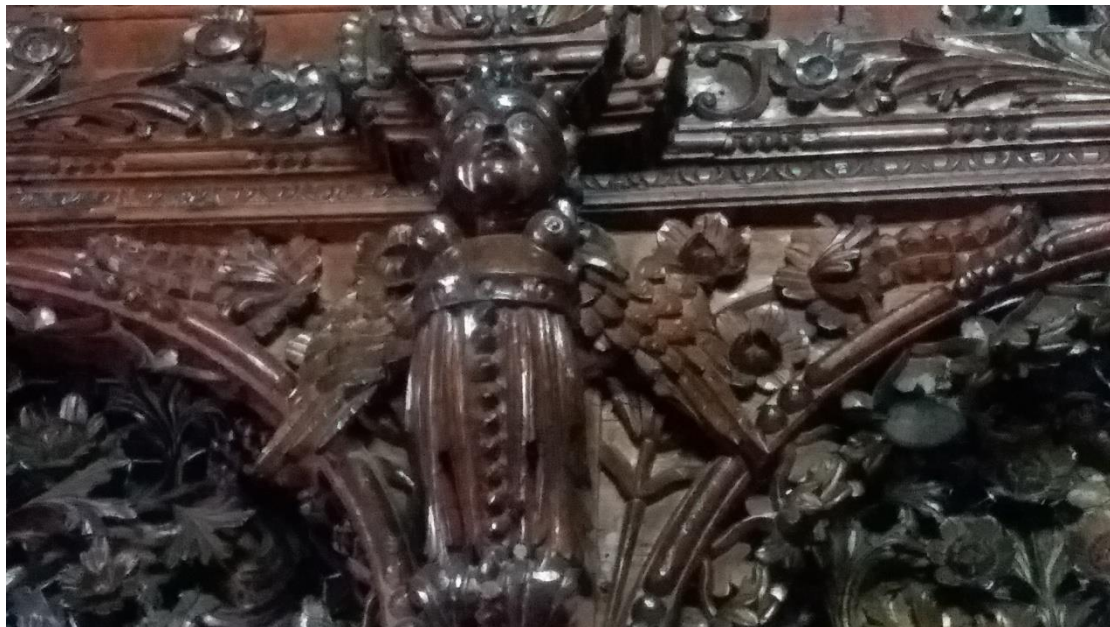
εκκλησιαστικός διάκοσμος) (Εικόνα 17). Επιπλέον, από τη βάση ξεκινά ο ξυλόγλυπτος περίτεχνος κυλινδρικός κορμός, ο οποίος στήριζε τον εχίνο και το δίσκο για τους υποδοχείς των κεριών και της λαμπάδας. Δυστυχώς, το επάνω μέρος του εχίνου και του δίσκου δεν σώζονται. Πληροφορίες μαρτυρούν ότι το συγκεκριμένο αντικείμενο αποτελούσε ζεύγος με άλλον παρόμοιο κηροστάτη που βρίσκεται σήμερα εκτεθειμένος και αυτός στο εκκλησιαστικό μουσείο της Λίνδου (12).



Εικόνα 16. Το μανουάλι στην προσθήκη του



Εικόνα 17: Κατασκευαστική λεπτομέρεια του πολιτισμικού αντικειμένου (γυναικεία μορφή)

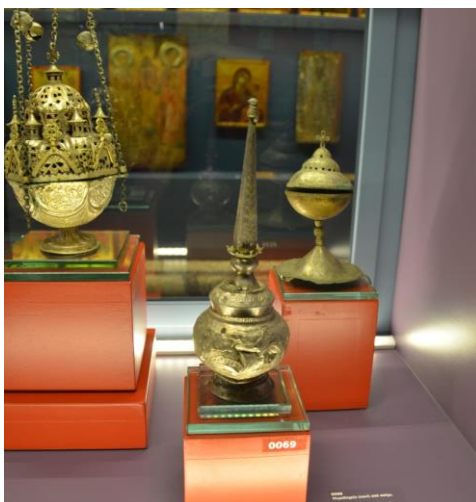


Εικόνα 18. Γυναικεία μορφή στο τέμπλο της Παναγίας Τσαμπίκας της Ρόδου

Εξαιρετικής τέχνης ξυλόγλυπτα, χρυσοποίκιλτα μανουάλια, που σε αυτά συνυπάρχει αρμονικά διάκοσμος κοσμικού και εκκλησιαστικού χαρακτήρα, παραπέμπουν σε ακρόπρωρα πλοίων που συνδέονται με την εμφάνιση γυναικείων μορφών στον διάκοσμό τους. Ειδικότερα, η μορφή της γοργόνας αποτελεί σύμβολο της ελληνικής λαϊκής τέχνης και χρησιμοποιούνταν κατά κόρον, προκειμένου να αποτρέπεται το κακό (Μακρής, 1982). Στην εκκλησιαστική ξυλογλυπτική, η μορφή της γοργόνας εμφανίζεται άλλοτε με μονή και άλλοτε με διπλή ουρά (Εικόνα 18). Συχνά συναντάται τοποθετημένη πάνω από την ωραία πύλη των τέμπλων μέσα στον χριστιανικό ναό. Επιπρόσθετα, οι γυμνόστηθες γοργόνες, όπως τις συναντούμε και στο μανουάλι, αποτελούν ιταλική επίδραση (Μακρής, 1982). Παρόλα αυτά, με τη γοργόνα συμβαίνει ότι και με τα άλλα θέματα της λαϊκής τέχνης, με την πάροδο του χρόνου ξεχνιέται ο συμβολικός τους χαρακτήρας και χρησιμοποιούνται μόνο για τη διακόσμηση διαφόρων αντικειμένων ή κατασκευών (Ζώρα, 1960).

2.2.6.5 Μυροδοχείο - περιρραντήριο (ΑΓΚ 069)

Το Μυροδοχείο - Περιρραντήριο αποτελεί αντικείμενο μικροτεχνίας και είναι κατασκευασμένο από σφυρήλατο ασημί (Εικόνα 19). Αποτελείται από σφαιρικό δοχείο με εγχάρακτες φυτικές παραστάσεις που βασίζεται σε μια κόλουμερη βάση και έχει βιδωτό το άνω του επίμηκες σκέλος, με εγχάρακτα διακοσμητικά στοιχεία. Επίσης, παρουσιάζει τουρκική σφραγίδα στην κάτω πλευρά της βάσης του, γεγονός που υποδηλώνει πιθανότατα και το δωρητή του (Εικόνα 20) (Σησαμάκης, 2014).



Εικόνα 19. Το μυροδοχείο - περιρραντήριο στην προθήκη του



Εικόνα 20. Κατασκευαστική λεπτομέρεια του μυροδοχείου – περιρραντηρίου

2.3 Η επιλογή των υπό μελέτη εκθεμάτων

Όλα τα εκθέματα του εκκλησιαστικού μουσείου της Λίνδου διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της εκκλησιαστικής κληρονομιάς του νησιού της Ρόδου. Αυτό γίνεται αντιληπτό από το γεγονός της ουσιαστικής προβολής της ιστορίας του οικισμού της Λίνδου και των εθίμων του πληθυσμού μέσω της ενδεδειγμένης εξέτασης αυτών των πολιτισμικών αντικειμένων. Επίσης, τα αντικείμενα αυτά προβάλλουν ιδιαίτερα τον ναό της Κοιμήσεως της Θεοτόκου. Επιπλέον, η καλλιτεχνική τους αξία αλλά και η χρήση τους στη χριστιανική θρησκεία αποτελούν ιδιαίτερα στοιχεία που προτρέπουν τον εκάστοτε μελετητή να τα εξετάσει περαιτέρω. Τέλος, η σύνδεση των αντικειμένων αυτών με τους δωρητές τους αποκαλύπτουν τους στενούς δεσμούς της Λίνδου με τη θάλασσα καθώς αποτελούν προσφορές που προέρχονται από караβοκύρηδες, ενώ επίσης προβάλλουν και τη σύνδεση του οικισμού με σπουδαίες προσωπικότητες που άφησαν ανεξίτηλα σημάδια στο νησί, όπως ο περίφημος Μεγάλος Μάγιστρος Pierre D' Abusson.

Ωστόσο, για την παρούσα μελέτη επιλέχθηκαν πέντε εκκλησιαστικά αντικείμενα έναντι των υπολοίπων. Η επιλογή τους έγινε με κάποια βασικά κριτήρια. Αρχικά, οι ιστορίες που πλαισιώνουν τα αντικείμενα αυτά παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες τόσο για τον χρόνο κατασκευής τους και για τους αφιερωτές τους όσο και για την καλλιτεχνική τους αξία. Επιπρόσθετα, καλύπτουν μια μεγάλη χρονική περίοδο, από την εποχή της Ιπποτοκρατίας στη Ρόδο μέχρι και περίπου τον 19^ο αιώνα. Παράλληλα, τα εξεταζόμενα αντικείμενα είναι κατασκευασμένα από υλικά «σχετικά φιλικά» προς τη μέθοδο τριδιάστατης ψηφιοποίησης «Δομή από Κίνηση» (“Structure from Motion”) και δεν περιλαμβάνουν κινητά μέρη, γεγονός σημαντικό για την ομαλή διεξαγωγή της διαδικασίας.

Αντιθέτως, η πλειονότητα των υπολοίπων μουσειακών εκθεμάτων της Λίνδου, αν και αποτελούν ιστορικούς θησαυρούς, τα υλικά κατασκευής τους ή το σχήμα/μέγεθός τους, λειτουργούν ανασταλτικά για τη χρήση της μεθόδου «Δομή από Κίνηση». Πιο συγκεκριμένα, πολλά από τα αντικείμενα που εκτίθενται είναι χρυσά, ασημένια ή γυάλινα, δηλαδή κατασκευασμένα από υλικά μη φιλικά προς τη μέθοδο, καθώς αντανakλούν το φως και με αποτέλεσμα η τριδιάστατη ψηφιακή τους ανακατασκευή με την χρήση της συγκεκριμένης μεθόδου να μη δίνει άρτια ψηφιακά αντίγραφα και σε κάποιες περιπτώσεις να καθίσταται αδύνατη. Άλλα αντικείμενα

αποτελούνται από κινητά μέρη (π.χ. κοσμήματα) ή παρουσιάζουν έντονες πτυχώσεις και κρυφά σημεία που ο φωτογραφικός φακός δεν μπορεί επαρκώς να αποτυπώσει και έτσι να παρουσιάζονται ασυνέχειες κατά τη διαδικασία της ψηφιακής αποτύπωσης. Σημαντικό θεωρείται να τονιστεί στο σημείο αυτό, ότι η ακινησία των εξεταζόμενων αντικειμένων και η πλήρης φωτογραφική τους αποτύπωση αποτελούν βασικές προϋποθέσεις που συμβάλουν στην επιτυχημένη ολοκλήρωση της διαδικασίας της τριδιάστατης ανακατασκευής. Συνεπώς, η επιλογή των πέντε αυτών εκθεμάτων έγινε με συγκεκριμένα και καθοριστικά κριτήρια.

3. Τριδιάστατη αποτύπωση πολιτιστικών αντικειμένων

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αναφορά στη διαδικασία της τριδιάστατης ψηφιοποίησης που αναφέρεται και ως τριδιάστατη ψηφιακή ανακατασκευή. Ειδικότερα, εξετάζονται οι τρόποι με τους οποίους ένα τριδιάστατο μοντέλο αντικείμενου ή χώρου μπορεί να δημιουργηθεί, οι τεχνικές, οι μέθοδοι, ο εξοπλισμός και οι δομές που εφαρμόζονται για την τριδιάστατη αναπαράσταση του, καθώς επίσης και τα ιδιαίτερα θέματα που σχετίζονται στενά με την ακρίβεια, την πολυπλοκότητα και τον όγκο των δεδομένων κάθε μεθόδου ή τεχνικής.

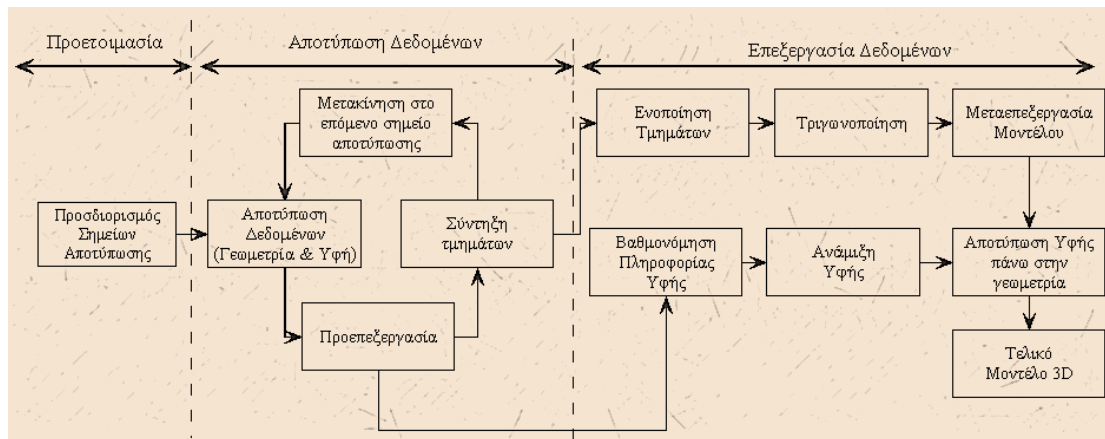
3.1 Ορισμός τριδιάστατης ψηφιοποίησης

Η τριδιάστατη ψηφιοποίηση αποτελεί την εξελιγμένη μορφή της κλασικής διδιάστατης ψηφιοποίησης για την αποτύπωση χώρων ή αντικειμένων σε τρεις διαστάσεις. Πιο συγκεκριμένα, η ψηφιοποίηση ή ψηφιακή ανακατασκευή ορίζεται ως η διαδικασία μετατροπής στοιχείων από αναλογική σε ψηφιακή μορφή, με σκοπό την εισαγωγή τους στον υπολογιστή, ώστε να μπορεί να επιτευχθεί αποθήκευση δεδομένων ή και επεξεργασία αυτών από το χρήστη. Συνήθως, ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές και σαρωτές χρησιμοποιούνται για την ολοκλήρωση της πρώτης φάσης της διαδικασίας που συνδέεται με τη συλλογή των δεδομένων. Εν συνέχεια, κατά τις επόμενες φάσεις της τριδιάστατης ψηφιοποίησης επιτελείται επεξεργασία των πληροφοριών με κάποιο λογισμικό οπτικής αναγνώρισης, με σκοπό την αποθήκευση του ψηφιακού προϊόντος ως επεξεργάσιμου αρχείου. Η ποιότητα της πληροφορίας που απαρτίζεται από μια σειρά ακέραιων αριθμών εξαρτάται από το μέγεθός της αλλά και από την ανάλυση της ψηφιοποίησης (*Watt, 2000*).

Η τριδιάστατη ψηφιοποίηση αποτελεί το πρώτο στάδιο της πλήρους διαδικασίας ψηφιακής αποτύπωσης ενός πολιτιστικού αντικείμενου ή χώρου, η οποία αποτελείται από ποικίλα στάδια και εμφανίζει διαφοροποιήσεις ανάλογα με το σκοπό της, την εφαρμογή της, αλλά και το αντικείμενο της ψηφιοποίησης. Όσο αφορά την ψηφιοποίηση ενός μνημείου, μπορεί να οριστεί ως η ακριβής αποτύπωση και καταγραφή των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του, με τέτοιο τρόπο, ώστε η γεωμετρική μορφή και θέση του στον χώρο να αναπαρίσταται με αξιοπιστία μέσω της χρήσης διαγραμμάτων, διδιάστατων απεικονίσεων και τριδιάστατων εικόνων (*Πατιάς, 1999*).

Στις μέρες μας, πληθώρα μεθόδων και τεχνικών σχετίζονται με τη ψηφιοποίηση και χρησιμοποιούνται ανάλογα με τις ανάγκες που προκύπτουν από τα ίδια τα αντικείμενα ψηφιοποίησης. Ουσιαστικά, κάθε τεχνική στοχεύει στο να επιλύσει με επιτυχία ζητήματα που αφορούν τόσο την τριδιάστατη ψηφιοποίηση ενός αντικείμενου ή χώρου, όσο και την ψηφιοποίηση συγκεκριμένων στόχων και αναγκών ενός συγκεκριμένου έργου ψηφιοποίησης (Παυλίδης *et al.*, 2014). Η σάρωση με ακτίνες laser, η σάρωση με συστήματα αφής, το σχήμα από δομημένο φωτισμό, το σχήμα από σιλουέτες, το σχήμα από στερεοφωτογράφιση, το σχήμα από κίνηση, το σχήμα από φωτοσκίαση, το σχήμα από ύψη, το σχήμα από φωτομετρία, το σχήμα από μεταβαλλόμενη εστίαση και το σχήμα από σκιά αποτελούν τις πιο διαδεδομένες μεθόδους τριδιάστατης ψηφιοποίησης. Παρακάτω παρουσιάζεται σε γενικές γραμμές διάγραμμα που απεικονίζει τις διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα κατά την εφαρμογή της τριδιάστατης ψηφιοποίησης.

Όπως φανερώνεται στην Εικόνα 21 (Χαμζάς *et al.*, 2005), η τριδιάστατη ψηφιοποίηση αποτελεί μια πολύπλοκη διαδικασία που διαδραματίζεται σε τρεις φάσεις. Στην πρώτη φάση πραγματοποιούνται οι προκαταρκτικές ενέργειες της ψηφιοποίησης που σχετίζονται με την τεχνική και τη μεθοδολογία της τριδιάστατης ψηφιοποίησης, το χώρο, τα θέματα ασφάλειας, τον προγραμματισμό εργασιών, κ.ά. Αυτή η φάση ονομάζεται και προετοιμασία της ψηφιοποίησης. Στη δεύτερη φάση πραγματοποιούνται οι κύριες διαδικασίες ψηφιοποίησης που αφορούν την αποτύπωση των δεδομένων. Στην τρίτη φάση επιτυγχάνεται η επεξεργασία των δεδομένων. Κατά τη φάση αυτή, ολοκληρώνεται η μοντελοποίηση των αποτελεσμάτων ψηφιοποίησης, μέσω της ενοποίησης τμηματικών σαρώσεων, επεξεργασίας γεωμετρικών δεδομένων, επεξεργασίας υφής και ενσωμάτωσης υφής στην πληροφορία της γεωμετρίας.



Εικόνα 21: Η διαδικασία της ψηφιοποίησης

Συνοψίζοντας, η διαδικασία της τριδιάστατης ψηφιοποίησης δε λειτουργεί αποκλειστικά και μόνο σε στεγανά πλαίσια. Τα αντικείμενα και οι χώροι που θα ψηφιοποιηθούν καθορίζουν συχνά το τελικό πλαίσιο εφαρμογής των διαδικασιών ψηφιοποίησης και η επιλογή της τεχνικής που θα ακολουθηθεί εν τέλει, θα εξαρτάται αποκλειστικά και μόνο από τις ιδιαιτερότητες των αντικειμένων και του χώρου. Είναι γεγονός, ότι δεν υπάρχει βέλτιστη μέθοδος τριδιάστατης ψηφιοποίησης που να εφαρμόζεται επιτυχώς σε όλες τις περιπτώσεις. Ωστόσο, το καλύτερο αποτέλεσμα σε πολλές περιπτώσεις προκύπτει χρησιμοποιώντας δύο ή περισσότερες μεθόδους συνδυαστικά.

3.1.1 Ιστορική αναδρομή

Στις μέρες μας, εξαιτίας της τεχνολογικής προόδου των συστημάτων ψηφιοποίησης, η διαδικασία της αποτύπωσης πολιτιστικών αντικειμένων συντελείται με μεγάλη ακρίβεια. Εν αντιθέσει, παλαιότερα η αποτύπωση αρχαιολογικών ευρημάτων, αντικειμένων τέχνης και πολιτισμού πραγματοποιούνταν με τη χρήση μη αυτοματοποιημένων διαδικασιών, γεγονός που καθιστούσε την ψηφιοποίηση δύσκολη και πολύπλοκη εργασία (16). Τα παραγόμενα προϊόντα από την τότε διαδικασία διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό από εκείνα της τριδιάστατης ψηφιοποίησης. Βασιζόταν καθαρά σε όψεις, κατόψεις και τομές του αντικειμένου και παρουσίαζαν την αποτύπωση σε χάρτινο φορέα υπό κλίμακα.

Ορόσημο για τη δημιουργία του ψηφιακού τριδιάστατου μοντέλου αποτέλεσε η εισαγωγή των ψηφιακών τεχνικών και των υπολογιστών σε επιστήμες όπως η τοπογραφία, η αρχιτεκτονική και η αρχαιολογία. Πιο συγκεκριμένα, η αστικοποίηση

και παρουσίαση τριδιάστατων εφαρμογών δημιούργησε προϋποθέσεις εύφορου εδάφους για τη χρήση ψηφιακών τεχνικών που συνδέονται με εξελιγμένες μετρητικές διατάξεις και αυτοματοποιημένες διαδικασίες. Πολλαπλά είναι τα οφέλη των τριδιάστατων μοντέλων πολιτιστικής ψηφιοποίησης. Πρωτίστως, συμβάλουν στην αποκατάσταση κινητών και ακίνητων μνημείων, με παράλληλη ελαχιστοποίηση του ποσοστού βλαβών της καταστροφής κατά τη διαδικασία αυτή. Επίσης, αποτελούν εργαλεία μοντελοποίησης πολιτισμικών αντικειμένων που συντελούν στην καταγραφή αυτών, σε βάσεις δεδομένων με πανομοιότυπα χαρακτηριστικά (Δ6). Παραδείγματος χάριν, σε μια τέτοιου είδους βάση δεδομένων μπορούν να τοποθετηθούν αντικείμενα που ανήκουν σε μια συγκεκριμένη ανασκαφή ενός αρχαιολογικού χώρου. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί η σημαντικότητα της συσσωρευμένης πληροφορίας που παρέχεται στον αρχαιολόγο ή γενικά στον επιστήμονα δια μέσου της εφαρμογής αυτής. Επιπλέον, η ψηφιοποίηση πολιτισμικών αντικειμένων συλλέγει μορφολογικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά του εκάστοτε υπό μελέτη αντικειμένου που αποτελούν βασικά στοιχεία για τον εκάστοτε μελετητή. Ωστόσο, η διαδικασία της ψηφιοποίησης με τη χρήση της τυπικής διδιάστατης φωτογραφικής αποτύπωσης των αντικειμένων δε δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα. Δηλαδή, δε δύναται να αποτυπώσει τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των αντικειμένων, καθώς είναι αδύνατο να ανακτηθούν πληροφορίες δομής και μορφής και δεν παρέχεται πληροφορία κλίμακας που συνδέεται με τη διάστασή τους (Παυλίδης *et al.*, 2014).

Περαιτέρω, η δημιουργία ενός διαδικτυακού εικονικού μουσείου που απαρτίζεται από τριδιάστατα ψηφιοποιημένα μοντέλα σημαντικής αρχαιολογικής και αρχιτεκτονικής αξίας, μπορεί να αποτελέσει ένα από τα σπουδαιότερα «προϊόντα» ανάδειξης της πολιτιστικής κληρονομιάς της χώρας μας. Με τον τρόπο αυτό, πληθώρα πολιτών θα έρθει σε επαφή με τον πολιτιστικό πλούτο της χώρας χωρίς να απαιτείται η μετακίνησή τους. Η πολιτιστική κληρονομιά, σε τριδιάστατη απόδοση μέσα από τα διαδικτυακά εικονικά μουσεία, μπορεί να αποκτήσει παγκόσμια αίγλη, με αποτέλεσμα η πολιτιστική πληροφορία να ξεπεράσει τα σύνορα της χώρας και να προσελκύσει ολοένα και περισσότερους επισκέπτες στο φυσικό χώρο του μουσείου όπου εκτίθενται τα αντικείμενα πολιτιστικής κληρονομιάς ή στον αρχαιολογικό χώρο γενικότερα (Δ6).

3.1.2 Τεχνολογική ανασκόπηση

Με την πρόοδο της τεχνολογίας, πληθώρα εμπορικών συστημάτων εμφανίστηκαν στον χώρο της τριδιάστατης ψηφιοποίησης. Εντούτοις, εξαιτίας της σπουδαιότητας του θέματος της ψηφιοποίησης που συνδέεται άρρηκτα με τη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς του εκάστοτε έθνους, η έρευνα συνεχίζεται και στοχεύει τόσο σε βελτιώσεις των ήδη υπαρχόντων συστημάτων όσο και στην εύρεση νέων τεχνολογιών. Τα διαθέσιμα συστήματα και οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στη διαδικασία είναι πρακτικά αδύνατο να καταλογογραφηθούν πλήρως. Στην παρούσα μελέτη γίνεται μια προσπάθεια γενικής προσέγγισης των τεχνολογιών με βάση το μέγεθος των αντικειμένων προς ψηφιοποίηση.

3.1.2.1 Ψηφιοποίηση μικρών αντικειμένων

Η ψηφιοποίηση μικρών αντικειμένων συνδέεται με αντικείμενα διαστάσεων έως 100*100 χιλιοστών ή 10*10 εκατοστών. Οι ακτίνες laser αποτελούν αναμφισβήτητα την αρτιότερη τεχνική για να ολοκληρωθεί επιτυχώς η ψηφιοποίηση αυτών.

Αναλυτικότερα, στις μέρες μας υφίσταται ένα μεγάλο εύρος τεχνολογιών που σχετίζεται με ακτίνες laser. Ειδικότερα, το laser σημαδεύει την επιφάνεια προς μέτρηση, η οποία σαρώνεται από έναν οπτικό αισθητήρα και κατά τη διαδικασία αυτή, η ακτίνα laser κινείται διαρκώς σε διαφορετικά ύψη πάνω στην επιφάνεια του αντικειμένου, με αποτέλεσμα να αλλάζει η ανάκλασή της στον οπτικό αισθητήρα. Έχοντας σαν δεδομένο, ότι η προς μέτρηση περιοχή περιορίζεται σε 100*100 χιλιοστά, επιτυγχάνεται ακρίβεια της τάξεως μερικών μικρομέτρων. Στις περισσότερες των περιπτώσεων, τα συστήματα βασίζονται σε εμπειρική βαθμονόμηση, αν και μπορούν να περιγραφούν και μαθηματικά. Τέτοια συστήματα χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση νομισμάτων, μεταλλίων, ανάγλυφων ή εγχάρακτων ταμπελών και μικροαντικειμένων χρυσοχοΐας .

3.1.2.2 Ψηφιοποίηση αντικειμένων μεσαίου μεγέθους

Οι περισσότερες τεχνικές ψηφιοποίησης, αλλά και τα πιο ενδιαφέροντα πολιτιστικά αντικείμενα απαντώνται στην κατηγορία της ψηφιοποίησης αντικειμένων μεσαίου μεγέθους. Τα αντικείμενα αυτά δεν ξεπερνούν τα δύο μέτρα και ξεκινούν από τη διάσταση των δέκα εκατοστών. Όλα τα αγάλματα φυσικού μεγέθους

συγκαταλέγονται σε αυτή τη κατηγορία. Όσο αφορά τις τεχνικές ψηφιοποίησης που χρησιμοποιούνται για την ομάδα αυτή, συνδέονται κυρίως με τη μέθοδο του «δομημένου φωτισμού» που βασίζεται στην επέκταση της αρχής του τριγωνισμού (Κουτσούδης & Παυλίδης, 2016). Ειδικότερα, η σημειακή πηγή έχει πλέον αντικατασταθεί από ένα διδιάστατο μοτίβο φωτός που προβάλλεται στην προς μέτρηση επιφάνεια. Εργαλεία των μεθόδων αυτών είναι είτε οι ακτίνες laser με τη συμβολή φωτός από πηγή είτε προβολικά συστήματα και φωτογραφικές μηχανές. Σύνηθες είναι να χρησιμοποιείται ένα μοτίβο που μετακινείται πάνω στην επιφάνεια του αντικείμενου, έως ότου επιτευχθεί η συνολική μέτρησή του.

Ωστόσο, υπάρχουν και άλλες τεχνικές προβολής μοτίβων, όπως Moiré και εκείνες που χρησιμοποιούν πολλαπλά μοτίβα. Με την εφαρμογή των τεχνικών αυτών, το επαναλαμβανόμενο μοτίβο εμφανίζεται με ημιτονοειδείς μεταβάσεις, με αποτέλεσμα την εμφάνιση πολλαπλών μοτίβων που καταλήγουν σε βελτίωση της ακρίβειας της μέτρησης, παρέχοντας τη δυνατότητα εντοπισμού σε τμήμα μικρότερο ενός κροσσού της συμβολής του μοτίβου. Συμπερασματικά, η ακρίβεια της μέτρησης με τις τεχνικές αυτές φτάνει το ένα εκατοστό των διαστημάτων μεταξύ των κροσσών του μοτίβου, με αποτέλεσμα να εμφανίζεται ακρίβεια μέτρησης της τάξης του 0,1 χιλιοστού. Δύο είναι οι βασικές αρχές λειτουργίας των τεχνικών της κατηγορίας αυτής. Αφενός βασίζονται στο μετασχηματισμό Fourier και αφετέρου στην χρονική μετατόπιση της φάσης. Παρά ταύτα, τα περισσότερα εμπορικά συστήματα της κατηγορίας αυτής στηρίζονται στη χρονική μετατόπιση της φάσης, εξαιτίας του γεγονότος ότι η τεχνική αυτή είναι ευκολότερα εφαρμόσιμη και είναι λεπτομερέστερα ανεπτυγμένη σε ερευνητικό επίπεδο (Κουτσούδης & Παυλίδης, 2016).

