



Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών
και Βιώσιμου Σχεδιασμού

ΠΜΣ Αποτύπωση και Τεκμηρίωση Μνημείων και
Αρχαιολογικών Χώρων

Διπλωματική Εργασία

Ψηφιακή αναστήλωση αρχαιολογικών χώρων
με χρήση τεχνητής νοημοσύνης

Μελέτη περίπτωσης- Η Παναγία του Μπούργκου στη Ρόδο

Μαρία Ειρήνη Γκιώνη

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Ματίνα Κιουρεξίδου

Ρόδος, Ιούνιος 2026



Ψηφιακή αναστήλωση βασισμένη σε αξονομετρικό σκίτσο γραφικής αποκατάστασης του Γ.Ντέλλα και περιγραφικό κείμενο. Ερμηνευτική απόδοση της TN με μεγάλο βαθμό εγκυρότητας (ChatGPT).

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία της φοιτήτριας («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.



Ψηφιακή αναστήλωση αρχαιολογικών χώρων
με χρήση τεχνητής νοημοσύνης

Μελέτη περίπτωσης- Η Παναγία του Μπούργκου στη Ρόδο

Μαρία Ειρήνη Γκιώνη

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Ματίνα Κιουρεξίδου

Επίκουρη Καθηγήτρια, Ιόνιο Πανεπιστήμιο

Μέλος ΣΕΠ, ΕΑΠ

Συν-Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Δανάη Φαίδρα Ποκομπέλλι

Μέλος ΣΕΠ, ΕΑΠ

Ρόδος, Ιούνιος 2026

...ένα μεγάλο ευχαριστώ, σε όσους μου
στάθηκαν σε αυτή την προσπάθεια. Είτε με τη
γνώση, είτε με την παρουσία τους...

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει τη συμβολή της Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) στη διατήρηση και την ψηφιακή αναστήλωση της πολιτιστικής κληρονομιάς, με έμφαση στην περίπτωση της Παναγίας του Μπούργκου στη Ρόδο. Αρχικά παρουσιάζεται το θεωρητικό πλαίσιο της πολιτιστικής κληρονομιάς. Η σημασία της για την κοινωνία, οι σύγχρονες απειλές που αντιμετωπίζει, καθώς και ο ρόλος των διεθνών οργανισμών και της σχετικής νομοθεσίας στην προστασία της. Ακολούθως, αναλύονται οι βασικές έννοιες της TN, τα είδη μάθησης και τα πεδία εφαρμογής της, με ιδιαίτερη αναφορά στις δυνατότητες αξιοποίησής της στον τομέα της πολιτιστικής κληρονομιάς. Στη συνέχεια διερευνώνται οι τεχνολογίες και οι μέθοδοι ψηφιακής αναστήλωσης, καθώς και οι τρόποι με τους οποίους η TN μπορεί να υποστηρίξει την αναπαράσταση και αποκατάσταση μνημείων που έχουν υποστεί φθορές ή καταστροφές. Για την έρευνα πραγματοποιήθηκε συλλογή, οργάνωση και αξιολόγηση ιστορικών, αρχιτεκτονικών και εικονογραφικών δεδομένων, με σαφή διάκριση μεταξύ τεκμηριωμένων πληροφοριών και υποθετικών στοιχείων. Η πρακτική εφαρμογή περιλαμβάνει τη σύγκριση δύο διαφορετικών προσεγγίσεων ψηφιακής αναστήλωσης. Η πρώτη βασίζεται στη μέθοδο text-to-image, όπου η TN παράγει εικόνες του μνημείου με βάση περιγραφικά κείμενα. Η δεύτερη αξιοποιεί φωτογραμμετρία, σχεδιαστικό λογισμικό και εργαλεία TN για τη δημιουργία και παραμετροποίηση τρισδιάστατου μοντέλου. Τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων συγκρίνονται ως προς την ακρίβεια, την αξιοπιστία, τον βαθμό τεκμηρίωσης και τη χρηστικότητά τους. Τέλος, εξετάζονται οι μελλοντικές προοπτικές της χρήσης της TN στην προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς, καθώς και τα ηθικά ζητήματα που προκύπτουν από την εφαρμογή της. Συμπερασματικά, η εργασία αναδεικνύει ότι η TN μπορεί να αποτελέσει ένα ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο για την ψηφιακή αναστήλωση μνημείων, υπό την προϋπόθεση ότι χρησιμοποιείται με επιστημονική υπευθυνότητα και κριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

Λέξεις – Κλειδιά

Τεχνητή Νοημοσύνη, ψηφιακή αναστήλωση, πολιτιστική κληρονομιά, φωτογραμμετρία, Blender, Παναγία του Μπούργκου.

Digital Reconstruction of Archaeological Sites Using Artificial Intelligence Case study - Our Lady of the Bourgh in Rhodes

Maria Eirini Gkioni

Abstract

This thesis examines the contribution of Artificial Intelligence (AI) to the preservation and digital reconstruction of cultural heritage, focusing on the case of the Church of Panagia tou Bourgou in Rhodes. Initially, the theoretical framework of cultural heritage is presented, highlighting its significance for society, the contemporary threats it faces, and the role of international organizations and relevant legislation in its protection. Furthermore, the fundamental concepts of Artificial Intelligence, its learning approaches, and its fields of application are analyzed, with particular emphasis on its potential use in the field of cultural heritage. The study then explores the technologies and methods of digital reconstruction, as well as the ways in which AI can support the representation and restoration of monuments that have suffered damage or destruction. The research involved the collection, organization, and evaluation of historical, architectural, and visual data, with a clear distinction between documented information and hypothetical assumptions. The practical application includes a comparison of two different digital reconstruction approaches. The first is based on the text-to-image method, in which AI generates visual representations of the monument from textual descriptions. The second approach utilizes photogrammetry, computer-aided design software, and AI tools for the creation and parameterization of a three-dimensional model. The results of the two methods are compared in terms of accuracy, reliability, level of documentation, and practical usefulness. Finally, the study examines the future prospects of AI in the protection of cultural heritage, as well as the ethical issues arising from its application. The findings demonstrate that Artificial Intelligence can serve as a valuable tool for the digital reconstruction of cultural monuments, provided that it is employed with scientific responsibility, proper documentation, and critical evaluation of the generated results.

Keywords

Artificial Intelligence, digital reconstruction, cultural heritage, photogrammetry, Blender, Our Lady of the Bourgh.

Περιεχόμενα

Περίληψη	v
Abstract	vi
Περιεχόμενα	vii
Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων	x
Κατάλογος Πινάκων	xi
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια	xii
1 Εισαγωγή	1
2 Θεωρητικό πλαίσιο	3
2.1 Η πολιτιστική κληρονομιά	3
2.1.1 Έννοια της πολιτιστικής κληρονομιάς - Η σημασία της για την κοινωνία - Απειλές και προβλήματα	3
2.1.2 Ο ρόλος των διεθνών οργανισμών και της νομοθεσίας	5
2.1.3 Τουρισμός, εκπαίδευση και κοινωνική ευαισθητοποίηση	6
2.2 Τεχνητή Νοημοσύνη	8
2.2.1 Τα είδη μάθησης Τεχνητής Νοημοσύνης και τα πεδία εφαρμογής της	9
2.3 Τεχνητή Νοημοσύνη και πολιτιστική κληρονομιά	12
2.3.1 Ψηφιακή αναστήλωση	13
2.3.2 Τεχνολογίες Ψηφιακής Αναστήλωσης	13
2.3.3 Εφαρμογή της ΤΝ στην ψηφιακή αναστήλωση	18
3 Μελέτη περίπτωσης- Η Παναγία του Μπούργκου στη Ρόδο	23
3.1 Περιγραφή του μνημείου	23
3.1.1 Ιστορική περιγραφή	23
3.1.2 Αρχιτεκτονική περιγραφή	26
3.2 Μεθοδολογία	31
3.2.1 Συλλογή και προετοιμασία δεδομένων	31
3.2.2 Οργάνωση του διαθέσιμου υλικού σε κατηγορίες	32

3.2.3 Διαχωρισμός τεκμηρίου από υπόθεση	33
3.3 Επιλογή μεθόδου (Α) παραγωγής εικόνων με χρήση ΤΝ	35
3.3.1 Μέθοδος: Text-to-image	36
3.3.2 Συμπεράσματα	40
3.4 Επιλογή μεθόδου (Β) παραγωγής 3D μοντέλου	40
3.4.1 Ψηφιακή αναστήλωση του μνημείου με φωτογραμμετρία, εισαγωγή σε σχεδιαστικό πρόγραμμα μοντελοποίησης και παραμετροποίηση με τη χρήση τεχνητής νοημοσύνης	40
3.4.2 Συμπεράσματα	53
3.5 Σύγκριση των 2 μεθόδων	54
4 Μελλοντικές Προοπτικές	55
5 Ηθικά ζητήματα	56
6 Συμπεράσματα	59
Βιβλιογραφία	61
Παράρτημα Α: «Φωτογραφικό υλικό για την καλύτερη κατανόηση του μνημείου»	67
Παράρτημα Β:«Σχέδια αποτύπωσης και γραφικής αποκατάστασης της α΄οικοδομικής φάσης του μνημείου»	70

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1	Συγκριτικός πίνακας εργαλείων με χρήση TN για ψηφιακή αναστήλωση μνημείων	22
Πίνακας 2	Αξιολόγηση τεκμηρίωσης	34
Πίνακας 3	Εργαλεία παραγωγής εικόνας	35
Πίνακας 4	Εργαλεία παραγωγής 3D μοντέλων	43
Πίνακας 5	Συγκριτικός πίνακας των 2 μεθόδων	54

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

TN	Τεχνητή Νοημοσύνη
GIS	Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών
Li-DAR	Ανίχνευση και Εύρεση Φωτός
VR	Εικονική Πραγματικότητα
AR	Επαυξημένη Πραγματικότητα
HBIM	Μοντελοποίηση Πληροφοριών Ιστορικών Κτιρίων
NV	Υπολογιστική όραση
NLP	Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας

1 Εισαγωγή

Ο πολιτισμός αποτυπώνεται στα μνημεία, στην τέχνη και στις παραδόσεις ενός τόπου. Εκφράζεται και διατηρείται μέσα από τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι αντιλαμβάνονται, σέβονται και αντιμετωπίζουν την υλική και άυλη κληρονομιά τους. Σύμφωνα με την UNESCO, η πολιτιστική κληρονομιά μεταδίδεται από γενιά σε γενιά και προσφέρει στις κοινότητες αίσθηση ταυτότητας και συνέχειας. Η σχέση αυτή προϋποθέτει σεβασμό προς το παρελθόν, τον άνθρωπο και τη γνώση που μεταφέρεται μέσα στον χρόνο. Έτσι, οι μνήμες και οι αξίες διατηρούνται και αποκτούν νέο νόημα στις σύγχρονες κοινωνίες. (UNESCO, 2003)

Η παρούσα διπλωματική εργασία βασίζεται σε μελέτη περίπτωσης (case study), με σκοπό τη διερεύνηση της συμβολής της Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) στις διαδικασίες ψηφιακής αναστήλωσης μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς. Ειδικότερα, η έρευνα δεν αποσκοπεί στην πρόταση τελικής αρχιτεκτονικής αποκατάστασης, αλλά επιδιώκει να εξετάσει τον τρόπο με τον οποίο σύγχρονα ψηφιακά εργαλεία και τεχνολογίες TN μπορούν να υποστηρίξουν τη δημιουργία τρισδιάστατων αναπαραστάσεων ιστορικών μνημείων, καθώς και να αναδείξει τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς των τεχνολογιών αυτών στο πλαίσιο της ψηφιακής τεκμηρίωσης της πολιτιστικής κληρονομιάς. Οι βασικοί στόχοι της έρευνας είναι:

1. η διερεύνηση των σύγχρονων τεχνολογιών και μεθόδων ψηφιακής αναπαράστασης και ανακατασκευής μνημείων,
2. η εξέταση των δυνατοτήτων των εργαλείων TN στη δημιουργία τρισδιάστατων ψηφιακών αναπαραστάσεων,
3. η εφαρμογή των τεχνολογιών αυτών σε συγκεκριμένο ιστορικό μνημείο και
4. η συγκριτική αξιολόγηση δύο διαφορετικών μεθοδολογικών προσεγγίσεων ψηφιακής ανακατασκευής.

Σε πρώτο στάδιο πραγματοποιείται βιβλιογραφική και θεωρητική διερεύνηση σχετικά με την έννοια της πολιτιστικής κληρονομιάς και της TN, τις σύγχρονες μεθόδους τρισδιάστατης τεκμηρίωσης μνημείων και τις εφαρμογές της TN στη δημιουργία και επεξεργασία ψηφιακών μοντέλων. Παράλληλα, εξετάζονται τα διαθέσιμα ψηφιακά εργαλεία και λογισμικά που αξιοποιούν τεχνικές TN, με στόχο την κατανόηση των δυνατοτήτων αλλά και των περιορισμών τους στη διαδικασία παραγωγής ψηφιακών αναπαραστάσεων.

Στη συνέχεια εφαρμόζεται μελέτη περίπτωσης που αφορά στην Παναγία του Μπούργκου, που βρίσκεται στη Μεσαιωνική Πόλη της Ρόδου. Η επιλογή του συγκεκριμένου μνημείου βασίζεται τόσο στο γεγονός ότι αποτελεί το αντιπροσωπευτικότερο παράδειγμα εκκλησίας γοθτικής αρχιτεκτονικής στη Ρόδο, όσο και στη σύνθετη ιστορική του πορεία και την αποσπασματική κατάσταση διατήρησής του (Ντέλλας, 2007, σελ.383). Το μνημείο παρουσιάζει έντονες φάσεις μεταβολών και παρεμβάσεων μέσα στον χρόνο, γεγονός που καθιστά αναγκαία την ερμηνευτική προσέγγιση της αρχικής του μορφής μέσω ψηφιακών μέσων.

Η πρακτική εφαρμογή της έρευνας αναπτύσσεται σε δύο βασικά στάδια. Σε πρώτο στάδιο επιχειρείται η δημιουργία ψηφιακών αναπαραστάσεων της α' οικοδομικής φάσης του μνημείου με τη χρήση εργαλείων TN που αξιοποιούν ως δεδομένα εισόδου περιγραφικό κείμενο, δισδιάστατα σχέδια και φωτογραφικό υλικό. Τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιούνται για την παραγωγή πιθανών μορφών ψηφιακής ανακατασκευής, με στόχο τη διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο τα εργαλεία TN ερμηνεύουν και συνθέτουν τις διαθέσιμες πληροφορίες.

Σε δεύτερο στάδιο, παραχθέν νέφος σημείων του μνημείου μέσω φωτογραμμετρικής αποτύπωσης αξιοποιείται ως γεωμετρική βάση για την περαιτέρω επεξεργασία και την ψηφιακή συμπλήρωση των χαμένων τμημάτων της α' οικοδομικής φάσης. Η διαδικασία πραγματοποιείται με τη χρήση τεχνικών ψηφιακής μοντελοποίησης και εργαλείων TN, ενώ υποστηρίζεται από δισδιάστατα σχέδια γραφικής αποκατάστασης, τα οποία συμβάλλουν στην τεκμηριωμένη ανασύσταση της αρχικής μορφής του μνημείου.

Τέλος, πραγματοποιείται συγκριτική αξιολόγηση των δύο προσεγγίσεων. Η αξιολόγηση βασίζεται σε κριτήρια όπως η ακρίβεια της γεωμετρίας, η μορφολογική πιστότητα, η πληρότητα της αναπαράστασης, ο βαθμός τεκμηρίωσης και ο ρόλος της επιστημονικής ερμηνείας στη διαδικασία παραγωγής των ψηφιακών μοντέλων. Μέσα από τη σύγκριση αυτή επιχειρείται η ανάδειξη των δυνατοτήτων αλλά και των περιορισμών της TN στη σύγχρονη πρακτική ψηφιακής τεκμηρίωσης της πολιτιστικής κληρονομιάς. Η έρευνα εντάσσεται στο επιστημονικό πεδίο της ψηφιακής πολιτιστικής κληρονομιάς και των σύγχρονων μεθόδων τεκμηρίωσης αρχαιολογικών χώρων και μνημείων.

Ερευνητικά ερωτήματα

Με βάση τον σκοπό και τη μεθοδολογική προσέγγιση της παρούσας εργασίας, διατυπώνονται τα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:

1. Ποια από τις δύο προσεγγίσεις ψηφιακής αναστήλωσης (text-to-image και φωτογραμμετρία/3D μοντελοποίηση με υποστήριξη TN παράγει αποτελέσματα με μεγαλύτερη τεκμηριωμένη αξιοπιστία για την αναπαράσταση της α' οικοδομικής φάσης της Παναγίας του Μπούργκου στη Ρόδο?
2. Ποιες είναι οι δυνατότητες και οι περιορισμοί των τεχνολογιών αυτών στη δημιουργία τρισδιάστατων ψηφιακών μοντέλων με βάση διαφορετικά δεδομένα εισαγωγής;
3. Πώς τεκμηριώνεται η γεωμετρική και μορφολογική ακρίβεια των αναπαραστάσεων που παράγονται με εργαλεία TN;
4. Ποιος είναι ο ρόλος της επιστημονικής ερμηνείας στη διαδικασία αξιοποίησης της TN για την ανακατασκευή ιστορικών μορφών;

Τα παραπάνω ερευνητικά ερωτήματα λειτουργούν ως πλαίσιο για την ανάλυση της μελέτης περίπτωσης και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της έρευνας, συμβάλλοντας στην κατανόηση της σημασίας των σύγχρονων υπολογιστικών τεχνολογιών στη διαχείριση και ανάδειξη της πολιτιστικής κληρονομιάς.