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των τεχνικών αυτών θεωρείται η επίτευξη μετρήσεων μεγάλης ακρίβειας. Ωστόσο, σε γενικά πλαίσια η ακρίβεια στη μέτρηση των αντικειμένων ή των χώρων μεταβάλλεται κλιμακωτά. Τα μικρότερα αντικείμενα που μετριοούνται με τις τεχνικές αυτές αποδίδονται με μεγαλύτερη ακρίβεια σε σύγκριση με τα μεγαλύτερα. Από την άλλη, υφίστανται περιορισμοί στην ακρίβεια των μετρήσεων που συνδέονται άρρηκτα με το γεγονός ότι οι ψηφιακές εικόνες των μοτίβων φωτός εμφανίζουν περιορισμένο εύρος ζώνης. Το εύρος αυτό ορίζεται από την ανάλυση που παρέχει το οπτικό αισθητήριο, το οποίο χρησιμοποιεί το εκάστοτε σύστημα, αλλά και το βάθος χρώματος που ψηφιοποιείται η εικόνα. Καλύτερη

ανάλυση επιτυγχάνεται με την παρουσία μεγάλου πλήθους εικονοστοιχείων στον οπτικό αισθητήρα και ταυτόχρονα εμφανίζεται μικρότερο διάκενο μεταξύ των κροσσών του μοτίβου για δεδομένο μέγεθος αντικειμένων. Διατυπώνοντάς το διαφορετικά, η ακρίβεια των συστημάτων αυτών συνδέεται ουσιαστικά με το μέγεθος των κροσσών του μοτίβου και το βάθος χρώματος της ψηφιοποίησης. Επίσης, πολλά συστήματα της κατηγορίας αυτής εφαρμόζουν την τεχνική τμηματικής ψηφιοποίησης για μεγάλες επιφάνειες, με σκοπό να επιτευχθεί όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια. Επιπλέον, τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν λογισμικά για την ενοποίηση των τμηματικών σαρώσεων και απαιτούν χρόνο, ώστε να ολοκληρωθεί η διαδικασία της ψηφιοποίησης.

Περιοριστικοί παράγοντες που δυσχεραίνουν την ολοκλήρωση ή και την έναρξη της διαδικασίας της ψηφιοποίησης συνδέονται με το διασκορπισμό του φωτός στις διάφορες επιφάνειες των αντικειμένων. Ειδικότερα, σκουρόχρωμα ή μαύρα αντικείμενα δεν δύνανται να ψηφιοποιηθούν, ενώ οι ομαλές λεύκες επιφάνειες χωρίς αντανάκλασεις αποτελούν απόλυτα συμβατές επιφάνειες μέτρησης, όπως π.χ. τα έργα γλυπτικής. Επίσης, γυαλιστερά αντικείμενα με ανακλαστικές επιφάνειες αποτελούν τροχοπέδη στη διαδικασία της τριδιάστατης ψηφιοποίησης (*Παυλίδης et al., 2014*). Στις μέρες μας, ωστόσο, καινοτόμες τεχνικές αντιμετωπίζουν επιτυχώς το πρόβλημα αυτό. Σε γενικές περιπτώσεις, η μέτρηση αντικειμένων με υψηλή ανακλαστικότητα ή υψηλή διαφάνεια αποφεύγεται. Επιπλέον, αντικείμενα κεραμικά με ζωγραφικές αναπαραστάσεις που εμφανίζουν μοτίβα ή σημάδια στην επιφάνειά τους δημιουργούν πολλαπλά προβλήματα στα συστήματα μέτρησης καταλήγοντας σε ασάφειες εντοπισμού των προβαλλόμενων μοτίβων. Επιφάνειες που παρουσιάζουν μεγάλη γκάμα καμπυλοτήτων και επιφάνειες με απότομες ακμές δυσχεραίνουν επίσης τη διαδικασία. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί ότι τα εμπορικά αυτά συστήματα παράγουν το γνωστό «νέφος σημείων» και όχι ολοκληρωμένες επιφάνειες, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει σύνδεση μεταξύ των σημείων της πληροφορίας στα παραγόμενα δεδομένα, γεγονός που υποχρεωτικά θα πρέπει να οριστεί εν συνεχεία.

Η ολογραφία αποτελεί ακόμα μια τεχνική που έχει αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια και βασίζεται στη χρήση υπολογιστικών συστημάτων. Αν και παραμένει ακόμα ως μέθοδος σε ερευνητικό επίπεδο παρουσιάζει ικανοποιητικά αποτελέσματα. Πιο συγκεκριμένα, η πολύπλοκη τεχνική αυτή δίνει πολύ ακριβή ψηφιοποιημένα προϊόντα. Ωστόσο, εμφανίζει και αδύνατα σημεία που συνδέονται με την απαίτηση

υγρών χημικών συστατικών, ώστε να επιτευχθεί η απεικόνιση. Η τεχνική της ολογραφίας συμβάλει να αναπαρασταθεί το αντικείμενο με ένταση, συχνότητα και φάση. Πρωτίστως, η αντανάκλαση του φωτός στο εκάστοτε αντικείμενο παρέχει τη δυνατότητα εμφάνισής του στον παρατηρητή. Παραδείγματος χάριν, μια ασπρόμαυρη εικόνα αναπαριστά μόνο την ένταση ενώ μια έγχρωμη την ένταση και τη συχνότητα. Η φάση αποτελεί εξίσου σημαντική ιδιότητα του φωτός και συμβάλει στην τριδιάστατη ψηφιοποίηση του αντικείμενου (*Παυλίδης et al., 2014*). Με άλλα λόγια, το φως που προέρχεται από διαφορετικά σημεία του αντικειμένου διανύει διαφορετικό μήκος αποστάσεων και κατά συνέπεια εμφανίζει διαφορετική φάση. Με την επίτευξη της φάσης το φως που προσπίπτει στο αντικείμενο εξασφαλίζει ότι η συνολική πληροφορία της φάσης του ολογράμματος προέρχεται από το ίδιο το αντικείμενο και έτσι δημιουργείται η τριδιάστατη μορφή του αντικείμενου. Κατά την απεικόνιση το ολόγραμμα εμφανίζεται παραλλαγμένο, δηλαδή παρατηρείται το αντικείμενο σε διαφορετικές οπτικές γωνίες, όπως θα συνέβαινε αν είχε φυσική παρουσία.

Η τεχνική της ολογραφίας εμφανίζει δυο διαφορετικές προσεγγίσεις, την ψηφιακή ολογραφία και την τεχνητά δημιουργούμενη ολογραφία μέσω υπολογιστή. Σημαντικές προοπτικές στη συλλογή και απεικόνιση των τριδιάστατων πολιτιστικών αντικείμενων εμφανίζουν και οι δύο αυτές προσεγγίσεις (*Παυλίδης et al., 2014*).

Η διαδικασία της καταγραφής του ολογράμματος με οπτικά αισθητήρια και έπειτα η αποθήκευση του σε υπολογιστή αποτελεί την ψηφιακή ολογραφία (digital hologram). Στη διαδικασία της ψηφιακής ολογραφίας δεν εμπλέκεται πλέον κάποιο υγρό χημικό συστατικό και η προοπτική να εξελιχθεί η μέθοδος μελλοντικά είναι αρκετά πιθανή. Μέσω της τεχνικής αυτής, η εικόνα δύναται να αποκατασταθεί με τη χρήση λογισμικού και να εξαχθεί μετέπειτα ως τριδιάστατο σχήμα με μαθηματικές μεθόδους (*Κουτσούδης & Παυλίδης, 2016*). Ειδικότερα, τα ψηφιακά ολογράμματα μπορούν να απεικονιστούν με δύο τρόπους. Αφενός, ως πραγματικά ολογράμματα μέσω της εγγραφής των δεδομένων σε μια συσκευή που καλείται χωρικός διαμορφωτής φωτός (spatial light modulator) είτε με φως από σημειακή πηγή λευκού φωτός είτε με φως από laser. Αφετέρου, δια μέσου υπολογισμού της κυματογραμμής του ολογράμματος εντός του υπολογιστή και εν συνεχεία υπολογισμού της εικονικής αναπαραστάσής του σε οθόνη υπολογιστή βάσει τυπικών μεθόδων απεικόνισης τριδιάστατων γραφικών.

Τα ψηφιακά ολογράμματα πλεονεκτούν στη μαθηματική αναπαράσταση των δεδομένων και ταυτόχρονα εμφανίζουν μεγάλη διάρκεια ζωής, δυνατότητα αντιγραφής άλλα και αναπαραγωγής τους. Πιο συγκεκριμένα, από την αρχή της δημιουργίας του, το ολόγραμμα εμφανίζεται με μορφή ψηφιακών δεδομένων και θεωρείται δυνατή η επεξεργασία του στη φάση αυτή. Επίσης, δυνατό σημείο του ολογράμματος θεωρείται η χρήση φωτός laser που παρέχει τη δυνατότητα απόλυτης σύγκρισης μεταξύ ολογραμμάτων πολιτιστικών αντικειμένων εφόσον αυτά έχουν αποθηκευτεί. Επιπλέον, όσο αφορά τα ολογράμματα, το μήκος κύματος του χρησιμοποιούμενου laser HeNe δε μεταβάλλεται στο πέρασμα του χρόνου, ενισχύοντας με τον τρόπο αυτό περισσότερο τη δυνατότητα συγκρίσεων μεταξύ διαφορετικών ολογραμμάτων (Παυλίδης *et al.*, 2014).

Όσο αφορά τα δημιουργημένα τεχνητά ολογράμματα με τη χρήση υπολογιστών (Computer generated holograms) παράγονται με τη σύλληψη τριδιάστατων δεδομένων, τα οποία προσομοιώνονται εντός ενός υπολογιστή. Τα τελευταία χρόνια, εξέλιξη έχει παρατηρηθεί στη δημιουργία τεχνητών ολογραμμάτων, ειδικότερα στην λιθογραφία ηλεκτρονίων. Η πρόοδος αυτή συμβάλλει στην ποιοτική αποκατάσταση των αντικείμενων, καθώς τα τεχνητά δημιουργημένα ολογράμματα δύνανται να έχουν πλήρη πληροφορία χρώματος. Ωστόσο, αν και η δημιουργία ολογράμματος μέσω υπολογιστή παρουσιάζει ιδιαίτερα πλεονεκτήματα βρίσκεται ακόμη σε πρόωρο στάδιο εξέλιξης (Κουτσούδης & Παυλίδης, 2016). Οι οπτικοί αισθητήρες (CCD) δεν είναι ακόμα ικανοποιητικά μεγάλης ανάλυσης, ώστε να μπορούν να συλλάβουν τον τεράστιο όγκο των οπτικών δεδομένων που απαιτούνται. Μελλοντικά το πρόβλημα αυτό εικάζεται να ξεπεραστεί. Με την ανάπτυξη της χρήσης του πυριτίου (silicon) θα δημιουργηθούν μεγαλύτερης κλίμακας σμίκρυνση των ηλεκτρονικών υλικών. Αδιαμφισβήτητα, η ολογραφία που σχετίζεται με τεχνητά δημιουργημένα ολογράμματα αποτελεί την απολυτή και ουσιαστική λύση στην ψηφιοποίηση, αποθήκευση και απεικόνιση τριδιάστατων πολιτιστικών αντικειμένων.

Κλείνοντας, η τομογραφία αποτελεί ακόμα μια τεχνική που συνδέεται με τη συλλογή τριδιάστατων ογκομετρικών δεδομένων από μια σειρά διδιάστατων εικόνων δομών (Κουτσούδης & Παυλίδης, 2016). Ως μέθοδος, χρησιμοποιείται ιδιαίτερα στην ιατρική και αεροδιαστημική και αποτελεί τεχνική υψηλής ακρίβειας με ιδιαίτερη εφαρμογή στην ψηφιοποίηση μικρών/μεσαίων αντικειμένων. Το δυνατό σημείο της

μεθόδου έγκειται στην ικανότητα σύλληψης και αναδημιουργίας της εσωτερικής πληροφορίας. Οι ακτίνες X αποτελούν πλέον τη πιο διαδεδομένη μορφή χρήσης της και ειδικότερα οι ακτίνες X χαμηλής ενέργειας. Στην κατηγορία αυτή συγκαταλέγονται και οι μέθοδοι οπτικής και ακουστικής τομογραφίας.

3.1.2.3 Ψηφιοποίηση αντικειμένων μεγάλου μεγέθους

Η ψηφιοποίηση μεγάλου μεγέθους αντικειμένων αναφέρεται σε αντικείμενα μεγαλύτερα από δύο μέτρα που μπορούν να φτάσουν και τα εκατό μέτρα. Για τη διαδικασία αυτή συνήθως επιστρατεύονται δύο μέθοδοι. Από τη μια υπάρχουν οι μέθοδοι που βασίζονται στην ιδέα του οπτικού Radar και από την άλλη οι τεχνικές της φωτογραμμετρίας (Παυλίδης *et al.*, 2014).

Όσο αφορά την πρώτη κατηγορία, ο τεχνολογικός εξοπλισμός απαρτίζεται από πηγές ακτινών laser διαμορφωμένων κατά πλάτος και κατά συχνότητα. Ειδικότερα, οι ακτίνες laser ανιχνεύονται από το σύστημα μέτρησης, εφόσον πρωτίστως, έχει προκύψει ανάκλαση αυτών από τον προς μέτρηση στόχο. Ο υπολογισμός του χρόνου που χρειάστηκε για να φτάσει η ακτίνα από τον πομπό στο αντικείμενο και πίσω στον δεκτή υπολογίζεται εξετάζοντας την κατάσταση διαμόρφωσης της ακτίνας. Οι τεχνικές αυτές ονομάζονται συστήματα «χρόνου πτήσης» ή «time of flight» εξαιτίας της ταχύτητας του φωτός στον αέρα που συμβάλλει στον υπολογισμό της απόστασης της ακτίνας που διανύθηκε. Στην κατηγορία αυτή οι τεχνικές εμφανίζονται με ακρίβεια περί τα 5 χιλιοστά για αποστάσεις λειτουργίας 3 μέτρων ή και περισσότερο. Το προφανές μειονέκτημα της μεθόδου είναι ο μεγάλος χρόνος που απαιτείται για τη συλλογή των πρωτογενών δεδομένων που απαιτούνται για την εκτέλεση της διαδικασίας (Κουτσούδης & Παυλίδης, 2016).

Όσο αφορά τη δεύτερη κατηγορία, η καθοδηγούμενη «στερεό-φωτογραμμετρία» αποτελεί τη βασικότερη τεχνική, στην οποία χρησιμοποιούνται σημεία αναφοράς που ορίζονται στην επιφάνεια των προς μέτρηση αντικειμένων. Κατά τη φάση αυτή συλλέγεται ένα ζεύγος φωτογραφιών από διαφορετικές οπτικές γωνίες και μέσω της ταύτισης των σημείων αναφοράς επιτυγχάνεται η ανάκτηση πληροφορίας της τριδιάστατης γεωμετρίας, είτε αυτόματα είτε όχι, με τον υπολογισμό της απόστασης των σημείων αυτών από το επίπεδο λήψης της εκάστοτε φωτογραφίας. Τέλος, η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται κυρίως στην μοντελοποίηση

μνημείων ή χώρων και αποδίδει καλύτερα αποτελέσματα, όταν τα υπό μελέτη «αντικείμενα» εμφανίζονται επίπεδα με λίγα σημεία αναφοράς (Παυλίδης *et al.*, 2014).

3.1.3 Περιγραφή εξοπλισμού ψηφιοποίησης

Η επιλογή του εξοπλισμού στη διαδικασία της τριδιάστατης ψηφιοποίησης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από ποικίλους παράγοντες, όπως τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του υπό εξέταση αντικειμένου, το κόστος της διαδικασίας, τα χαρακτηριστικά του υπό μελέτη χώρου, ο διαθέσιμος χρόνος εφαρμογής κ.ά. Στις συσκευές εξοπλισμού ψηφιακής αποτύπωσης συγκαταλέγονται οι τριδιάστατοι σαρωτές, οι φωτογραφικές μηχανές, οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές και το λογισμικό συστημάτων τριδιάστατης αποτύπωσης.

3.1.3.1 Οι σαρωτές τριών διαστάσεων

Ως τριδιάστατος σαρωτής ορίζεται κάθε συσκευή που δύναται να συλλέξει τριδιάστατες συντεταγμένες από μία δεδομένη περιοχή πάνω στην επιφάνεια ενός αντικειμένου και πληροί συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Πιο συγκεκριμένα, ο τριδιάστατος σαρωτής ακολουθεί μια αυτοματοποιημένη διαδικασία που στηρίζεται σε κάποιο πρότυπο και πραγματοποιεί υψηλού βαθμού δειγματοληψία. Επίσης, η συσκευή αυτή πραγματοποιεί τη διαδικασία σε πολύ σύντομο χρόνο και δύναται να διακρίνει ή όχι την πληροφορία χρώματος της υπό εξέτασης επιφάνειας.

Ο τρόπος χρήσης ενός τριδιάστατου σαρωτή οριοθετείται από κάποιες συγκεκριμένες αρχές. Η επιτυχής εφαρμογή της συσκευής επιτυγχάνεται όντας σταθερή σε κάποια θέση ή πάνω σε κάποιο κλασσικό, φωτογραφικού τύπου τρίποδα ή σε παρόμοιες μεταφερόμενες βάσεις ή εν πτήση σε περιπτώσεις τοπογραφικών εφαρμογών (Boehler & Marbs, 2002). Η χρήση της συσκευής στην τριδιάστατη ψηφιοποίηση παρουσιάζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Πρωτίστως, η σάρωση ενός αντικειμένου αποτελεί συνήθως την ευκολότερη φάση στη διαδικασία της τριδιάστατης ψηφιοποίησης εξαιτίας της εύκολης χρήσης των σαρωτών, ωστόσο αποτελεί χρονοβόρα διαδικασία.

Ειδικότερα, οι τριδιάστατοι ανιχνευτές laser (3D laser scanners) δύνανται να μετρήσουν και να ανακατασκευάσουν αντικείμενα ποικίλου μεγέθους και σχήματος αλλά και τον τριδιάστατο χώρο πολύ γρήγορα και με μικρό κόστος (Maravelakis *et*

al., 2012). Τα όργανα αυτά στηρίζονται στην τεχνολογία laser και παρουσιάζουν θετικά και αρνητικά σημεία. Στην κατηγορία αυτή του εξοπλισμού ανήκουν και σαρωτές που ονομάζονται laser profilers και μπορούν να σαρώσουν μόνο οριζόντια ή μόνο κατακόρυφα ένα μνημείο-χώρο ή να καταγράψουν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά ενός αντικειμένου πολιτιστικής κληρονομιάς (16). Επιπλέον, εμφανίζουν πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα όταν χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία κατόψεων και τομών των εσωτερικών χώρων των μνημείων (Maravelakis *et al.*, 2008).

Όσο αφορά τα πλεονεκτήματα της μεθόδου ανίχνευσης laser αυτά συνδέονται με την ταχύτητα απόδοσης των επιθυμητών αποτελεσμάτων, την μεγάλη ακρίβεια των μετρήσεων αλλά και την αξιοπιστία (Zehetner & Studnicka, 2007). Επίσης, η μέθοδος αυτή συμβάλλει στην μείωση του χρόνου εργασίας που απαιτείται κατά το στάδιο της προ-επεξεργασίας των δεδομένων και συνδυάζει την ακρίβεια της τοπογραφικής αποτύπωσης με την πληρότητα και την αποτύπωση της φωτογραμμετρικής πληροφορίας. Επιπροσθέτως, η μέθοδος αυτή πλεονεκτεί στο γεγονός ότι παρέχει μεταβλητή ανάλυση στο έδαφος συναρτήσει της απαιτούμενης τελικής ακρίβειας του τελικού προϊόντος και αποτυπώνει τριδιάστατα αντικείμενα χωρίς παραπάνω κόπο ή χρόνο εργασίας (Boehler *et al.*, 2001). Ωστόσο, μειονέκτημα της μεθόδου laser θεωρείται το μεγάλο κόστος του εξοπλισμού αλλά και η μη ενεργή συμμετοχή του χειριστή στη τεχνική αποτύπωση. Πιο συγκεκριμένα, τα σημεία που ενδέχεται να μετρηθούν δεν προσδιορίζονται από το χειριστή αλλά προκύπτουν τυχαία. Ο χειριστής καθορίζει μονάχα το βήμα της οριζόντιας και κατακόρυφης ανάλυσης των μετρήσεων.

Συνοψίζοντας, οι τριδιάστατοι σαρωτές αποτελούν σημαντικότατο εργαλείο για την τεκμηρίωση των αντικειμένων πολιτιστικής κληρονομιάς. Αναμφίβολα, οι συσκευές αυτές ταιριάζουν σε εφαρμογές μετρήσεων ανώμαλων επιφανειών και πιθανότατα να αποτελούν την αρτιότερη διαθέσιμη μέθοδο την παρούσα στιγμή. Παρά την σημαντικότητά τους ως βασικά εργαλεία στη διαδικασία της τριδιάστατης αποτύπωσης πολιτισμικών αντικειμένων, ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στην μετέπειτα επεξεργασία των δεδομένων εφόσον η αμιγής και μόνο συλλογή των πληροφοριών δεν θεωρείται επαρκής (Marbs, 2002).

3.1.3.2 Οι φωτογραφικές μηχανές

Μετρικές φωτογραφικές μηχανές ονομάζονταν οι αναλογικές συσκευές εκείνες που χρησιμοποιούνταν στις φωτογραμμετρικές εφαρμογές, πριν την εμφάνιση της ψηφιακής τεχνολογίας και των ψηφιακών αισθητήρων στις φωτογραφικές μηχανές. Ειδικότερα, μέχρι τη δεκαετία του 1990 χρησιμοποιούνταν σε ειδικά συστήματα αναλογικής επεξεργασίας ή σε αναλυτικά συστήματα και έπειτα αντικαταστάθηκαν σταδιακά από τους ψηφιακούς φωτογραμμετρικούς σταθμούς και τα λογισμικά της συγκλίνουσας μη στερεοσκοπικής φωτογραμμετρίας ή της μονοσκοπικής επεξεργασίας φωτογραμμετρικών εικόνων. Παρόλα αυτά, οι μετρικές μηχανές χρησιμοποιούνται ακόμα και σήμερα στη διαδικασία της ψηφιοποίησης, εξαιτίας του γεγονότος ότι οι εικόνες που προέρχονται από σαρωτές μεγάλης ακρίβειας δύνανται να επεξεργαστούν με σύγχρονα φωτογραμμετρικά συστήματα. Πιο συγκεκριμένα, η ψηφιοποίηση των εικόνων που προέρχονται από μια μετρική φωτογραφική μηχανή επιτυγχάνεται από σαρωτές με ανάλυση της τάξης μέχρι και 4000dpi. Συνιστάται, η ψηφιοποίηση να γίνεται απευθείας από το αρνητικό ή το διαθετικό της φωτογράφισης, προκειμένου να αποφευχθούν οι παραμορφώσεις των ειδώλων και τα ενδεχόμενα σφάλματα των μετρήσεων (*Forest et al., 2004*).

Τα πλεονεκτήματα των φωτογραμμετρικών φωτογραφικών μηχανών είναι εμφανή σε σύγκριση με τις κοινές φωτογραφικές μηχανές. Πρωτίστως, οι συσκευές αυτές εμφανίζουν υψηλές προδιαγραφές στην ποιότητα των φακών τους και ιδιαίτερη σταθερότητα στην εσωτερική γεωμετρία τους που συμβάλουν ουσιαστικά στην επίτευξη υψηλής ακρίβειας στα παραγόμενα φωτογραμμετρικά προϊόντα. Επιπλέον, οι φωτογραφικές μηχανές ενδείκνυνται να χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές επίγειας φωτογραμμετρίας, επειδή διαθέτουν μεγάλη διάσταση αρνητικού παράλληλα με την καλή ποιότητα των φακών, παράμετρος που στις κοινές φωτογραφικές μηχανές απουσιάζει. Δύο από τις πιο δημοφιλείς φωτογραφικές μηχανές που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία είναι η WILD P31 με μέγεθος αρνητικού 10*12,5 εκατοστά και η WILD P32 με μέγεθος αρνητικού 6*12 εκατοστά¹. Χαρακτηριστικό στοιχείο των δύο συσκευών είναι η σταθερή εστιακή απόσταση των φακών τους, αλλά και η ύπαρξη ειδικών σημαδιών που καλούνται εικονοσήματα και χρησιμοποιούνται προκειμένου να καθοριστεί το σύστημα μέτρησης των συντεταγμένων επάνω στο φωτογραφικό

¹ Για σύγκριση αναφέρεται ότι το τυπικό μέγεθος αναφοράς των εμπορικών φιλμ 35 mm είναι 36x24 mm. Οι σύγχρονες ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές που καλούνται “full frame” διαθέτουν ψηφιακό οπτικό αισθητήρα μεγέθους ίσου με το τυπικό φιλμ 35 mm.

επίπεδο (*Forest et al., 2004*). Επίσης, η βαθμονόμηση των μετρικών μηχανών πριν τη χρήση τους θεωρείται απαραίτητη προϋπόθεση. Η διαδικασία αυτή συμβάλει στον ακριβή προσδιορισμό των παραμέτρων της εσωτερικής γεωμετρίας τους και προτείνεται η επανάληψη αυτής της διαδικασίας ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

Οι ημιμετρικές μηχανές είναι άλλη μια κατηγορία συσκευών που μοιάζουν πολύ με τις κοινές φωτογραφικές μηχανές. Στις μηχανές αυτές έχει προστεθεί γυάλινη πλακά με ειδικά σταυρονήματα παρόμοια με αυτά των εικονοσημάτων που παρατηρούνται στις μετρικές μηχανές. Ακόμη, ο φακός των ημιμετρικών μηχανών εμφανίζεται σε σταθερές προσδιορισμένες θέσεις εστίασης για τις οποίες έχει προσδιοριστεί απόλυτα η εστιακή τους απόσταση (*Forest et al., 2004*). Στην περίπτωση των ημιμετρικών μηχανών, η παραμόρφωση έχει βαθμονομηθεί πριν τη χρήση από την κατασκευάστρια εταιρεία.

Τέλος, οι ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές οδηγούν στη δημιουργία ακριβέστερων φωτογραμμετρικών προϊόντων έπειτα από μια διαδικασία βαθμονόμησης. Ο προσδιορισμός της εσωτερικής γεωμετρίας της μηχανής, οι παράμετροι ακριβούς παραμόρφωσης των φακών και ο εξωτερικός προσανατολισμός αποτελούν απαραίτητες προϋποθέσεις για τη διεξαγωγή μετρήσεων από στερεοσκοπικές φωτογραφικές εικόνες. Σημειώνεται ότι η εστιακή απόσταση που χρησιμοποιείται στις φωτογραφικές λήψεις είναι δυνατόν να υπολογιστεί με ακρίβεια, αν και μόνο αν, η απόσταση αυτή παραμένει σταθερή από λήψη σε λήψη και παρατηρούνται αρκετά φωτοσταθερά (σημεία ελέγχου). Οι δημοφιλέστερες φωτογραφικές μηχανές της κατηγορίας αυτής είναι οι dSLR (digital Single Lens Reflex).

Στις μέρες μας, η πρόοδος της τεχνολογίας ολοένα και αυξάνει την ανταγωνιστικότητα μεταξύ των κατασκευαστριών εταιρειών που δημιουργούν αισθητήρες υψηλής ανάλυσης και ποιότητας. Ωστόσο, η επιλογή της συσκευής που θα χρησιμοποιηθεί κατά τη διαδικασία της τριδιάστατης ψηφιοποίησης εξαρτάται από την στερεοσκοπική ή μονοσκοπική εφαρμογή και την απαιτούμενη τελική ακρίβεια των φωτογραμμετρικών προϊόντων.