2 Θεωρητικό πλαίσιο

2.1 Η πολιτιστική κληρονομιά

2.1.1 Έννοια της πολιτιστικής κληρονομιάς - Η σημασία της για την κοινωνία - Απειλές και προβλήματα

Η πολιτιστική κληρονομιά, περιλαμβάνει τόσο τα υλικά στοιχεία, όπως τα μνημεία, τα αρχαιολογικά ευρήματα και τα ιστορικά κτίρια, όσο και τα άυλα στοιχεία, όπως οι παραδόσεις, οι γλώσσες, τα έθιμα και οι μορφές τέχνης που αναδημιουργούνται συνεχώς από τις κοινότητες (Gillis, 1994, σελ.14). Δεν περιορίζεται αποκλειστικά στο παρελθόν, αλλά διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο και στη διαμόρφωση του παρόντος και του μέλλοντος μιας κοινωνίας. Για παράδειγμα, τα μνημεία αποτελούν υλικές αποδείξεις της ιστορίας και της πολιτιστικής εξέλιξης των κοινωνιών. Μέσα από αυτά, οι άνθρωποι μπορούν να κατανοήσουν καλύτερα τον τρόπο ζωής, τις αξίες και τις καλλιτεχνικές εκφράσεις των προηγούμενων γενεών. Επιπλέον, συμβάλλουν στη διατήρηση της πολιτιστικής ταυτότητας και στην ενίσχυση της συλλογικής μνήμης μιας κοινωνίας. Φαίνεται σαν να «συμπυκνώνουν τον χρόνο σε έναν συγκεκριμένο χώρο» και να προσφέρουν στους

ανθρώπους την αίσθηση κοινής ταυτότητας, ανεξάρτητα από τις κοινωνικές, γεωγραφικές, θρησκευτικές ή άλλες διαφορές που τους διακρίνουν (Gillis, 1994, σελ.14).

Ιδιαίτερα σε τόπους με πλούσια ιστορία, όπως η Ρόδος, τα μνημεία αποτελούν σημαντικό στοιχείο της πολιτιστικής κληρονομιάς και συνδέονται άμεσα με την ταυτότητα και την ιστορική συνέχεια του ροδιακού πολιτισμού. Στην Ελλάδα, η προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς θεμελιώνεται στο Άρθρο 24 του Συντάγματος, το οποίο την καθιερώνει ως υποχρέωση του κράτους και δικαίωμα των πολιτών (*Σύνταγμα της Ελλάδας, άρθρο 24*). Η βασική νομοθετική ρύθμιση είναι ο Νόμος 4858/2021, που ορίζει ως πολιτιστικά αγαθά τις μαρτυρίες της ανθρώπινης δραστηριότητας με ιστορική, καλλιτεχνική ή επιστημονική αξία (*Ν. 4858/2021, άρθρο 2*) και προβλέπει την προστασία τόσο των αρχαίων όσο και των νεότερων μνημείων, καθώς και της άυλης πολιτιστικής κληρονομιάς(<https://www.e-nomothesia.gr/kat-arxaiotites/nomos-4858-2021-phek-220a-19-11-2021.html>).

Η νομοθεσία σε συνδυασμό με τρεις θεμελιώδεις αρχές, καθορίζουν τη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς τόσο στο θεωρητικό της υπόβαθρο όσο και στην πρακτική εφαρμογή της. Πρώτον, η αρχή της επιστημονικής τεκμηρίωσης που επιβάλλει κάθε ερμηνεία ή υπόθεση να στηρίζεται σε αξιόπιστα και ελέγξιμα δεδομένα, διασφαλίζοντας τη δυνατότητα επαλήθευσης ή διάψευσης. Δεύτερον, η αρχή της προστασίας των αρχαιοτήτων που υπογραμμίζει τον μοναδικό και μη ανανεώσιμο χαρακτήρα της πολιτιστικής κληρονομιάς, καθιστώντας επιτακτική την ανάγκη διατήρησης και αποφυγής κάθε μορφής φθοράς ή απώλειας. Τρίτον, η αρχή της ανάδειξης που διευρύνει τον ρόλο της αρχαιολογίας πέρα από την έρευνα και τη διατήρηση, προωθώντας τη διάχυση της γνώσης στο ευρύ κοινό και συμβάλλοντας στη διαμόρφωση συλλογικής ιστορικής συνείδησης (Μαστραντώνης, 2008, σελ.280).

Οι φυσικές και ανθρωπογενείς καταστροφές όμως, αποτελούν σημαντικούς παράγοντες κινδύνου για τα μνημεία και επηρεάζουν τη διατήρησή τους σε πολλαπλά επίπεδα. Φαινόμενα όπως σεισμοί, πλημμύρες, πυρκαγιές, αλλά και ένοπλες συγκρούσεις και τρομοκρατικές ενέργειες, μπορούν να προκαλέσουν εκτεταμένες φθορές ή ακόμη και ολοκληρωτική καταστροφή, αλλοιώνοντας την αισθητική, ιστορική και πολιτιστική τους αξία. Παράλληλα, η κλιματική αλλαγή εντείνει την έκθεση των μνημείων σε κινδύνους, μέσω της αύξησης ακραίων καιρικών φαινομένων και της μεταβολής περιβαλλοντικών συνθηκών, γεγονός που ενισχύει την ευαλωτότητα τόσο των πολιτιστικών όσο και των φυσικών στοιχείων της κληρονομιάς. Επιπλέον, οι επιπτώσεις των

καταστροφών δεν περιορίζονται μόνο στη φυσική υπόσταση των μνημείων, αλλά επεκτείνονται και στις τοπικές κοινωνίες, επηρεάζοντας την οικονομία, τον τουρισμό και τα μέσα διαβίωσης, ενώ ταυτόχρονα δυσχεραίνουν το έργο των φορέων διαχείρισης λόγω περιορισμένων πόρων και αυξημένων πιέσεων χρήσης του χώρου. Συνεπώς, καθίσταται αναγκαία η ανάπτυξη ολοκληρωμένων στρατηγικών διαχείρισης κινδύνου, με στόχο τη μείωση των επιπτώσεων και τη διασφάλιση της μακροχρόνιας προστασίας των μνημείων (UNESCO, 2010, σελ.8-11).

2.1.2 Ο ρόλος των διεθνών οργανισμών και της νομοθεσίας

Σε εθνικό επίπεδο, οι νόμοι και οι πολιτικές διαχείρισης της πολιτιστικής κληρονομιάς συμβάλλουν στην προστασία των μνημείων και στην αποτροπή ενεργειών που μπορεί να τα θέσουν σε κίνδυνο. Καθώς όμως το ζήτημα δεν περιορίζεται σε τοπικό επίπεδο, η αναγκαία δράση διεθνών οργανισμών και συμβάσεων λειτουργεί συμπληρωματικά σε παγκόσμιο και ευρωπαϊκό επίπεδο. Κεντρικό ρόλο διαδραματίζει η UNESCO, η οποία μέσω διεθνών συμβάσεων και προγραμμάτων προωθεί την αναγνώριση και προστασία μνημείων παγκόσμιας αξίας. Ταυτόχρονα, συμβάλλει στη διασφάλιση της πολυφωνίας των πολιτιστικών εκφράσεων και της ταυτότητας των λαών και προάγει τον διαπολιτισμικό διάλογο, την αλληλεγγύη και την αμοιβαία κατανόηση μεταξύ των κρατών (UNESCO, 2005, άρθρα 1, 2 & 12) λειτουργώντας ως γέφυρα επικοινωνίας ανάμεσα στους λαούς και συμβάλλοντας στην ειρηνική συνύπαρξη και συνεργασία τους.

Παράλληλα, οργανισμοί όπως το ICOMOS (International Council on Monuments and Sites) (<https://www.icomos.org/the-history-of-icomos/>) συμβάλλουν επιστημονικά στη διατήρηση μνημείων και ιστορικών τόπων με σημαντική την υιοθέτηση της Χάρτας της Βενετίας (1964), η οποία αποτελεί θεμελιώδες κείμενο για τη διατήρηση και αποκατάσταση μνημείων και ιστορικών τόπων. Η Χάρτα έθεσε βασικές αρχές σχετικά με τον σεβασμό της αυθεντικότητας, της ιστορικής αξίας και της αισθητικής των μνημείων, ενώ παράλληλα, τόνισε ότι κάθε επέμβαση πρέπει να βασίζεται σε επιστημονική τεκμηρίωση και να αποφεύγει την αλλοίωση του χαρακτήρα των μνημείων, συμβάλλοντας έτσι στη διαμόρφωση ενός ενιαίου διεθνούς πλαισίου προστασίας της πολιτιστικής κληρονομιάς.

Το ICCROM (International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property) επικεντρώνεται στην εκπαίδευση και κατάρτιση ειδικών στον τομέα της συντήρησης. Το ICOM (International Council of Museums) προωθεί τη σωστή διαχείριση και προστασία των

μουσειακών συλλογών, καθώς και του Παγκόσμιου Ταμείου Μνημείων, που επικεντρώνεται στη διάσωση μνημείων που βρίσκονται σε άμεσο κίνδυνο.

Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, οργανισμοί όπως το Europa Nostra και το Συμβούλιο της Ευρώπης διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ενίσχυση της διακρατικής συνεργασίας και στην προώθηση κοινών πολιτικών για την προστασία και ανάδειξη της πολιτιστικής κληρονομιάς. Στο πλαίσιο αυτό, ιδιαίτερα σημαντική θεωρείται η αναθεωρημένη Ευρωπαϊκή Σύμβαση της Βαλέτας (1992), η οποία επικεντρώνεται ειδικά στη διατήρηση και διαχείριση των αρχαιολογικών χώρων. Η Σύμβαση αναγνωρίζει ότι η αρχαιολογική κληρονομιά αποτελεί βασική πηγή συλλογικής μνήμης και ιστορικής γνώσης και υπογραμμίζει την ανάγκη ενσωμάτωσης της προστασίας της στον χωροταξικό και αναπτυξιακό σχεδιασμό. Παράλληλα, προωθεί τη συνεργασία μεταξύ κρατών, την εφαρμογή προληπτικών μέτρων προστασίας και τη χρηματοδότηση αρχαιολογικών ερευνών πριν από την υλοποίηση τεχνικών ή αναπτυξιακών έργων. Στην Ελλάδα, η Σύμβαση κυρώθηκε με τον Ν. 3378/2005 και αποτελεί σημαντικό εργαλείο για την προστασία της αρχαιολογικής κληρονομιάς. Συνολικά, η συμβολή των διεθνών αυτών φορέων είναι καθοριστική, καθώς διαμορφώνουν ένα συνεκτικό πλαίσιο δράσης, ενισχύουν την ανταλλαγή τεχνογνωσίας και προάγουν την παγκόσμια ευθύνη για τη διαφύλαξη της πολιτιστικής κληρονομιάς.

2.1.3 Τουρισμός, εκπαίδευση και κοινωνική ευαισθητοποίηση

Σε συνάρτηση με τα παραπάνω, η πολιτιστική κληρονομιά, ως βασικό στοιχείο της ταυτότητας ενός τόπου, σε συνδυασμό με τη δράση διεθνών οργανισμών και συμβάσεων που προωθούν την προστασία και τη βιώσιμη διαχείρισή της, συμβάλλει ουσιαστικά στην ανάπτυξη του πολιτιστικού τουρισμού. Η σχέση μεταξύ πολιτιστικής κληρονομιάς και τουρισμού είναι αμφίδρομη, καθώς ο τουρισμός επηρεάζει άμεσα τη διατήρηση, την ανάδειξη και τη βιώσιμη αξιοποίηση των μνημείων και των πολιτιστικών αγαθών. Από τη μία πλευρά, η τουριστική ανάπτυξη μπορεί να ενισχύσει την τοπική οικονομία και να δημιουργήσει τους απαραίτητους πόρους για τη συντήρηση, προστασία και προβολή της πολιτιστικής κληρονομιάς. Από την άλλη πλευρά, η ανεξέλεγκτη ή μαζική τουριστική δραστηριότητα ενδέχεται να επιφέρει σημαντικές πιέσεις στα μνημεία και τους αρχαιολογικούς χώρους, προκαλώντας φθορές και αλλοιώνοντας τον ιστορικό τους χαρακτήρα, ιδιαίτερα όταν απουσιάζουν αποτελεσματικά μέτρα διαχείρισης και προστασίας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Μεσαιωνική Πόλη της Ρόδου, όπου σύμφωνα με πρόσφατη έρευνα, παρατηρείται υψηλή συγκέντρωση βραχυχρόνιων μισθώσεων τόσο εντός των ορίων της όσο και

στις γειτονικές περιοχές. Η εξέλιξη αυτή καθιστά αναγκαία τη συστηματική παρακολούθηση της χωρικής σχέσης των τουριστικών καταλυμάτων με τα τείχη και τα ιστορικά μνημεία που βρίσκονται εντός του μνημείου, το οποίο έχει ενταχθεί στον Κατάλογο Μνημείων Παγκόσμιας Κληρονομιάς της UNESCO από το 1988 (Chatzi κ.ά., 2025). Η περίπτωση αυτή αναδεικνύει την ανάγκη εφαρμογής πολιτικών βιώσιμης τουριστικής ανάπτυξης, οι οποίες θα διασφαλίζουν την ισορροπία μεταξύ της τουριστικής αξιοποίησης και της αποτελεσματικής προστασίας της πολιτιστικής κληρονομιάς.

Ιδιαίτερα σημαντική επίσης, είναι η εκπαίδευση από μικρή ηλικία, που αποτελεί έναν καθοριστικό πυλώνα για τη διαμόρφωση της ιστορικής συνείδησης και της πολιτισμικής ταυτότητας. Η εκπαίδευση σχετικά με την πολιτιστική κληρονομιά συμβάλλει ουσιαστικά στην κατανόηση του παρελθόντος και στη σύνδεσή του με το παρόν και το μέλλον. Ενισχύει την ικανότητα των παιδιών να προσεγγίζουν κριτικά την ιστορία και να αναγνωρίζουν τη σημασία της πολιτιστικής κληρονομιάς τόσο σε τοπικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο, καλλιεργώντας ταυτόχρονα τον σεβασμό προς τη διαφορετικότητα. Επιπλέον, μέσω της αξιοποίησης στοιχείων του παρελθόντος, κατανοούν τη σημασία των μνημείων και αναπτύσσουν σεβασμό απέναντι στην πολιτιστική τους κληρονομιά διαμορφώνοντας πολίτες με αυξημένη περιβαλλοντική και πολιτιστική συνείδηση (Wilhelm, 2004, σελ.57-60).

Παράλληλα, η κοινωνική ευαισθητοποίηση για την πολιτιστική κληρονομιά συνιστά κρίσιμο παράγοντα για την αποτελεσματική προστασία και διατήρησή της, καθώς ενισχύει τη συνείδηση των πολιτών σχετικά με τα δικαιώματα και τις υποχρεώσεις τους απέναντι στο πολιτιστικό περιβάλλον. Επειδή το δικαίωμα του πολίτη στην πολιτιστική κληρονομιά συνδέεται άρρηκτα με την ανάγκη καλλιέργειας γνώσης, αξιών και στάσεων που προάγουν την υπευθυνότητα και τη συλλογική δράση. Στο πλαίσιο αυτό, η ενημέρωση και η ευαισθητοποίηση μέσω πολιτιστικών δράσεων, εκθέσεων και εκπαιδευτικών προγραμμάτων συμβάλλουν ουσιαστικά στην ενεργή συμμετοχή των πολιτών, ενισχύοντας την ικανότητά τους να αναγνωρίζουν τη σημασία των μνημείων και να δρουν υπέρ της προστασίας τους. Η αμφίδρομη αυτή ενέργεια σε συνδυασμό με την εκπαίδευση, λειτουργεί ως βασικός μηχανισμός διάδοσης αυτών των αξιών, καλλιεργώντας ένα πνεύμα «πολιτιστικής συνείδησης» και αλληλεγγύης, το οποίο αποτελεί θεμέλιο για τη βιώσιμη διαχείριση της πολιτιστικής κληρονομιάς και τη διασφάλιση της διαγενεακής της συνέχειας (Σκουλάς & Σκουλά, 2011, σελ. 31).

2.2 Τεχνητή Νοημοσύνη (TN)

Η Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence – AI) αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους κλάδους της επιστήμης των υπολογιστών, που εξελίσσεται συνεχώς. Ασχολείται με την ανάπτυξη συστημάτων που είναι ικανά να εκτελούν εργασίες οι οποίες παραδοσιακά απαιτούν ανθρώπινη νοημοσύνη. Ο όρος TN χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στο συνέδριο Dartmouth το 1956, το οποίο θεωρείται η απαρχή της οργανωμένης έρευνας. Στον συγκεκριμένο τομέα., πλήθος ανιχνευτών αντιλαμβάνονται το περιβάλλον τους, συνεργάζονται μεταξύ τους και ενεργούν με τρόπο που μεγιστοποιεί την πιθανότητα επιτυχίας των στόχων τους (Χαραλαμπίδης, 2025, σελ.8).

Η ανάπτυξη της TN βασίζεται στον συνδυασμό μεθόδων και θεωριών από διάφορους επιστημονικούς κλάδους. Η διεπιστημονικότητα αυτή, διαγράφεται στην ιστορική της εξέλιξη, καθώς το πεδίο διαμορφώθηκε μέσα από τη συμβολή επιστημών όπως τα Μαθηματικά, η Ηλεκτρονική και η Ψυχολογία, με βασικό στόχο την κατανόηση και την προσομοίωση πτυχών της ανθρώπινης νοημοσύνης (Γεωργούλη, 2015, σελ.12). Διαδικασίες όπως η μάθηση, η επίλυση προβλημάτων, η κατανόηση φυσικής γλώσσας και η αναγνώριση αντικειμένων αποτελούν χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την ευφυΐα στην ανθρώπινη συμπεριφορά και με τον σχεδιασμό ευφών υπολογιστικών συστημάτων (Γεωργούλη, 2015, σελ.13). Σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, συνδέεται και με κλάδους όπως η Εξόρυξη Δεδομένων, οι Πιθανότητες και η Στατιστική, η Θεωρία της Πληροφορίας, η Γνωστική Ψυχολογία, η Νευροβιολογία και η Γλωσσολογία. Μέσα από αυτές τις “συνεργασίες”, τις τελευταίες δεκαετίες, η δυνατότητα των υπολογιστικών συστημάτων να μαθαίνουν από εμπειρία και να δημιουργούν μοντέλα ή πρότυπα από σύνολα δεδομένων συνέβαλε σημαντικά στην εξέλιξη της TN και των εφαρμογών της (Γεωργούλη, 2015, σελ.127). Επιπλέον, η εξάπλωση του διαδικτύου και ο μεγάλος όγκος πληροφοριών οδήγησαν στην ανάπτυξη συστημάτων βασισμένων σε τεχνικές, όπως υβριδικά συστήματα μηχανικής μάθησης, μηχανές ευφούς αναζήτησης, συστήματα εξόρυξης δεδομένων και συμβουλευτικά συστήματα (Γεωργούλη, 2015, σελ.17). Σήμερα, η TN εφαρμόζεται σε πλήθος τομέων, μεταξύ των οποίων η αναγνώριση εικόνας και προτύπων, η επεξεργασία φυσικής γλώσσας, η αναγνώριση φωνής, η ρομποτική, τα έμπειρα συστήματα, τα νευρωνικά δίκτυα, οι γενετικοί αλγόριθμοι και οι ευφυείς πράκτορες (Γεωργούλη, 2015, σελ. 15, 20-21).

2.2.1 Τα είδη μάθησης ΤΝ και τα πεδία εφαρμογής της

Η ΤΝ περιλαμβάνει πολλούς επιμέρους κλάδους που εστιάζουν σε διαφορετικές πτυχές αντιστοίχισης με την ανθρώπινη νοημοσύνη. Μεταξύ των σημαντικότερων επιμέρους κλάδων, συγκαταλέγονται η μηχανική μάθηση και η βαθιά μάθηση. Η *Μηχανική Μάθηση* (Machine Learning) αναφέρεται σε αλγορίθμους που επιτρέπουν στα υπολογιστικά συστήματα να μαθαίνουν από δεδομένα και να βελτιώνουν την απόδοσή τους χωρίς να απαιτείται ρητός προγραμματισμός για κάθε πιθανή περίπτωση. Ένα πρόγραμμα δηλαδή, θεωρείται ότι μαθαίνει από εμπειρία όταν η απόδοσή του σε μια συγκεκριμένη εργασία βελτιώνεται μέσω της επεξεργασίας δεδομένων. Βασίζεται σε στατιστικές και μαθηματικές τεχνικές που επιτρέπουν την αναγνώριση προτύπων σε μεγάλα σύνολα δεδομένων. Οι βασικές κατηγορίες της μηχανικής μάθησης είναι η επιβλεπόμενη μάθηση, η μη επιβλεπόμενη μάθηση και η ενισχυτική μάθηση. Στην επιβλεπόμενη μάθηση τα μοντέλα εκπαιδεύονται με δεδομένα που περιλαμβάνουν ετικέτες ή σωστές απαντήσεις, ενώ στη μη επιβλεπόμενη μάθηση τα συστήματα προσπαθούν να εντοπίσουν κρυφές δομές στα δεδομένα χωρίς προκαθορισμένες κατηγορίες. Στην ενισχυτική μάθηση, ο αλγόριθμος αλληλεπιδρά με το περιβάλλον του και λαμβάνει ανταμοιβές ή ποινές για τις ενέργειές του. Μέσω αυτής της διαδικασίας το σύστημα μαθαίνει σταδιακά να επιλέγει τις ενέργειες που οδηγούν στη μέγιστη ανταμοιβή (Γριβοκωστόπουλος, 2024, σελ.12-16). Η βασική διαφορά της Μηχανικής Μάθησης από την κλασική αλγοριθμική προσέγγιση είναι ότι αντί να εφαρμόζονται προκαθορισμένοι κανόνες στα δεδομένα, οι κανόνες προκύπτουν αυτόματα από τα ίδια τα δεδομένα και τα αποτελέσματα, δημιουργώντας συχνά ένα κενό γνώσης (ή αλλιώς “μαύρο κουτί”) για το πώς προέκυψαν τα δεδομένα (Χαραλαμπάκης, 2025, σελ.8).

Η *Βαθιά Μάθηση* (Deep Learning) αποτελεί υποκατηγορία της μηχανικής μάθησης και βασίζεται στη χρήση τεχνητών νευρωνικών δικτύων πολλών επιπέδων. Τα δίκτυα αυτά, είναι εμπνευσμένα από τη λειτουργία του ανθρώπινου εγκεφάλου και αποτελούνται από πολλαπλά επίπεδα τεχνητών νευρώνων που επεξεργάζονται δεδομένα μέσω μαθηματικών συναρτήσεων. Αποτελεί μια εκπαιδευτική διαδικασία κατά την οποία το δίκτυο “μαθαίνει” από τα λάθη του και χωρίζεται σε δύο φάσεις. Αρχικά πραγματοποιείται η εμπρόσθια διάδοση (*forward propagation*), κατά την οποία τα δεδομένα εισόδου διέρχονται διαδοχικά από τα επίπεδα του δικτύου και παράγεται μια πρόβλεψη. Στη συνέχεια, ακολουθεί ο υπολογισμός του σφάλματος, όπου η παραγόμενη πρόβλεψη συγκρίνεται με την πραγματική τιμή-στόχο, προκειμένου να προσδιοριστεί το μέγεθος της απόκλισης. Έπειτα εφαρμόζεται η διαδικασία της οπισθοδιάδοσης (*backpropagation*), κατά την

οποία το σφάλμα διαδίδεται προς τα πίσω, από το επίπεδο εξόδου προς τα επίπεδα εισόδου, επιτρέποντας τον υπολογισμό της συμβολής κάθε παραμέτρου (βάρους) στο συνολικό σφάλμα. Τέλος, πραγματοποιείται η ενημέρωση των βαρών, συνήθως μέσω της μεθόδου της απότομης καθόδου (*gradient descent*), με στόχο τη σταδιακή ελαχιστοποίηση του σφάλματος και τη βελτίωση της απόδοσης του δικτύου σε επόμενες επαναλήψεις. Η τεχνική αυτή επιτρέπει στα δίκτυα να μαθαίνουν πολύπλοκες σχέσεις μεταξύ των δεδομένων. Η βαθιά μάθηση έχει οδηγήσει σε σημαντικές προόδους σε πολλούς τομείς της ΤΝ, όπως είναι η αναγνώριση εικόνας και φωνής καθώς και η επεξεργασία φυσικής γλώσσας που αποτελεί τη βασική τεχνολογία πίσω από πολλές σύγχρονες εφαρμογές ΤΝ, όπως τα μεγάλα γλωσσικά μοντέλα (Προυσαλίδης, 2022, σελ.19-20).

Ανάμεσα στις σύγχρονες εφαρμογές ΤΝ, συγκαταλέγονται η Υπολογιστική Όραση, η Παραγωγική ΤΝ, η Παραγωγή εικόνων, η επεξεργασία φυσικής γλώσσας, η ρομποτική. Η *Υπολογιστική Όραση (Computer Vision)* αποτελεί έναν δυναμικό τομέα που αποσκοπεί στην κατανόηση και ανάλυση οπτικών δεδομένων από μηχανές, προσεγγίζοντας τη λειτουργία της ανθρώπινης όρασης. Από τα πρώτα της βήματα, η ερευνήθηκαν βασικές διεργασίες όπως η εξαγωγή χαρακτηριστικών, η αναγνώριση αντικειμένων και η τμηματοποίηση εικόνων. Παράλληλα, η εξέλιξη των αισθητήρων και της υπολογιστικής ισχύος συνέβαλαν καθοριστικά στην πρόοδό της. Η κατανόηση σύνθετων σκηνών παραμένει απαιτητική λόγω της πολυπλοκότητας της οπτικής πληροφορίας. Για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων έχουν αναπτυχθεί διαφορετικές προσεγγίσεις, όπως η χαμηλού επιπέδου (*bottom-up*) επεξεργασία που βασίζεται σε χαρακτηριστικά της εικόνας, καθώς και η υψηλού επιπέδου (*top-down*) που αξιοποιεί προηγούμενη γνώση και σημασιολογική πληροφορία. Ο συνδυασμός αυτών των μεθόδων επιτρέπει πιο ολοκληρωμένη και αποτελεσματική ανάλυση, καθιστώντας την υπολογιστική όραση βασικό εργαλείο σε πλήθος σύγχρονων εφαρμογών (Παπανδρέου, 2009, σελ.1-2). Ιδιαίτερη σημασία παρουσιάζει η διαδικασία ανακατασκευής ελλιπών περιοχών μιας εικόνας, η οποία βασίζεται τόσο στα διαθέσιμα δεδομένα όσο και στη δομή των γειτονικών περιοχών. Η προσέγγιση αυτή ενσωματώνει αντιληπτικούς μηχανισμούς που σχετίζονται με την ανθρώπινη όραση, όπως η ομαδοποίηση στοιχείων και η συνέχεια των μορφών. Πειραματικά ευρήματα από τον χώρο της ψυχολογίας καταδεικνύουν ότι ο ανθρώπινος εγκέφαλος τείνει να συμπληρώνει τα κενά με τρόπο συνεκτικό και φυσικό. Αρχές όπως η εγγύτητα, η ομοιότητα και η λογική συνέχεια διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην οργάνωση της οπτικής πληροφορίας. Οι τεχνικές αυτές βρίσκουν ευρεία εφαρμογή σε πεδία όπως

η επεξεργασία εικόνας, η αποκατάσταση φθορών και η ψηφιακή επεξεργασία πολυμέσων (Παπανδρέου, 2009, σελ.3).

Ένα από τα πλέον καθοριστικά εργαλεία στον τομέα της ανάλυσης εικόνας είναι τα *συνελικτικά νευρωνικά δίκτυα* (Convolutional Neural Networks – CNNs), τα οποία εφαρμόζονται εκτενώς σε προβλήματα αναγνώρισης και ταξινόμησης οπτικών δεδομένων. Η λειτουργία τους αντλεί έμπνευση από το ανθρώπινο οπτικό σύστημα και ειδικότερα από τη δομή του οπτικού φλοιού, όπου τα νευρικά κύτταρα ενεργοποιούνται σε τοπικές περιοχές του οπτικού πεδίου. Με παρόμοιο τρόπο, τα δίκτυα αυτά επεξεργάζονται την εικόνα σε επιμέρους τμήματα, εξάγοντας βασικά χαρακτηριστικά, όπως όρια αντικειμένων, όρια επιφανειών και επαναλαμβανόμενα μοτίβα. Παράλληλα, εμφανίζουν αυξημένη ανθεκτικότητα σε μικρές μεταβολές της εικόνας, επιτρέποντας την αναγνώριση αντικειμένων ακόμη και όταν αυτά παρουσιάζουν διαφοροποιήσεις. Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά νευρωνικά δίκτυα, τα CNNs διαχειρίζονται τρισδιάστατους όγκους δεδομένων (πλάτος, ύψος και βάθος), όπου κάθε επίπεδο μετασχηματίζει την είσοδο σε έναν νέο όγκο εξόδου, συμβάλλοντας στη σταδιακή εξαγωγή πιο σύνθετων αναπαραστάσεων. Συνολικά, αποτελούν ιδιαίτερα “αποτελεσματικά μέσα” για την επεξεργασία και κατανόηση οπτικών πληροφοριών (Κονδυλίδης, 2016, σελ.23–24).

Η *Παραγωγική Τεχνητή Νοημοσύνη* (Generative AI) αναφέρεται σε συστήματα που μπορούν να δημιουργούν νέο περιεχόμενο, όπως κείμενο, εικόνες, μουσική ή βίντεο. Τα συστήματα αυτά βασίζονται σε μοντέλα που μαθαίνουν την κατανομή των δεδομένων εκπαίδευσης και στη συνέχεια παράγουν νέα δεδομένα με παρόμοια χαρακτηριστικά. Συνήθως βασίζεται σε μη επιβλεπόμενη ή μερικώς επιβλεπόμενη μάθηση. Σημαντικότερη τεχνική της παραγωγικής TN αποτελούν τα Γενετικά Ανταγωνιστικά Δίκτυα (Generative Adversarial Networks - GANs). Συγκεκριμένα, δύο νευρωνικά δίκτυα λειτουργούν ανταγωνιστικά μεταξύ τους με στόχο την επίτευξη ισορροπίας (Nash) κατά τη διαδικασία εκπαίδευσης. Το ένα δίκτυο, ο Γεννήτορας (Generator), επιδιώκει να παράγει συνθετικά δεδομένα που προσεγγίζουν όσο το δυνατόν περισσότερο την κατανομή των πραγματικών δεδομένων, ενώ το άλλο, ο Διακριτής (Discriminator), στοχεύει στο να διακρίνει με ακρίβεια τα πραγματικά δείγματα από τα παραγόμενα και αξιολογεί την αυθεντικότητά τους. Η βέλτιστη κατάσταση επιτυγχάνεται όταν ο Διακριτής αδυνατεί να διακρίνει αν ένα δείγμα προέρχεται από τα πραγματικά δεδομένα ή από τον Γεννήτορα. Σε αυτό το σημείο, ο Γεννήτορας έχει καταφέρει να μάθει αποτελεσματικά την κατανομή των πραγματικών δεδομένων (Zhaoqing κ.ά., 2019, σελ.36323). Τα τελευταία χρόνια, η

Παραγωγική ΤΝ έχει αποκτήσει ιδιαίτερη σημασία λόγω της ανάπτυξης μεγάλων γλωσσικών μοντέλων, τα οποία μπορούν να παράγουν συνεκτικό κείμενο και να υποστηρίζουν εφαρμογές όπως συστήματα συνομιλίας, δημιουργία περιεχομένου και αυτόματη παραγωγή κώδικα. Πρωτοστάτης αυτής της νέας δυναμικής ήταν το ChatGPT, ένα chatbot (ρομπότ συνομιλίας) παραγωγικής ΤΝ που μπορεί να συνομιλεί με τον χρήστη σχεδόν για οποιοδήποτε θέμα, και στη συνέχεια το DALL·E, ένα μοντέλο παραγωγής εικόνων που μετατρέπει κείμενο σε εικόνα (Text-to-Image). Σήμερα, τα δύο παραδείγματα που αντιπροσωπεύουν τις πιο δημοφιλείς εφαρμογές της παραγωγικής ΤΝ είναι το Text-to-Text και Text-to-Image. Ωστόσο, το ChatGPT ήταν αυτό που σημείωσε πρωτοφανή επιτυχία και ευρεία αποδοχή (Mitrou, 2023, σελ.16).

Η *Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας* (Natural Language Processing – NLP) επικεντρώνεται στην κατανόηση και παραγωγή ανθρώπινης γλώσσας από υπολογιστικά συστήματα. Ο στόχος του νευρωνικού δικτύου είναι να επιτρέψει στους υπολογιστές να επικοινωνούν με τους ανθρώπους χρησιμοποιώντας φυσική γλώσσα. Οι τεχνικές NLP συνδυάζουν μεθόδους μηχανικής μάθησης, στατιστικής ανάλυσης και γλωσσολογίας. Οι εφαρμογές περιλαμβάνουν τη μηχανική μετάφραση, τα συστήματα ερωτήσεων και απαντήσεων, την ανάλυση συναισθήματος και τους ψηφιακούς βοηθούς. Η εξέλιξη της βαθιάς μάθησης έχει συμβάλει σημαντικά στη βελτίωση των συστημάτων επεξεργασίας φυσικής γλώσσας, επιτρέποντας την ανάπτυξη πιο εξελιγμένων μοντέλων που μπορούν να κατανοούν το νόημα των προτάσεων και να παράγουν φυσικό και συνεκτικό κείμενο. Στην ψηφιακή αναστήλωση πολιτιστικών τεκμηρίων, το NLP αφορά κυρίως την αποκατάσταση, ανάλυση και κατανόηση κειμενικών πηγών.