3.1.3.3 Οι ψηφιακοί φωτογραμμετρικοί σταθμοί

Οι Ψηφιακοί Φωτογραμμετρικοί Σταθμοί (ΨΦΣ) είναι εξειδικευμένοι ηλεκτρονικοί υπολογιστές που εμφανίζουν την ικανότητα να κάνουν επεξεργασία σε στερεομοντέλα φωτογραμμετρικών εικόνων και παράλληλα να παρέχουν σχεδιαστικές λεπτομέρειες με τη χρήση ενός ειδικού υποσυστήματος υλικού (hardware module) στερεοσκοπικής παρατήρησης (Sgrenzaroli & Wolfart, 2002). Πιο συγκεκριμένα, ο εξοπλισμός αυτός:

- δύναται να αποθηκεύει και να διαχειρίζεται αρχεία εικόνων (αρχειοθέτηση) και να τα συμπιέζει ή αποσυμπιέζει (archiving),
- δύναται να εκτελεί βασικές διαδικασίες επεξεργασίας (processing) εικόνων, όπως η βελτίωση και δειγματοληψία (resampling),
- δύναται να εμφανίζει εικόνες (display) ή τμήματά τους, να εκτελεί μεγέθυνση ή σμίκρυνση τους και να μετακινεί τη θέση παρατήρησης στα στερεομοντέλα των εικόνων (roaming),
- δύναται να μετρά (3D measurement) διαδραστικά σημεία και χαρακτηριστικά με σφάλμα μικρότερο του μεγέθους της εικονοψηφίδας,
- δύναται να τοποθετεί τα γεωμετρικά στοιχεία και τις λεπτομέρειες πάνω στο στερεομοντέλο των εμφανιζόμενων εικόνων με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται η σχεδίαση.

Ο εξειδικευμένος αυτός εξοπλισμός δημιουργεί προϋποθέσεις τριδιάστατης προβολής των εικόνων ενός στερεομοντέλου με τη χρήση ενός ειδικού οπτικού συστήματος που βασίζεται στην ενεργητική ή παθητική πόλωση των εικόνων (polarization) αυτών. Επιπλέον, με τη χρήση ψηφιακών φωτογραμμετρικών σταθμών θεωρείται απίθανη η εμφάνιση λανθασμένης στερεοσκοπικής παρατήρησης που οδηγεί αναπόφευκτα σε λανθασμένο υπολογισμό των μετρήσεων του υπό εξέταση αντικειμένου.

Επιπροσθέτως, ο εξοπλισμός αυτός παρουσιάζει εφαρμογές αυτόματης σχεδίασης που απολήγουν σε ολοκληρωτική ψηφιοποίηση των λεπτομερειών ενός μνημείου όταν και μόνο όταν χρησιμοποιηθεί σωστά. Με τον τρόπο αυτό, παράγονται αρχεία σχεδίασης που με την εκτύπωση τους υπό κλίμακα περιγράφουν το τριδιάστατο μοντέλο του υπό μελέτη αντικειμένου. Επίσης, οι συσκευές αυτές έχουν τη δυνατότητα σύνδεσης με λογισμικό που αυτοματοποιεί πολλές διαδικασίες με

αποτέλεσμα την εξοικονόμηση του χρόνου στην επίτευξη της διαδικασίας της ψηφιοποίησης. Κλείνοντας, εύρος επεξεργαστικά ισχυρών φωτογραμμετρικών σταθμών που έχουν χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές επίγειας και εναέριας φωτογραμμετρίας χρησιμοποιούνται παγκοσμίως από τις εταιρείες Z/I Imaging (ImageStation SSK), Bae Systems (SocketSet), DVP GS, Inc (DVP).

3.1.3.4 Το λογισμικό συστημάτων τριδιάστατης αποτύπωσης

Η αποτελεσματική επεξεργασία και εξαγωγή των δεδομένων επιτυγχάνεται με τη χρήση λογισμικού συστημάτων τριδιάστατης αποτύπωσης, το οποίο βασίζεται στη γνωστή αρχιτεκτονική ολοκλήρωσης ανεξάρτητων μονάδων (modules). Ειδικότερα, κάθε μονάδα βοηθά τον χρήστη στην ολοκλήρωση μιας συγκεκριμένης διαδικασίας. Το λογισμικό αυτό εξαιτίας της λειτουργικότητας και των δυνατοτήτων του δύναται να επηρεάσει ολοκληρωτικά την ποιότητα του τελικού τριδιάστατου μοντέλου και του συνολικού χρόνου που καταναλώνεται για την επεξεργασία των δεδομένων.

Μια συνήθης διαδικασία τριδιάστατης αποτύπωσης απαρτίζεται από διαφορετικά στάδια που εκτελούνται ωστόσο με μια συγκεκριμένη σειρά, εξαρτημένη πάντοτε από τη μεθοδολογία που εφαρμόζεται, αλλά και το υπό μελέτη αντικείμενο. Συναρτήσει αυτού, οι μονάδες λογισμικού μπορούν να προσδιοριστούν ως εξής:

- λογισμικό που λειτουργεί για να ελέγξει το σύστημα της σάρωσης, το οποίο επεξεργάζεται και βελτιστοποιεί τα εμφανιζόμενα νέφη σημείων,
- λογισμικό που συμβάλει στην τοποθέτηση προτύπων γεωμετρικών σχημάτων μέσα στο νέφος σημείων, προκειμένου να επιτευχθεί η ορθότητα των αποτελεσμάτων,
- λογισμικό που βοηθά τη δημιουργία του πολυγωνικού πλέγματος,
- λογισμικό που επεξεργάζεται και χαρτογραφεί την πληροφορία υψής στην επιφάνεια του μοντέλου (Texture Mapping) διαθέτοντας δυνατότητες εξομοίωσης σύνθετων επιφανειακών χαρακτηριστικών, όπως ανώμαλη επιφάνεια, σημάδια, γυαλάδα, κ.ά.,
- λογισμικό που δύναται να διαχειριστεί τα τελικά δεδομένα και να οργανώσει ολοκληρωτικά την εργασία.

Εντούτοις στις μέρες μας καμία εταιρεία δεν προσφέρει πραγματικά επαρκές λογισμικό, εξαιτίας του υψηλού κόστους κατασκευής. Συνήθως, ενώ οι επιδόσεις ενός σαρωτή είναι εντυπωσιακές, το λογισμικό που τον συνοδεύει είναι

απογοητευτικό. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού, ο χρήστης θα πρέπει να χρησιμοποιήσει διαφορετικές εφαρμογές συνδυαστικά, προκειμένου να επιτύχει γρήγορη και αξιόπιστη επεξεργασία τριδιάστατων δεδομένων. Μερικές φορές, ο χρήστης πραγματοποιεί συγγραφή των δικών του εργαλείων για να καλύψει κάποιες πολύ συγκεκριμένες ανάγκες που εμφανίζονται κατά τη διαδικασία της τριδιάστατης ψηφιοποίησης.

3.2 Σύλληψη γεωμετρικών δεδομένων

Η διαδικασία της τριδιάστατης ανακατασκευής απαρτίζεται από ποικίλα στάδια. Το πρώτο στάδιο της διαδικασίας αυτής είναι η σύλληψη των γεωμετρικών δεδομένων ενός υπό μελέτη αντικειμένου με τη χρήση κάποιου σαρωτή. Ουσιαστικά, ο σαρωτής επηρεάζει δραστικά τον τρόπο εκτέλεσης της παραπάνω διαδικασίας. Πιο συγκεκριμένα, ο τύπος του σαρωτή αλλά και οι ιδιαίτερες τεχνικές του προδιαγραφές, όπως για παράδειγμα η ταχύτητα αποτύπωσης και η ορατότητα αποτελούν βασικούς παράγοντες προσδιορισμού και ολοκλήρωσης του σταδίου αυτού (46).

Αναλυτικότερα, οποιαδήποτε τεχνική και αν χρησιμοποιηθεί (δηλαδή διαφορετική μέθοδος σάρωσης) η διαδικασία ολοκληρώνεται βασιζόμενη σε μια αλληλουχία από τμηματικές σαρώσεις. Η πληθώρα των σαρώσεων είναι σημαντική, αν αναλογιστεί κανείς πως η αποτύπωση των δεδομένων από διαφορετικές οπτικές γωνίες θεωρείται βασική, ώστε να ανακαλυφθούν όλες οι πιθανές επιφάνειες του αντικειμένου (*Boehler et al., 2001*). Ειδικότερα, για τη ψηφιοποίηση κινητών αντικειμένων, η χρήση ενός περιστρεφόμενου τραπέζιου αποτελεί βασική προϋπόθεση, αφού συμβάλει στην αναγνώριση των θέσεων των τμηματικών σαρώσεων, στη μείωση του χρόνου συλλογής των δεδομένων καθώς και στην καλύτερη διαχείριση του τέχνηργου. Επιπροσθέτως, πλεονέκτημα του σαρωτή θεωρείται η διαχείριση φωτιστικών σωμάτων, με αποτέλεσμα τη δημιουργία κατάλληλων συνθηκών φωτισμού που θα συντελέσουν στην ακριβέστερη αποτύπωση των χρωμάτων του αντικειμένου.

Ωστόσο, η τεχνική της σάρωσης αρκετές φορές παρουσιάζει κενά, λόγω αδυναμίας της άμεσης οπτικής επαφής του οπτικού συστήματος του σαρωτή με συγκεκριμένες περιοχές της επιφάνειας του αντικειμένου (φαινόμενο οπτικής απόφραξης). Επίσης, αρκετά συχνά παρουσιάζονται τμήματα σαρώσεων με διαφορετική πυκνότητα δεδομένων πράγμα που δυσχεραίνει τη διαδικασία. Το

γεγονός αυτό έγκειται στην τροποποίηση των ρυθμίσεων του σαρωτή, προκειμένου να δίνει καλύτερα αποτελέσματα σε ιδιαίτερες περιπτώσεις, όπως στην περίπτωση της μεταβολής απόστασης του σαρωτή από το αντικείμενο. Το φαινόμενο συνδέεται άμεσα με σαρωτές μεγάλου βεληνεκούς, με χρήση ευρέως διαδεδομένη στην αποτύπωση χώρων και κτηρίων. Συνεπώς, στην περίπτωση αυτή, η ολοκληρωμένη και ομοιογενής αποτύπωση των δεδομένων καθορίζεται από το πλήθος των τμηματικών σαρώσεων. Μια ακόμη δυσχέρεια στην τεχνική των σαρώσεων είναι και ο αυτόματος καθορισμός των καλύτερων οπτικών γωνιών. Συγκεκριμένα, αυτές επιλέγονται χειροκίνητα με βασική προϋπόθεση η ψηφιοποίηση να πραγματοποιείται με τον ελάχιστο αριθμό αναγκαίων σαρώσεων, εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα υψηλό ποσοστό επικαλυπτόμενων σημείων μεταξύ των σαρώσεων για την μετέπειτα ευθυγράμμιση και ενοποίηση των τμημάτων.

Καταλήγοντας, η χρήση των σαρωτών στη διαδικασία της τριδιάστατης ψηφιοποίησης πολιτιστικών αντικειμένων αποτελεί μέθοδο αναγνωρισμένη και ευρείας κλίμακας τεχνική, εξαιτίας της μεγάλης ακρίβειας που αποδίδει. Η μέθοδος αυτή εμφανίζει επίσης μεγάλη πιθανότητα μελλοντικής ανέλιξης, δεδομένου ότι οι αλγόριθμοι θα εξελιχθούν και θα εκμηδενίσουν την επανάληψη στη διαδικασία της σάρωσης (16).

3.3 Προεπεξεργασία γεωμετρικής πληροφορίας

Έπειτα από τη διαδικασία της αποτύπωσης των δεδομένων γεωμετρίας ακολουθεί η διαδικασία της προ-επεξεργασίας, η οποία περιλαμβάνει μια σειρά εργασιών ασύνδετων μεταξύ τους. Πιο συγκεκριμένα, η προ-επεξεργασία ως διαδικασία συναντάται σε εμπορικά συστήματα ως αναπόσπαστο κομμάτι της διαδικασίας δημιουργίας πολυγωνικών πλεγμάτων. Η γεωμετρική πληροφορία της σάρωσης χρησιμοποιείται κατά τον υπολογισμό των πινάκων κάθετων διανυσμάτων ώστε να μπορεί να αναγνωριστεί η φορά των διανυσμάτων αυτών για κάθε σημείο επεξεργασίας. Συνεπώς, η πληροφορία που προκύπτει μέσω αυτής της διαδικασίας, συμβάλει στην ουσιαστική και ακριβή αναπαράσταση του αντικείμενου, την τμηματοποίηση των δεδομένων, αλλά συντελεί και στην ενοποίηση των τμημάτων των διαφορετικών σημείων (*Bertozzi et al., 2002*).

3.4 Φιλτράρισμα του θορύβου στο νέφος σημείων

Ο θόρυβος στο νέφος σημείων αποτελεί μια δυσμενή κατάσταση, η οποία εμφανίζεται με τη μορφή τυχαίων σημείων γύρω από την πραγματική επιφάνεια του αντικείμενου. Ως συνέπεια της κατάστασης αυτής, τα δεδομένα που συλλέγονται με τη χρήση των τριδιάστατων σαρωτών περιέχουν ως επί το πλείστον σφάλματα.

Μελέτες έχουν αποδείξει ότι η απαλοιφή του θορύβου συνδέεται με τον υπολογισμό του μέσου όρου θέσης των σημείων ανάμεσα σε επικαλυπτόμενες σαρώσεις (*Berardini & Rushmeier, 2002*). Ωστόσο, άλλοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι η απαλοιφή του θορύβου βασίζεται στην υπο-δειγματοληψία του σημείου του νέφους που λαμβάνει χώρα κατά τη διαδικασία εκτίμησης της επιφάνειας του αντικειμένου (*Alexa et al., 2001*).

Μια διαδεδομένη τεχνική που συμβάλει επαρκώς στην αντιμετώπιση και απαλοιφή του θορύβου είναι η Moving Least Square projection (MLS) που βασίζεται σε αλγόριθμους (*Correa et al., 2002; McAllister et al., 1999*). Ειδικότερα, πλήθος αλγορίθμων που λαμβάνονται από την ψηφιακή επεξεργασία εικόνας συμβάλουν στην ομαλοποίηση των δεδομένων του νέφους σε δυο διαστάσεις. Από τη μία, οι γραμμικοί αλγόριθμοι μειονεκτούν στο να διακρίνουν τον θόρυβο από τα υψηλής συχνότητας δεδομένα, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται ομαλοποίηση των ακμών και των λεπτομερειών των αντικειμένων. Από την άλλη, για την αφαίρεση του θορύβου (απαλοιφή) οι μη γραμμικοί αλγόριθμοι παρουσιάζονται περισσότερο αξιόπιστοι (*Bertozzi et al., 2002*).

3.5 Ομαδοποίηση και οργάνωση των δεδομένων

Η ομαδοποίηση και η οργάνωση των δεδομένων αποτελεί μια διαδικασία υψίστης σημασίας που συμβάλει καθοριστικά στην τριδιάστατη ψηφιοποίηση των αντικειμένων. Ο μεγάλος όγκος των δεδομένων που συλλέγονται από τους σαρωτές αποτελεί, ίσως, το βασικότερο πρόβλημα κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας (*Bertozzi et al., 2002*). Η διαδικασία της ομαδοποίησης των δεδομένων συμβάλει καταλυτικά στην επίλυση αυτού του προβληματισμού, δημιουργώντας ειδικές δομές δεδομένων (οκταδικά και δυαδικά δέντρα), με σκοπό την οργάνωσή τους, ώστε να επιτευχθεί η γρήγορη και έξυπνη προσπέλασή τους, ανάλογα με την οπτική γωνία υπό την οποία εμφανίζεται το αντικείμενο. Το πλεονέκτημα της διαδικασίας αυτής

είναι ότι επιτρέπει την επεξεργασία των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο χωρίς την ολοκληρωτική προσπέλαση του όγκου της πληροφορίας (*Berotzzi et al., 2002*).

3.6 Ευθυγράμμιση και ενοποίηση τμηματικών σαρώσεων

Η ολοκληρωμένη γεωμετρική απόδοση ενός υπό μελέτη πολιτιστικού αντικείμενου καθιστά απαραίτητη την ευθυγράμμιση αλλά και την ενοποίηση των τμηματικών σαρώσεων. Η διαδικασία αυτή μπορεί να ολοκληρωθεί αυτοματοποιημένα ή μη. Η αυτοματοποίηση έγκειται στην περίπτωση που η θέση του σαρωτή σε κάθε τμηματική σάρωση είναι γνωστή στο λογισμικό. Σε αντίθετη περίπτωση το στάδιο ολοκληρώνεται χειροκίνητα ή ημι-αυτόματα. Στη δεύτερη περίπτωση ο χρήστης τοποθετεί τα τμήματα σε αρχικές θέσεις, οι οποίες εν συνεχεία αναμένεται να βελτιωθούν αυτόματα από το ίδιο το λογισμικό ενοποίησης. Σύνηθες είναι στο σημείο αυτό ο χρήστης να ορίζει κάποια κοινά σημεία πάνω στις τμηματικές σαρώσεις, με σκοπό να τα χρησιμοποιήσει το λογισμικό, προκειμένου να επιτευχθεί η ευθυγράμμιση των σαρώσεων αυτών. Έως και σήμερα η διαδικασία αυτή βασίζεται ως επί το πλείστον σε ανθρώπινη παρέμβαση. Διαφορετικά και ποικίλα εργαλεία χρησιμοποιούνται για να δημιουργηθούν κατάλληλοι χωρικοί μετασχηματισμοί που θα συμβάλουν καθοριστικά στη ευθυγράμμιση των τμημάτων. Βασικό μειονέκτημα της χειροκίνητης διαδικασίας αποτελεί η δαπάνη χρόνου που απαιτείται για να ολοκληρωθεί η διαδικασία.

Στην περίπτωση που ο όγκος των τμηματικών σαρώσεων είναι αρκετά μεγάλος, η ευθυγράμμιση συνιστάται να συντελείται σε επίπεδο ομάδων. Ο χρήστης ορίζει τις εκάστοτε ομάδες. Επίσης, σημαντικό είναι στο σημείο αυτό να τονιστεί ότι η διαδικασία της ευθυγράμμισης τμηματικών σαρώσεων πραγματοποιείται ευκολότερα σε κλειστά αντικείμενα παρά σε ανοιχτά (*Cortelazzo & Marton, 1999*).

Έρευνες κατέδειξαν τον αλγόριθμο iterative closest point (ICP) ως τον πλέον αποδεκτό για την πραγματοποίηση της ενοποίησης δεδομένων σε συνθήκες διαφορετικών νεφών σημείων (*Besl & McKay, 1992*). Ειδικότερα, η μέθοδος ICP πραγματοποιείται σε δύο διακριτά και σαφώς ξεκάθαρα στάδια. Κατά το πρώτο στάδιο επιτυγχάνεται η αναγνώριση των αντίστοιχων σημείων, ενώ κατά το δεύτερο εκτιμάται ο χωρικός μετασχηματισμός που ελαχιστοποιεί την απόσταση των σημείων αυτών. Η επανάληψη της μεθόδου συντελεί στο καλύτερο δυνατό συνταίριασμα των σημείων, αλλά ταυτόχρονα δημιουργεί συνθήκες αστάθειας σε ομαλές επιφάνειες,

γεγονός που αποτελεί και το πλέον αδύνατο σημείο της. Ερευνητές υποστηρίζουν διαφορετικές μεθόδους ευθυγράμμισης που σχετίζονται με ειδικά αντικείμενα ελέγχου, όπως σφαίρες, κυλίνδρους και επίπεδα. Στις τεχνικές αυτές, τα αντικείμενα ελέγχου που αποτελούν και το βασικό εργαλείο για την ολοκλήρωση της διαδικασίας της ευθυγράμμισης τοποθετούνται γύρω από το αντικείμενο προς ψηφιοποίηση και μπορούν να αναγνωριστούν με αυτόματο τρόπο από το λογισμικό. Η αναγνώριση αυτή καταλήγει στην ευθυγράμμιση των τμηματικών σαρώσεων με την προϋπόθεση πως θα πρέπει να εμφανίζονται σε κάθε σάρωση τουλάχιστον τρία από τα αντικείμενα ελέγχου (*Sgrenzaroli & Wolfart, 1995*).

Η συγχώνευση και η ενοποίηση των τμηματικών σαρώσεων αποτελούν φάσεις που έπονται της ευθυγράμμισης. Το βασικότερο πρόβλημα που παρουσιάζεται κατά το στάδιο αυτό είναι η διαχείριση του όγκου των δεδομένων που τις περισσότερες φορές αποτελεί δυσχέρεια εφόσον απαιτεί μεγάλη χωρητικότητα μνήμης του υπολογιστικού συστήματος. Επιπλέον, η αφαίρεση των περιττών σημείων που συνδέονται στενά με τα επικαλυπτόμενα τμήματα των σαρώσεων συντελείται κατά τη διαδικασία της ενοποίησης που πραγματοποιείται σε τρία στάδια:

- Στο πρώτο στάδιο το λογισμικό εκτελεί έλεγχο των δεδομένων και τακτοποιεί τις περιπτώσεις διπλής κοινότυπης σάρωσης.
- Στο επόμενο στάδιο τα δεδομένα μοντελοποιούνται και τα τμήματα συγχωνεύονται.
- Στο τελευταίο στάδιο αναγνωρίζονται τα σημεία πάνω σε ένα νέφος σημείων που αποτελείται από όλες τις τμηματικές σαρώσεις. Το στάδιο αυτό απαιτεί μεγάλη υπολογιστική ισχύ, ώστε να επιτευχθεί η μοντελοποίηση στο τριδιάστατο νέφος σημείων.

3.7 Δημιουργία πολυγωνικού πλέγματος (meshing)

Η δημιουργία του πολυγωνικού πλέγματος ή αλλιώς μέθοδος Meshing αποτελεί ευρέως αναγνωρισμένη διαδικασία της οπτικής αναπαράστασης των τριδιάστατων επιφανειών δια μέσου αλγορίθμων (*Lorenzen et al., 1987*). Υφίστανται πληθώρα αλγορίθμων τριγωνοποίησης (ή, γενικά, πολυγωνοποίησης) που στοχεύουν στη μετατροπή ενός νέφους σημείων σε μια συνεχόμενη επιφάνεια από τρίγωνα (ή στη γενική περίπτωση από πολύγωνα).

Το πολυγωνικό πλέγμα ορίζεται ως η απόδοση του αντικειμένου μέσω της εφαρμογής πάνω του πληροφορίας επιφανείας. Η σημαντική μείωση του όγκου των δεδομένων αποτελεί ένα από τα βασικότερα πλεονεκτήματα τη χρήσης πολυγωνικών πλεγμάτων κατά τη διαδικασία της τριδιάστατης γεωμετρίας (*Lorensen et al., 1987*). Το πολυγωνικό πλέγμα συμβάλει καθοριστικά στη διαδραστική μελέτη του τριδιάστατου αντικειμένου καθώς είναι πιο εύκολη η διαχείριση και προβολή του. Όσον αφορά τους αλγόριθμους, κάποιοι εμφανίζονται να υπολογίζουν το πλέγμα βαθμιαία, ενώ άλλοι, περισσότερο πολύπλοκοι, αναλύουν το πλέγμα σε κάθε περιοχή, αναλόγως με τα ειδικά χαρακτηριστικά των επιφανειών που δημιουργούν. Ωστόσο, η δυσμενής κατάσταση που δημιουργείται εξαιτίας του θορύβου που έχει διαφύγει από το αρχικό φιλτράρισμα του νέφους, στο συγκεκριμένο στάδιο τη διαδικασίας του πλέγματος δεν μπορεί να αποφευχθεί. Ο θόρυβος του νέφους των σημείων εμφανίζεται περισσότερο έντονος στις επιφάνειες του τριγωνικού πλέγματος (*Bernardini et al., 1999*).

3.8 Απλοποίηση πολυγωνικού πλέγματος

Η απλοποίηση του πολυγωνικού πλέγματος αποτελεί ιδιαίτερα σημαντική φάση στη διαδικασία της τριδιάστατης ψηφιοποίησης. Πιο συγκεκριμένα, η απλοποίηση θεωρείται τεχνική που συμβάλει στη μείωση του όγκου των πραγματικών δεδομένων, με παράλληλη προσπάθεια η ποιότητα του τριδιάστατου μοντέλου να παραμείνει υψηλή αν και οδηγεί αναπόφευκτα σε απώλεια πληροφορίας (*Garland & Heckbert, 1997*).

Κατά τη διαδικασία της τριδιάστατης ψηφιοποίησης η μείωση του όγκου της πληροφορίας είναι ιδιαίτερα χρήσιμη και πραγματοποιείται σε περιοχές της επιφάνειας του αντικειμένου, οι οποίες δεν μεταβάλλονται έντονα. Για παράδειγμα, στην ψηφιοποίηση μιας επίπεδης επιφάνειας ένας ρυθμός δειγματοληψίας 0,22 χιλιοστών παρουσιάζεται ως άστοχος, εφόσον η ίδια η επιφάνεια δύναται να περιγραφεί από ελάχιστα σημεία. Αυτό συνδέεται με το γεγονός ότι οι εξελιγμένοι αλγόριθμοι απλοποίησης της γεωμετρίας που υφίστανται σήμερα, λειτουργούν αυτόματα και αναγνωρίζουν τα τμήματα ενός τριδιάστατου μοντέλου που υπόκειται απλοποίηση, χωρίς ωστόσο να ελαχιστοποιηθεί η ποιότητά τους. Ειδικότερα, στην περίπτωση αυτή, ειδικές δομές δεδομένων τμηματοποιούν τη γεωμετρία του μοντέλου διαχωρίζοντάς την. Το κριτήριο διαχωρισμού είναι η πολυμορφία της

επιφάνειας ανάλογα με την περιοχή που συντελεί στην περικοπή της πληροφορίας για να επιτευχθεί η άριστη οργάνωση των δεδομένων.

Η αξιολόγηση του αλγορίθμου απλοποίησης γεωμετρίας στηρίζεται στην αποτελεσματικότητα, ποιότητα και γενικότητα του. Ο αλγόριθμος απλοποίησης θα πρέπει να απλουστεύει με γρήγορους ρυθμούς σύνθετα μοντέλα, να διατηρεί την πιστότητα των λεπτομερειών του αρχικού μοντέλου και να συμπεριφέρεται ομοίως κάτω από οποιαδήποτε μορφή επιφάνειας (*Garland & Heckbert, 1997*).

3.9 Απαλοιφή γεωμετρικών ασυνεχειών

Η εμφάνιση γεωμετρικών ασυνεχειών αποτελεί ακόμα μια τροχοπέδη στη διαδικασία της τριδιάστατης ανακατασκευής. Αν και υπάρχουν αρκετές τεχνικές απαλοιφής ασυνεχειών συνήθως δεν παρουσιάζουν ευρωστία. Παρόλες τις αντιθέσεις που εμφανίζονται οι τεχνικές αυτές αποτελούν μια λύση αντιμετώπισης ή ελαχιστοποίησης του προβλήματος (*Carr et al., 2001*).

Στην περίπτωση που παρουσιάζεται ασυνέχεια σε ομαλές ή επίπεδες επιφάνειες η συμπλήρωση των κενών επιτυγχάνεται μέσω της διαδικασίας παρεμβολής (interpolation) (*Wang & Oliveira, 2002*). Η αυτόματη αναγνώριση και απαλοιφή των γεωμετρικών ασυνεχειών πραγματοποιείται με τη χρήση του τριγωνικού πλέγματος σε κυκλική φορά, ενώ ταυτόχρονα εκτελείται αναζήτηση για μη κοινές πλευρές. Στο σημείο αυτό, ο αλγόριθμος του τριγωνικού πλέγματος αδυνατεί να αναγνωρίσει τα σημεία της επιφάνειας που παρουσιάζουν ασυνέχεια. Επιπροσθέτως, ο αλγόριθμος δεν λειτουργεί σε αραιά τοποθετημένα τρίγωνα που συνδέονται με υπο-δειγματοληψία. Η συμμετοχή του χρήστη στην περίπτωση αυτή θεωρείται αναγκαία για να αναγνωριστούν τα κενά. Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας συνήθως εμφανίζονται στο χρήστη διαφορετικώς χρωματισμένα τα τρίγωνα που αποτελούν τις προσθήκες της παρεμβολής, πάνω στις οποίες ο αλγόριθμος λειτουργεί ικανοποιητικά και συμπληρώνει το κενό. Μια εναλλακτική τεχνική συμπλήρωσης κενών εφαρμόζει πολυαρμονικές πολικές συναρτήσεις. Η μέθοδος αυτή πλεονεκτεί στο γεγονός ότι διαχειρίζεται τεράστιους όγκους δεδομένων, ενώ ταυτόχρονα δύναται να χρησιμοποιηθεί και ως τεχνική τμηματοποίησης και αναδιοργάνωσης των νεφών των σημείων (*Carr et al., 2001*).

3.10 Δημιουργία υφής (χρώματος)

Για τη επίτευξη επιτυχημένης ψηφιοποίησης πολιτιστικών αντικειμένων η χρωματική πληροφορία της υφής τους αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση, ενώ στις εφαρμογές τις αντιστροφής μηχανικής, η χρωματική πληροφορία υφής των αντικειμένων αποτελεί πλεονασμό. Πιο συγκεκριμένα, η πληροφορία αυτή προσδίδει στο εξεταζόμενο αντικείμενο φωτορεαλισμό και ταυτοχρόνως φέρει και αποτυπωμένη πληροφορία (π.χ. ζωική πληροφορία αποτυπωμένη σε αρχαιολογικό εύρημα) (*Malzbender et.al., 2001*).