2.3 Τεχνητή Νοημοσύνη και πολιτιστική κληρονομιά

Η ΤΝ αποτελεί πλέον ένα σημαντικό εργαλείο για την προστασία, τεκμηρίωση και ανάδειξη της πολιτιστικής κληρονομιάς. Μέσω προηγμένων αλγορίθμων, είναι δυνατή η επεξεργασία μεγάλου όγκου δεδομένων που προέρχονται από φωτογραφίες, τρισδιάστατες αποτυπώσεις, ιστορικά αρχεία και γεωχωρικές πληροφορίες, συμβάλλοντας στην ακριβέστερη καταγραφή και ανάλυση μνημείων και αρχαιολογικών χώρων. Επιπλέον, η ΤΝ υποστηρίζει τη δημιουργία ψηφιακών αναπαραστάσεων, την αναγνώριση φθορών και την παρακολούθηση της κατάστασης διατήρησης των μνημείων, ενώ παράλληλα διευκολύνει την πρόσβαση του κοινού στην πολιτιστική κληρονομιά μέσω διαδραστικών εφαρμογών και εικονικών περιηγήσεων. Η αξιοποίησή της ενισχύει τόσο την επιστημονική έρευνα όσο και τη βιώσιμη διαχείριση της πολιτιστικής

κληρονομιάς, προσφέροντας νέες δυνατότητες για τη διατήρηση και προβολή της στις επόμενες γενιές.

2.3.1 Ψηφιακή αναστήλωση

Η ψηφιακή αναστήλωση αποτελεί μια σύγχρονη μέθοδο διατήρησης και ανάδειξης της πολιτιστικής κληρονομιάς. Βασίζεται στη χρήση ψηφιακών τεχνολογιών για την αναπαράσταση ή την ανακατασκευή μνημείων και αρχαιολογικών χώρων, προσφέροντας τη δυνατότητα πειραματισμού με διαφορετικές υποθέσεις αποκατάστασης χωρίς τον κίνδυνο αλλοίωσης του αυθεντικού υλικού. Μέσω τεχνολογιών όπως η τρισδιάστατη σάρωση (3D scanning), η φωτογραμμετρία και τα ψηφιακά μοντέλα, είναι δυνατή η δημιουργία ψηφιακών αντιγράφων μνημείων που έχουν υποστεί φθορές ή έχουν καταστραφεί. Δεν επεμβαίνει άμεσα στο ίδιο το μνημείο, αλλά δημιουργεί ψηφιακές αναπαραστάσεις μεγάλης ακρίβειας, που επιτρέπουν την εικονική ανακατασκευή του. Επιπλέον, τα ψηφιακά μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την τεκμηρίωση της κατάστασης ενός μνημείου και την παρακολούθηση των αλλαγών που συμβαίνουν με την πάροδο του χρόνου.

Αντίθετα, στην παραδοσιακή αναστήλωση που στόχο έχει τη διατήρηση της αυθεντικότητας ενός μνημείου και την προστασία του από περαιτέρω φθορές, περιλαμβάνονται εργασίες συντήρησης, στερέωσης και αποκατάστασης των δομικών στοιχείων του. Τις μεθόδους αυτές εφαρμόζουν εξειδικευμένοι επιστήμονες, όπως αρχαιολόγοι, αναστηλωτές αρχιτέκτονες και συντηρητές βασισμένοι σε παλαιότερες και νεότερες αρχαιολογικές, ιστορικές και αρχιτεκτονικές μελέτες. Οι δύο προσεγγίσεις θεωρούνται σήμερα συμπληρωματικές και συχνά χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό.

2.3.2 Τεχνολογίες ψηφιακής αναστήλωσης

Στη σημερινή εποχή, οι ψηφιακές εφαρμογές καθιστούν δυνατή την υλοποίηση ιδιαίτερα σύνθετων διαδικασιών με αυξημένη ακρίβεια και ταχύτητα σε σχέση με το παρελθόν. Κατά συνέπεια, η μετάβαση προς την εκτεταμένη ψηφιοποίηση διαμορφώνεται ως αναπόφευκτη εξέλιξη, με ολοένα και περισσότερες δραστηριότητες να ενσωματώνονται σε ψηφιακά περιβάλλοντα. Η επίδραση αυτής της μετάβασης είναι ήδη αισθητή σε πλήθος τομέων, επηρεάζοντας τόσο δημιουργικές όσο και επαναλαμβανόμενες μορφές εργασίας. Ενδεικτική είναι η περίπτωση της αρχιτεκτονικής και

της διαχείρισης της πολιτιστικής κληρονομιάς, όπου παραδοσιακές πρακτικές, όπως ο χειροκίνητος σχεδιασμός και η τεκμηρίωση, αντικαθίστανται ή συμπληρώνονται από σύγχρονα ψηφιακά εργαλεία, ενισχύοντας τόσο τη γεωμετρική ακρίβεια των αποτυπώσεων, όσο και την αποδοτικότητα των σχετικών διαδικασιών (Pathan & Suhane, 2025, σελ.89).

Η εξέλιξη των ψηφιακών εργαλείων τα τελευταία χρόνια έχει επιτρέψει τη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων με εξαιρετική πιστότητα και πληρότητα τεκμηρίωσης, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο για επιστημονική έρευνα όσο και για εκπαιδευτικούς ή μουσειακούς σκοπούς. Συνδυάζει μεθόδους από διάφορους επιστημονικούς κλάδους, όπως η φωτογραμμετρία, η γεωπληροφορική, η τρισδιάστατη μοντελοποίηση και η εικονική πραγματικότητα. Οι τεχνολογίες αυτές επιτρέπουν την ακριβή αποτύπωση της γεωμετρίας και της μορφολογίας ιστορικών κατασκευών, καθώς και την ανακατασκευή μνημείων που έχουν υποστεί φθορά ή καταστροφή. Η αξιοποίηση των ψηφιακών τεχνολογιών στην πολιτιστική κληρονομιά δεν περιορίζεται μόνο στη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων, αλλά περιλαμβάνει επίσης τη διαχείριση δεδομένων, την ανάλυση της ιστορικής πληροφορίας και τη διαδραστική παρουσίαση των μνημείων στο κοινό (Pathan & Suhane, 2025 σελ.89).

Στις επόμενες ενότητες παρουσιάζονται οι σημαντικότερες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στη διαδικασία της ψηφιακής αναστήλωσης:

Τα *Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS)* χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση, ανάλυση και απεικόνιση γεωγραφικών δεδομένων πάνω σε χάρτες. Με γνωστότερα τα προγράμματα Google Earth, ArcGIS και QGIS, προσφέρουν τη δυνατότητα πολυεπίπεδης χαρτογράφησης, ενσωματώνοντας δεδομένα όπως δίκτυα μεταφορών, περιοχές πολιτιστικής κληρονομιάς, χρονολογική ένταξη, τυπολογική κατηγορία, δείκτες κατάστασης διατήρησης κ.α. Μέσω αυτής της ολοκληρωμένης προσέγγισης, καθίσταται εφικτός ο εντοπισμός χωρικών προτύπων και η διερεύνηση σχέσεων μεταξύ ιστορικών και πολιτιστικών στοιχείων. Επιπλέον, τα GIS υποστηρίζουν την ανάλυση του αστικού χώρου και την παραγωγή χρήσιμων δεδομένων για μελέτες απογραφής και τουριστική αξιοποίηση, συμβάλλοντας στη βελτίωση της διαχείρισης και ανάδειξης των μνημείων (Pathan & Suhane, 2025, σελ.93).

Η *φωτογραμμετρία (Photogrammetry)* χρησιμοποιείται ευρέως για την τεκμηρίωση αρχαιολογικών χώρων, την αποτύπωση γλυπτών και έργων τέχνης, καθώς και για την ανακατασκευή

κατεστραμμένων ιστορικών κτιρίων. Αποτελεί μια σύνθετη επιστημονική και τεχνολογική μέθοδο για την απόκτηση αξιόπιστων πληροφοριών σχετικά με φυσικά αντικείμενα και το δομημένο περιβάλλον μέσω της καταγραφής, μέτρησης και ερμηνείας επικαλυπτόμενων φωτογραφικών εικόνων που λαμβάνονται από διαφορετικές γωνίες και στη συνέχεια επεξεργάζονται μέσω ειδικών αλγορίθμων για τη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων. Η χρήση *μη επανδρωμένων αεροσκαφών (UAVs)* (drones) ιδιαίτερα σε περιοχές που είναι δύσκολα προσβάσιμες και καμερών υψηλής ανάλυσης, καθιστά δυνατή η δημιουργία λεπτομερών τρισδιάστατων μοντέλων που αποτυπώνουν με ακρίβεια τη γεωμετρία, την υφή και την κατάσταση διατήρησης των πολιτιστικών δομών (Pathan & Suhane, 2025, σελ.88) (Trushaj & Xhelaj, 2024, σελ.80). Τα παραγόμενα δεδομένα επεξεργάζονται σε εξειδικευμένα λογισμικά, όπως το Agisoft Metashape, το Pix4Dmapper, το RealityCapture, το Meshroom κ.α. όπου οργανώνονται σε επίπεδα σημειακού νέφους, γεωμετρίας και υλικών, επιτρέποντας τη γεωαναφορά και την ολοκληρωμένη ψηφιακή τεκμηρίωση. Η φωτογραμμετρία αποτελεί κρίσιμο εργαλείο για τη διατήρηση και διαχείριση της πολιτιστικής κληρονομιάς, προσφέροντας υψηλή ακρίβεια καταγραφής και προηγμένες δυνατότητες ανάλυσης (Pathan & Suhane, 2025 σελ.92-93).

Επίσης, η σύγχρονη ψηφιακή φωτογραμμετρία αξιοποιεί τεχνικές *Structure from Motion (SfM)*, οι οποίες επιτρέπουν την αυτόματη ανακατασκευή τρισδιάστατης γεωμετρίας από μεγάλες συλλογές εικόνων. Η μέθοδος αυτή, που γίνεται με τη χρήση ενός σύγχρονου κινητού τηλεφώνου με καλή κάμερα και επεξεργαστική ισχύ, προσφέρει υψηλή ακρίβεια και χαμηλό κόστος σε σύγκριση με άλλες τεχνικές αποτύπωσης. Η μέθοδος SfM καταργεί την ανάγκη χειροκίνητου καθορισμού σημείων ελέγχου στις εικόνες πριν από την επεξεργασία, καθώς βασίζεται σε αλγορίθμους αυτόματης εκτίμησης της θέσης της κάμερας, οι οποίοι επιτρέπουν την ταυτόχρονη επίλυση της τρισδιάστατης θέσης της κάμερας και της γεωμετρίας της σκηνής. Το χαρακτηριστικό αυτό συνιστά ένα ιδιαίτερα σημαντικό πλεονέκτημα της τεχνικής σε σύγκριση με τις συμβατικές μεθόδους ψηφιακής φωτογραμμετρίας. Παρ' όλα αυτά, επειδή το αρχικό αποτέλεσμα της SfM αναφέρεται σε σχετικό σύστημα συντεταγμένων, απαιτείται προσεκτικός σχεδιασμός και εγκατάσταση δικτύου σημείων επίγειου ελέγχου (GCP), προκειμένου να επιτευχθεί ο μετασχηματισμός σε απόλυτο σύστημα συντεταγμένων και να εξαχθούν αξιόπιστα μετρικά δεδομένα. Επίσης, παρότι αναγνωρίζεται η ενδεχόμενη αποτελεσματικότητα μιας εναέριας προσέγγισης, η επίγεια μέθοδος συλλογής δεδομένων αποτελεί μια αποδοτική και οικονομικά προσιτή εναλλακτική έναντι των παραδοσιακών τεχνικών χειροκίνητης τοπογραφικής αποτύπωσης

και φωτογραμμετρίας, ιδίως για εφαρμογές σε απομακρυσμένες ή δυσπρόσιτες περιοχές (Westoby κ.ά., 2012, σελ.313).

Προηγμένη μέθοδο ψηφιακής αποτύπωσης αποτελεί και η τεχνολογία τρισδιάστατης σάρωσης σημειακών νεφών μια που βασίζεται κυρίως στην τεχνική *LiDAR (Light Detection and Ranging)* και *δομημένου φωτός* για την ακριβή καταγραφή της γεωμετρίας αντικειμένων και χώρων. Το LiDAR λειτουργεί μέσω της εκπομπής παλμών λέιζερ και της μέτρησης του χρόνου επιστροφής των ανακλάσεων, επιτρέποντας τη δημιουργία δεδομένων σημειακού νέφους υψηλής πυκνότητας και ακρίβειας σε σύντομο χρονικό διάστημα. Η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιείται εκτενώς στην αρχαιολογία και στη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς, καθώς μπορεί να αποτυπώσει μεγάλες εκτάσεις και να εντοπίσει κρυμμένες δομές ακόμη και κάτω από πυκνή βλάστηση, συμβάλλοντας στην ανακάλυψη και χαρτογράφηση ιστορικών τοπίων και αρχαιολογικών θέσεων. Από την άλλη πλευρά, η σάρωση δομημένου φωτός βασίζεται στην προβολή συγκεκριμένων μοτίβων φωτός στην επιφάνεια ενός αντικειμένου και στην ανάλυση των παραμορφώσεων τους για την ανακατασκευή του τρισδιάστατου σχήματος με υψηλή λεπτομέρεια. Οι τεχνολογίες αυτές αξιοποιούν αρχές όπως η τριγωνομετρία λέιζερ και οι τεχνικές οπτικού ραντάρ, παρέχοντας διαφορετικά επίπεδα ακρίβειας και ταχύτητας ανάλογα με τις απαιτήσεις της εφαρμογής (Li & Shi, 2024, σελ.342) Επιπλέον, τα παραγόμενα δεδομένα μπορούν να συνδυαστούν με συστήματα GIS και λογισμικά τρισδιάστατης μοντελοποίησης, διευκολύνοντας τη δημιουργία ολοκληρωμένων ψηφιακών αναπαραστάσεων για σκοπούς τεκμηρίωσης, ανάλυσης και προστασίας της πολιτιστικής κληρονομιάς (Pathan & Suhane, 2025, σελ.92).

Η *τρειςδιάστατη σάρωση (3D scanning)* αποτελεί μία τεχνολογία που επιτρέπει τη δημιουργία ψηφιακών αντιγράφων αντικειμένων και χώρων μέσω ειδικών σαρωτών. Οι σαρωτές αυτοί καταγράφουν τη γεωμετρία ενός αντικειμένου και δημιουργούν όπως η φωτογραμμετρία, ένα σύνολο σημείων γνωστό ως νέφος σημείων. Η τεχνολογία αυτή που χρησιμοποιείται ευρέως στην τεκμηρίωση ιστορικών μνημείων και αντικειμένων, παρέχει υψηλό επίπεδο ακρίβειας και λεπτομέρειας. Τα δεδομένα που προκύπτουν από τη σάρωση μπορούν να μετατραπούν σε τρισδιάστατα μοντέλα τα οποία χρησιμοποιούνται για μελέτες αποκατάστασης και συντήρησης .

Η *τρειςδιάστατη μοντελοποίηση* αποτελεί κρίσιμη διαδικασία για τη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς. Η σημασία της αναγνωρίστηκε διεθνώς, καθώς ενσωματώθηκε στις πρακτικές τεκμηρίωσης και διατήρησης μνημείων που σχετίζονται με τον Κατάλογο Παγκόσμιας

Κληρονομιάς της UNESCO (Xu et al., 2014, σελ. 10414). Κατά τον Azormand, η τρισδιάστατη ανακατασκευή αποτελεί μια τεχνολογία τεκμηρίωσης, εξίσου σημαντική με την φωτογραμμετρία και το Lidar. Υποστηρίζει ότι είναι ικανή να παρέχει λεπτομερείς χωρικές πληροφορίες για μνημεία πολιτιστικής κληρονομιάς, ενισχύοντας την ακρίβεια και την αξιοπιστία των διαδικασιών αποτύπωσης και αναπαράστασής τους (Azormand κ.ά., 2024, σελ.70).

Στο πλαίσιο των σύγχρονων τεχνικών τρισδιάστατης αποτύπωσης που επιτρέπουν την παραγωγή μοντέλων με ιδιαίτερη ακρίβεια, εντάσσεται και το Building Information Modeling (BIM). Αποτελεί μια προηγμένη ψηφιακή προσέγγιση διαχείρισης δεδομένων που σχετίζονται με την κατασκευή και τη λειτουργία κτιρίων. Στον χώρο της πολιτιστικής κληρονομιάς εφαρμόζεται η εξειδικευμένη μορφή του, το Historic Building Information Modeling (HBIM), το οποίο υποστηρίζει την ολοκληρωμένη ψηφιακή καταγραφή ιστορικών δομών. Όπως διαμορφώθηκε από τους Murphy, McGovern και Pavia το 2009, αποτελεί μια εξειδικευμένη μεθοδολογία ψηφιακής τεκμηρίωσης, η οποία υπερβαίνει τα όρια της συμβατικής τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Η εφαρμογή του βασίζεται σε μια διαδικασία αντίστροφης μηχανικής. Ξεκινά με τη συλλογή δεδομένων μέσω επίγειας σάρωσης λέιζερ και φωτογραμμετρίας, συνεχίζεται με την αξιοποίηση ιστορικών πηγών και την παραμετρική μοντελοποίηση των αρχιτεκτονικών στοιχείων και ολοκληρώνεται με τον εμπλουτισμό των μοντέλων με σημασιολογικά και τεχνικά μεταδεδομένα (Murphy κ.ά.) Το τελικό HBIM μοντέλο λειτουργεί ως ένα ολοκληρωμένο πληροφοριακό περιβάλλον, στο οποίο ενσωματώνονται γεωμετρικά, ιστορικά, κατασκευαστικά και παθολογικά δεδομένα. Η αξιοποίησή του έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματική, καθώς συμβάλλει σημαντικά στη βελτίωση της ακρίβειας των επεμβάσεων αποκατάστασης, διευκολύνει την επικοινωνία μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων και ταυτόχρονα, υποστηρίζει τη συστηματική καταγραφή και διατήρηση τεκμηρίωσης για μελλοντικές φάσεις συντήρησης. Επιπλέον, παρέχει τη δυνατότητα προγνωστικής αξιολόγησης της δομικής φθοράς, ενισχύει τον οικονομικά αποδοτικό σχεδιασμό και συμβάλλει στην καλύτερη συμμόρφωση με τα ισχύοντα κανονιστικά πλαίσια προστασίας της πολιτιστικής κληρονομιάς (Nawaz & Abbas, 2025, χ.σ.).

Παράλληλα, τα ψηφιακά δίδυμα (*Digital Twins*) (*DT*), ως εξέλιξη του Building Information Modeling ειδικά σε ιστορικούς χώρους, συγκροτούν ένα ολοκληρωμένο σύστημα όπου ο φυσικός χώρος τροφοδοτεί το ψηφιακό μοντέλο με δεδομένα μέσω αισθητήρων και καταγραφών, επιτυγχάνοντας τη σύνδεση πραγματικού και εικονικού περιβάλλοντος. Η εικονική αυτή αναπαράσταση ενσωματώνει πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο, δεδομένα αποκατάστασης και

δυνατότητες πρόβλεψης, επιτρέποντας την έγκαιρη αναγνώριση πιθανών κινδύνων και τη βελτιστοποίηση των στρατηγικών προστασίας (Liu & Wang, 2024, σελ.3, Pathan & Suhane, 2025, σελ.92-93). Επιπλέον, η υπηρεσία του ψηφιακού διδύμου λειτουργεί ως ένα σύστημα διαχείρισης που συνδυάζει δεδομένα και τεχνολογίες για να υποστηρίξει τη συντήρηση και αξιοποίηση των μνημείων. Το κέντρο δεδομένων συγκεντρώνει όλες τις πληροφορίες, όπως γεωμετρικά, περιβαλλοντικά και ιστορικά στοιχεία, και τις οργανώνει με τρόπο χρήσιμο για ανάλυση. Συνολικά, όλα αυτά τα στοιχεία συνεργάζονται, δημιουργώντας ένα δυναμικό σύστημα που βοηθά στη λήψη σωστών αποφάσεων και στη βιώσιμη προστασία των ιστορικών μνημείων. Η μελλοντική εξέλιξη της μεθόδου αναμένεται να ενισχυθεί μέσω της ενσωμάτωσης TN και της περαιτέρω ανάπτυξης διαδραστικών και αναλυτικών δυνατοτήτων (Liu & Wang, 2024, σελ.18).

Παρά τα σημαντικά πλεονεκτήματα που προσφέρει η ψηφιακή τεχνολογία στη διατήρηση και ανάδειξη της πολιτιστικής κληρονομιάς, η εφαρμογή της συνοδεύεται από ορισμένες προκλήσεις. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται το υψηλό κόστος εξοπλισμού και λογισμικού, ζητήματα ασφάλειας και διαχείρισης των ψηφιακών δεδομένων, καθώς και θέματα που σχετίζονται με τα δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας. Ως εκ τούτου, η αποτελεσματική αξιοποίηση των ψηφιακών τεχνολογιών προϋποθέτει την παράλληλη αντιμετώπιση των παραπάνω ζητημάτων, ώστε να διασφαλιστεί η μακροπρόθεσμη και βιώσιμη προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς. (Li & Shi, 2025 σελ.345)

2.3.3 Εφαρμογή της TN στην ψηφιακή αναστήλωση

Η TN σήμερα αποτελεί ένα από τα πιο δυναμικά πεδία της καθημερινότητας και της τεχνολογικής εξέλιξης. Στον τομέα της ψηφιακής αναστήλωσης και της διατήρησης της πολιτιστικής κληρονομιάς, ενώ αμφισβητήθηκε πολύ πριν το 2017, σήμερα παραμένει σε πειραματικό στάδιο αναμένοντας περαιτέρω τεχνολογικές εξελίξεις, προσφέροντας νέες μεθόδους τεκμηρίωσης, αποκατάστασης και διαχείρισης πολιτιστικών δεδομένων (Li & Shi, 2024, σελ.4). Μέσω της ανάλυσης μεγάλων συνόλων δεδομένων και της χρήσης προηγμένων αλγορίθμων, τα συστήματα TN μπορούν να υποστηρίξουν τις προβλεπόμενες διαδικασίες ανακατασκευής ιστορικών μνημείων, ενώ η μηχανική μάθηση και η βαθιά μάθηση επιτρέπουν την αυτοματοποίηση διαδικασιών που παραδοσιακά απαιτούσαν σημαντική ανθρώπινη εργασία και εξειδίκευση. Παράλληλα, η αξιοποίησή της στην πολιτιστική κληρονομιά συνδέεται στενά με την ανάπτυξη ψηφιακών τεχνολογιών, όπως η τρισδιάστατη σάρωση, η φωτογραμμετρία και τα συστήματα

ψηφιακής μοντελοποίησης. Μέσω αυτών των τεχνολογιών, τα δεδομένα που συλλέγονται μπορούν να αναλυθούν με αλγορίθμους TN για την αναγνώριση μορφών, τη δημιουργία ψηφιακών ανακατασκευών μνημείων (Trushaj & Xhelaj, 2024, σελ.79, Nawaz & Abbas, 2025, σελ.2–3) και τη συμπλήρωση ελλειπόντων αρχιτεκτονικών στοιχείων (Arzomand κ.ά, 2024, σελ.69). Οι μέθοδοι αυτές, βασίζονται σε ιστορικά δεδομένα και επαναληπτική αξιολόγηση, γεγονός που ενισχύει την ακρίβεια αλλά ταυτόχρονα αναδεικνύει ζητήματα ερμηνείας.

Με τεχνολογίες όπως τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα (Artificial Neural Networks), επιτρέπεται η αναγνώριση προτύπων και η ανάλυση πολύπλοκων δεδομένων. Συγκεκριμένα, στον τομέα της πολιτιστικής κληρονομιάς, χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση μορφολογικών χαρακτηριστικών και την αυτοματοποίηση διαδικασιών τεκμηρίωσης και προληπτικής διάγνωσης (Casillo κ.ά., 2025, σελ.225).

Η αποκατάσταση εικόνων αποτελεί μία σημαντική εφαρμογή της TN στη συντήρηση και επεξεργασία φθαρμένων πολιτιστικών αντικειμένων και έργων τέχνης (Gaber κ.ά., 2024, σελ.190). Οι αλγόριθμοι βαθιάς μάθησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απομάκρυνση θορύβου από εικόνες, τη βελτίωση της ανάλυσης και την αποκατάσταση κατεστραμμένων περιοχών. Μια ιδιαίτερα σημαντική τεχνική είναι το image inpainting, κατά την οποία οι αλγόριθμοι TN συμπληρώνουν τα κατεστραμμένα ή ελλείποντα τμήματα μιας εικόνας βασιζόμενοι σε πληροφορίες από τις γύρω περιοχές. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται για την αποκατάσταση ιστορικών φωτογραφιών, σχεδίων και ζωγραφικών έργων.(Fu κ.ά., 2025, σελ.3)

Η αξιολόγηση των εικόνων που παράγονται από TN βασίζεται σε μετρικούς δείκτες οι οποίοι επιτρέπουν την ανάλυση της ομοιότητας μεταξύ παραγόμενων και αρχικών εικόνων, τόσο σε δομικό όσο και σε αριθμητικό επίπεδο. Η συνδυαστική χρήση αυτών των μετρικών προσφέρει μια πιο ολοκληρωμένη και αξιόπιστη αξιολόγηση της ποιότητας εικόνας μέσω υποδήλωσης μεγάλης ακρίβειας και μικρού “θορύβου”. (Υψηλή τιμή SSIM και PSNR, σε συνδυασμό με χαμηλή MSE και MAE). Έτσι, αναδεικνύεται η ικανότητα των σύγχρονων μοντέλων TN να αναπαράγουν με υψηλή πιστότητα τα οπτικά χαρακτηριστικά, ακόμη και ιστορικών αντικειμένων (Arzomand κ.ά, 2024, σελ.80).

Ιδιαίτερα σημαντική είναι και η χρήση των συνελκτικών νευρωνικών δικτύων (Convolutional Neural Networks – CNNs), τα οποία είναι εξαιρετικά αποτελεσματικά στην ανάλυση εικόνων και

τρισδιάστατων δεδομένων. Τα CNNs με τη χρήση τεχνικών βαθιάς μάθησης και υπολογιστικής όρασης, επιτρέπουν την αναγνώριση σύνθεσης θραυσμάτων σπασμένων αντικειμένων (Srijaa, 2024–2025, σελ. 23). Η TN μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό φθορών και την πρόληψη ζημιών μέσω ανάλυσης δεδομένων (Casillo κ.ά., 2025, σελ.224). Μέσω ανάλυσης εικόνων και τρισδιάστατων σαρώσεων, οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης μπορούν να εντοπίσουν ρωγμές, διάβρωση υλικών και άλλες μορφές φθοράς σε ιστορικές κατασκευές. Η δυνατότητα αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική για την πρόληψη και τη συντήρηση μνημείων, καθώς επιτρέπει τον έγκαιρο εντοπισμό προβλημάτων πριν αυτά οδηγήσουν σε σοβαρές ζημιές.

Με την παραγωγική τεχνητή νοημοσύνη (Generative AI), που όπως προαναφέρθηκε, αποτελεί μια κατηγορία αλγορίθμων που μπορούν να δημιουργούν νέο περιεχόμενο βασισμένο σε δεδομένα εκπαίδευσης, μπορούν να δημιουργηθούν υποθετικές ανακατασκευές μνημείων που έχουν καταστραφεί ή αλλοιωθεί με την πάροδο του χρόνου. Ιδιαίτερα τα Γενετικά Ανταγωνιστικά Δίκτυα (GANs), τα οποία αποτελούνται από δύο νευρωνικά δίκτυα που λειτουργούν ανταγωνιστικά μεταξύ τους, έχουν αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματικά στη βελτίωση της ακρίβειας των ανακατασκευών μέσω διαδικασιών αντίπαλης μάθησης (Srijaa, 2024–2025, σελ.23). Ωστόσο, η ρεαλιστική απεικόνιση δεν ταυτίζεται πάντα με την ιστορική ακρίβεια.

Η σημασιολογική τμηματοποίηση αποτελεί μία από τις σημαντικότερες εφαρμογές της TN στην επεξεργασία νέφων σημείων, καθώς επιτρέπει την αυτόματη αναγνώριση και ταξινόμηση των επιμέρους αρχιτεκτονικών στοιχείων ενός μνημείου, διευκολύνοντας τη μετατροπή των δεδομένων σάρωσης σε έξυπνα τρισδιάστατα μοντέλα BIM (Battina, 2025, σελ.1708). Μετά την προεπεξεργασία των δεδομένων, οι τεχνικές υπολογιστικής όρασης αξιοποιούν τη σημασιολογική τμηματοποίηση, την ανίχνευση αντικειμένων και την εξαγωγή χαρακτηριστικών για την αναγνώριση δομικών και διακοσμητικών στοιχείων, υποστηρίζοντας την τεκμηρίωση, τη συντήρηση και την ψηφιακή αναπαράσταση μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς (Battina, 2025, σελ.1711). Παρά τη σημαντική πρόοδο που έχει επιτευχθεί μέσω των τεχνικών TN, η εφαρμογή τους εξακολουθεί να παρουσιάζει προκλήσεις, καθώς πολλά μοντέλα έχουν εκπαιδευτεί κυρίως σε δυτικά αρχιτεκτονικά δεδομένα. Ως αποτέλεσμα, η ακριβής αναγνώριση και αναπαράσταση μνημείων διαφορετικών πολιτισμικών παραδόσεων καθίσταται δυσκολότερη, ενώ η ποικιλία γεωμετριών, υλικών και διακοσμητικών στοιχείων των ιστορικών κατασκευών απαιτεί πιο εξειδικευμένους αλγορίθμους για την αποφυγή σφαλμάτων και πολιτισμικών προκαταλήψεων στην ψηφιακή τεκμηρίωση και αναπαράστασή τους (Battina, 2025, σελ.1724).

Η τρισδιάστατη ανακατασκευή (3D reconstruction), όταν συνδυάζεται με την ΤΝ επιταχύνει την αποτελεσματική διαδικασία, υλοποίησης έργων ψηφιακής αναστήλωσης. Η διαδικασία συχνά απαιτεί καθοδηγούμενη από ανθρώπους μοντελοποίηση σε πλατφόρμες όπως το Blender, 3ds Max, Maya, SketchUp κ.α.. Αυτός ο συνδυασμός μηχανικής ακρίβειας και ανθρώπινης αισθητικής κρίσης βοηθά στην αναδημιουργία χαμένων αρχιτεκτονικών χώρων με ρεαλισμό και σεβασμό (Srijaa, 2024–2025, σελ. 26).

Επιπλέον, σύγχρονες τεχνικές γενετικών μοντέλων όπως τα Neural Radiance Fields (NeRF) επιτρέπουν τη δημιουργία εξαιρετικά λεπτομερών τρισδιάστατων αναπαραστάσεων από εικόνες πολλαπλών όψεων, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπου η παραδοσιακή φωτογραμμετρία δεν είναι αποτελεσματική (Fu κ.ά., 2025, σελ.2). Αξιοποιούν νευρωνικά δίκτυα για την εκμάθηση μιας συνεχούς αναπαράστασης της σκηνής, επιτρέποντας τη δημιουργία ιδιαίτερα φωτορεαλιστικών νέων όψεων σε αντίθεση με τη φωτογραμμετρία που δίνει έμφαση στη γεωμετρική ακρίβεια. Ως εκ τούτου, αποτελεί μέθοδο που εξυπηρετεί περισσότερο τεχνικές διάχυσης παρά αναστήλωσης όπως αναφέρονται παρακάτω.

Η *Εικονική Πραγματικότητα (Virtual Reality – VR)* και η *Επαυξημένη Πραγματικότητα (Augmented Reality – AR)* αποτελούν σημαντικά εργαλεία για την παρουσίαση και την εμπειρική κατανόηση της πολιτιστικής κληρονομιάς, και αξιοποιούνται για τη δημιουργία τρισδιάστατων προσομοιώσεων (Pathan & Suhane, 2024, σελ.93). Μέσω της VR, οι χρήστες μπορούν να περιηγηθούν και να αλληλεπιδράσουν με ψηφιακά ανακατασκευασμένους ιστορικούς χώρους. Παράλληλα, η AR επιτρέπει την προβολή τρισδιάστατων μοντέλων ιστορικών μνημείων και αντικειμένων μέσω κινητών συσκευών, διευκολύνοντας την κατανόηση και την εξερεύνησή τους. Οι τεχνολογίες αυτές υπερβαίνουν τους περιορισμούς του χρόνου και του χώρου, προσφέροντας μια πιο διαδραστική και εκπαιδευτική εμπειρία στο κοινό (Liu & Wang, 2024, σελ.15). Η ΤΝ σε συνεργασία με τα εργαλεία αυτά μπορεί να επεξεργάζεται δεδομένα και να αναλύει δομικά υπολείμματα, προβλέποντας την αρχική μορφή, το ύψος και τη χρονολογία τους. Ο συνδυασμός των δύο τεχνολογιών διευκολύνει την τεκμηρίωση, τη μελέτη και την ακριβέστερη αποκατάσταση της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς (Pathan & Suhane, 2024, σελ.93). Η αξιοποίηση των τεχνολογιών Εικονικής (VR) και Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR), προσφέρει νέες δυνατότητες για την προστασία, ανάδειξη και προβολή της πολιτιστικής κληρονομιάς, δημιουργώντας αυθεντικές και καθηλωτικές εμπειρίες για το κοινό. Παράλληλα, η ενσωμάτωση πολυμεσικών στοιχείων και διαδραστικών λειτουργιών ενισχύει τη συμμετοχή των χρηστών και προάγει τη μάθηση και την

κατανόηση της πολιτιστικής κληρονομιάς (Li & Shi, 2024, σελ.344). Όλα τα εργαλεία ψηφιακής αναστήλωσης που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 2.3.2, ακολουθώντας το πνεύμα της εποχής, κάνουν χρήση της ΤΝ όπως φαίνεται στον πίνακα (Πιν.1).