Αναλυτικότερα, οι χάρτες υφής (texture maps) δημιουργούνται από διαφορετικές φωτογραφίες του αντικείμενου και συμβάλουν ικανοποιητικά στην ανακατασκευή της όψης του, κατά τα τελευταία στάδια της διαδικασίας της ανακατασκευής. Επιπλέον, η διαδικασία των τεχνικών ανάμειξης των χρωμάτων παρουσιάζει δυνατά και αδύναμα σημεία. Η ρεαλιστική απόδοση του αντικείμενου αποτελεί την πλέον εποικοδομητική φάση της μεθόδου. Ωστόσο, η φωτορεαλιστική απόδοση του υπό μελέτη αντικείμενου, πολλές φορές, κωλύεται στις συνθήκες φωτισμού που παρουσιάζονται απαγορευτικές κατά τη διαδικασία. Το αντικείμενο εμφανίζεται σε συνθήκες όμοιου φωτισμού με τις φωτογραφίες που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία του τελικού χάρτη υφής (*Malzbender et al., 2001; Dana & Nayar, 1999*).

Εν κατακλείδι, η ανακατασκευή της πληροφορίας υφής θεωρείται απαραίτητη, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις που υπάρχουν κενά. Η μέθοδος των moving least squares μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανακατασκευή τεχνητών ομαλά μεταβαλλόμενων χρωμάτων, μέσω της αντικατάστασης της χρωματικής τιμής ενός εικονοστοιχείου, αλλά και της πληροφορίας που προκύπτει από τα γειτονικά εικονοστοιχεία.

4. Ψηφιοποίηση και δημοσίευση πολύτιμων αντικειμένων της εκκλησιαστικής κληρονομιάς της Ρόδου

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται το πλάνο και η μεθοδολογία της ψηφιοποίησης πέντε πολιτιστικών αντικειμένων που ανήκουν στο εκκλησιαστικό μουσείο της Λίνδου στο νησί της Ρόδου. Η διενέργεια της αποτύπωσης των αντικειμένων αυτών έγινε προκειμένου να δημιουργηθεί εικονική έκθεση στον ιστό με σκοπό τη διαφύλαξη, διατήρηση και την προβολή των πολιτισμικών αυτών εκθεμάτων σε τοπικό, εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο.

4.1 Πλάνο και μεθοδολογία ψηφιοποίησης

Η παρούσα διπλωματική μελέτη στηρίχθηκε σε βιβλιογραφική έρευνα αλλά και εμπειρική παρατήρηση, συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων στην τριδιάστατη ψηφιοποίηση πέντε αντικειμένων εκκλησιαστικής κληρονομιάς. Τα αντικείμενα αυτά που επιλέχθηκαν ανήκουν στο εκκλησιαστικό μουσείο της Λίνδου και η επιλογή τους έγινε ύστερα από εκτενή συζήτηση του μελετητή με τους υπεύθυνους καθηγητές Δρ. Βοσινάκη και Δρ. Παυλίδη. Επίσης, η ψηφιοποίηση διεξήχθη με τη εφαρμογή της μεθόδου «Δομή από Κίνηση» - (SfM) που αποτελεί μέθοδο εύκολα εφαρμόσιμη, μικρού κόστους και αποδίδει ακριβή και αξιόπιστα ψηφιοποιημένα προϊόντα.

Η επιλογή του μουσείου της Λίνδου έγινε συνειδητά εξαιτίας της εντοπιότητας του μελετητή καθώς επίσης και της αδιαμφισβήτητα μεγάλης αξίας των αντικειμένων που εκθέτει. Η πρόσβαση στο μουσείο επιτρέπεται σε ερευνητές ύστερα από αδειοδότηση που δίνεται κατόπιν αιτήσεως στο Τμήμα Μουσείων του ΕΜΙ της Ιεράς Μητροπόλεως Ρόδου και πάντα με τη σύμφωνη γνώμη της Εφορείας Αρχαιοτήτων Δωδεκανήσου. Στην προκειμένη περίπτωση πρωτοκολλήθηκε αίτηση αδείας πρόσβασης στο Μουσείο για ερευνητικούς λόγους στις 23 Δεκεμβρίου το 2016. Η θετική απάντηση για την πρόσβαση του μελετητή στο μουσείο αλλά και για να μπορέσει να μελετήσει τα επιλεγθέντα πολιτισμικά αντικείμενα δόθηκε στις 25 Απριλίου το 2017. Η πρώτη επαφή του μελετητή με τα υπό εξέταση αντικείμενα έγινε παρουσία υπευθύνου του ΕΜΙ, ο οποίος άνοιγε τις προθήκες, και του φύλακα του Μουσείου. Τα αντικείμενα που εξετάστηκαν επιλέχθηκαν με βάση το υλικό της κατασκευής τους αλλά και την ιστορία που συνδέεται με αυτά και αποκαλύπτει τη σχέση του νησιού της Ρόδου από την Ιπποτική περίοδο.

Η μέθοδος «Δομή από Κίνηση» που επιλέχθηκε απαιτεί φωτογραφική μηχανή υψηλής ανάλυσης για να εφαρμοστεί. Στη παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν δυο ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές DSLR (Nikon D7000 και Canon EOS 1000D). Για να επιτευχθεί η τριδιάστατη ψηφιοποίηση των 5 πολιτισμικών αντικειμένων που επιλέχθηκαν από το εκκλησιαστικό μουσείο της Λίνδου δημιουργήθηκε πλάνο του έργου ψηφιοποίησης που περιλάμβανε καθορισμένους στόχους και σχέδιο υλοποίησής του. Το πλάνο αυτό αποτελούνταν από 4 διακριτά στάδια.

1. Το πρώτο στάδιο αφορούσε τη συλλογή των δεδομένων και βασιζόταν αποκλειστικά στη μέθοδο «Δομή από Κίνηση». Η φωτογράφιση των 5 υπό εξέταση αντικειμένων διεξήχθη εντός του χώρου του μουσείου (Νεκρικός Θάλαμος) και διήρκησε 15 ώρες. Ωστόσο, αρχικά είχε συμφωνηθεί πρόσβαση 45 ωρών/8 ημέρες στο χώρο του Μουσείου και είχε αποφασιστεί η έρευνα 8 εκκλησιαστικών αντικείμενων παρουσία υπευθύνου του τμήματος Μουσείων του ΕΜΙ της Ι.Μ. Ρόδου. Δυστυχώς, οι ώρες προσβασιμότητας στο Μουσείο μειώθηκαν απρόοπτα και τα αντικείμενα που εξετάστηκαν τελικά είναι 5 (Βάση με λαβή Αγίου Ποτηρίου, Ξυλόγλυπτο Μανουάλι, Πυξίδα από ξύλο, Ξυλόγλυπτο Σκαμνί και Μυροδοχείο - Περιρραντήριο). Ο φωτισμός που χρησιμοποιήθηκε δεν ήταν ο κατάλληλος, αφού η φωτογράφιση έγινε εντός του Μουσείου και στον προαύλιο χώρο του (Εικόνες 22, 23). Έγινε χρήση του ειδικού φωτισμού του μουσείου καθώς επίσης, για τις ανάγκες της φωτογράφισης χρησιμοποιήθηκαν 2 λευκά χαρτόνια και ένα ξύλινο τραπέζι (Εικόνες 24, 25).
2. Το δεύτερο στάδιο αφορούσε την ασφαλή αποθήκευση των φωτογραφικών δεδομένων.
3. Το τρίτο στάδιο περιλάμβανε την προετοιμασία της διαδικασίας της τριδιάστατης ανακατασκευής σε λογισμικό, κατά την οποία έγινε διαχωρισμός του υλικού με σκοπό να παραμείνει μόνο το ικανοποιητικό φωτογραφικό υλικό και να χρησιμοποιηθεί.
4. Στο τελευταίο στάδιο πραγματοποιήθηκε η επεξεργασία του «ωγιούς» υλικού από ειδικό λογισμικό με σκοπό την παραγωγή τριδιάστατων ψηφιακών μοντέλων, ώστε να αναρτηθούν σε ψηφιακή έκθεση και εν

συνεχία να εμπλουτίσουν την ήδη υπάρχουσα ψηφιακή συλλογή του εκκλησιαστικού μουσείου της Λίνδου.



Εικόνα 22. Φωτογράφιση εντός του χώρου του μουσείου



Εικόνα 23. Φωτογράφιση στον προαύλιο χώρο του μουσείου



Εικόνα 24. Χρήση ξύλινου τραπεζιού και λευκού χαρτονιού



Εικόνα 25. Χρήση λευκού χαρτονιού ως φόντο

4.1.1 Σχεδιασμός του έργου ψηφιοποίησης και επιλογή της μεθόδου

Το πρώτο στάδιο κατά τη διαδικασία της εφαρμογής μεθόδων τριδιάστατης αποτύπωσης είναι ο σχεδιασμός του έργου ψηφιοποίησης. Κάθε έργο ψηφιοποίησης πρέπει να διαθέτει σαφώς καθορισμένους στόχους, επαρκείς πόρους, κατάλληλα καταρτισμένο προσωπικό και ένα πλάνο για την υλοποίησή του. Επιπρόσθετα, πριν την έναρξη της διαδικασίας αυτής θα πρέπει να υπάρχουν οι κατάλληλοι χώροι, ώστε να είναι ασφαλές το κάθε αντικείμενο, να υπάρχει ο σωστός εξοπλισμός, αλλά και το κατάλληλο λογισμικό. Το επόμενο στάδιο είναι η συλλογή των δεδομένων. Στην παρούσα έρευνα επιλέχθηκε να εφαρμοστεί η μέθοδος «Δομή από Κίνηση» – (SfM) διότι αποτελεί εύκολα εφαρμόσιμη μέθοδο τριδιάστατης ανακατασκευής με ακριβή αποτελέσματα. Επίσης, η μέθοδος αυτή δεν απαιτεί μεγάλου κόστους υλικοτεχνικό εξοπλισμό προκειμένου να εφαρμοστεί ορθά. Έπειτα από τη συλλογή των δεδομένων (στη δεδομένη έρευνα τραβήχτηκαν 1000 φωτογραφικές λήψεις από διαφορετικές οπτικές γωνίες), επιτεύχθηκε η αποθήκευση των φωτογραφιών αυτών σε σκληρούς δίσκους. Η αποθήκευση έγινε συνειδητά σε διαφορετικά αποθηκευτικά μέσα, με σκοπό τη διαφύλαξή τους. Το επόμενο στάδιο, ήταν η προετοιμασία της διαδικασίας της τριδιάστατης ανακατασκευής στο ειδικό λογισμικό. Στη φάση αυτή, έγινε διαχωρισμός του φωτογραφικού υλικού και απομακρύνθηκαν φωτογραφίες θαμπές, σκοτεινές και με έντονες αντανακλάσεις. Έπειτα από την αφαίρεση των μη ικανοποιητικών φωτογραφιών, το υλικό προς επεξεργασία και μοντελοποίηση των

πέντε εκκλησιαστικών αντικειμένων ανέρχονταν σε 694 φωτογραφικές λήψεις. Τα δεδομένα εισήχθησαν σε ηλεκτρονικό υπολογιστή και επεξεργάστηκαν με το λογισμικό Photoscan της Agisoft και δημιουργήθηκαν πέντε τριδιάστατα ψηφιακά μοντέλα, τα οποία αναρτήθηκαν σε ψηφιακή έκθεση.

4.1.2 Εισαγωγή στη Μέθοδο «Δομή από Κίνηση»

Στη παρούσα μελέτη εφαρμόστηκε η μέθοδος «Δομή από Κίνηση» - (SfM) για την ανακατασκευή 5 αντικειμένων σπουδαίας εκκλησιαστικής αξίας. Η μέθοδος αυτή αποτελεί μια επέκταση και γενίκευση της μεθόδου «Σχήμα από Στερεοφωτογράφιση» με τη διαφορά ότι δύο φωτογραφικές μηχανές έχουν αντικατασταθεί από μία που διαθέτει κινούμενη λήψη εικόνας και καταγράφει το αντικείμενο από διαφορετικές οπτικές γωνίες. Η ορθή εφαρμογή της μεθόδου αυτής απαιτεί την απόλυτη ακινησία του αντικειμένου, ενώ ταυτοχρόνως θεωρείται δεδομένο ότι απουσιάζουν κινητά μέρη πάνω του (Κουτσούδης & Παυλίδης, 2016; Westoby et al., 2012).

Στη συγκεκριμένη μέθοδο 3D ανακατασκευής οι αλγόριθμοι που εφαρμόζονται βασίζονται και επεκτείνουν αυτούς της μεθόδου «Σχήμα από Στερεοφωτογράφιση» και εμφανίζονται ευαίσθητοι στον θόρυβο που παρουσιάζει η ακολουθία εικόνων. Βασικό συστατικό της μεθόδου είναι η αυτοματοποιημένη διαδικασία αναγνώρισης κοινών σημείων ανάμεσα σε δύο ή περισσότερες φωτογραφίες. Από τη μια, ένας από τους πιο δημοφιλείς αλγόριθμους χρησιμοποιεί χαρακτηριστικά που αναγνωρίζει πάνω στις φωτογραφίες (“feature-based stereo matching”). Ο αλγόριθμος αυτός ανακαλύπτει όλα τα ευδιάκριτα χαρακτηριστικά του αντικείμενου που εμφανίζονται και στις εικόνες και δύναται να είναι γωνίες, πλευρές, ευθείες και καμπύλες. Από την άλλη, υπάρχουν αλγόριθμοι που δρουν αποκλειστικά με βάση την ιδέα του διαχωρισμού της εικόνας σε τμήματα. Κατά τη διαδικασία αυτή ο αλγόριθμος είναι σε θέση να ελέγξει μικρές γειτονιές εικονοστοιχείων και να εντοπίσει τις αντιστοιχίες ανάμεσα στις φωτογραφίες. Η ποιότητα της ανακατασκευής του τριδιάστατου μοντέλου, καθώς και ο χρόνος επεξεργασίας που απαιτείται, επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από το μέγεθος των τμημάτων που διαχωρίζεται η εικόνα (Snavely, 2008; Κουτσούδης & Παυλίδης, 2016).

Παρόλα τα θετικά σημεία της μεθόδου, μιας και αποτελεί μια χαμηλού κόστους μέθοδο τριδιάστατης ψηφιοποίησης που προσφέρει υψηλά επίπεδα

ποιότητας και ακρίβειας στα παραγόμενα τριδιάστατα μοντέλα, εμφανίζει και αδύναμα σημεία. Το πρόβλημα των κοινών σημείων ανάμεσα στις εικόνες θεωρείται μια από τις δυσχέρειες κατά την εφαρμογή της μεθόδου «Δομή από Κίνηση» - (SfM). Όταν οι φωτογραφίες είναι τραβηγμένες από διαφορετικές οπτικές γωνίες ο υπολογισμός του προσανατολισμού είναι μια απλή διαδικασία, δεδομένου ότι υπάρχει αρκετή πληροφορία αντιστοίχισης. Το πρόβλημα της αντιστοίχισης μπορεί κάποιες φορές να λύνεται και χειροκίνητα ή ημι-αυτοματοποιημένα (*Tajima & Iwakawa, 1990; Chiuso et al., 2000*).

Γενικά, η μέθοδος τείνει να ανακτήσει το τριδιάστατο μοντέλο του αντικειμένου (ή γενικότερα της σκηνής που αποτυπώνεται στις φωτογραφίες), καθώς επίσης και τη θέση της μηχανής λήψης, με αποτέλεσμα να παρουσιάζονται αρκετές ασάφειες. Ειδικότερα, από ασαφείς παραμέτρους επηρεάζονται και οι μαθηματικοί υπολογισμοί που πραγματοποιούνται. Πιο συγκεκριμένα η Ευκλείδεια ασάφεια που συνδέεται με το πραγματικό σύστημα συντεταγμένων, αλλά και τη θέση του αντικειμένου μέσα σε αυτό, είναι μια από αυτές. Το πρόβλημα της ασάφειας προέρχεται καθαρά από τον προοπτικό φακό της μηχανής λήψης. Επίσης, η χρήση ορθογραφικών φακών κατά την εφαρμογή της μεθόδου εμφανίζει και εκείνη ασάφεια. Η λύση δύνатаι και στις δύο περιπτώσεις μαθηματικά με την πρόσθετη γνώση της απόστασης ανάμεσα στις δύο θέσεις λήψης των εικόνων (*Robertson & Cipolla, 2008; Κουτσούδης & Παυλίδης, 2016*).

Συνοψίζοντας, η μέθοδος «Δομή από Κίνηση» - (SfM) αποτελεί στις μέρες μας το πλέον διαδεδομένο μέσο αποτύπωσης κινητών αλλά και ακίνητων μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς. Αποτελεί μια χαμηλού κόστους λύση με υψηλά επίπεδα ποιότητας και ακρίβειας στα παραγόμενα προϊόντα, εφόσον εφαρμοστεί ορθά.

4.1.2.1 Εφαρμογή SfM για την ψηφιοποίηση κινητών αντικειμένων εκκλησιαστικής κληρονομιάς

Στις παραγράφους που ακολουθούν παρουσιάζεται η εφαρμογή της μεθόδου Δομή από Κίνηση για την ψηφιοποίηση 5 πολιτιστικών αντικειμένων σπουδαίας εκκλησιαστικής κληρονομιάς. Παρουσιάζεται αναλυτικά ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε, η διαδικασία της φωτογράφισης των κινητών αντικειμένων, οι μετρήσεις και οι αποστάσεις των φωτογραφιών κατά τη διαδικασία. Επίσης, παρουσιάζονται τα φωτοσταθερά, οι στόχοι και οι κλίμακες που χρησιμοποιούνται

κατά την εφαρμογή της μεθόδου και γίνεται διαχωρισμός φιλικών και μη φιλικών υλικών προς τη μέθοδο.

Η μέθοδος «Δομή από Κίνηση» - (SfM) υιοθετήθηκε για ποικίλους λόγους. Πρώτον, η μέθοδος θεωρείται εύκολη στην εφαρμογή, αποδίδει ακριβή και αξιόπιστα αποτελέσματα και ταυτόχρονα απαιτεί ελάχιστο υλικοτεχνικό εξοπλισμό, γεγονός που μειώνει αισθητά το κόστος εφαρμογής. Επίσης, η μέθοδος αυτή εναρμονίζεται με την εξέταση των 5 αντικειμένων εκκλησιαστικής κληρονομιάς, εξαιτίας των υλικών κατασκευής τους. Όλα τα αντικείμενα εμφανίζονται φιλικά προς τη μέθοδο, εξαιρουμένων ελαχίστων περιπτώσεων όπου εμφανίζονταν γυαλάδες, πράγμα που αντιμετωπίστηκε από την ορθή ρύθμιση των παραμέτρων της μηχανής και από την φωτογράφιση των αντικειμένων αυτών από πολλές διαφορετικές οπτικές γωνίες.

Στην παρούσα μελέτη κατά τη διαδικασία της συλλογής των δεδομένων με τη μέθοδο «Δομή από Κίνηση» - (SfM) πραγματοποιήθηκε αρχικά εφαρμογή σε ένα αντικείμενο, προκειμένου να οριστούν με τον καλύτερο τρόπο οι διάφορες παράμετροι αλλά και να εφαρμοστούν όλοι οι κανόνες που συνδέονται με τη σωστή διεξαγωγή της διαδικασίας αυτής. Το αντικείμενο που χρησιμοποιήθηκε ως «πρότυπο» για τη ρύθμιση των παραμέτρων ήταν το σκαμνί επειδή αποτελεί αντικείμενο με σαφείς διαστάσεις, δηλαδή σαφές ύψος, μήκος και πλάτος και ταυτόχρονα στερείται αντανάκλασεων (αντικείμενο ξύλινο).

Αναλυτικότερα, ο υλικοτεχνικός εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για την ορθή διεξαγωγή της μεθόδου, περιορίστηκε σε χρήση δύο ψηφιακών φωτογραφικών μηχανών, κλίμακες, φωτοσταθερά, καθώς επίσης και λογισμικό που χρειάστηκε μετέπειτα κατά τη διαδικασία της επεξεργασίας των δεδομένων, με σκοπό τη τριδιάστατη ψηφιοποίηση των υπό μελέτη αντικειμένων.

Όσο αφορά τις ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές επιλέχθηκαν με κριτήριο την υψηλή ανάλυσή τους (>8 MPix). Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν φωτογραφικές μηχανές DSLR που προσέφεραν επιλογές συμπίεσης των εικόνων σε επίπεδα όπου ο θόρυβος (compression artefacts) της συμπίεσης παραμένει χαμηλός και δεν επηρεάζει την τριδιάστατη ανακατασκευή. Ουσιαστικά, οι μηχανές τέτοιου τύπου δίνουν περισσότερο ποιοτικά δεδομένα σε σύγκριση με άλλες ψηφιακές μηχανές και παράλληλα προσφέρουν περισσότερα οφέλη που σχετίζονται με την

λήψη και τον τρόπο αποθήκευσης της φωτογραφίας με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται από τον χρήστη διαχείριση μεγάλου εύρους φωτογραφιών.

Η συλλογή μεγάλου όγκου δεδομένων (data redundancy) είναι απαραίτητη, (α) καθώς επιτρέπει μια ολοκληρωμένη τριδιάστατη ανακατασκευή του πολιτισμικού αντικειμένου, (β) ελαχιστοποιεί την ανάγκη για επανάληψη της διαδικασίας και (γ) μπορεί ενδεχόμενα να βελτιώσει την ανάλυση και ακρίβεια του τελικού αποτελέσματος (Κουτσούδης & Παυλίδης, 2016). Στην περίπτωση της παρούσας εργασίας, η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσα σε 3 εργάσιμες μέρες, εξαιτίας της δύσκολης πρόσβασης στον χώρο. Χρησιμοποιήθηκαν κλίμακες και φωτοσταθερά, προκειμένου να καθοριστούν οι συντεταγμένες αναφοράς για την κλιμάκωση του τριδιάστατου μοντέλου σε πραγματικές διαστάσεις. Οι φωτογραφίες που ελήφθησαν εστίαζαν περαιτέρω στα σημαντικά σημεία, αλλά και στις λεπτομέρειες των πέντε υπό εξέταση αντικειμένων και τα αποτύπων από πολλές οπτικές γωνίες. Ταυτόχρονα, αποφεύχθηκε η λήψη φωτογραφιών απέναντι από πηγή φωτός που θα δημιουργούσε έντονες σκιές αλλά και περιοχές με υψηλή αντίθεση. Παράλληλα, φωτογραφίες με χαμηλή φωτεινότητα αποφεύχθηκαν. Είναι ευρέως γνωστό πως τα χαμηλά επίπεδα θολώματος (blurring) βοηθούν στην αύξηση της ανάλυσης της εικόνας, ωστόσο, τα υψηλά επίπεδα θολώματος δεν επιτρέπουν την ορθή λειτουργία των αλγορίθμων αναγνώρισης ομόλογων σημείων μεταξύ των φωτογραφιών. Επιπλέον, στην παρούσα μελέτη κατά τη συλλογή των δεδομένων, δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στο βαθμό επικάλυψης. Ειδικότερα, οι φωτογραφίες των υπό μελέτη αντικειμένων παρουσιάζουν μεγάλο βαθμό επικάλυψης περίπου 60% ανάμεσα σε δύο γειτονικές φωτογραφίες. Η κάθε φωτογραφία εμφανίζει το εκάστοτε υπό μελέτη αντικείμενο στο κέντρο και με την προϋπόθεση ότι καλύπτει τα 3/5 της φωτογραφίας (image plane).

Έπειτα, κατά την εφαρμογή της διαδικασίας της συλλογής δεδομένων (φωτογράφιση) οι θολές και με κακή εστίαση φωτογραφίες αφαιρέθηκαν. Το κόψιμο των φωτογραφιών (cropping) αποφεύχθηκε. Το λογισμικό Agisoft Photoscan που χρησιμοποιήθηκε κατά τη διαδικασία της ανακατασκευής, υποθέτει τη χρήση φακού με εστιακή απόσταση (focal length) 35 χιλιοστά και προσπαθεί να λύσει το πρόβλημα με αυτά τα δεδομένα στην περίπτωση όπου δεν υπάρχει αποθηκευμένη πληροφορία στην επικεφαλίδα EXIF του κάθε αρχείου φωτογραφίας.

Η φωτογράφιση κινητού αντικειμένου απαιτεί το αντικείμενο να φωτογραφηθεί από διαφορετικές οπτικές γωνίες. Πιο συγκεκριμένα για κυλινδρικά αντικείμενα προτείνεται να υπάρχει απόσταση 10° - 15° μεταξύ δύο γειτονικών φωτογραφιών, προκειμένου να εξασφαλιστεί η απαιτούμενη αλληλοεπικάλυψη του περιεχομένου της κάθε φωτογραφίας. Ωστόσο, η απόσταση αυτή δύναται να μετριασθεί ανάλογα με τις ανάγκες που προκύπτουν και συνδέονται στενά με τη πολυπλοκότητα της επιφάνειας του υπό εξέταση αντικείμενου και συγκεκριμένα με τις κοιλότητες που αυτό φέρει.

Στην περίπτωση της παρούσας εργασίας τα αντικείμενα με τη μικρότερη πολυπλοκότητα επιφάνειας (Σκαμνί ξυλόγλυπτο, Πυξίδα) φωτογραφήθηκαν με βήμα περίπου 10° - 15° και εκείνα με την μεγαλύτερη πολυπλοκότητα επιφάνειας (Μανουάλι ξυλόγλυπτο, Βάση & Λαβή Αγίου Ποτηρίου και Μυροδοχείο - Περιρραντήριο) φωτογραφήθηκαν με βήμα μικρότερο των 10° .

Κατά την εφαρμογή της μεθόδου «Δομή από Κίνηση» - (SfM) η απόσταση της φωτογράφισης και η διαστασιολόγηση των αντικειμένων διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο. Πιο συγκεκριμένα, για αντικείμενα που κυμαίνονται από μερικά εκατοστά έως και 30 εκατοστά ύψος, η αποδεκτή απόσταση μπορεί να κυμανθεί μεταξύ 10 και 50 εκατοστών συνδυασμένη με μια εστιακή απόσταση ανάμεσα στα 3 με 12 χιλιοστά και ταυτόχρονα με φωτογράφιση με συγκλίνουσες λήψεις. Φυσικά τα μεγέθη αυτά μπορεί να μεταβληθούν ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε περίπτωσης.

Σημαντικό θεωρείται στο σημείο αυτό είναι να γίνει αναφορά στην απόσταση δειγματοληψίας εδάφους (η οποία καλείται με την αγγλική της ονομασίας “Ground Sampling Distance” – “GSD”). Προέρχεται από τον τομέα της τηλεπισκόπησης και για αυτό αναφέρει την έννοια «έδαφος». Ορίζεται ως η μικρότερη απόσταση δύο σημείων πάνω στο έδαφος που μπορούν να αναγνωριστούν στα εικονοστοιχεία μιας φωτογραφίας του εδάφους. Όσο ψηλότερη είναι η τιμή της “GSD” τόσο μικρότερη είναι η χωρική ανάλυση (spatial resolution) της φωτογραφίας και επομένως στις φωτογραφίες θα εμφανίζονται λιγότερες λεπτομέρειες. Προφανώς, η εκτίμηση αυτή μεταβάλλεται καθώς μεταβάλλεται το υψόμετρο για τον ίδιο εξοπλισμό αποτύπωσης. Ως αποτέλεσμα αυτού κατά τη διαδικασία της συλλογής των δεδομένων (ακολουθίες φωτογραφιών) θα πρέπει να επιτυγχάνεται περιορισμός του εύρους, καθώς αυτό σχετίζεται με τη τριδιάστατη ανάλυση του μοντέλου που θα ανακατασκευαστεί. Η

ιδέα της GSD έχει επεκταθεί και σε εφαρμογές ψηφιοποίησης αντικειμένων και χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της ανάλυσης του τριδιάστατου μοντέλου.

Στην παρούσα έρευνα η τιμή της GSD είναι μισή από το μέγεθος της μικρότερης λεπτομέρειας που αναγνωρίστηκε σε κάθε αντικείμενο. Επιπλέον, κατά τη διαδικασία επεξεργασίας του τριδιάστατου μοντέλου με τη χρήση του λογισμικού πραγματοποιήθηκε μια «κανονικοποίηση» της απόστασης ανάμεσα στις κορυφές του πλέγματος και συνεπώς μπορεί να καθοριστεί μια μέση απόσταση και τελική ανάλυση του μοντέλου.

Φυσικά, η συλλογή των δεδομένων επηρεάζεται από τον λόγο B/D δηλαδή τη σχέση της απόστασης ανάμεσα στα κέντρα λήψης δύο φωτογραφιών (image baseline) και της απόστασής τους από το αντικείμενο (Distance). Οι τιμές της μετρικής B/D κατά την παρούσα έρευνα ήταν μικρότερες από 0,3 γεγονός που φανέρωνε ότι η ακρίβεια υπολογισμού του βάθους δε μειώνεται αισθητά.