Πίνακας 1. Συγκριτικός πίνακας εργαλείων με χρήση ΤΝ για ψηφιακή αναστήλωση μνημείων

Εργαλείο / Σύστημα	Τεχνολογία	Εφαρμογή στην πολιτιστική κληρονομιά	Πλεονεκτήματα	Περιορισμοί
RealityScan	Φωτογραμμετρία + AI	Δημιουργία 3D μοντέλων μνημείων από φωτογραφίες	Πολύ ακριβής γεωμετρική αναπαράσταση	Απαιτεί μεγάλο αριθμό φωτογραφιών
Agisoft Metashape	Φωτογραμμετρία + machine learning	Ψηφιακή τεκμηρίωση αρχαιολογικών χώρων και γλυπτών	Υψηλή ακρίβεια	Χρονοβόρα επεξεργασία Καλό H/Y
NeRF (Neural Radiance Fields)	Neural rendering	Δημιουργία 3D αναπαραστάσεων ιστορικών χώρων από φωτογραφίες	Πολύ ρεαλιστική απεικόνιση φωτισμού	Υπολογιστικά απαιτητικό
COLMAP	Structure-from-Motion	3D αναστήλωση μνημείων και αρχαιολογικών αντικειμένων	Open source	Τεχνική πολυπλοκότητα
Deep Image Prior / Inpainting AI	Deep learning image restoration	Αποκατάσταση φθαρμένων τοιχογραφιών και έργων τέχνης	Ανακατασκευάζει χαμένα τμήματα	Μπορεί να δημιουργήσει εικασίες
Segment Anything Model (SAM)	Computer vision segmentation	Αναγνώριση και απομόνωση στοιχείων μνημείων σε εικόνες	Πολύ γρήγορη επεξεργασία	Δεν κάνει ανακατασκευή
Nerfstudio πρόσθετο (addon) για το Blender επιτρέπει τη σύνθεση εικόνας	Neural rendering platform	3D visualization αρχαιολογικών χώρων	Πολύ ρεαλιστική αναπαράσταση	Ερευνητικό εργαλείο
Point-E	Generative 3D AI	Δημιουργία 3D μοντέλων αντικειμένων από περιγραφή	Γρήγορη παραγωγή 3D	Χαμηλή γεωμετρική ακρίβεια
DreamFusion	Text-to-3D generative model	Δημιουργία 3D μοντέλων ιστορικών αντικειμένων	Νέα προσέγγιση 3D reconstruction	Πειραματικό
Heritage Building Information Modeling (HBIM + AI)	BIM + machine learning	Διαχείριση και αναστήλωση ιστορικών κτιρίων	Ολοκληρωμένη αρχιτεκτονική τεκμηρίωση	Απαιτεί εκτενή δεδομένα

3 Μελέτη περίπτωσης - Η Παναγία του Μπούργκου στη Ρόδο

(ηλεκτρονικός σύνδεσμος με όλα τα σχετικά αρχεία: [ΠΑΝΑΓΙΑ ΤΟΥ ΜΠΟΥΡΓΚΟΥ](#))

3.1 Περιγραφή του μνημείου

3.1.1 Ιστορική περιγραφή

Η Παναγία του Μπούργκου στη Ρόδο αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους ναούς της ιπποτικής περιόδου και χρονολογείται στο α' μισό του 14ου αιώνα, πιθανότατα μεταξύ 1310-1346, επί μεγάλου μαγίστρου Hélien de Villeneuve. Βρισκόταν στο κέντρο της αστικής συνοικίας (Μπούργκο) (Εικ.1) και εξυπηρετούσε κυρίως τον λατινικό πληθυσμό της πόλης. Από νωρίς συνδέθηκε με ένα ευρύτερο συγκρότημα που περιλάμβανε κατοικίες, κτήματα και νοσοκομείο του Τάγματος των Ιωαννιτών.



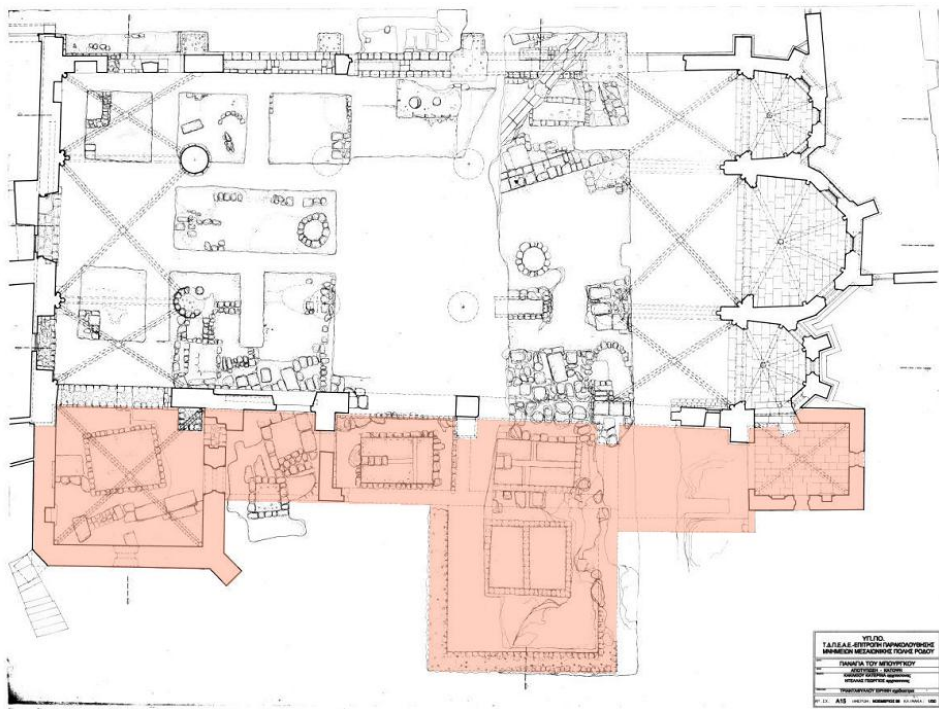
Εικόνα 1. Θέση του μνημείου στον χάρτη της Μεσαιωνικής Πόλης της Ρόδου.

(Υπουργείο Πολιτισμού, 2001, επισυναπτόμενο υλικό)

Κατά τους επόμενους αιώνες ο ναός δέχθηκε επεμβάσεις, κυρίως με την προσθήκη ταφικών παρεκκλησίων (Εικ.2 και Σχ.1), γεγονός που δείχνει τη σημασία του στη ζωή της πόλης.



Εικόνα 2. Γενική άποψη του μνημείου μετά την αποκατάσταση. (Google earth, 2026)



Σχέδιο 1. Αποτύπωση κάτοψης ανασκαφής όπου διακρίνονται τα παρεκκλήσια (1998) (Ντέλλας, 2007, Πίνακας 335).

Πιθανότατα υπέστη σοβαρές καταστροφές κατά την πολιορκία του 1522 και κατά την οθωμανική περίοδο εγκαταλείφθηκε. Στις αρχές του 20ού αιώνα αποκαταστάθηκε μερικώς από την ιταλική διοίκηση, ενώ το 1955 διανοίχτηκε δρόμος που χώρισε το μνημείο στα δύο (Εικ.3) .



Εικόνα 3. Άποψη από νότια, με εμφανή την ύπαρξη του δρόμου (Ντέλλας, 2007, Πίνακας 338).

Από τα τέλη του 20ού αιώνα πραγματοποιούνται εργασίες ενοποίησης και ανάδειξης, με στόχο τη λειτουργία του ως επισκέψιμου χώρου και πολιτιστικού τόπου. (Ντέλλας, 2007, σελ.379)

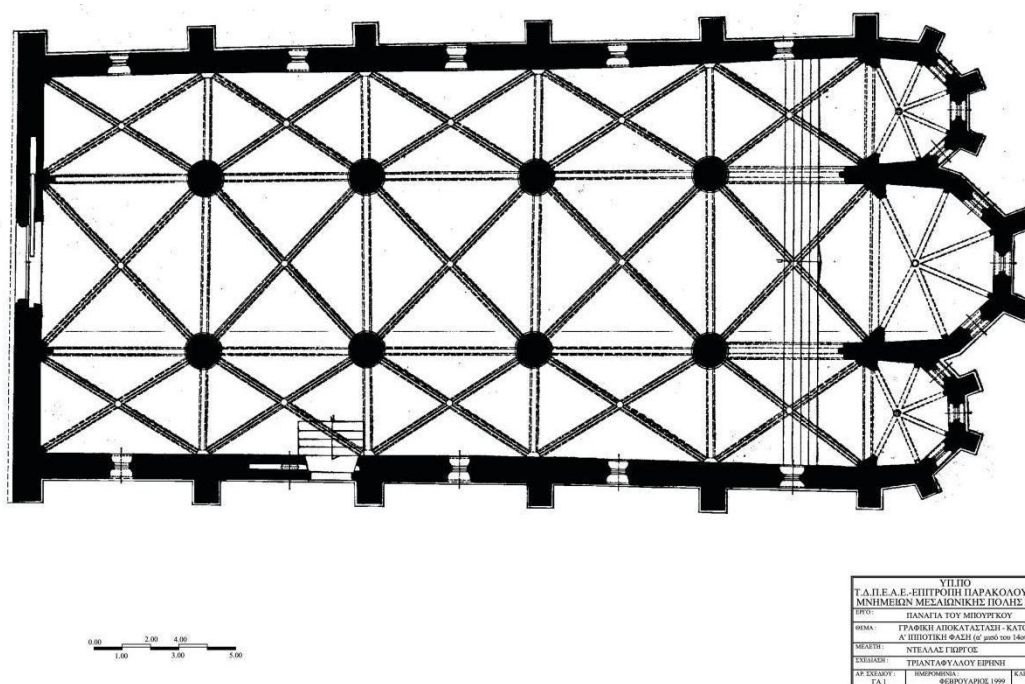


Εικόνα 4. Σύντομη ιστορική αναδρομή (ChatGPT, 19/06/2026).

3.1.2 Αρχιτεκτονική περιγραφή

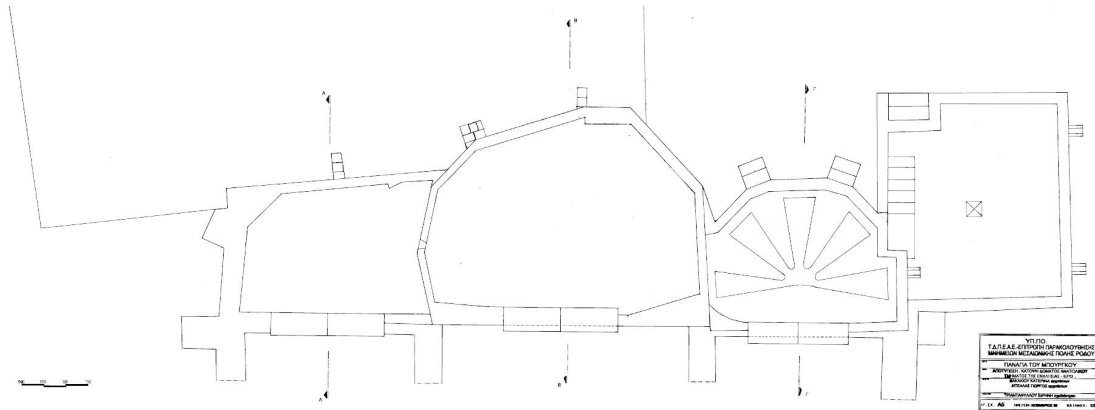
Η αρχιτεκτονική της Παναγίας του Μπούργκου αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα συνύπαρξης και αλληλεπίδρασης δυτικών και ανατολικών παραδόσεων στον χώρο της ανατολικής Μεσογείου κατά την ιπποτική περίοδο. Η σύνθεση γοθτικών μορφών, βυζαντινών χωρικών αντιλήψεων και τοπικών κατασκευαστικών πρακτικών συνέβαλε στη διαμόρφωση ενός ιδιαίτερου υστερογοθτικού αρχιτεκτονικού ιδιώματος.

Το εν λόγω μνημείο, αποτελεί το σημαντικότερο παράδειγμα γοθτικής εκκλησιαστικής αρχιτεκτονικής στη Ρόδο και ένα από τα πιο χαρακτηριστικά μνημεία της ιπποτικής περιόδου στο Αιγαίο. Ο αρχικός της τύπος ήταν τρίκλιτη βασιλική, με δύο τοξοστοιχίες από τέσσερις κυλινδρικούς κίονες που διαχωρίζαν τα κλίτη, ενώ οι συνολικές της διαστάσεις έφθαναν περίπου τα $36 \times 17,5$ μ..όπως φαίνεται από τα σχέδια (Σχ. 2).



Σχέδιο 2. Γραφική αποκατάσταση κάτοψης ισογείου της α' οικοδομικής φάσης (1999) (Ντέλλας, 2007, Πίνακας 339).

Το κεντρικό κλίτος ήταν υψηλότερο από τα πλάγια, σύμφωνα με το γοθτικό πρότυπο, και πιθανότατα φωτιζόταν μέσω φεγγιτών από το κεντρικό κλίτος. Το ιερό (Σχ.3, Εικ.5)



Σχέδιο 3. Αποτύπωση κάτοψης δώματος ιερού (1998) (Σχεδ. αρχείο ΥΠ ΠΟ, μελέτη Ντέλλας, Γ.)



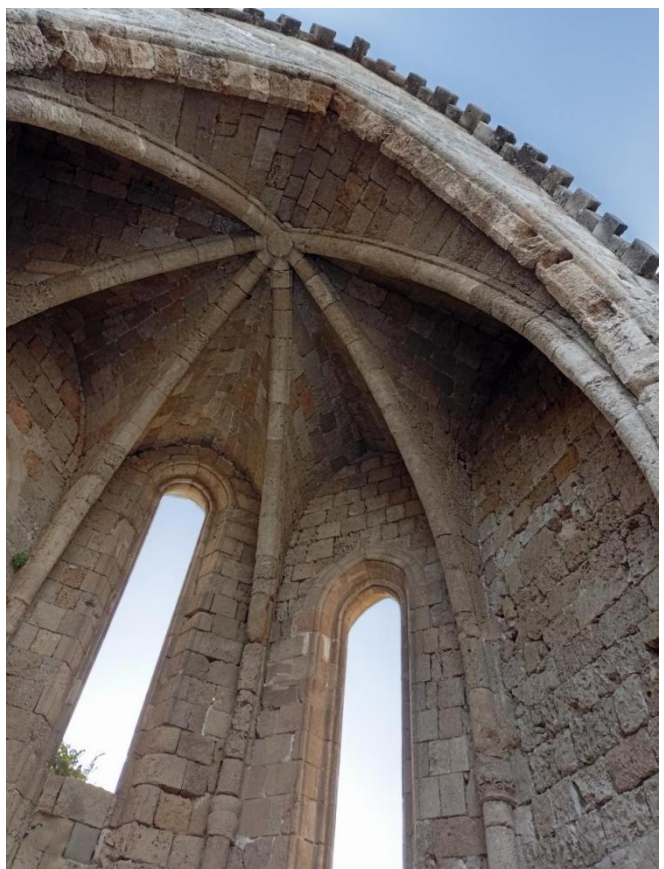
Εικόνα 5. Εσωτερική όψη του ιερού. Λήψη από Ν. (Ντέλλας, 2007, Πίνακας 333)

κατέληγε σε τρεις πεντάπλευρες κόγχες, διάταξη που συνδυάζει δυτικά αρχιτεκτονικά πρότυπα με επιρροές της βυζαντινής παράδοσης υποδηλώνοντας τη σύνθεση πολιτισμικών στοιχείων που χαρακτηρίζει τη μεσαιωνική αρχιτεκτονική της Ρόδου. Ολόκληρος ο ναός ήταν στεγασμένος με γοτθικά σταυροθόλια με διαγώνιες νευρώσεις σύνθετης διατομής . Οι νευρώσεις κατέληγαν

περιμετρικά είτε σε προσαρτημένους κιονίσκους (Εικ.6). είτε σε φουρούσια, συμβάλλοντας στη δημιουργία έντονης κατακόρυφης κίνησης και αίσθησης ελαφρότητας στον εσωτερικό χώρο. Οι κόγχες του ιερού καλύπτονταν με θόλους ακτινωτών νευρώσεων, των οποίων τα κλειδιά έφεραν διακοσμητικούς ρόδακες (Εικ.7).



Εικόνα 6. Διακοσμητική λεπτομέρεια σημείων
γέννησης τριπλής νευρώσης (1996)
(Φωτ. αρχείο ΥΠ.ΠΟ, αδημοσίευτο υλικό)



Εικόνα 7. Διακοσμητική λεπτομέρεια του
συνδέσμου των νευρώσεων της βόρειας
κόγχης του ιερού (2026)

Οι κύριοι κίονες, διαμέτρου 1.20μ., διέθεταν σύνθετα κιονόκρανα κοιλόκυρτης διατομής και στήριζαν τόσο τα τόξα των τοξοστοιχιών όσο και το σύστημα των θόλων.(Σχ.4)



Σχέδιο 4. Γραφική αποκατάσταση του εσωτερικού της αρχικής φάσης (προοπτικό) (Ντέλλας, 2007, Πίνακας 354)

Το δάπεδο του ναού ήταν πιθανότατα στρωμένο με μαρμαρόπλακες, ενώ το ιερό βρισκόταν σε υπερυψωμένη στάθμη. Εξωτερικά, το κτίσμα ενισχυόταν με απλές ορθογώνιες αντηρίδες κατά μήκος των πλευρικών τοίχων και στις κόγχες του ιερού. Το πάχος της λιθοδομής κυμαινόταν περίπου στα 0,90 μ., παρουσιάζοντας ελαφρά αύξηση στη βάση. Η μορφολογία των όψεων χαρακτηριζόταν από την κατακόρυφη ανάπτυξη των στοιχείων και την παρουσία οξυκόρυφων παραθύρων με σύνθετες διατομές. Στη δυτική όψη υπήρχε κεντρική οξυκόρυφη πύλη, πλάτους περίπου 2,50 μ., καθώς και φεγγίτες στο επίπεδο των σταυροθολίων (Εικ.8). Τα πλάγια κλίτη διέθεταν επίσης σειρές οξυκόρυφων παραθύρων,



Εικόνα 8. Εσωτερική δυτική όψη. Λήψη από Α. (Φωτ. αρχείο ΥΠ ΠΟ, κωδ. 16195-9)

ενώ οι κόγχες του ιερού έφεραν υψηλά και στενά ανοίγματα που εξασφάλιζαν επαρκή φωτισμό του εσωτερικού (Εικ.9). Τα υαλοστάσια και μέρος της γλυπτικής διακόσμησης των τυμπάνων των παραθύρων δεν διατηρούνται (Ντέλλας, 2007, σελ.383-384)



Εικόνα 9. Άποψη των οξυκόρυφων παραθύρων του νότιου τμήματος του ιερού (2026).