Η μέθοδος «Δομή από κίνηση» - (SfM) παράγει τριδιάστατα μοντέλα που δύνανται να διαθέτουν σωστές αναλογίες αλλά ορίζονται σε ένα αφηρημένο σύστημα συντεταγμένων. Ωστόσο, με τη χρήση φωτοσταθερών στόχων, αλλά και κάποιων κλιμάκων μπορεί να κλιμακωθεί το τριδιάστατο μοντέλο, με συνέπεια οι αποστάσεις ανάμεσα στις κορυφές του να ταυτίζονται με εκείνες του πραγματικού κόσμου (Κουτσούδης & Παυλίδης, 2016).

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Agisoft Photoscan που προτείνει τα δικά του φωτοσταθερά, τα οποία αναγνωρίζονται αυτόματα από το λογισμικό μέσα στις φωτογραφίες, με αποτέλεσμα να παράγονται αυτόματα σωστά τα κλιμακωμένα μοντέλα, έπειτα από την εισαγωγή των αποστάσεων ανάμεσα στα κέντρα των φωτοσταθερών από τον χρήστη. Στόχοι και κλίμακες δε χρησιμοποιήθηκαν, διότι η κλιμάκωση του αντικειμένου επιτεύχθηκε με βάση τις πραγματικές του διαστάσεις.

Κατά την εφαρμογή της μεθόδου «Δομή από Κίνηση» - (SfM) στη διαδικασία της ψηφιοποίησης των 5 υπό εξέταση αντικειμένων, παρουσιάστηκαν διάφορες δυσχέρειες, μια εκ των οποίων αφορούσε τα υλικά κατασκευής τους. Πιο συγκεκριμένα υπάρχουν φιλικά αλλά και μη φιλικά υλικά κατά την εφαρμογή της μεθόδου «Δομή από Κίνηση». Στη συγκεκριμένη έρευνα εξετάστηκαν 3 ξύλινα

αντικείμενα εκκλησιαστικής κληρονομιάς, στα οποία δεν παρουσιάστηκε πρόβλημα κατά την εφαρμογή της μεθόδου, εφόσον το ξύλο αποτελεί φιλικό υλικό προς αυτήν. Επιπλέον, εξετάστηκαν μια λαβή με βάση Αγίου Ποτηρίου που είναι κατασκευασμένη από χαλκό επιχρυσωμένο και ένα ασημένιο Μυροδοχείο - Περιρραντήριο. Η παρουσία του χρυσού δε δημιούργησε ιδιαίτερο πρόβλημα κατά τη διάρκεια της μεθόδου εξαιτίας της ματ υφής του. Ωστόσο, το ασημί παρουσίασε κάποιες δυσκολίες εξαιτίας του ότι το υλικό κατασκευής στο ανώτερο στέλεχος του αντικειμένου έχει σκουρύνει με την πάροδο του χρόνου και ο φωτισμός του μουσείου ήταν ακατάλληλος για τη σωστή φωτογράφησή του.

4.2 Διενέργεια της ψηφιοποίησης

Στις παραγράφους που ακολουθούν παρουσιάζεται αναλυτικά η διαδικασία της ψηφιοποίησης των επιλεγμένων 5 πολιτιστικών αντικειμένων του εκκλησιαστικού μουσείου της Λίνδου. Τα αντικείμενα αυτά είναι ένα ξυλόγλυπτο σκαμνί, μια ξύλινη πυξίδα, ένα μανουάλι ξυλόγλυπτο με χρωματικό διάκοσμο, μια βάση με λαβή Αγίου Ποτηρίου και ένα μυροδοχείο – περιρραντήριο. Στο στάδιο αυτό παρουσιάζεται η διαδικασία της τριδιάστατης ανακατασκευής με τη χρήση του λογισμικού AgiSoft Photoscan και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κάθε μοντέλου που προέκυψε από τη διενέργεια της ψηφιοποίησης. Αναφέρονται επίσης ποσοτικά μεγέθη όπως το μέγεθος του αρχείου, τα πολύγωνα και οι κορυφές. Για την τριδιάστατη ανακατασκευή των τεχνουργημάτων με το AgiSoft PhotoScan ακολουθήθηκε η ίδια, τυπική, διαδικασία για όλα τα αντικείμενα:

- Αρχικά, το πρώτο βήμα είναι η προσθήκη των φωτογραφιών του εκάστοτε αντικειμένου στο λογισμικό
- Στη συνέχεια, γίνεται η ευθυγράμμιση των εικόνων (alignment), που αποτελεί υλοποίηση του βασικού αλγορίθμου SfM για την αναγνώριση και ταύτιση χαρακτηριστικών σημείων μεταξύ των φωτογραφιών και την εκτίμηση της θέσης και προσανατολισμού της φωτογραφικής μηχανής
- Μετά την ολοκλήρωση της ευθυγράμμισης ακολουθεί η δημιουργία πυκνού νέφους (dense cloud)
- Στη συνέχεια πραγματοποιείται η δημιουργία πλέγματος (mesh)
- Επόμενο βήμα είναι η δημιουργία υφής (texture).

Σε περίπτωση που το τριδιάστατο μοντέλο είχε επηρεαστεί από τον περιβάλλοντα χώρο ή φωτισμό και παρουσίαζε έντονο θόρυβο με τη μορφή σημείων σε λανθασμένες θέσεις στο σύστημα συντεταγμένων, έγινε χρήση масκών σε κάθε φωτογραφία ξεχωριστά, ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε μοντέλου, είτε αυτόματα είτε χειροκίνητα, από τα διαθέσιμα εργαλεία του λογισμικού. Η δημιουργία масκών, βέβαια, επέβαλε την επανάληψη όλων των βημάτων της ανακατασκευής από την ευθυγράμμιση των φωτογραφιών έως τη δημιουργία υφής με περιορισμό τη χρήση των масκών.

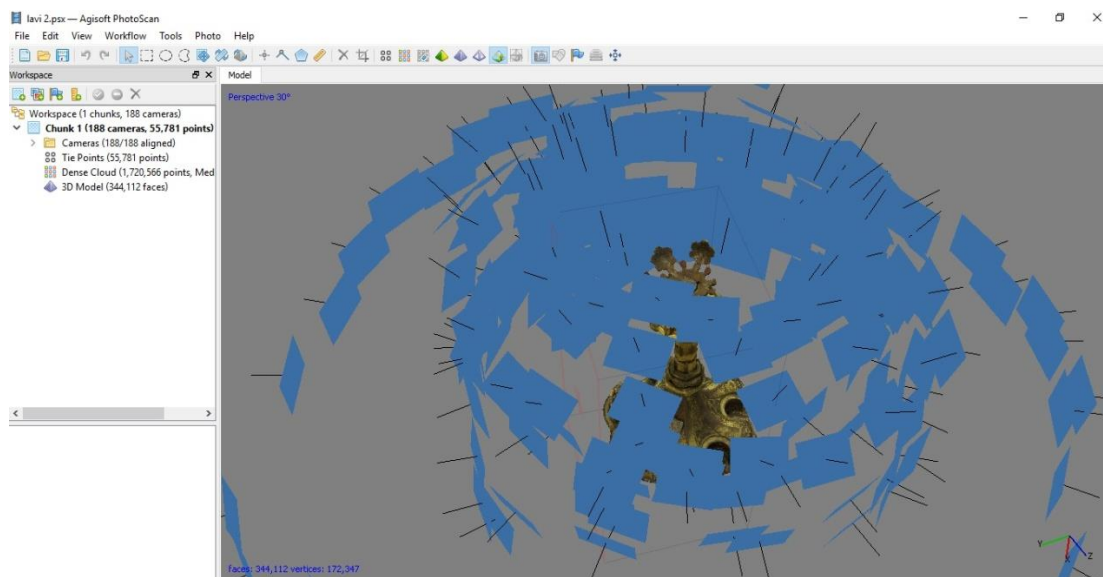
Μετά το πέρας των παραπάνω σταδίων γίνεται εξαγωγή του τριδιάστατου μοντέλου και πραγματοποιείται αποθήκευση του έργου ψηφιοποίησης και αποθήκευση του τελικού αρχείου σε ένα μορφότυπο που είναι συμβατός με τη χρήση του μοντέλου στη συνέχεια. Στην παρούσα μελέτη επιλέχθηκε ο μορφότυπος Wavefront OBJ, ο οποίος ουσιαστικά προϋποθέτει την αποθήκευση 3 διαφορετικών αρχείων, 1 αρχείο OBJ με τη γεωμετρία του μοντέλου, 1 αρχείο σε μορφή JPG με την υφή του μοντέλου και 1 βοηθητικό αρχείο σε μορφή MTL το οποίο κάνει αναφορά στο αρχείο JPG και στα χαρακτηριστικά των υλικών (material) 3D μοντέλου.

4.2.1 Βάση με λαβή Αγίου Ποτηρίου (ΑΓΚ 021)

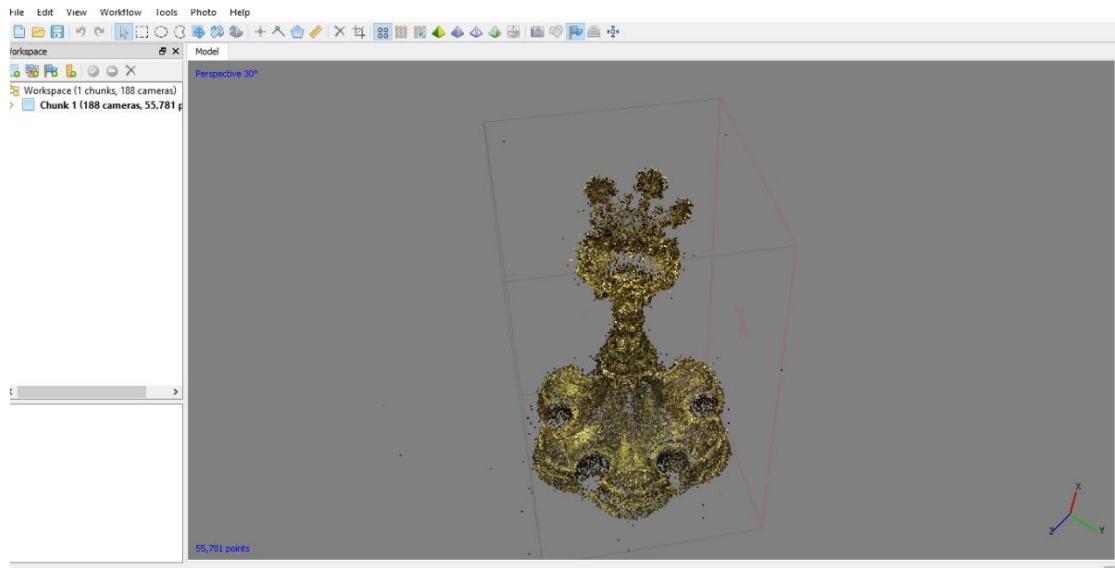
Η Βάση με Λαβή Αγίου Ποτηρίου έχει διαστάσεις 19 εκ. ύψος και 15 εκ. διάμετρο βάσης (Εικόνα 26). Για την ανακατασκευή του εκθέματος συλλέχθηκαν 188 φωτογραφίες από διαφορετικές οπτικές εικόνες γύρω από φανταστικές τροχιές και πάνω από το αντικείμενο, με διαφορετικό κάθε φορά προσανατολισμό (Εικόνα 27). Κατά την 3D αποτύπωσή του τα τριδιάστατα δεδομένα του μοντέλου αναπαρίστανται με διαφορετικούς τρόπους όπως είναι το νέφος σημείων, το τριγωνικό πλέγμα και το πολυγωνικό πλέγμα με πληροφορία υφής που αποτελεί και το τελικό 3D προϊόν (Εικόνες 28,29,30,31). Μετά την ολοκλήρωση της επεξεργασίας των φωτογραφιών το τριδιάστατο μοντέλο του τεχνουργήματος που κατασκευάστηκε παρουσιάζει τα παρακάτω ιδιαίτερα χαρακτηριστικά: 344.112 έδρες (faces) και 172.347 κορυφές (vertices) και έχει μέγεθος 34. 847 KB (Εικόνα 31). Η διαδικασία της 3D ανακατασκευής από ψηφιογραφικές εικόνες με τη χρήση του λογισμικού Photoscan διήρκεσε περίπου 5 ώρες και έγινε χρήση της μεσαίας ανάλυσης για όλες τις διαδικασίες.



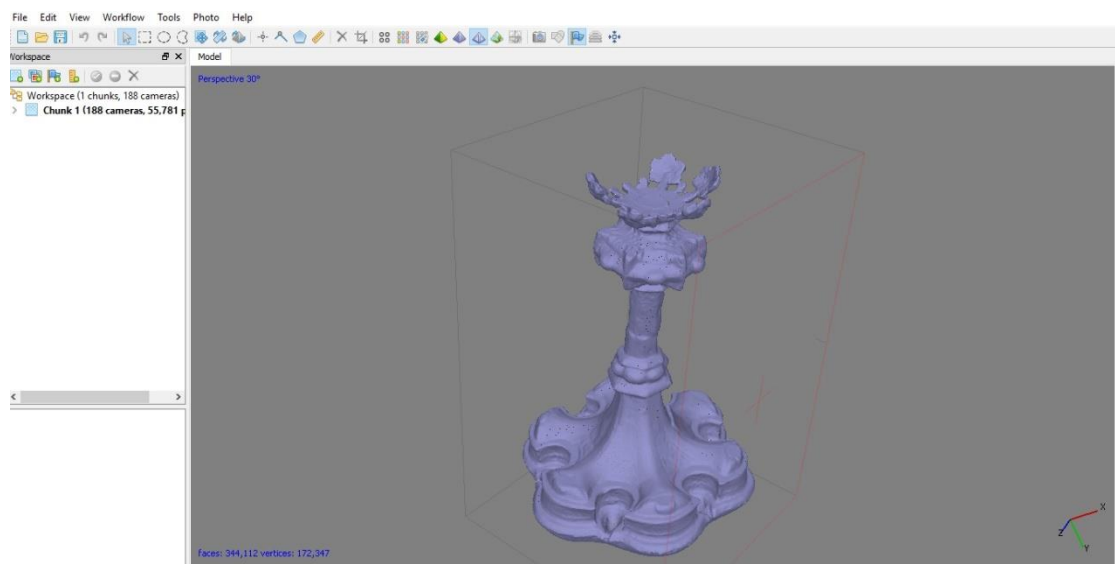
Εικόνα 26. Βάση με λαβή Αγίου Ποτηρίου



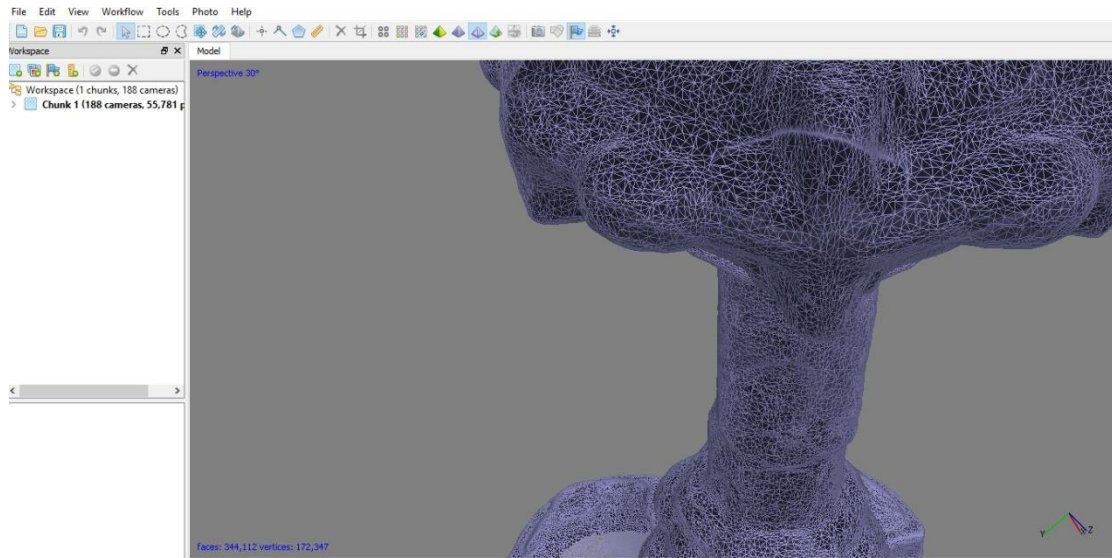
Εικόνα 27. Εικονικές τροχιές λήψης φωτογραφιών για τη βάση με λαβή Αγίου Ποτηρίου



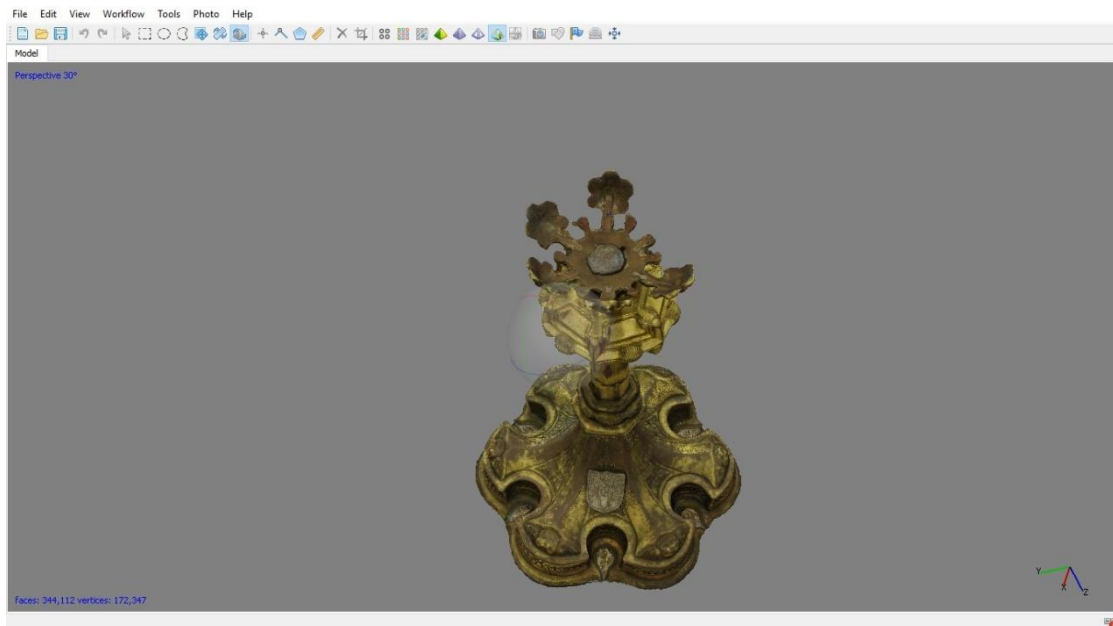
Εικόνα 28. Αναπαράσταση νέφους σημείων των 3Δ δεδομένων της βάσης με λαβή Αγίου Ποτηρίου



Εικόνα 29. Αναπαράσταση τριγωνικού πλέγματος των 3Δ δεδομένων της βάσης με λαβής Αγίου Ποτηρίου



Εικόνα 30. Λεπτομέρεια τριγωνικού πλέγματος της βάσης με λαβής Αγίου Ποτηρίου



Εικόνα 31. 3D μοντέλο βάσης με λαβή Αγίου Ποτηρίου

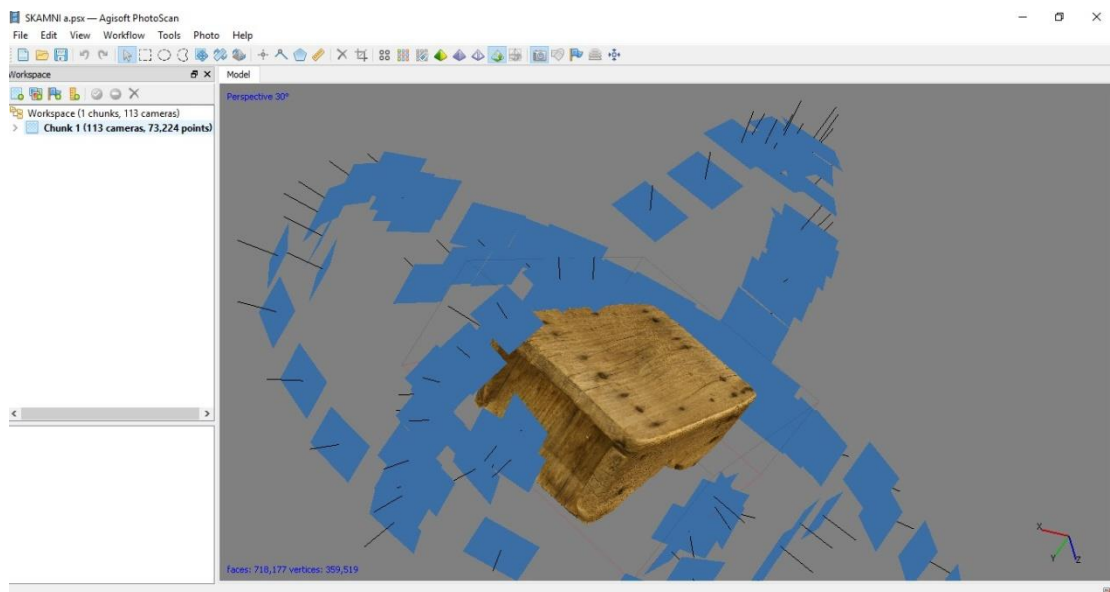
4.2.2 Σκαμνί ξυλόγλυπτο (ΑΓΚ 171)

Το ξυλόγλυπτο σκαμνί έχει διαστάσεις 54 x 29 x 18,7 εκατοστά (Εικόνα 32). Για την τριδιάστατη ψηφιοποίησή του συλλέχθηκαν 113 εικόνες από διαφορετικές οπτικές γωνίες γύρω από φανταστικούς άξονες και από την πάνω πλευρά του αντικειμένου με διαφορετικό κάθε φορά προσανατολισμό (Εικόνα 33). Κατά την 3D αποτύπωσή του τα τριδιάστατα δεδομένα του μοντέλου αναπαρίστανται με διαφορετικούς τρόπους όπως είναι το νέφος σημείων, το τριγωνικό πλέγμα και το

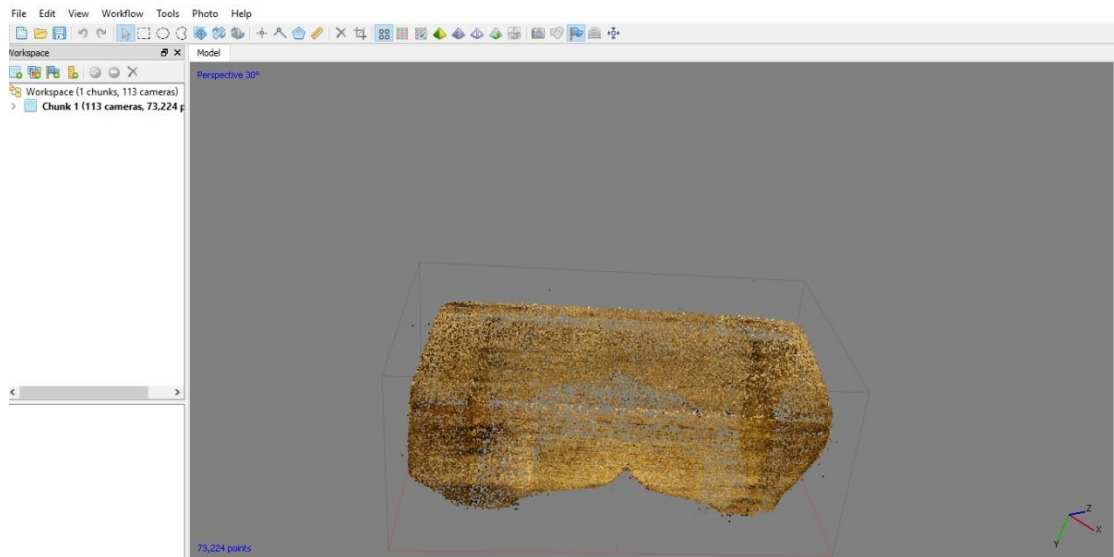
πολυγωνικό πλέγμα με πληροφορία υφής που αποτελεί και το τελικό 3D προϊόν (Εικόνες 34,35,36,37). Το τριδιάστατο μοντέλο που δημιουργήθηκε ύστερα από την επεξεργασία των εικόνων παρουσιάζει τα εξής χαρακτηριστικά: 718.177 έδρες (faces) και 359.519 κορυφές (vertices) και έχει μέγεθος 75.215 KB (Εικόνα 37). Η διαδικασία της 3D ανακατασκευής από ψηφιογραφικές εικόνες με τη χρήση του λογισμικού Photoscan διήρκησε περίπου 4 ώρες και έγινε χρήση της μεσαίας ανάλυσης για όλες τις διαδικασίες.