Σε δεύτερη φάση με την οποία δε θα ασχοληθούμε, σημαντική μεταβολή στην αρχική τυπολογία του ναού επέφερε η ένταξη ταφικών στοιχείων και η προσθήκη παρεκκλησίων. Στον βόρειο τοίχο διαμορφώθηκαν επτά ταφικές κόγχες με οξυκόρυφα τόξα, ενώ κατά τη διάρκεια του 14ου έως και των αρχών του 16ου αιώνα προστέθηκαν έξι παρεκκλήσια στη νότια πλευρά. Τα παρεκκλήσια αυτά λειτουργούσαν τόσο ως χώροι λατρείας όσο και ως ταφικά μνημεία, ενώ ήταν επίσης στεγασμένα με σταυροθόλια με νευρώσεις και διέθεταν οξυκόρυφα ανοίγματα. Σε ορισμένες περιπτώσεις ενισχύονταν με διαγώνιες αντηρίδες, γεγονός που διαφοροποίησε την αρχική εξωτερική μορφή του ναού και προσέδωσε μεγαλύτερη πολυπλοκότητα στη σύνθεσή του. Τα μορφολογικά και διακοσμητικά στοιχεία του μνημείου παρουσιάζουν απλουστευμένη αλλά σαφή δυτική γοτθική προέλευση. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα σύνθετα κιονόκρανα με φυτικές διακοσμήσεις, τα φουρούσια των νευρώσεων με τοπικά διακοσμητικά μοτίβα, καθώς και οι ρόδακες των θόλων. Τα στοιχεία αυτά μαρτυρούν την ύπαρξη τοπικών εργαστηρίων που αφομοίωσαν τα δυτικά πρότυπα και τα προσάρμοσαν σε ένα ιδιόμορφο τοπικό ιδίωμα (Ντέλλας, 2007, σελ.383-384).

3.2 Μεθοδολογία

3.2.1 Συλλογή και προετοιμασία δεδομένων

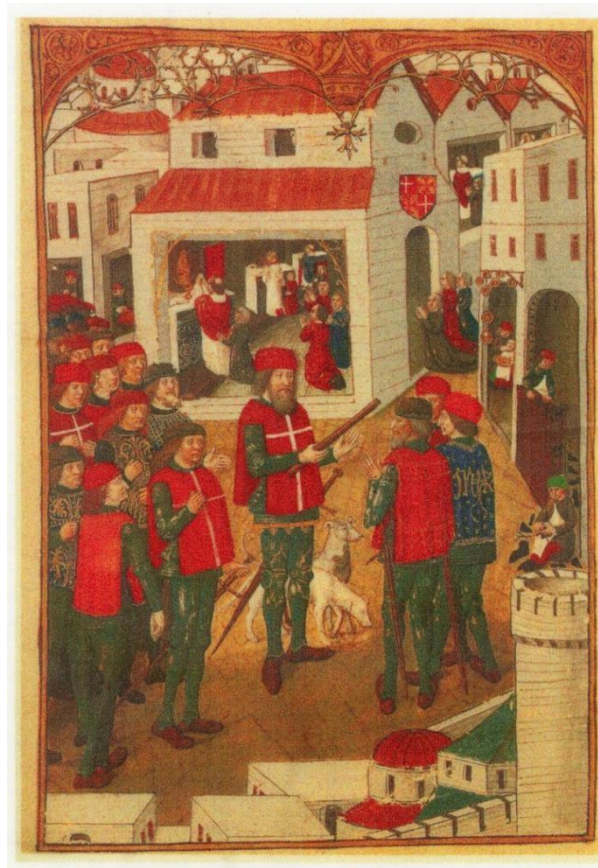
Η αρχική φάση της έρευνας, περιλαμβάνει τη συλλογή ιστορικών πηγών, κειμενικών περιγραφών και αρχιτεκτονικών σχεδίων και φωτογραφικού υλικού για τη δημιουργία ενός συνόλου δεδομένων. Παράλληλα πραγματοποιήθηκε εναέρια και επίγεια φωτογραφική τεκμηρίωση για την παραγωγή ενός 3D μοντέλου της υφιστάμενης κατάστασης. Αυτό το εκτενές σύνολο δεδομένων είναι κρίσιμο για τη δημιουργία λεπτομερών εντολών που παρέχουν ένα πλήρες ιστορικό πλαίσιο για να καθοδηγήσουν τη διαδικασία παραγωγής εικόνας και 3D μοντέλου. Η ενσωμάτωση επίσημου υλικού από έμπειρους μηχανικούς του Υπουργείου Πολιτισμού προσέφερε μελετημένες αναφορές για την επικύρωση της ακρίβειας των παραγόμενων αποτελεσμάτων, με την υποστήριξη της ΤΝ. Πιο συγκεκριμένα, η διαδικασία περιελάμβανε την ανάγνωση ιστορικών πηγών και άρθρων για την αναγνώριση λέξεων-κλειδιών που σχετίζονται με την αρχική κατασκευή του μνημείου. Αυτές οι λέξεις-κλειδιά χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία ολοκληρωμένων κειμενικών “προτροπών” που χρησιμοποιήθηκαν στη διαδικασία παραγωγής εικόνων από προγράμματα Παραγωγικής ΤΝ.

3.2.2 Οργάνωση του διαθέσιμου υλικού σε κατηγορίες

Για την οργάνωση και τη συστηματική αξιοποίηση του διαθέσιμου υλικού, δημιουργήθηκε ένας βασικός φάκελος τεκμηρίωσης, ο οποίος δομήθηκε σε επιμέρους υποφακέλους.

Σε αυτούς συγκεντρώθηκαν ιστορικές πηγές, αρχιτεκτονικές μελέτες, περιγραφές περιηγητών και επιστημονικές δημοσιεύσεις που αφορούν στη χρονολόγηση, τις οικοδομικές φάσεις και τη μορφολογία του μνημείου. Οι φωτογραφίες ταξινομήθηκαν με σαφή διαχωρισμό μεταξύ γενικών λήψεων και εικόνων που τεκμηριώνουν επιμέρους αρχιτεκτονικά στοιχεία, διευκολύνοντας έτσι τη στοχευμένη χρήση τους κατά την ανάλυση. Παράλληλα, τα σχέδια αποτύπωσης, τα οποία αποτελούν την πρωτογενή γεωμετρική βάση της ανασύνθεσης, συγκεντρώθηκαν και διαχωρίστηκαν από τα σχέδια γραφικής αποκατάστασης. Τα τελευταία περιελάμβαναν δισδιάστατες αναπαραστάσεις, καθώς και τρισδιάστατες υπό μορφή σκίτσου, της α' οικοδομικής φάσης του μνημείου.

Ιδιαίτερη μέριμνα δόθηκε και στην οργάνωση μεμονωμένων τεκμηρίων που αφορούν συγκεκριμένα αρχιτεκτονικά στοιχεία, όπως οξυκόρυφα παράθυρα, αντηρίδες, θύρες, κόγχες, νευρώσεις σταυροθολίων, κιονόκρανα, φουρούσια και γλυπτικές διακοσμήσεις, καθώς και τμήματα αρχιτεκτονικών μελών που είχαν εντοπιστεί κατά την ανασκαφή. Τα στοιχεία αυτά τοποθετήθηκαν σε ξεχωριστό φάκελο, ώστε να είναι δυνατή η άμεση αναφορά και σύγκρισή τους. Σε έναν επιπλέον φάκελο συγκεντρώθηκαν εικονογραφικές μαρτυρίες του μνημείου από τον 19ο αιώνα, καθώς και μικρογραφίες, όπως εκείνες του Caoursin, οι οποίες συμβάλλουν ουσιαστικά στην κατανόηση της ιστορικής του μορφής (Εικ.10). Η συστηματική αυτή ταξινόμηση του υλικού επιτρέπει την τεκμηριωμένη και στοχευμένη αξιοποίησή του, τόσο στην παραγωγή αξιόπιστων εικόνων αναπαράστασης όσο και στη μελέτη ψηφιακής αποκατάστασης του μνημείου.



Εικόνα 10. Μικρογραφία του G.Caoursin που φυλάσσεται στη Bibliothèque nationale de France (BnF) (Κολλιάς, 1992, σελ. 27)

3.2.3 Διαχωρισμός τεκμηρίου από υπόθεση

Στη συνέχεια διαμορφώθηκε μια βάση δεδομένων για την αναπαράσταση του μνημείου. Το υλικό (σχέδια αποτύπωσης, σχέδια γραφικής αποκατάστασης, δισδιάστατα και τρισδιάστατα σκίτσα, φωτογραφίες και κειμενικές περιγραφές) οργανώθηκε και ταξινομήθηκε σύμφωνα με τον βαθμό τεκμηρίωσης και αξιοπιστίας του, διαχωρίζοντας τα βέβαια αρχιτεκτονικά στοιχεία από εκείνα που προκύπτουν μέσω ερμηνείας ή υπόθεσης (Πιν.2). Παράλληλα, καθορίστηκε η συγκεκριμένη χρονική φάση (α) του μνημείου που πρόκειται να αναπαρασταθεί, ενώ συντάχθηκε μια συνοπτική τεχνική περιγραφή της μορφής και των βασικών χαρακτηριστικών του.

Πίνακας 2. Αξιολόγηση τεκμηρίωση

**Η παρούσα αξιολόγηση βαθμού βεβαιότητας βασίζεται σε προσωπική εκτίμηση στο πλαίσιο της εκπόνησης της εργασίας και δεν αποτελεί επιστημονικά τεκμηριωμένη προσέγγιση.

Αρχιτεκτονικό στοιχείο	Διαθέσιμο τεκμήριο	Περιγραφή τεκμηρίωσης	Πηγή	Βαθμός βεβαιότητας	Χρήση στην αναπαράσταση
3D	Νέφος σημείων με τη μέθοδο της φωτογραμμετρίας	Τρισδιάστατο μοντέλο υφιστάμενης κατάστασης	Πτήση Φ.Ροδίτης Επεξεργασία Μ.Γκιώνη	Υψηλότετος	Δεδομένη γεωμετρική βάση- Καθορισμός όγκου, κλίμακας και υλικότητας
Κάτοψη ναού	Σχέδια αποτύπωσης	Τρίκλιτη γοθική με τρεις πεντάπλευρες κόγχες	Μελέτη αποκατάστασης ΤΔΠΕΑΕ	Υψηλός	Δεδομένη γεωμετρική βάση
Διαστάσεις και αναλογίες	Σχέδια αποτύπωσης	Γενικές διαστάσεις ~36 × 17,5 μ.	Μελέτη αποκατάστασης ΤΔΠΕΑΕ	Υψηλός	Καθορισμός όγκου και κλίμακας
Κίονες και τοξοστοιχίες	Σχέδια αποτύπωσης και αναστηλωμένα τμήματα	Κυλινδρικοί κίονες μεγάλης διαμέτρου	Μελέτη αποκατάστασης ΤΔΠΕΑΕ	Υψηλός	Σύνθεση εσωτερικού χώρου
Κόγχες ιερού	Σχέδια και σωζόμενα τμήματα	Τρεις πεντάπλευρες κόγχες	Μελέτη αποκατάστασης ΤΔΠΕΑΕ	Υψηλός	Μορφή ανατολικού τμήματος
Σταυροθόλια	Αρχιτεκτονικά μέλη / περιγραφές	Γοθικά θολωτά συστήματα με νευρώσεις	Μελέτη αποκατάστασης ΤΔΠΕΑΕ	Υψηλός	Ερμηνευτική αποκατάσταση στέγας
Αντηρίδες	Σωζόμενα στοιχεία	Ορθογώνιες εξωτερικές ενισχύσεις	Μελέτη αποκατάστασης ΤΔΠΕΑΕ - Επιτόπια τεκμηρίωση	Υψηλός	Εξωτερική μορφή όψεων
Παράθυρα και ανοίγματα	Σχέδια / σωζόμενα τμήματα	Οξυκόρυφα ανοίγματα σύνθετης διατομής	Μελέτη αποκατάστασης ΤΔΠΕΑΕ - Επιτόπια τεκμηρίωση	Μέσος	Μορφολογική απόδοση
Δυτική κύρια όψη	Σχέδια γραφικής αποκατάστασης	Μερικώς υποθετική ανασύσταση	Μελέτη ΤΔΠΕΑΕ	Μέσος	Συντηρητική αναπαράσταση
Μορφή στέγης	Συγκριτική τυπολογία- Γκραβούρα	Πιθανή ακολουθία γραμμής σταυροθολίων	Συγκριτική ανάλυση	Χαμηλός	Υποθετική απόδοση

3.3 Επιλογή μεθόδου (Α) παραγωγής εικόνων με χρήση TN

Αφού εντοπίστηκαν κάποια εργαλεία παραγωγής εικόνας με TN, δημιουργήθηκε ένας συγκριτικός πίνακας (Πιν.3) με σκοπό την επιλογή δύο εξ αυτών για την έρευνα. Έγινε μια προσπάθεια εξαγωγής εικόνας μόνο από κείμενο και μια προσπάθεια εξαγωγής εικόνας από κείμενο σε συνδυασμό με επιλεγμένες φωτογραφίες, σχέδια γραφικής αποκατάστασης και γκραβούρες.

Πίνακας 3. Εργαλεία παραγωγής εικόνας

Εργαλείο	Τεχνολογία / Είδος TN	Τύπος πληρωμής	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Χρήση / Στόχος	Παραδείγματα εφαρμογών σε πολιτιστική κληρονομιά
Midjourney	Diffusion model (Generative AI) με proprietary training datasets	Συνδρομή	Πολύ υψηλή αισθητική ποιότητα, φωτορεαλισμός, ισχυρό concept design	Δεν είναι open-source, λειτουργεί κυρίως μέσω Discord	Concept art, visual design	Χρήση σε εικονικές αναπαραστάσεις αρχαίων πόλεων και ιστορικών τοπίων για εκπαιδευτικά projects και ψηφιακές εκθέσεις μουσείων
DALL-E 3	Diffusion model σε συνδυασμό με Large Language Models (LLM – GPT)	Δωρεάν περιορισμένα ή ChatGPT Plus	Πολύ καλή κατανόηση prompt, παραγωγή εικόνων με κείμενο	Λιγότερη καλλιτεχνική ελευθερία	Marketing, visualization	Έχει χρησιμοποιηθεί πειραματικά για δημιουργία υποθετικών αναπαραστάσεων ιστορικών μνημείων και αρχαιολογικών χώρων
Stable Diffusion (SDXL)	Latent Diffusion Model (LDM) – open-source generative AI	Δωρεάν τοπικά ή cloud	Πλήρης έλεγχος μοντέλου, custom training (LoRA), δυνατότητα επιστημονικής τεκμηρίωσης	Απαιτεί GPU και τεχνικές γνώσεις	Developers, research	Χρήση σε ερευνητικά projects για ανακατασκευή κατεστραμμένων αγαλμάτων και ιστορικών εικόνων
Adobe Firefly	Diffusion model εκπαιδευμένο σε licensed datasets	Freemium / Adobe subscription	Νομικά ασφαλές dataset για εμπορική χρήση	Περιορισμένη δημιουργικότητα	Commercial design	Χρήση σε ψηφιακές αποκαταστάσεις εικόνων και εικονογραφήσεις ιστορικών κτιρίων
Ideogram AI	Diffusion model με βελτιστοποίηση typography	Freemium	Πολύ καλή δημιουργία εικόνων με κείμενο	Περιορισμένο artistic range	Posters, logos	Χρήση κυρίως για μουσειακές εκθέσεις και εκπαιδευτικά infographics
Leonardo AI	Stable Diffusion-	Freemium tokens /	Ιδανικό για 3D game assets και	Όρια σε tokens	Game development	Δημιουργία ψηφιακών περιβαλλόντων

Εργαλείο	Τεχνολογία / Είδος TN	Τύπος πληρωμής	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Χρήση / Στόχος	Παραδείγματα εφαρμογών σε πολιτιστική κληρονομιά
	based generative models	subscription	περιβάλλοντα			ιστορικών πόλεων σε serious games
NightCafe	Diffusion models + CLIP guided image generation	Freemium credits	Πολλαπλά μοντέλα σε ένα περιβάλλον	Credits περιορίζονται γρήγορα	Hobby, experimentation	Πειραματική χρήση σε ανακατασκευή ιστορικών τοπίων
Scenario	Custom diffusion training	Συνδρομή	Συνεπές output για datasets	Περιορισμένο scope		Δημιουργία datasets για simulations
Runway ML	Multi-model AI	Freemium	Συνδυασμός image+video	Όχι εξειδικευμένο		Multimedia heritage αφήγηση
Dream by WOMBO	Diffusion (mobile)	Freemium	Γρήγορη παραγωγή ιδεών	Μη αξιόπιστο για έρευνα		Concept sketches

3.3.1 Μέθοδος: Text-to-image

Αρχικά εφαρμόστηκε η μέθοδος Text-to-Image, η οποία αποτελεί μία από τις βασικότερες τεχνικές παραγωγής εικόνων μέσω συστημάτων TN. Για τον σκοπό αυτό αξιοποιήθηκαν εξειδικευμένες πλατφόρμες, όπως το Midjourney και το DALL·E οι οποίες επιτρέπουν τη μετατροπή λεκτικών περιγραφών σε οπτικές αναπαραστάσεις. Η διαδικασία βασίστηκε στη μεθοδολογία της μηχανικής προτροπών (prompt engineering) που αντλήθηκαν από έγκυρες αρχιτεκτονικές περιγραφές και σχέδια. Στόχος της προσέγγισης ήταν η διερεύνηση της δυνατότητας των εργαλείων TN να παράγουν οπτικές ανακατασκευές που να προσεγγίζουν τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του υπό μελέτη μνημείου.