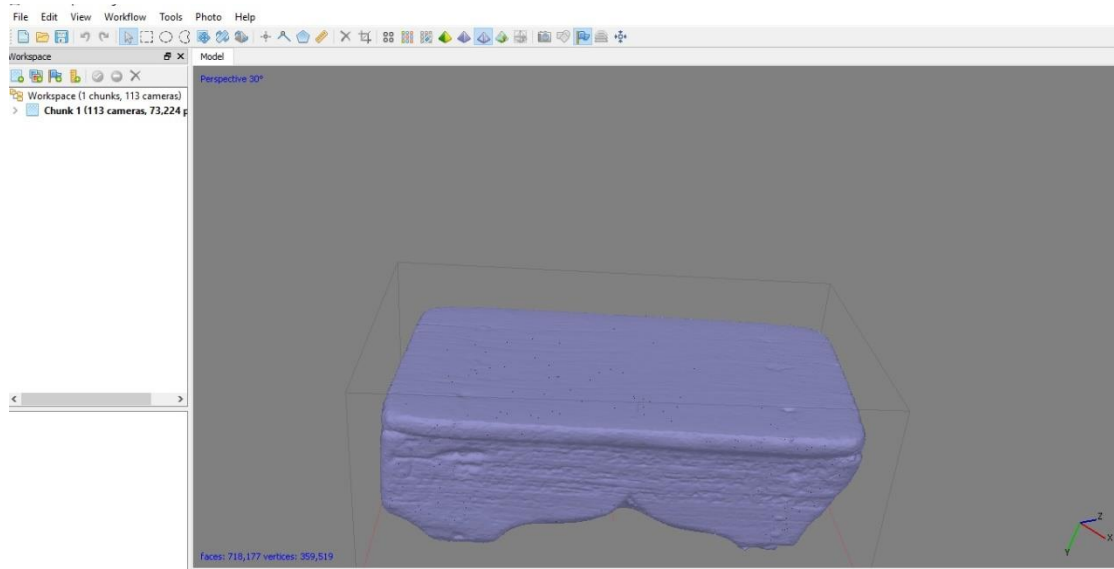
Εικόνα 32. Σκαμνί ξυλόγλυπτο



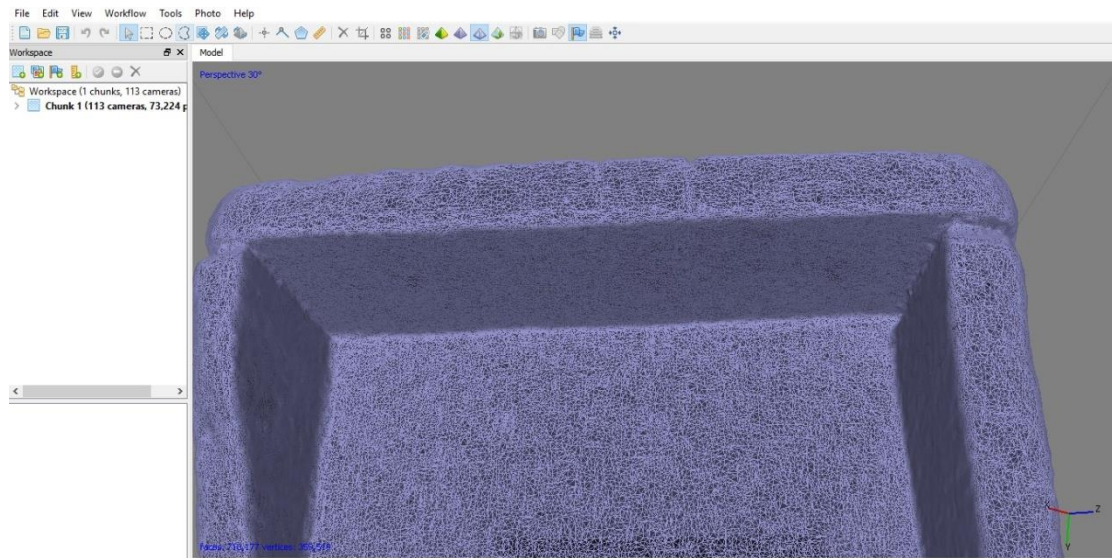
Εικόνα 33. Εικονικές τροχιές λήψης φωτογραφιών για το ξυλόγλυπτο σκαμνί



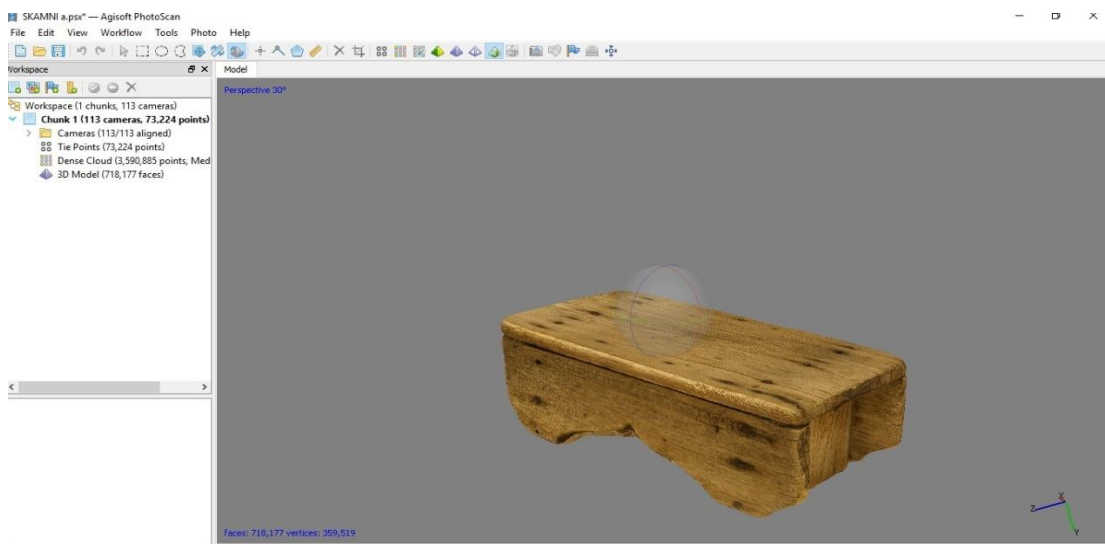
Εικόνα 34. Αναπαράσταση νέφους σημείων των 3Δ δεδομένων του ξυλόγλυπτου σκαμνιού



Εικόνα 35. Αναπαράσταση του τριγωνικού πλέγματος των 3Δ δεδομένων του ξυλόγλυπτου σκαμνιού



Εικόνα 36. Λεπτομέρεια του τριγωνικού πλέγματος του ξυλόγλυπτου σκαμινιού



Εικόνα 37. 3D μοντέλο για το ξυλόγλυπτο σκαμινί

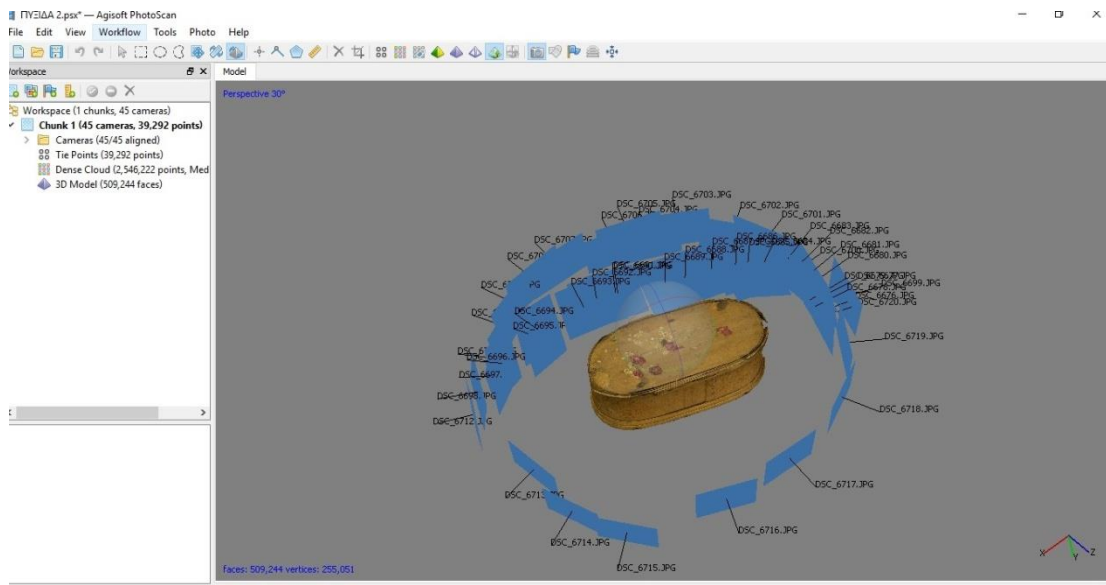
4.2.3 Πυξίδα από ξύλο (ΑΓΚ 098)

Η πυξίδα έχει διαστάσεις 53,4 x 25,5 x 20 εκατοστά (Εικόνα 38). Για την τριδιάστατη αποτύπωση του συλλέχθηκαν 149 εικόνες από διαφορετικές οπτικές γωνίες γύρω από έναν φανταστικό άξονα και από την πάνω πλευρά του αντικειμένου με διαφορετικό κάθε φορά προσανατολισμό (Εικόνες 39,40). Κατά την 3D αποτύπωση του τα τριδιάστατα δεδομένα του μοντέλου αναπαρίστανται με διαφορετικούς τρόπους όπως είναι το νέφος σημείων, το τριγωνικό πλέγμα και το πολυγωνικό πλέγμα με πληροφορία υψής που αποτελεί και το τελικό 3D προϊόν (Εικόνες 41,42,43,44,45). Το τριδιάστατο μοντέλο που δημιουργήθηκε ύστερα από

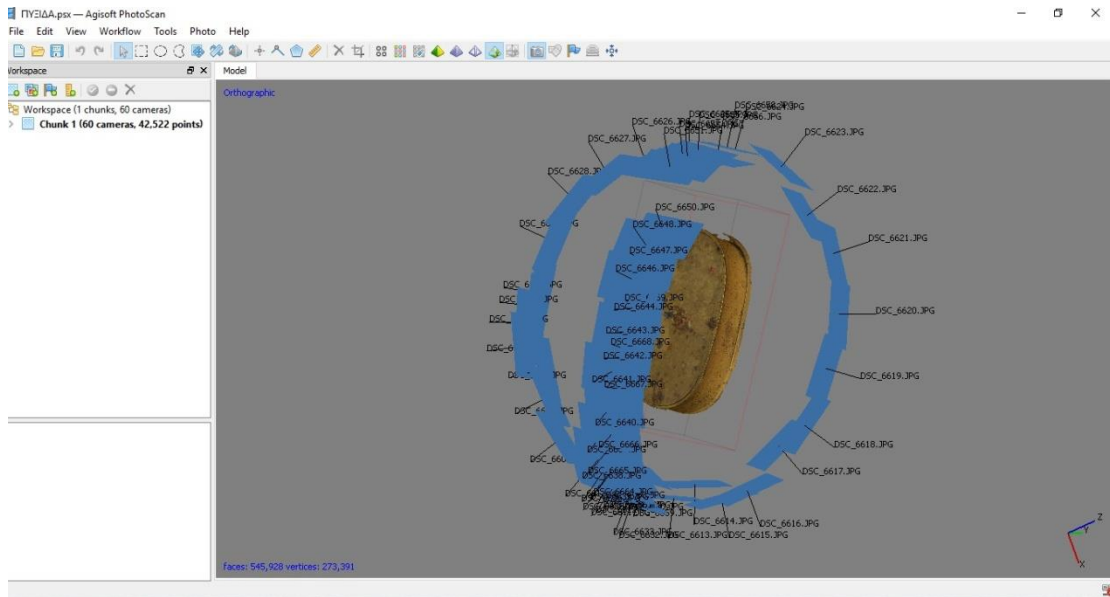
την επεξεργασία των εικόνων παρουσιάζει τα εξής χαρακτηριστικά: 2.913.598 έδρες (faces) και 1.456.839 κορυφές (vertices) και έχει μέγεθος 348.527 KB (Εικόνες 44,45). Η διαδικασία της 3Δ ανακατασκευής από ψηφιογραφικές εικόνες με την χρήση του λογισμικού Photoscan διήρκησε περίπου 5 ώρες και έγινε χρήση της υψηλής ανάλυσης για όλες τις διαδικασίες.



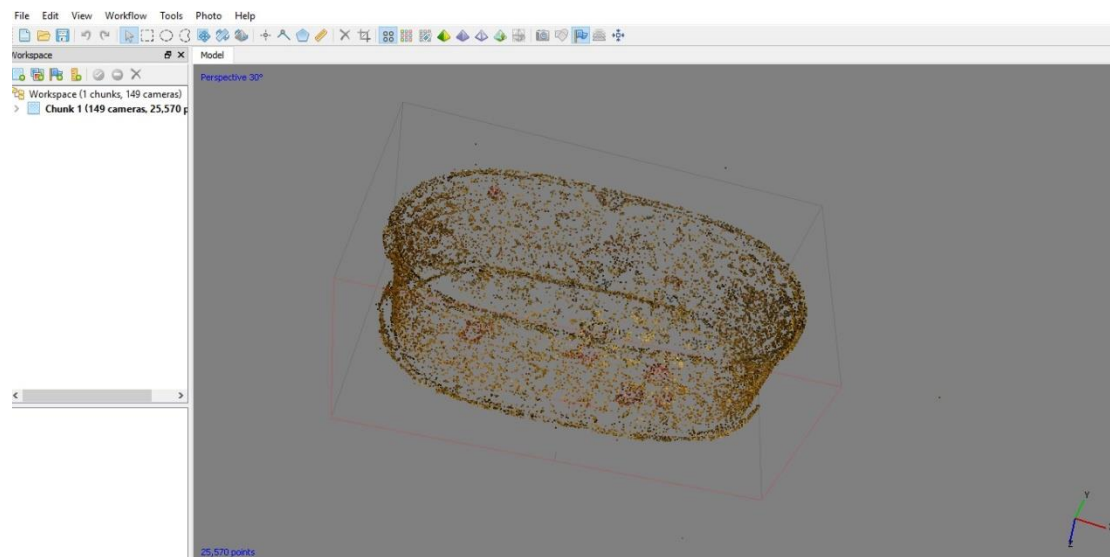
Εικόνα 38. Πυξίδα από ξύλο



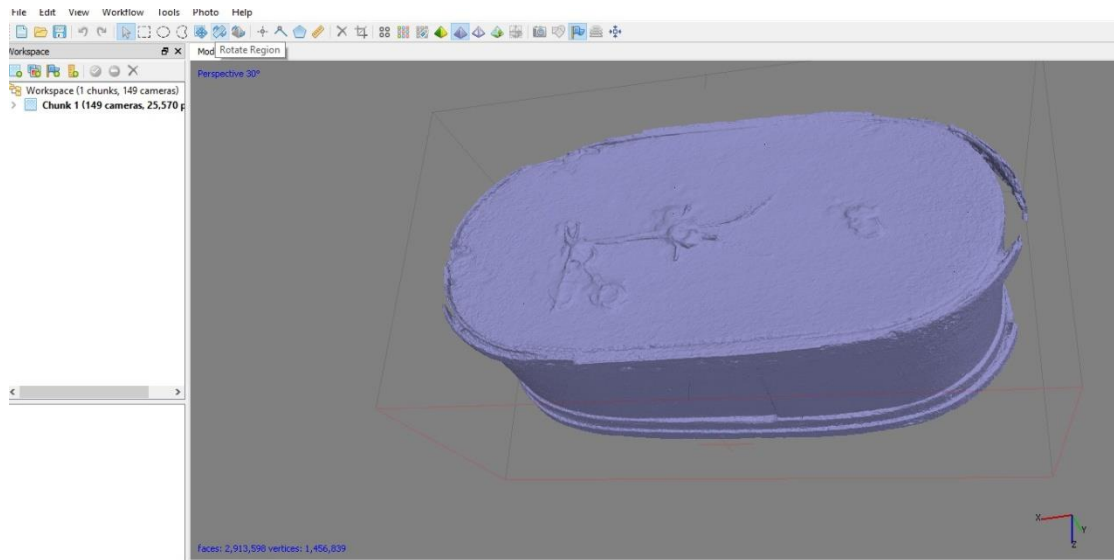
Εικόνα 39. Εικονικές τροχιές λήψης φωτογραφιών για την πυξίδα από ξύλο (σύνολο 1/2)



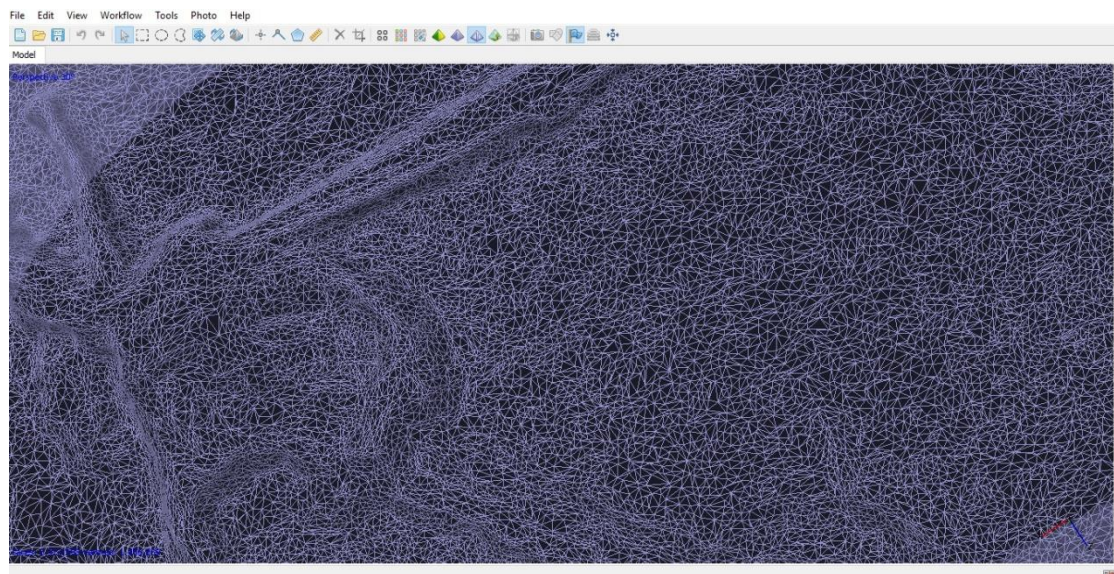
Εικόνα 40. Εικονικές τροχιές λήψης φωτογραφιών για την πυξίδα από ξύλο (σύνολο 2/2)



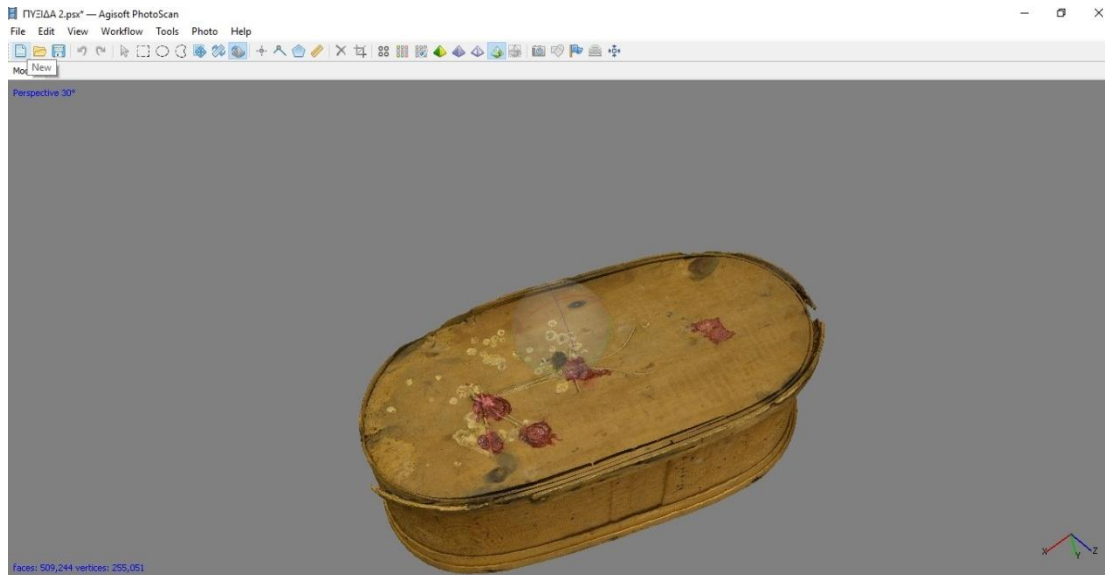
Εικόνα 41. Αναπαράσταση νέφους σημείων των 3Δ δεδομένων της πυξίδας



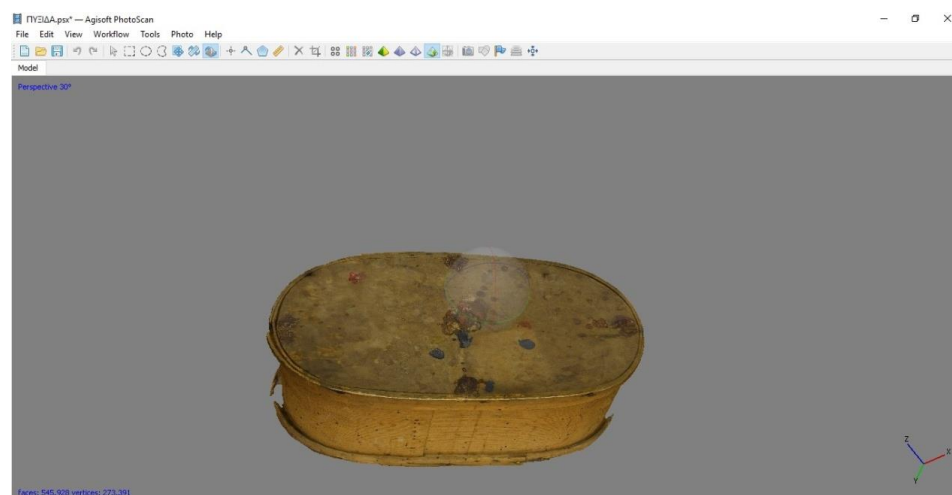
Εικόνα 42. Αναπαράσταση τριγωνικού πλέγματος των 3Δ δεδομένων της πυξίδας



Εικόνα 43. Λεπτομέρεια του τριγωνικού πλέγματος της πυξίδας



Εικόνα 44. 3D μοντέλο για την πυξίδα από ξύλο από την πλευρά με τις κόκκινες σφραγίδες



Εικόνα 45. 3D μοντέλο για την πυξίδα από ξύλο από την πλευρά με τις μωβ και μπλε σφραγίδες

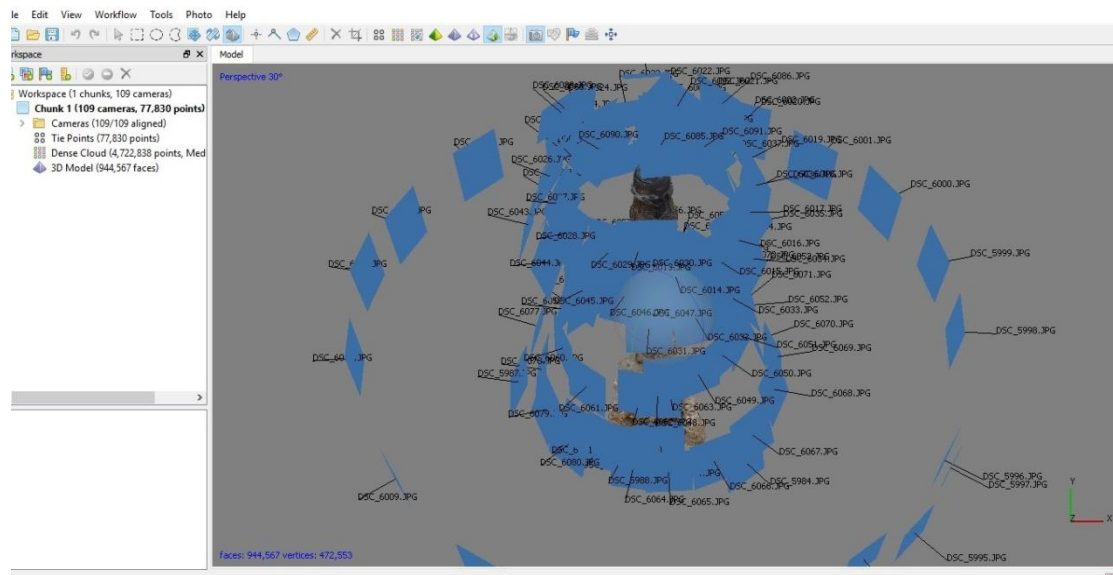
4.2.4 Μανουάλι ξυλόγλυπτο με χρωματικό διάκοσμο (ΑΓΚ 168)

Το ξυλόγλυπτο μανουάλι έχει διαστάσεις 1,17 μέτρα ύψος, 32 εκατοστά διάμετρο βάσης και 8 εκατοστά διάμετρο κορυφής (Εικόνα 46). Για την τριδιάστατη αποτύπωσή του συλλέχθηκαν 109 εικόνες από διαφορετικές οπτικές γωνίες γύρω από φανταστικές τροχιές με κατάλληλο προσανατολισμό ανάλογα με τις ανάγκες του εκθέματος (Εικόνα 47). Κατά την 3D αποτύπωσή του τα τριδιάστατα δεδομένα του μοντέλου αναπαρίστανται με διαφορετικούς τρόπους όπως είναι το νέφος σημείων, το τριγωνικό πλέγμα και το πολυγωνικό πλέγμα με πληροφορία υφής που αποτελεί και το τελικό 3D προϊόν (Εικόνες 48,49,50,51). Το τριδιάστατο μοντέλο που

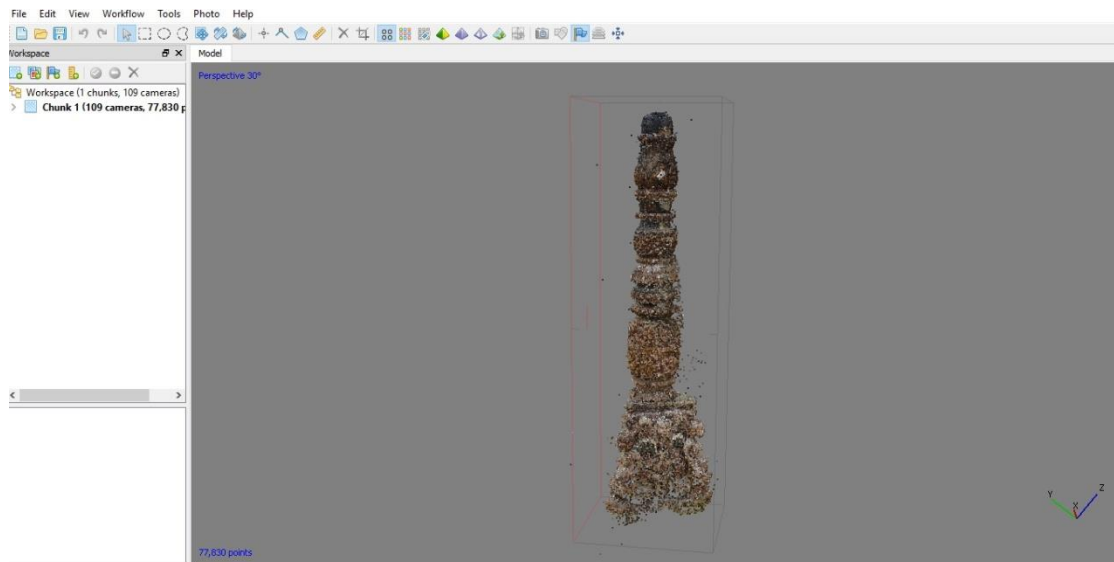
κατασκευάστηκε μετά την επεξεργασία των εικόνων παρουσιάζει 944.567 έδρες (faces) και 472.553 κορυφές (vertices) και έχει μέγεθος 99.197 KB (Εικόνα 51). Η διαδικασία της 3Δ ανακατασκευής από ψηφιογραφικές εικόνες με την χρήση του λογισμικού Photoscan διήρκησε περίπου 6 ώρες και έγινε χρήση της μεσαίας ανάλυσης για όλες τις διαδικασίες.



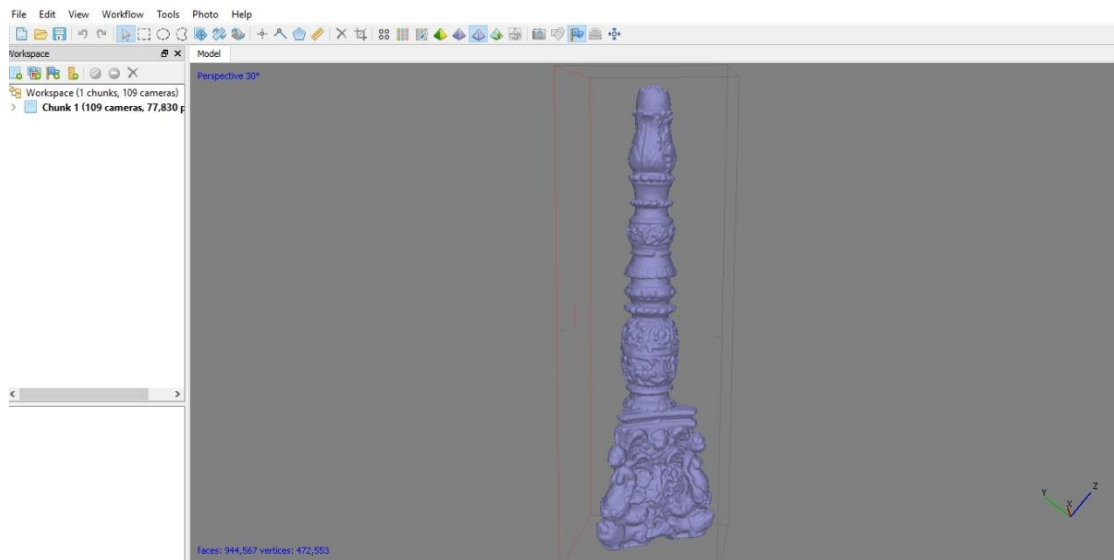
Εικόνα 46. Μανουάλι ξυλόγλυπτο με χρωματικό διάκοσμο



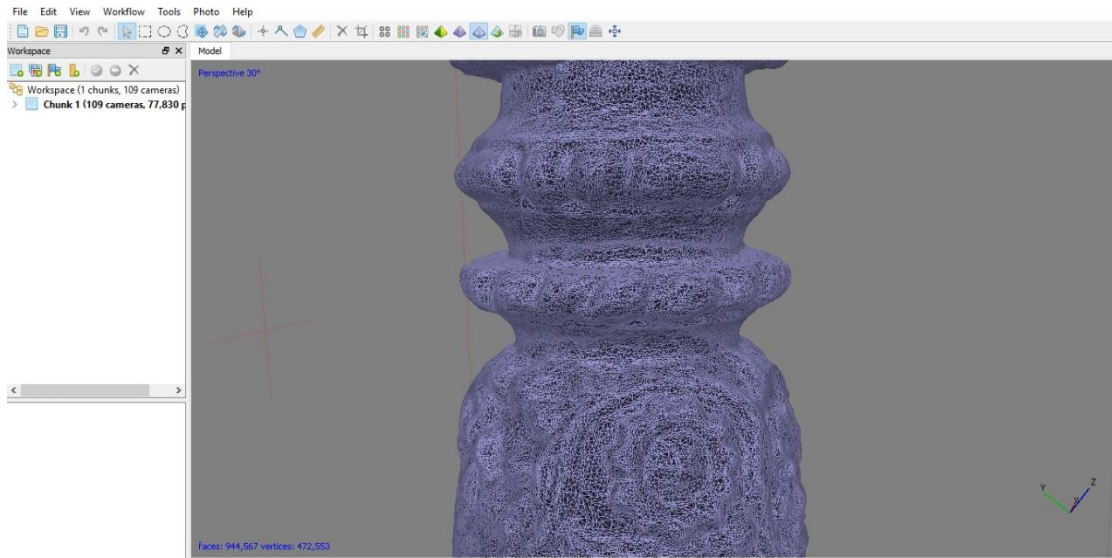
Εικόνα 47. Εικονικές τροχιές λήψης φωτογραφιών για το ξυλόγλυπτο μανουάλι



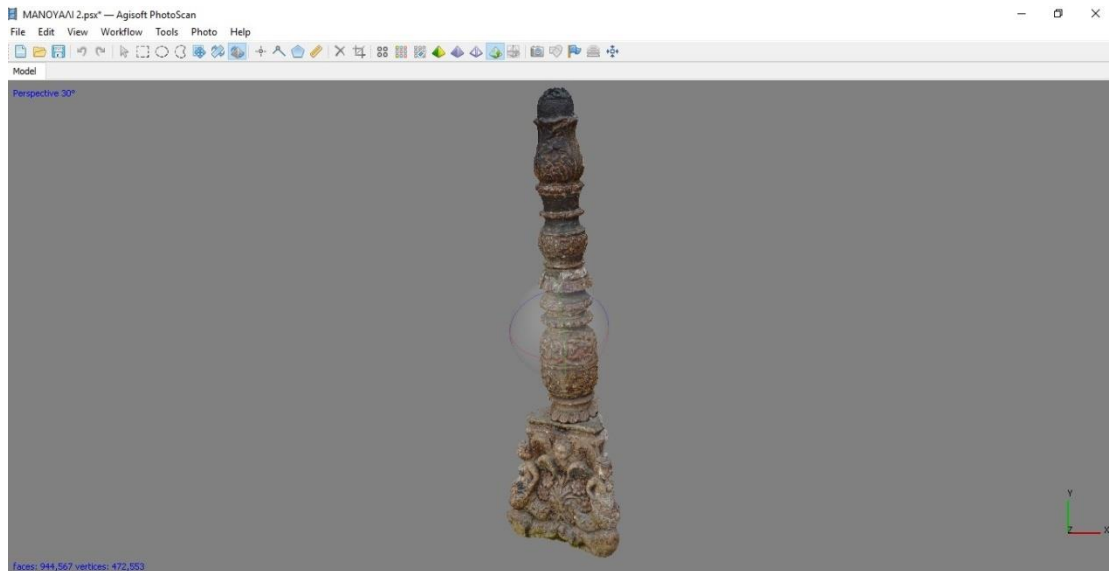
Εικόνα 48. Αναπαράσταση νέφους σημείων των 3Δ δεδομένων του ξυλόγλυπτου μανουαλιού



Εικόνα 49. Αναπαράσταση τριγωνικού πλέγματος των 3Δ δεδομένων του ξυλόγλυπτου μανουαλιού



Εικόνα 50. Λεπτομέρεια τριγωνικού πλέγματος του ξυλόγλυπτου μανουαλιού

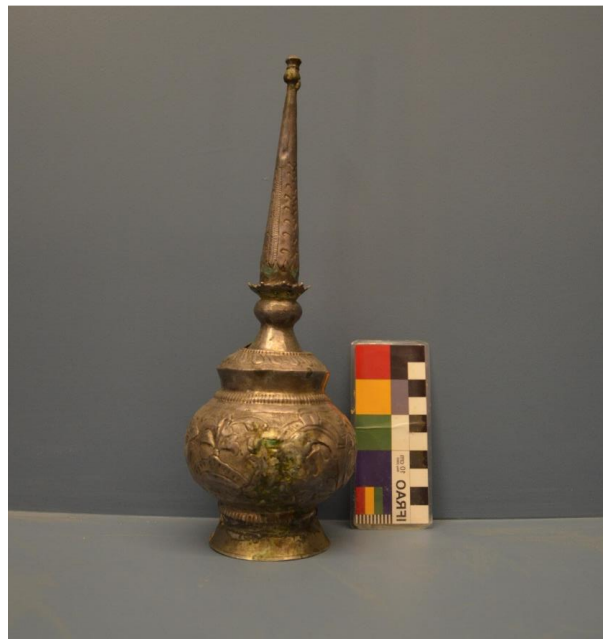


Εικόνα 51. 3D μοντέλο για το ξυλόγλυπτο μανουάλι

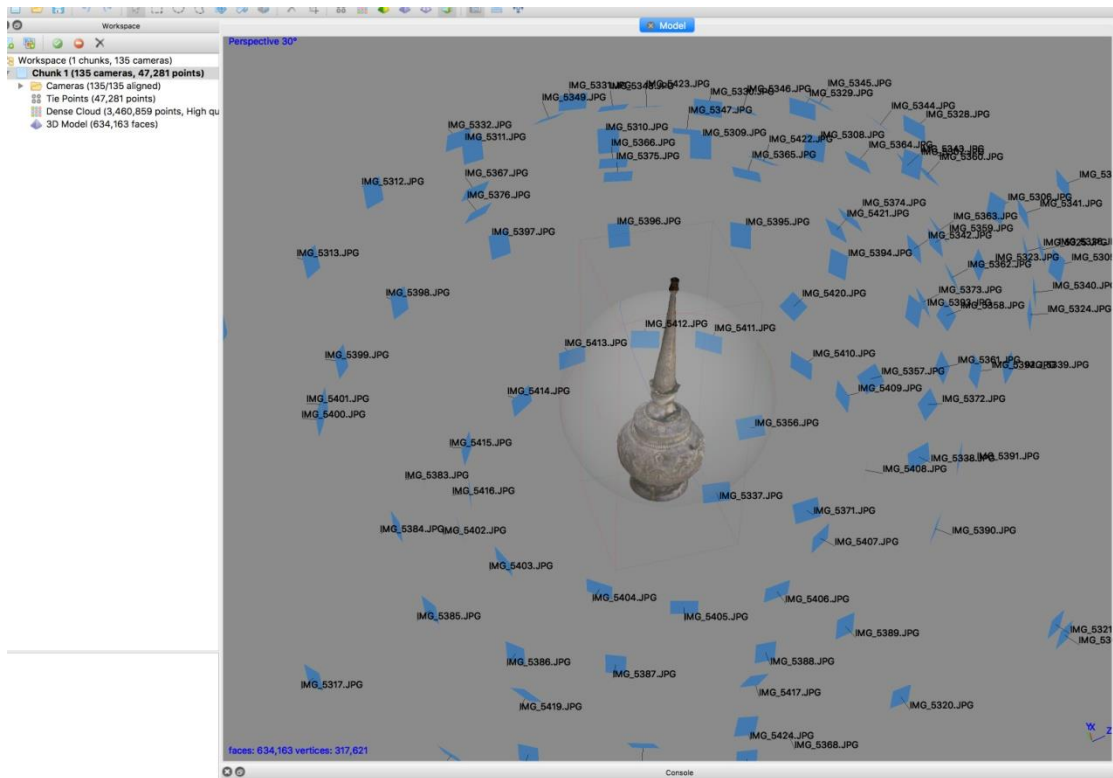
4.2.5 Μυροδοχείο – Περιρραντήριο (ΑΓΚ 069)

Το Μυροδοχείο – Περιρραντήριο έχει διαστάσεις 26 εκατοστά ύψος και 10 εκατοστά μέγιστη διάμετρο (Εικόνα 52). Για την τριδιάστατη ψηφιοποίησή του συλλέχθηκαν 135 εικόνες από διαφορετικές οπτικές γωνίες γύρω από φανταστικές τροχιές με προσανατολισμό που ποικίλει ανάλογα με τις ανάγκες της φωτογράφισης του αντικειμένου (Εικόνα 53). Κατά την 3Δ αποτύπωσή του τα τριδιάστατα δεδομένα του μοντέλου αναπαρίστανται με διαφορετικούς τρόπους όπως είναι το νέφος σημείων, το τριγωνικό πλέγμα και το πολυγωνικό πλέγμα με πληροφορία υφής που

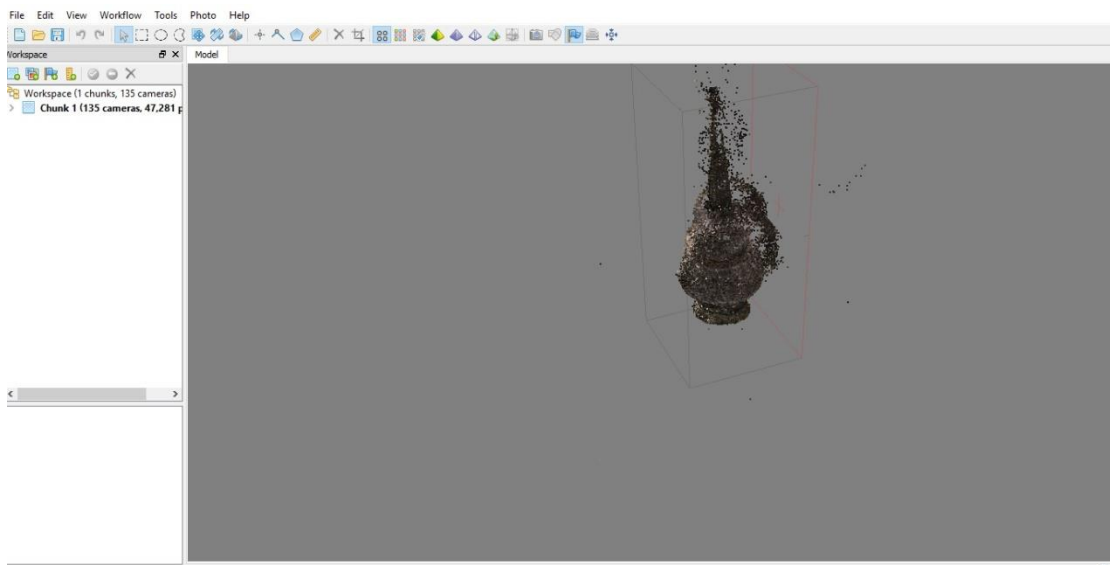
αποτελεί και το τελικό 3Δ προϊόν (Εικόνες 54,55,56,57). Το τριδιάστατο μοντέλο που κατασκευάστηκε μετά την επεξεργασία των εικόνων παρουσιάζει 317.089 έδρες (faces) και 317.621 κορυφές (vertices) και έχει μέγεθος 42.448 KB (Εικόνα 57). Η διαδικασία της 3Δ ανακατασκευής από ψηφιογραφικές εικόνες με την χρήση του λογισμικού Photoscan διήρκησε περίπου 6 ώρες και έγινε χρήση της υψηλής ανάλυσης για όλες τις διαδικασίες.



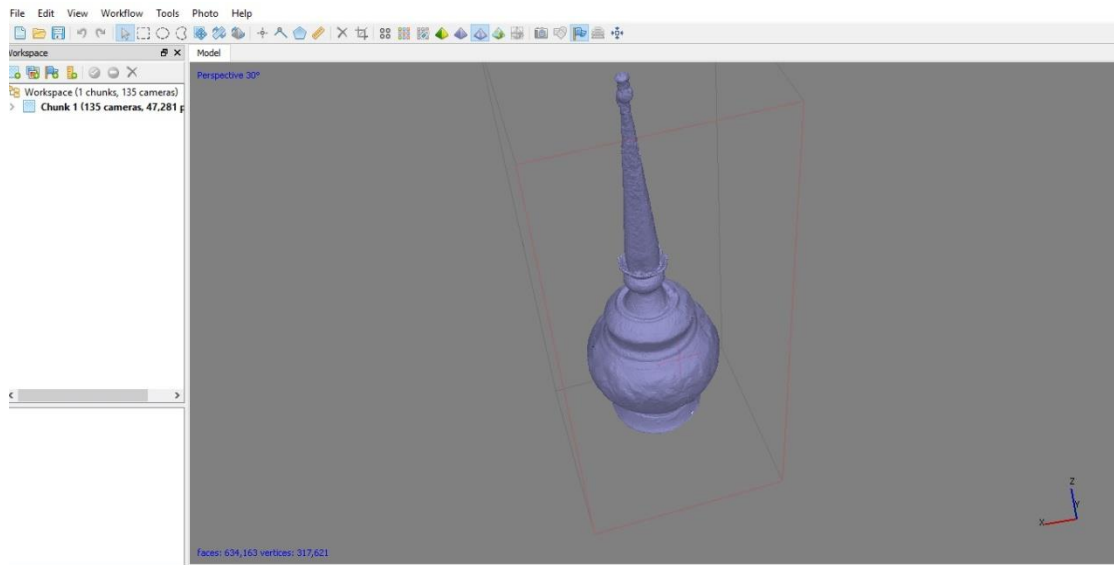
Εικόνα 52. Μυροδοχείο - Περιρραντήριο



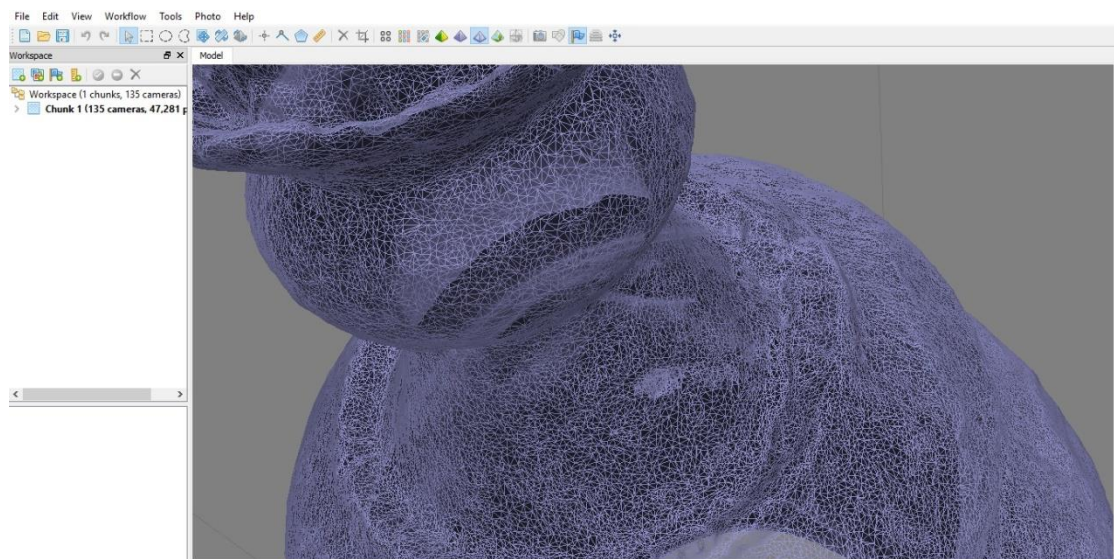
Εικόνα 53. Εικονικές τροχιές λήψης φωτογραφιών για το μυροδοχείο – περιρραντήριο



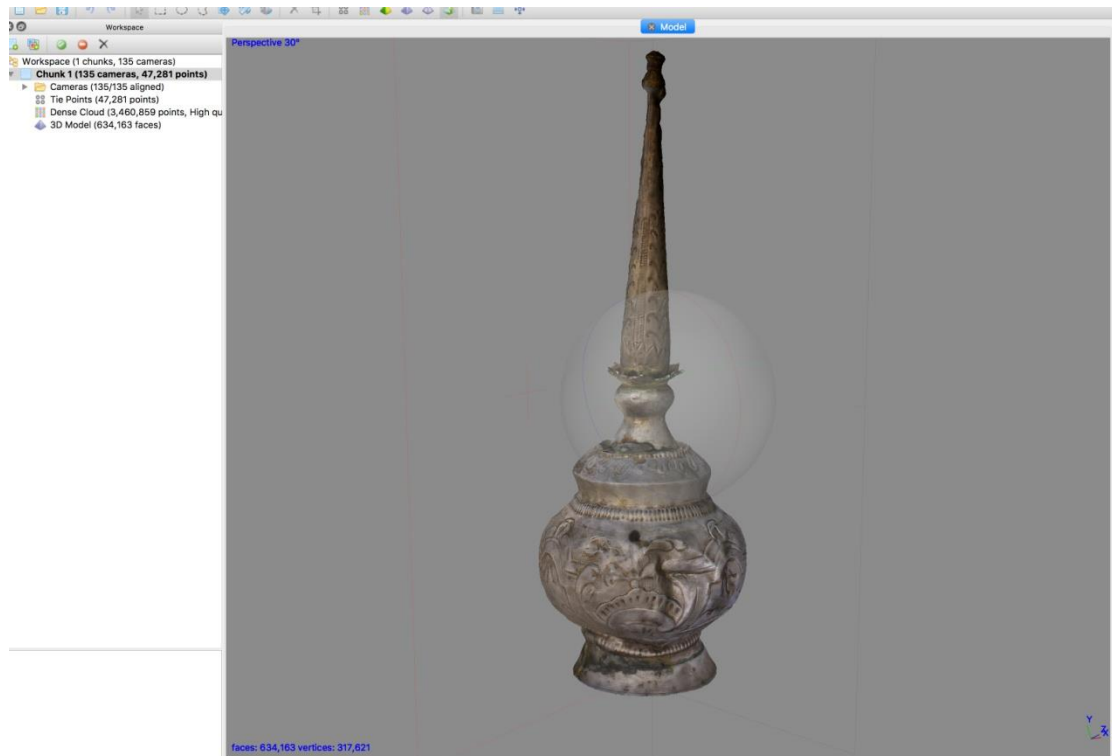
Εικόνα 54. Αναπαράσταση νέφους σημείων των 3Δ δεδομένων του μυροδοχείου -περιρραντηρίου



Εικόνα 55. Αναπαράσταση τριγωνικού πλέγματος των 3Δ δεδομένων του μυροδοχείου – περιρραντηρίου



Εικόνα 56. Λεπτομέρεια τριγωνικού πλέγματος μυροδοχείου - περιρραντηρίου



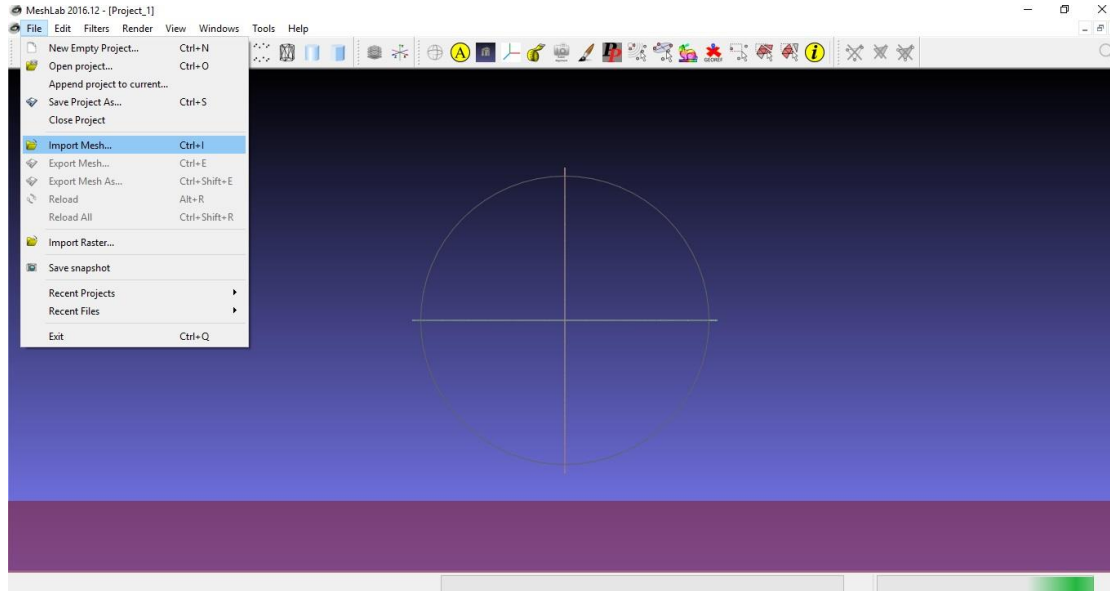
Εικόνα 57. 3D μοντέλο για το μυροδοχείο - περιρραντήριο

4.3 Δημιουργία της εικονικής έκθεσης στον ιστό

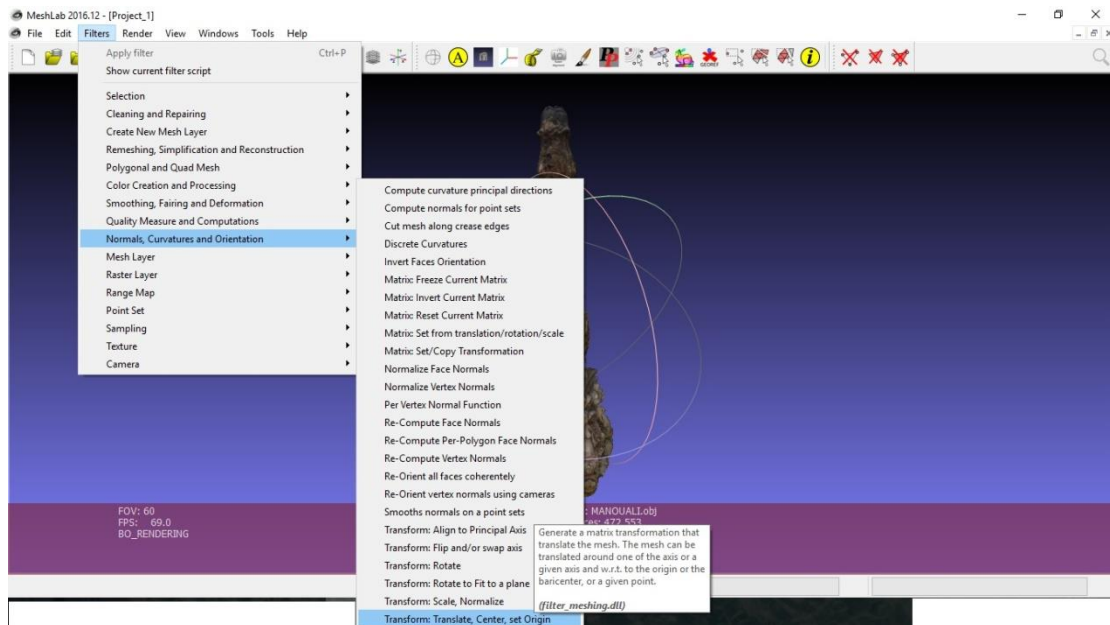
Για τη δημιουργία της εικονικής έκθεσης στο Διαδίκτυο μέσω της υπηρεσίας του Ιστού που θα περιλαμβάνει τα 5 εκκλησιαστικά τριδιάστατα μοντέλα απαιτούνται συγκεκριμένες ενέργειες. Μετά την ολοκλήρωση της τριδιάστατης ψηφιοποίησης των εκκλησιαστικών εκθεμάτων ακολουθεί η επεξεργασία τους προκειμένου να αποκτήσουν κατάλληλη μορφή προς δημοσίευση τους στο διαδίκτυο. Η μετατροπή των αρχείων πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό ανοιχτού κώδικα MeshLab και περιλαμβάνει συγκεκριμένα βήματα.

Πρώτο βήμα είναι η εισαγωγή του κατάλληλου αρχείου που περιλαμβάνει το τριδιάστατο μοντέλο (Εικόνα 58). Αφού γίνει η εισαγωγή του μοντέλου, το επόμενο βήμα είναι η τοποθέτησή του στο κέντρο του συστήματος συντεταγμένων, επειδή όπως ορίζει και η μέθοδος οπτικοποίησης που χρησιμοποιήθηκε, το αντικείμενο πρέπει να βρίσκεται στην αρχή του τριδιάστατου καρτεσιανού συστήματος συντεταγμένων (Εικόνες 59,60). Στη συνέχεια, πραγματοποιείται η απλοποίηση του μοντέλου προκειμένου να είναι κατάλληλο προς δημοσίευση στο Διαδίκτυο (Εικόνες

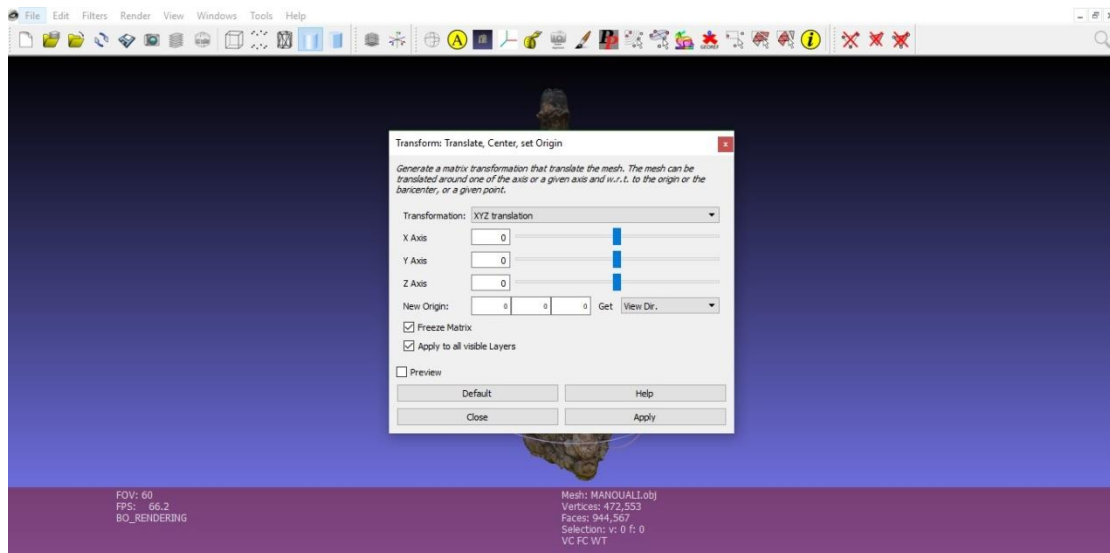
61,62). Τέλος, γίνεται αποθήκευση του απλοποιημένου μοντέλου με τη μορφή *.x3d αρχείου (Εικόνα 63).



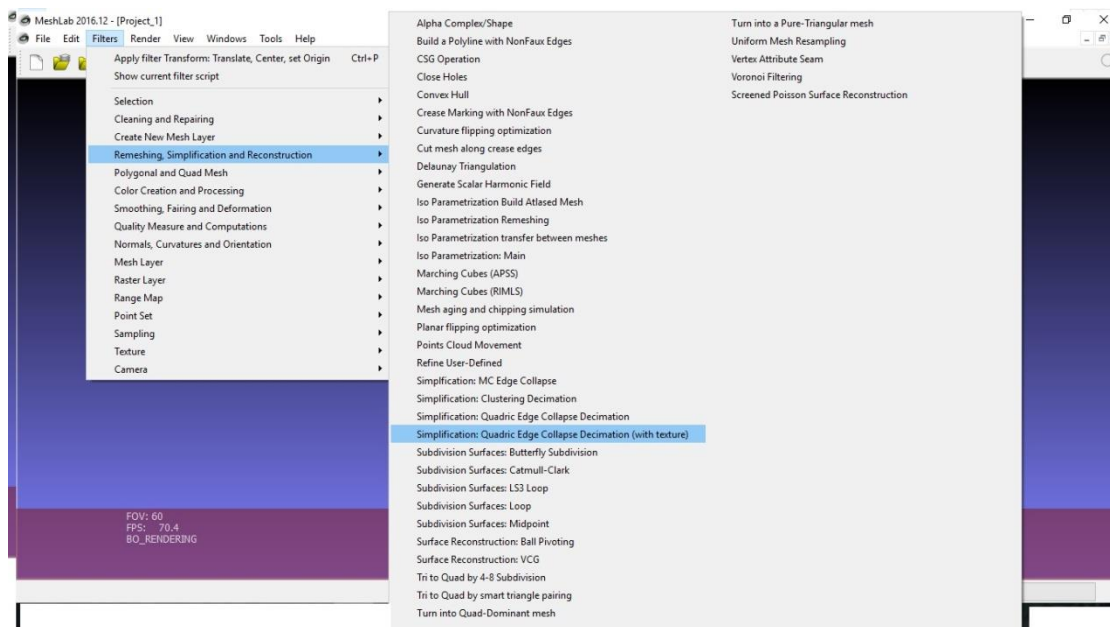
Εικόνα 58. Εισαγωγή 3D Μοντέλου στο Meshlab



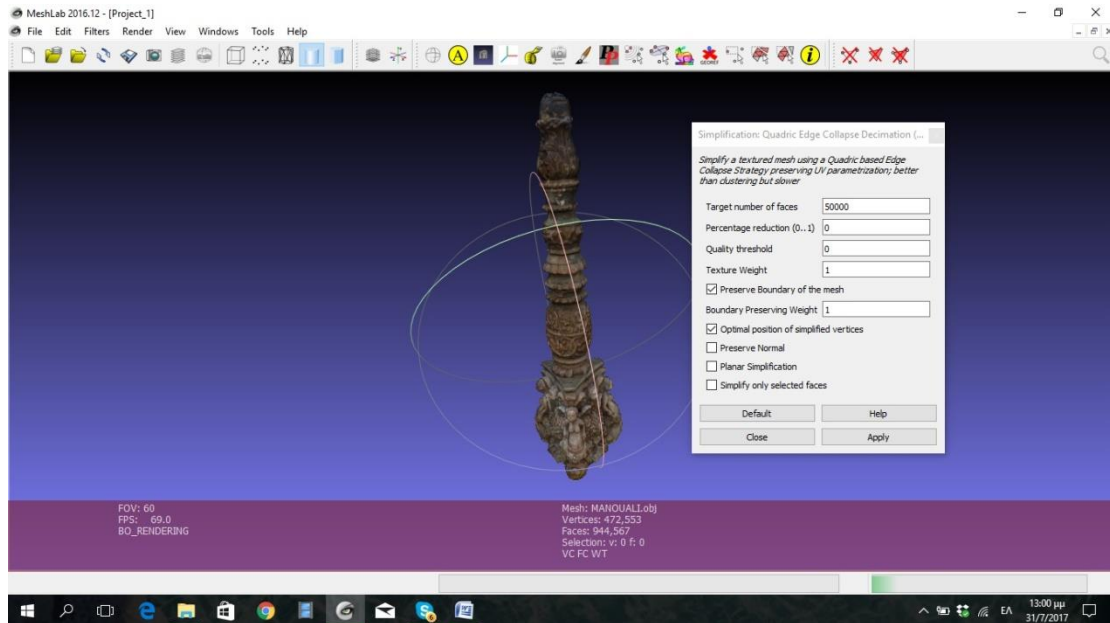
Εικόνα 59. Τοποθέτηση στο κέντρο του συστήματος συντεταγμένων



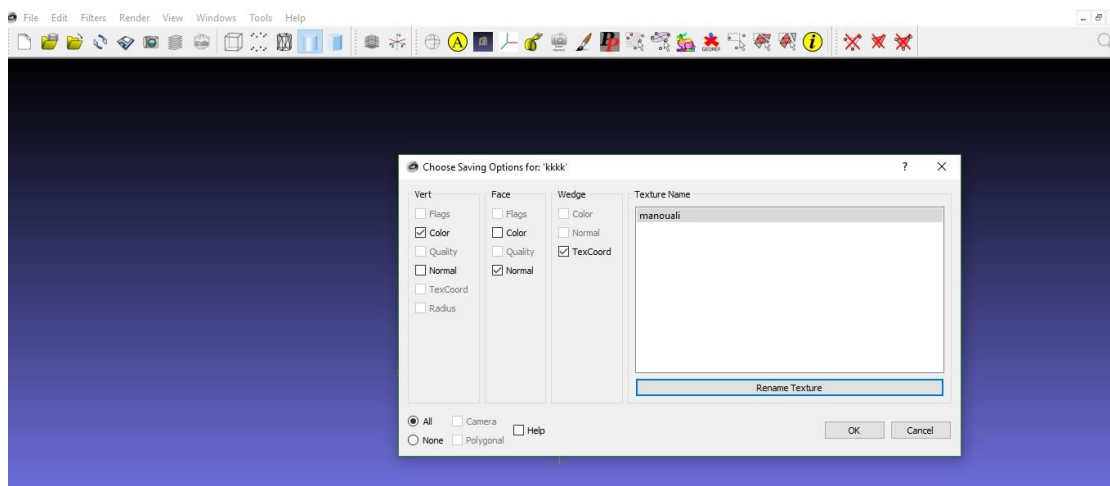
Εικόνα 60. Παράθυρο διαλόγου τοποθέτησης στο κέντρο του συστήματος συντεταγμένων



Εικόνα 61. Απλοποίηση μοντέλου



Εικόνα 62. Παράθυρο διαλόγου απλοποίησης μοντέλου



Εικόνα 63. Παράθυρο διαλόγου αποθήκευσης απλοποιημένου 3D μοντέλου

Συμπεράσματα – Προτάσεις

Η πολιτιστική κληρονομιά, καθώς επίσης και η εκκλησιαστική κληρονομιά του τόπου διαφυλάσσεται από νομολογίες 3028/2002 και 3521/2006 προκειμένου να διατηρηθεί ανέπαφη από την πάροδο του χρόνου και να καταστεί κτήμα εσαεί για τις επόμενες γενεές, ώστε να διατηρείται η πολιτιστική ταυτότητα του λαού ανά τους αιώνες. Στη χώρα μας, αντικείμενα πολιτιστικής αλλά και εκκλησιαστικής κληρονομιάς σπουδαίας σημασίας εκτίθενται σε μουσεία, όμως υπάρχει και πλήθος μη καταγεγραμμένων αντικειμένων που φυλάγονται μακριά από τα βλέμματα του κοινού. Μεγίστης σημασίας θεωρείται η διαφύλαξη, διατήρηση και προβολή των αντικειμένων αυτών σε τοπικό, εθνικό αλλά και παγκόσμιο/διεθνές επίπεδο.

Όσο αφορά το νησί της Ρόδου, η παρούσα έρευνα φανερώνει τους στενούς δεσμούς με την περίοδο της Ιπποτοκρατίας στο νησί και τους Μεγάλους Μαγίστρους κατά την περίοδο αυτή. Πολλά μνημεία πολιτιστικής κληρονομιάς (μνημείο παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς-κάστρο των Ιπποτών, Παλάτι Μεγάλου Μαγίστρου), αλλά και μεγάλος αριθμός αντικείμενων που εκτίθεται τόσο στους χώρους του Αρχαιολογικού Μουσείου της Ρόδου, όσο στο Παλάτι του Μεγάλου Μαγίστρου αλλά και σε άλλα μουσεία του νησιού φανερώνουν το ανεξίτηλο πέρασμα των Ιπποτών (σφραγίδες, επιγραφές, οικόσημα).

Πιο συγκεκριμένα, στο υπό εξέταση εκκλησιαστικό μουσείο της Λίνδου, αρκετά αντικείμενα φέρουν ιπποτική σφραγίδα (βάση με λαβή Αγίου Ποτηρίου) αλλά και τουρκική (μυροδοχείο – περιρραντήριο). Επίσης, τα υπό εξέταση αντικείμενα καταδεικνύουν τους δεσμούς του οικισμού της Λίνδου τόσο με τους караβοκύρηδες της περιοχής όσο και τους απλούς κατοίκους, επειδή πολλοί από αυτούς φέρονται ως δωρητές πολλών αντικειμένων που εκτίθενται στο Μουσείο και είναι εξίσου μεγάλης πολιτισμικής αξίας.

Το εκκλησιαστικό μουσείο της Λίνδου, ως κεντρικός περιφερειακός κόμβος του Δικτύου Χριστιανικών Μουσείων και Επισκέψιμων Μνημείων του Μητροπολιτικού Μουσείου Χριστιανικού Πολιτισμού της Ρόδου, αποτελεί στολίδι για το νησί και συμβάλει στη διαφύλαξη, διατήρηση και προβολή του εκκλησιαστικού πλούτου τόσο του νησιού όσο και του οικισμού της Λίνδου. Αποτελεί ένα από τα πιο σύγχρονα μουσεία της χώρας, διαθέτει ολοκληρωμένο

ψηφιακό οδηγό και σε συνδυασμό με την Ακρόπολη της Λίνδου προσελκύει πλήθος επισκεπτών κάθε χρόνο που συμβάλουν στην τοπική οικονομική άνθιση.

Η τεχνολογία της τριδιάστατης ψηφιοποίησης τα τελευταία χρόνια εξελίσσεται με ραγδαίους ρυθμούς και αποτελεί χρήσιμο, καθοριστικό και σημαντικό εργαλείο για πληθώρα επιστημονικών κλάδων (ιατρική, αρχαιολογία, αρχιτεκτονική κτλ.) δίνοντας λύσεις σε εξαιρετικής σημασίας ζητήματα. Η διαδικασία της τριδιάστατης ανακατασκευής συμβάλει καθοριστικά στη μετατροπή ενός αντικειμένου από την πραγματική του μορφή σε ψηφιακό υποκατάστατο τριών διαστάσεων. Ειδικότερα, η χρήση της τεχνολογίας αυτής στον τομέα της αρχαιολογίας βοηθά πολλαπλώς με την ανακατασκευή ολόκληρων ανασκαφικών δομών, μνημειακών χώρων, πολιτισμικών αντικειμένων καθώς και με την παρουσίαση 3D εκθέσεων στον Ιστό με απώτερο στόχο τη διαφύλαξη, διατήρηση και ανάδειξη της πολιτιστικής κληρονομιάς.

Επιτυχημένη θεωρείται η διαδικασία της τριδιάστατης ψηφιοποίησης, όταν αυτή πληροί συγκεκριμένες προϋποθέσεις. Ειδικότερα, η διαδικασία αυτή απαιτεί την εφαρμογή συγκεκριμένων μεθόδων, ανάλογα με τις απαιτήσεις του αντικειμένου προς ψηφιοποίηση και τα μέσα που έχει κάποιος στη διάθεσή του, για τη συλλογή των δεδομένων και έπειτα επεξεργασία αυτών με τη χρήση ειδικού λογισμικού. Στην παρούσα έρευνα η τριδιάστατη μοντελοποίηση των υπό εξέταση αντικειμένων επιτεύχθηκε με τη μέθοδο «Δομή από Κίνηση» - “Structure from Motion” (SfM) και στη συνέχεια έγινε επεξεργασία των δεδομένων με τη χρήση λογισμικού κλειστού κώδικα, το PhotoScan της AgiSoft.

Στην παρούσα μελέτη, εξετάστηκαν πέντε πολιτισμικά αντικείμενα του εκκλησιαστικού μουσείου της Λίνδου για τα οποία συλλέχθηκαν πάνω από 1000 φωτογραφίες από διαφορετικές οπτικές γωνίες. Η συλλογή μεγάλου όγκου δεδομένων φάνηκε απαραίτητη, επειδή επέτρεψε την ολοκληρωμένη 3D ανακατασκευή των πολιτισμικών αντικειμένων και παράλληλα, ελαχιστοποίησε την ανάγκη επανάληψης της διαδικασίας, ενώ βελτίωσε την ανάλυση και την ακρίβεια του τελικού αποτελέσματος. Εν συνεχεία, οι μη ορθές λήψεις (θαμπές, με έντονες αντανάκλασεις κτλ.) απομακρύνθηκαν με αποτέλεσμα το αρχικό φωτογραφικό υλικό να μειωθεί σε 694 φωτογραφίες.

Κατά την εφαρμογή της μεθόδου «Δομή από Κίνηση» παρουσιάστηκαν πολλές δυσχέρειες. Αρχικά, αν και το μουσείο είναι ανοιχτό στους ερευνητές, απαιτεί αδειοδότηση από το τμήμα Μουσείων του ΕΜΙ της ΙΜ Ρόδου και κατ' επέκταση από την Εφορεία Αρχαιοτήτων Δωδεκανήσου. Η άδεια πρόσβασης δόθηκε μετά το πέρας 5 μηνών και φυσικά, η συμβολή της Ιεράς Μητροπόλεως Ρόδου ήταν καταλυτική για τη διεξαγωγή της παρούσας έρευνας. Επιπλέον, αν και είχε εκτιμηθεί η ανάγκη για πρόσβαση στο χώρο του μουσείου σε 5 ώρες για κάθε αντικείμενο, στην πραγματικότητα δόθηκε δυνατότητα πρόσβασης για 15 ώρες μόνο με αποτέλεσμα οι φωτογραφικές λήψεις να γίνουν υπό πίεση χρόνου και κάτω από αντίξοες συνθήκες (ακατάλληλος χώρος και φωτισμός), αφού δεν επιτρέπεται η μετακίνηση των εκθεμάτων εκτός του χώρου του μουσείου. Ωστόσο, ακόμα και υπό αυτές τις συνθήκες η μέθοδος 3Δ αποτύπωσης που χρησιμοποιήθηκε κατάφερε να αποδώσει αποδεκτά ψηφιακά αντίγραφα των τεχνέργων προς προβολή.,

Κατά την επεξεργασία των δεδομένων, επίσης αντιμετωπίστηκαν διάφορα προβλήματα όπως η χρονοβόρα επεξεργασία των δεδομένων από το λογισμικό αλλά και η υποχρεωτική παρουσία του ερευνητή εξετάζοντας το αποτέλεσμα κάθε βήματος και κατευθύνοντας σε κάθε στάδιο τη διαδικασία της ψηφιοποίησης μέχρι να ολοκληρωθεί η μοντελοποίηση του κάθε αντικειμένου. Τέλος, τα εξεταζόμενα αντικείμενα κατέδειξαν τη φιλικότητα τους προς τη μέθοδο, αφού στην πλειονότητά του αποτελούνται από υλικά που ψηφιοποιήθηκαν άρτια εξαιτίας του υλικού κατασκευής τους (ξύλινα, ξυλόγλυπτα) και επιπλέον δεν αποτελούνταν από κινητά μέρη. Κλείνοντας, θεωρείται σημαντικό να τονιστεί πως η διαδικασία της τριδιάστατης ψηφιοποίησης ενός αντικειμένου απαιτεί ακριβή τήρηση των κανόνων της μεθόδου με σκοπό την απόδοση άρτιων ψηφιακών μοντέλων. Φυσικά, κρίνεται αναγκαία και η διευκόλυνση των εκάστοτε φορέων προς τον ερευνητή παρέχοντάς του τον απαιτούμενο χρόνο διεξαγωγής της έρευνας και εξασφαλίζοντάς του πρόσβαση σε χώρους προσαρμοσμένους για τέτοιου είδους μελέτες.

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Αλμπάνη, Τζ.(1999). *Βυζαντινή και Μεταβυζαντινή Τέχνη*, εκδ. Ε.Α.Π., Πάτρα.
- Αναστασιάδης, Θ. (1954). *Ιερός Ναός Λίνδου η Κοίμησης της Θεοτόκου-Ιστορία, Θρύλος, Παράδοσις –Περιγραφή και αξιοθέατα*, Ρόδος, σ.12.
- Αντουράκης, Γ. (1984). *Χριστιανική Αρχαιολογία*, Αθήνα.
- Αρχοντόπουλος, Θ. (1995). *Αρχαιολογικόν Δελτίον 50, Χρονικά Β2*, σ.816.
- Αρχοντόπουλος, Θ. (1999). *Λίνδος-Αρχαιολογικός Οδηγός*, Αθήνα.
- Βολανάκης, Ι. (1989). *Αρχαιολογικόν Δελτίον 44, Χρονικά Β2*, σ.531.
- Βολανάκης, Ι. (1998). *Ο Ιερός Ναός της Κοιμήσεως της Θεοτόκου Λίνδου Ρόδου, Λίνδος*, σ.21.
- Ζώρα, Π. (1960). *Η γοργόνα εις την λαϊκήν τέχνην*, Αθήνα.
- Καλοκύρης Κ. (1980). *Μελετήματα χριστιανικής αρχαιολογίας και τέχνης*, εκδ. Πατριαρχικό Ίδρυμα Πατερικών μελετών, Θεσσαλονίκη.
- Καλοκύρης, Κ. (1980). *Εισαγωγή εις την Χριστιανικήν και Βυζαντινήν Αρχαιολογίαν (η τέχνη Ανατολής και Δύσεως)*, Θεσσαλονίκη.
- Κόλλιας, Η. & Πολίτης, Λ. (1971). *Κατάλογος χειρογράφων εκκλησίας Παναγίας Λίνδου*, *Ελληνικά*, τ.24, σ.33-53.
- Κόνσολα, Ντ. (1995). *Η Διεθνής Προστασία της Πολιτιστικής Κληρονομιάς*, εκδ. Παπαζήση.
- Κουτσούδης, Α. & Παυλίδης, Γ. (2016). *3Δ Ψηφιοποίηση*, εκδ. Τσότρας.
- Κωνσταντέλλης Γ., Πετρίδου - Λεοτσάκου Ε., Γιαρμενίτης Π. (2010). *Λήμνος*, τόμος Α, *Εκκλησιαστική Κληρονομιά*, εκδ. Ιδιωτική.
- Μακρής, Κ. (1982). *Εκκλησιαστικά ξυλόγλυπτα*, τεύχος Β', σελ. 34-36 ,*Αποστολική Διακονία της Εκκλησίας της Ελλάδος*, Αθήναι.
- Μέντης, Κ. (2005). *Διοίκηση των Πολιτισμικών έργων και των αντίστοιχων φορέων*, πανεπιστημιακές σημειώσεις, Πάτρα.

- Μπούνια, Α. & Μούλιου, Μ. (1999). Μουσειακές εκθέσεις. Ερμηνευτικές Προσεγγίσεις στη μουσειακή θεωρία και πρακτική, *Αρχαιολογία και Τέχνες*, τ.70, σ. 53-58.
- Ορλάνδος, Α. (1948). *Αρχείον των Βυζαντινών Μνημείων της Ελλάδος*, τ.6, σ.201.
- Παπαιωάννου, Εμμ. (1989). *Ρόδος και νεότερα κείμενα Ι*, Αθήνα-Γιάννινα, σ.313-314.
- Παπαχριστοδούλου, Χ. (1951). *Τοπωνυμικό της Ρόδου*, Αθήνα, σ.32,40.
- Παπαχριστοδούλου, Χ. (1994). *Ιστορία της Ρόδου*, εκδ. Δήμου Ρόδου-Σ.Γ.Τ.Δ., Αθήνα, σ.150-160,307.
- Πασχαλίδης, Γ. (2001). Από το μουσείο του πολιτισμού στον πολιτισμό του μουσείου, Σκαλτσά, Μ.(επιμ.), *Η Μουσειολογία στον 21^ο αιώνα: Θεωρία και Πράξη*, (πρακτικά ομόνυμου διεθνούς συμποσίου, Θεσσαλονίκη, 21-21 Νοεμβρίου) Θεσσαλονίκη, University Studio Press και εκδ. Εντευκτήριο, σελ. 212-220.
- Πατιάς, Π. (1999). Φωτογραμμετρική Αποτύπωση Και Τεκμηρίωση Αρχιτεκτονικών Μνημείων Και Αρχαιολογικών Χωρών, Σημειώσεις για το Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών με τίτλο :«Συστήματα Πολιτισμικών Αγαθών & Διαχείρισης της Πολιτισμικής Κληρονομιάς» του Πανεπιστημίου Κρήτης.
- Παυλίδης, Γ., Σεβελίδης, Β., Χαραλαμπίδου, Μ. (2014). Τεχνική αναφορά, Βελτίωση τεχνικών ψηφιοποίησης και μοντελοποίησης, 3D CMS- Ολοκληρωμένη Παλτφόρμα Ανάπτυξης και διαχείρισης 3D Εφαρμογών Πολιτιστικού Περιεχομένου.
- Pearce, M.S. (2002). *Μουσεία, αντικείμενα και συλλογές*, επιμ. Γύικα Λ., μτφρ. Καζάζης Α., Μπίκας Π., εκδ. Βάνιας, Θεσσαλονίκη.
- Σησαμάκης, Ν. (2014). *Μουσειολογική μελέτη Εκκλησιαστικού Μουσείου της Λίνδου*, Γούβες.
- Οικονόμου, Μ. (2007). Νέες Τεχνολογίες στα Μουσεία: διάδραση και νέα μοντέλα επικοινωνίας με τον επισκέπτη. Οι νέες τεχνολογίες στα μουσεία, Πολεμικό Μουσείο Αθηνών, 16 Ιουνίου 2007.
- Μιχαηλίδου, Μ (2003). Μουσείο: Πορεία και Προοπτικές προς τον 21^ο αιώνα, *Το Μουσείο*, τ. 4, σ. 4-6.

Χαμζάς, Χ., Παυλίδης, Γ., Κουτσούδης, Α., Αρναούτογλου, Φ. (2005). Digitech III, Μελέτη Τεχνολογιών Ψηφιοποίησης σε Τρεις Διαστάσεις. Εγχειρίδιο Τρισδιάστατης Ψηφιοποίησης Κινητών Πολιτιστικών Αντικειμένων, Ινστιτούτο Πολιτιστικής και Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας (Ι.Π.Ε.Τ) / Κέντρο Εφαρμογών των Τεχνολογιών Επικοινωνίας και Πληροφορίας (Κ.Ε.Π.Ε.Τ), σ. 148.

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Addison, A.C. (2001). Virtual Heritage: Technology in the Service of Culture, *Proceedings of the 2001 Conference on Virtual Reality, Archaeology, and Cultural Heritage*, Glyfada, Greece, ACM Press, New York, NY, U.S.A., p.343 – 354.
- Alexa, M., Behr, J., Cohen-Or, D., Fleishman, S., Levin, D., and Silva, C., T., (2001). Point set surfaces, *IEEE Visualisation*, pp. 21-28.
- Barazzetti, L., Remondino, F., Scaioni, M (2009). Combined use of photogrammetric and computer vision techniques for fully automated and accurate 3D modeling of terrestrial objects. In: *Proceedings of SPIE Optics+Photonics*, San Diego, CA, USA, August 2-3, vol. **7447**.
- Berardini, F., Rushmeier, H., (2002). The 3D Model acquisition pipeline, *Computer Graphics Forum*, **21**(2), pp. 149-172.
- Bernardini, F., Mittleman, J., Rushmeier, H., Silva C., and Taubin, G., (1999). The ball-pivoting algorithm for surface reconstruction, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, **5**(4), pp. 349-359.
- Bertozzi, M., Broggi, A., Conte, G., and Fascioli, A. (2002). Stereo-Vision System performance analysis, Enabling Technologies for the PRASSI Autonomous Robot, *ENEA*, Rome, Italy, January 2002, pp. 68-73.
- Besl, P. J. & McKay, N.D. (1992). A Method for Registration of 3-D Shapes, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. **14**(12).
- Boehler, W. & Marbs, A. (2002). *Scanning for Cultural Heritage Recording*, September 1-2, 2002, (1,2), pp. 4-5.
- Boehler, W., Heinz, G., Scherer, Y., Siebold, M. (2001). Topographic Information in Cultural and Natural Heritage Visualization and Animation. In: *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. **XXXIV**, Part 5W1, pp. 56-61.
- Carr, J., C., Beatson, R., K., Cherrie, J., Mitchell, T., J., Fright, W., R., McCallum, B., C., and Evans, T., R. (2001). Reconstruction and representation of 3D objects with radial basis functions. In: *Proceedings of SIGGRAPH*, pp. 67-76.

- Chiuso, A., Jin, H., Favaro, P. and Soatto, S. (2000). 'MFm': 3D Motion and Structure from 2D Motion Causally Integrated Over Time: Implementation. In: *Computer Vision ECCV2000*, D. Vernon ed., Lect. Notes in Computer Science 1843, pp.734--750.
- Cooper, D.B., Willis, A., Andrews, S., Baker, J., Cao, Y., Han, D., Kang, K., Kong, W., Leymarie, F.F., Orriols, X., Velipasalar, S., Vote, E.L., Loukowsky, M.S., Kimia, B.B., Laidlaw, D.H., Mumford, D. (2002). Assembling Virtual Pots from 3D Measurements of their Fragments, Proceedings of the 2001 conference on Virtual Reality, Archaeology, and Cultural Heritage, Glyfada, Greece, ACM Press, New York, NY, U.S.A., p.241-254.
- Correa, W., T., Fleishman, S., and Silva, C., T. (2001). Towards point-based acquisition and rendering of large real-world environments. Proceedings: *15th Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing*.
- Cortelazzo, G., M. & Marton, F., (1999). About modeling cultural heritage objects with limited computers resources Image Analysis and Processing. Proceeding: *International Conference*, pp. 848–853.
- Dana, K., J. & Nayar, S., K., (1999). Computer Vision. Proceedings: *Seventh IEEE International Conference*, **2**, pp. 1061 – 1066.
- Garland, M., & Heckbert, P., S., (1997). Surface simplification using quadric error metrics. In: *SIGGRAPH '97 Conference Proceedings, Annual Conference Series*, pp. 209-216.
- Godin, G., Beraldin, J.-A., Taylor, J., Cournoyer, L., Rioux, M., El-Hakim, S.F., Baribeau, R., Blais, F., Boulanger, P., Domey, J., Picard, M., (2002). Active Optical 3D Imaging for Heritage Applications, *IEEE Computer Graphics in Art History and Archaeology*, **22/5**, p. 24-36.
- Kersten T.P., Lindstaedt M. (2012). Image-Based Low-Cost Systems for Automatic 3D Recording and Modelling of Archaeological Finds and Objects. In: Ioannides M., Fritsch D., Leissner J., Davies R., Remondino F., Caffo R. (eds) *Progress in Cultural Heritage Preservation*. EuroMed 2012. Lecture Notes in Computer Science, vol **7616**. Springer, Berlin, Heidelberg.

- Kumar, S. & Phrommathed, Pr. (2005). *New Product Development: an empirical study of the effects of innovation strategy, organization learning and market conditions*, pp. 43-50, U.S.A.: Springer.
- Lingas, S. (2008). *Holy church, the assumption of the Virgin Mary*, Lindos.
- Lorensen, W., E. & Cline, H., (1987). Marching Cubes: A high resolution 3D surface reconstruction algorithm, *ACM computer graphics*, Vol. **21**(4), pp.163-170.
- Malzbender, T., Gelb, D., and Wolters, H., (2001). Polynomial texture maps. *Proceeding of SIGGRAPH*, pp. 519-528.
- Maravelakis E., Andrianakis, M., Psarakis, K., Bolanakis, N., Tzatzanis, G., Bilalis, N., Antoniadis, A., (2008). Lessons Learned from Cultural Heritage Digitisation Projects in Crete. *Proceedings of the 14th International Conference on Virtual Systems and Multimedia*, pp. 152-156.
- Maravelakis, E., Bilalis, N., Mantzorou, I., Konstantaras, A., Antoniadis, A., (2012). 3D modelling of the oldest olive tree of the world, *IJCER*, Vol. 2(2), pp. 340-347.
- Marbs, A. (2002). Experiences with Laser Scanning at i3mainz, CIPA. *Proceedings of Scanning for Cultural Heritage Recording*, Corfu, Greece, September 2002, (3), 6, pp. 110 -114.
- McAllister, D., K., Nyland, L., Popescu, V., Lastra, A., and McCue, C., (1999). Realtime rendering of real world environments. In: *Rendering Techniques 99*, pp. 145-160.
- Robertson, D., P., & Cipolla, R. (2008). *Structure from Motion*.
- Sgrenzaroli, M. & Wolfart, E. (2002). Accurate texture-mapped 3D models for documentation, surveying and presentation purposes, CIPA, *Proceedings of Scanning for Cultural Heritage Recording*, September 2002, Corfu, Greece,(11), 21 pp.148 -155.
- Snavely, N. (2008). Scene reconstruction and visualization from internet photo collections, unpublished PhD thesis, University of Washington, U.S.A.
- Tajima, J. & Iwakawa M., (1990). 3-D data acquisition by rainbow range finder. In: *International Conference on Pattern Recognition*, pp. 309–313.

- UNESCO (1972). Convention concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage, 17th session: the general conference of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, UNESCO, Paris.
- UNESCO (2003). Charter on the preservation of the digital heritage, 32nd session: the general conference of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, UNESCO, Paris.
- Wahyuni, D. (2012). The research design maze: understanding paradigms, cases, methods and methodologies, *Journal applied management accounting research*, vol. **10**, no. 1, pp. 69-80.
- Wang, J., & Oliveira, M., M.(2002). A hole filling strategy for surface reconstruction from range images, Technical Report TR02.07.18, SUNY at Stony Brook.
- Watt, A. (2000). *3D Computer Graphics*, Addison-Wesley, Berkeley, U.S.A.
- Westoby, M.J., Brasington, J., Glasser, N.F., Hambrey, M.J., Reynolds, J.M. (2012). “Structure-from-Motion” photogrammetry: A low-cost, effective tool for geosciences applications, *Geomorphology*, Vol.**179**,p. 300-314.
- Wu, C. (2011). VisualSFM: A Visual Structure from Motion System, <http://www.cs.washington.edu/homes/ccwu/vsfm/> (accessed March 25, 2017)
- Zehetner, F. & Studnicka, N., (2007). *Cultural Heritage Documentation by Combining Near-Range Photogrammetry and Terrestrial Laser Scanning, St. Stephen's Cathedral, Vienna, Lasers in the Conservation of Artworks-Springer Proceedings in Physics*, vol. **116**, 2007, pp 561-571.

Διαδικτυακές πηγές

- Δ1:** Μικελάκης, Ε. (2016). Η πολιτιστική κληρονομιά και η ερμηνεία της στην ψηφιακή εποχή - Μέσω της χρήσης εφαρμογών σε έξυπνα κινητά τηλέφωνα.
<http://www.archaiologia.gr/blog/2016/12/12/%CE%B7-%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CF%84%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE-%CE%BA%CE%BB%CE%B7%CF%81%CE%BF%CE%BD%CE%BF%CE%BC%CE%B9%CE%AC-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CE%B7-%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%B7%CE%BD%CE%B5/>, ανακτήθηκε στις 30/5/2017.
- Δ2:** Ιερά Μητρόπολις Ρόδου. Η ιστορία της ροδιακής εκκλησίας.
<http://www.lindosmuseum.gr/>, ανακτήθηκε στις 21/2/2017.
- Δ3:** Φιλήμονος-Τσοποτού, Μ. Λίνδος – Ιστορικό.
http://odysseus.culture.gr/h/3/gh351.jsp?obj_id=2383, ανακτήθηκε στις 21/2/2017.
- Δ4:** Εφημερίς της Κυβερνήσεως, Αρ. Φύλλου 153 (2002, 28 Ιουνίου).
http://www.tap.gr/tapadb/files/nomothesia/nomoi/n.3028_2002.pdf ανακτήθηκε στις 25/3/2017.
- Δ5:** Εφημερίς της Κυβερνήσεως, Αρ. Φύλλου 275 (2006, 22 Δεκεμβρίου).
http://www.unesco.org/culture/natlaws/media/pdf/greece/gre_law3521_06_intangible_greorof ανακτήθηκε στις 25/3/2017.
- Δ6:** Ε.Κ. Αθηνά. (2007). Ψηφιοποίηση αντικειμένων.
http://www.ipet.gr/digitech2/index.php?option=com_content&task=view&id=48&Itemid=49 ανακτήθηκε στις 15/3/2017