Σε αυτή τη φάση διαμορφώθηκε και αξιοποιήθηκε ένα σύντομο τεχνικό κείμενο, ως βασικό περιγραφικό υπόβαθρο, το οποίο εμπλουτίζονταν διαρκώς με σαφείς οδηγίες σχετικά με τη μορφή της ζητούμενης εικόνας, τη χρονική φάση του μνημείου, το επίπεδο ρεαλισμού και τα αρχιτεκτονικά στοιχεία που έπρεπε να αποδοθούν με ακρίβεια. Παράλληλα, καθορίστηκαν περιορισμοί ώστε να αποφευχθούν αυθαίρετες ή μη τεκμηριωμένες προσθήκες, όπως αναχρονιστικά μορφολογικά στοιχεία ή υπερβολική διακοσμητική απόδοση. Το βήμα αυτό αποτελεί τη μετάβαση από την τεκμηρίωση στη δημιουργική αλλά ελεγχόμενη οπτικοποίηση.

Το κείμενο που ακολουθεί, χρησιμοποιήθηκε αυτούσιο σε κάθε αρχική “**Προτροπή Α**”, χωρίς όμως κάποιο αποτέλεσμα.

Όνομα μνημείου: Παναγία του Μπούργκου, Ρόδος

Χρονολόγηση: Α΄ μισό 14ου αιώνα

Τυπολογία: Τρίκλιτη γοτθική βασιλική

Διαστάσεις: περίπου $36 \times 17,5$ μ.

Κύρια χαρακτηριστικά

- ▶ τρεις πεντάπλευρες κόγχες ιερού
- ▶ δύο τοξοστοιχίες
- ▶ γοτθικά σταυροθόλια με νευρώσεις
- ▶ οξυκόρυφα παράθυρα
- ▶ Εξωτερικές αντηρίδες

Υλικά

- ▶ λιθοδομή τοπικού λίθου
- ▶ λαξευτά αρχιτεκτονικά μέλη

Βαθμός βεβαιότητας

- ▶ υψηλή βεβαιότητα στην κάτοψη και στο ιερό
- ▶ μέτρια βεβαιότητα σε ύψη και πλήρη δυτική όψη
- ▶ υποθετική η πλήρης απόδοση ορισμένων λεπτομερειών

Στη συνέχεια, έπεται από σχετικό ερώτημα σχετικά με τα στοιχεία που θα βοηθούσαν την ΤΝ να παράγει ακριβέστερα αποτελέσματα, αποφασίστηκε η δημιουργία μιας πιο αναλυτικής και περιγραφικής αντιμετώπισης ως ακολούθως:

Προτροπή Β:

“Γοτθικός ναός στη Ρόδο συνολικών διαστάσεων $36\mu \times 17,5\mu$. Τρίκλιτη με 5 διαδοχικές κατασκευαστικές ενότητες, σταυροθολίων. Ένα ευρύτερο κεντρικό πλάτους $6,15\mu$ και δύο στενότερα πλάγια πλάτους $3,70\mu$. διαστάσεις μετρημένες αξονικά των κιόνων. Το μήκος το κάθε κλίτους είναι $6,05\mu$. αξονικά των κιόνων.

Ο εσωτερικός χώρος διαρθρώνεται σε ορθογώνια φατνώματα που καλύπτονταν με γοτθικά σταυροθόλια νευρώσεων. Τα σταυροθόλια του κεντρικού κλίτους ξεκινάνε από το $+5.15\mu$ που τελειώνει το ύψος των κιόνων και έχουν ύψος 5.50μ . Τα πλαϊνά έχουν ύψος 3.80μ

Στο ανατολικό άκρο του ναού διαμορφώνονται τρεις πολυγωνικές αψίδες, μία μεγαλύτερη που αντιστοιχεί στο κεντρικό ιερό βήμα και δύο μικρότερες που εξυπηρετούν τα πλάγια κλίτη. Η δυτική πλευρά διαμορφώνει την κύρια πρόσοψη του ναού, όπου βρισκόταν η κύρια είσοδος. Περιμετρικά του κτιρίου αναπτύσσονται αντηρίδες οι οποίες παραλαμβάνουν τις πλευρικές ωθήσεις των σταυροθολίων και συμβάλλουν στη στατική επάρκεια της κατασκευής.

Στη βόρεια και τη νότια πλευρά ανοίγονται παράθυρα με γοθικά τοξωτά ανοίγματα. Στη νότια όψη, στο δεύτερο άνοιγμα από τα δυτικά, αντί παραθύρου διαμορφώνεται θύρα εισόδου, τοποθετημένη σε μικρή απόσταση από την τρίτη κατά σειρά αντηρίδα.

Η κατασκευή της Παναγίας του Μπούργκου παρουσιάζει προσαρμογές στις τοπικές οικοδομικές παραδόσεις και στα διαθέσιμα υλικά της Ρόδου. Η μορφή της εμφανίζεται απλουστευμένη σε σχέση με τα μνημεία της δυτικής Ευρώπης, διατηρώντας ωστόσο τα βασικά χαρακτηριστικά της γοθικής τυπολογίας και κατασκευαστικής λογικής. Αντί στέγης είχε δώμα σε δύο στάθμες. Πιο ψηλά από το ιερό που έφτανε στο +9,30μ αναπτύσσεται το μεσαίο κλίτος έως το +11,90μ και τα πλαϊνά έως το +11.20μ.”

Οι πρώτες ενδεικτικές αναπαραστάσεις που δημιουργήθηκαν, ομολογουμένως πολύ γρήγορα, ήταν βασισμένες περισσότερο σε γενικευμένα αρχιτεκτονικά ευρωπαϊκά πρότυπα παρά σε τεκμηριωμένα δεδομένα και η φωτορεαλιστική απεικόνιση ήταν πολύ συγκεκριμένη (Εικ.11). Οι μεγάλες εταιρείες τεχνολογίας που ελέγχουν τα φίλτρα ασφαλείας, τα κριτήρια αισθητικής και τη διαθεσιμότητα των εργαλείων των μεγάλων παραγωγικών μοντέλων “επιβάλλουν” μια ομογενοποιημένη παγκόσμια αισθητική που τείνει να εξαλείψει τις μοναδικές τοπικές ιδιαιτερότητες ενός μνημείου, αλλοιώνοντας την αυθεντικότητα της ιστορικής του ταυτότητας προς όφελος μιας τυποποιημένης ψηφιακής αναπαραστάσης (Foka & Griffin, 2024).



Εικόνα 11. Ψηφιακή αναπαράσταση βασισμένη σε περιγραφικό κείμενο. Η εικόνα αποτελεί ερμηνευτική απόδοση της TN και όχι αποδεδειγμένη αποκατάσταση.

Πραγματοποιήθηκαν πολλές επαναλήψεις και διαφορετικές διατυπώσεις για να προκύψει ένα ευρύ φάσμα οπτικών αποτελεσμάτων ώστε να αποδοθεί όσο το δυνατόν πιο πιστά η αρχιτεκτονική μορφή της α' οικοδομικής φάσης του μνημείου. Οι πλατφόρμες TN παρήγαγαν πολλαπλές εκδοχές, αποτυπώνοντας διαφορετικές οπτικές και στοιχεία. Σε πολλές περιπτώσεις κρίθηκε απαραίτητος ο επαναπροσδιορισμός των δεδομένων εισόδου, καθώς το σύστημα εμφάνιζε ασυνέπειες στην ερμηνεία των ζητούμενων στοιχείων, οδηγώντας σε αποτελέσματα που αντί να βελτιώνουν την απόδοση, την υποβάθμιζαν. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται 'Κατάρρευση του μοντέλου' και αανφέρεται σε περιπτώσεις κατά τις οποίες η ανακύκλωση συνθετικών δεδομένων και παραγόμενων εικόνων οδηγεί σε σταδιακή υποβάθμιση της αλγοριθμικής νοημοσύνης. Στην περίπτωση της Παναγίας του Μπούργκου, η μελλοντική εκπαίδευση νευρωνικών δικτύων σε ήδη αλλοιωμένες ψηφιακές αναπαραστάσεις κινδυνεύει να παγιώσει δομικά σφάλματα, οδηγώντας σε μια μη αναστρέψιμη αρχιτεκτονική και ιστορική παραμόρφωση του μνημείου (Shumailov κ.ά, 2024). Σε όλη τη διάρκεια, οι εικόνες αξιολογούνταν με βάση τα σχέδια γραφικής

αποκατάστασης που παρήχθησαν από έμπειρους αναστηλωτές αρχιτέκτονες στο παρελθόν και οπτικές αναφορές της υλικότητας.

3.3.2 Συμπεράσματα

Το εγχείρημα ανέδειξε σημαντικούς περιορισμούς που επηρεάζουν την ακρίβεια και την αυθεντικότητα των ψηφιακών ανακατασκευών πολιτιστικής κληρονομιάς μέσω ΤΝ, επισημαίνοντας την ανάγκη περαιτέρω μεθοδολογικής εξέλιξης. Η απουσία πρωτότυπων οπτικών τεκμηρίων του συγκεκριμένου μνημείου δυσχεραίνει την αντικειμενική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και καθιστά απαραίτητη τη χρήση εξειδικευμένης επιστημονικής γνώσης. Παράλληλα, η ασυνέπεια των παραγόμενων αποτελεσμάτων αποτελεί σημαντικό περιορισμό της μεθόδου, καθώς ακόμη και μικρές διαφοροποιήσεις στις προτροπές μπορούν να οδηγήσουν σε διαφορετικές οπτικές αποδόσεις. Το γεγονός αυτό επηρεάζει τη συνοχή και την αναπαραγωγικότητα των αποτελεσμάτων, ενώ ενδέχεται να μειώσει την ιστορική και αρχιτεκτονική πιστότητα των παραγόμενων ανακατασκευών.. Οι δυσκολίες αυτές συνδέονται με τον ερμηνευτικό χαρακτήρα των διαδικασιών ανακατασκευής, οι οποίες ενδέχεται να ενσωματώνουν αβεβαιότητες ή υποκειμενικές προσεγγίσεις. Για τον λόγο αυτό, η αξιοποίηση προηγμένων μοντέλων ΤΝ, η αυτοματοποίηση της επεξεργασίας δεδομένων και η ενίσχυση της διεπιστημονικής συνεργασίας αποτελούν βασικές κατευθύνσεις για τη μελλοντική έρευνα. Επιπλέον, η ακριβής διατύπωση και η συστηματική επαναληπτική βελτίωση των κειμενικών προτροπών συνέβαλλαν ουσιαστικά στη δημιουργία πιο έγκυρων αποτελεσμάτων, ενισχύοντας τη διαφάνεια και την αξιοπιστία της διαδικασίας ψηφιακής ανακατασκευής.

3.4 Επιλογή μεθόδου (Β) παραγωγής 3D μοντέλου

3.4.1 Ψηφιακή αναστήλωση του μνημείου με φωτογραμμετρία, εισαγωγή σε σχεδιαστικό πρόγραμμα μοντελοποίησης και παραμετροποίηση με τη χρήση ΤΝ

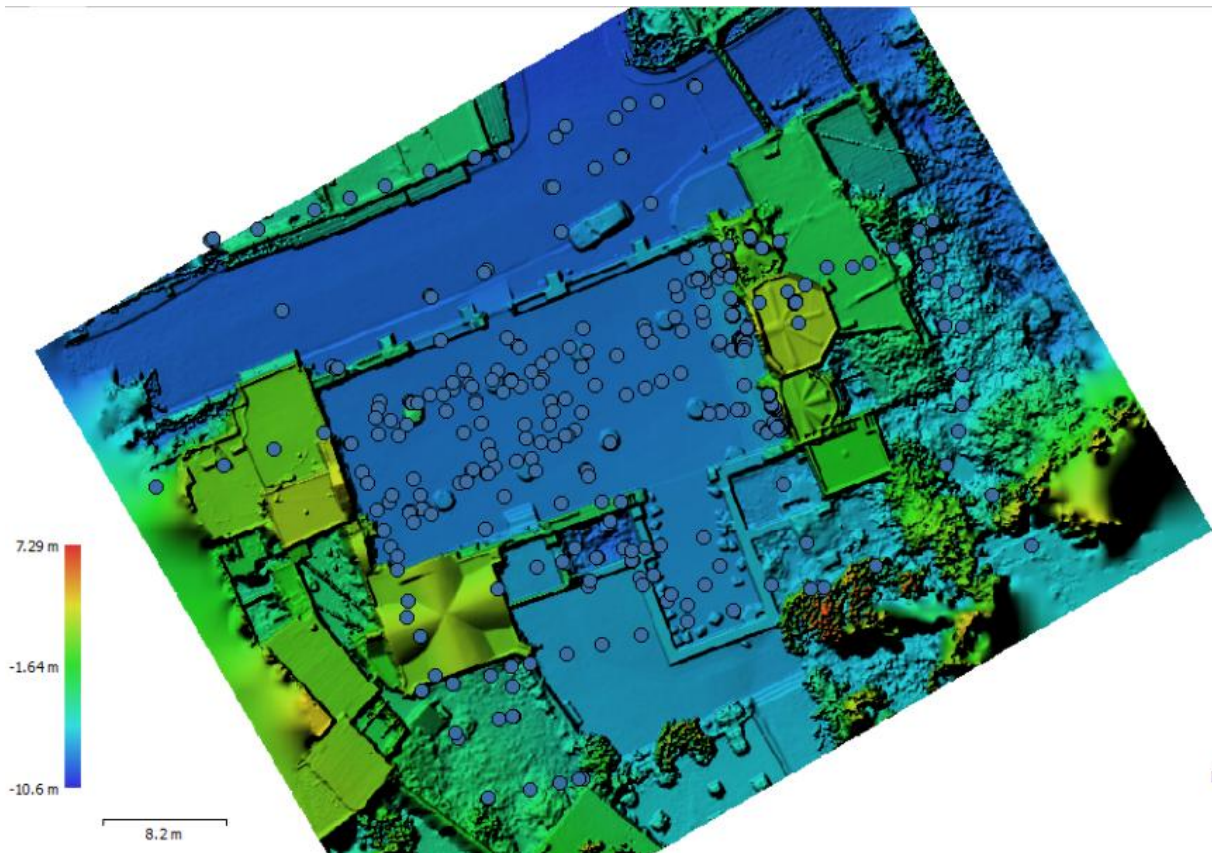
Η προτεινόμενη μεθοδολογία διαρθρώνεται σε πέντε βασικά στάδια: (α) τεκμηρίωση, (β) βελτιστοποίηση γεωμετρίας με ΤΝ, (γ) μοντελοποίηση με την υποστήριξη της ΤΝ για παραμετροποίηση, (δ) απόδοση υφών και (ε) επαλήθευση.

Τα τελευταία χρόνια, η ΤΝ και ιδιαίτερα η βαθιά μάθηση έχουν ενσωματωθεί στη διαδικασία μοντελοποίησης, βελτιώνοντας την αυτοματοποίηση και την ποιότητα της ανακατασκευής. Οι

αλγόριθμοι βαθιάς μάθησης μπορούν να επεξεργάζονται δεδομένα σημειακών σύννεφων, να αφαιρούν θόρυβο και να οργανώνουν πληροφορίες ώστε να δημιουργούνται πιο ακριβή και δομημένα 3D μοντέλα. (Li & Shi, 2024, σελ.344)

Η διαδικασία ξεκινά με την ψηφιακή αποτύπωση του μνημείου μέσω φωτογραμμετρίας. Η τεχνική αυτή επιτρέπει την παραγωγή υψηλής ακρίβειας νέφους σημείων (point cloud) και τριγωνικών πλεγμάτων (meshes), τα οποία αποτελούν τη βάση για κάθε περαιτέρω επεξεργασία. Για την πρακτική εφαρμογή, χρησιμοποιήθηκε ένας συνδυασμός κάμερας και drone. Κατά την επιτόπια έρευνα του πεδίου αναπτύχθηκε ένα σχέδιο λήψης σύμφωνα με το οποίο το μνημείο καταγράφηκε με ακρίβεια με κυκλικό τρόπο σε 2 διαφορετικά ύψη πτήσης και αλληλεπικάλυψη 60% . Για την καλύτερη αποτύπωση των λεπτομερειών ελήφθησαν φωτογραφίες παράλληλες με το έδαφος, υπό γωνία 45° και κάθετα όπου χρειαζόταν. Κάθε λεπτομέρεια, συλλέχθηκε με προσοχή, με αποτέλεσμα τη συλλογή 289 εικόνων από drone *Dji mini2* και 91 επίγειων λήψεων με χρήση κινητού τηλεφώνου *Xiaomi Redmi 14C*. Η κάμερα του κινητού τηλεφώνου, με σταθερές ρυθμίσεις λήψης και σωστή εστίαση χρησιμοποιήθηκε για την κάλυψη των στοιχείων της άνοψης του ιερού. Το σύνολο των φωτογραφιών κατέγραψε πλήρως το μνημείο.

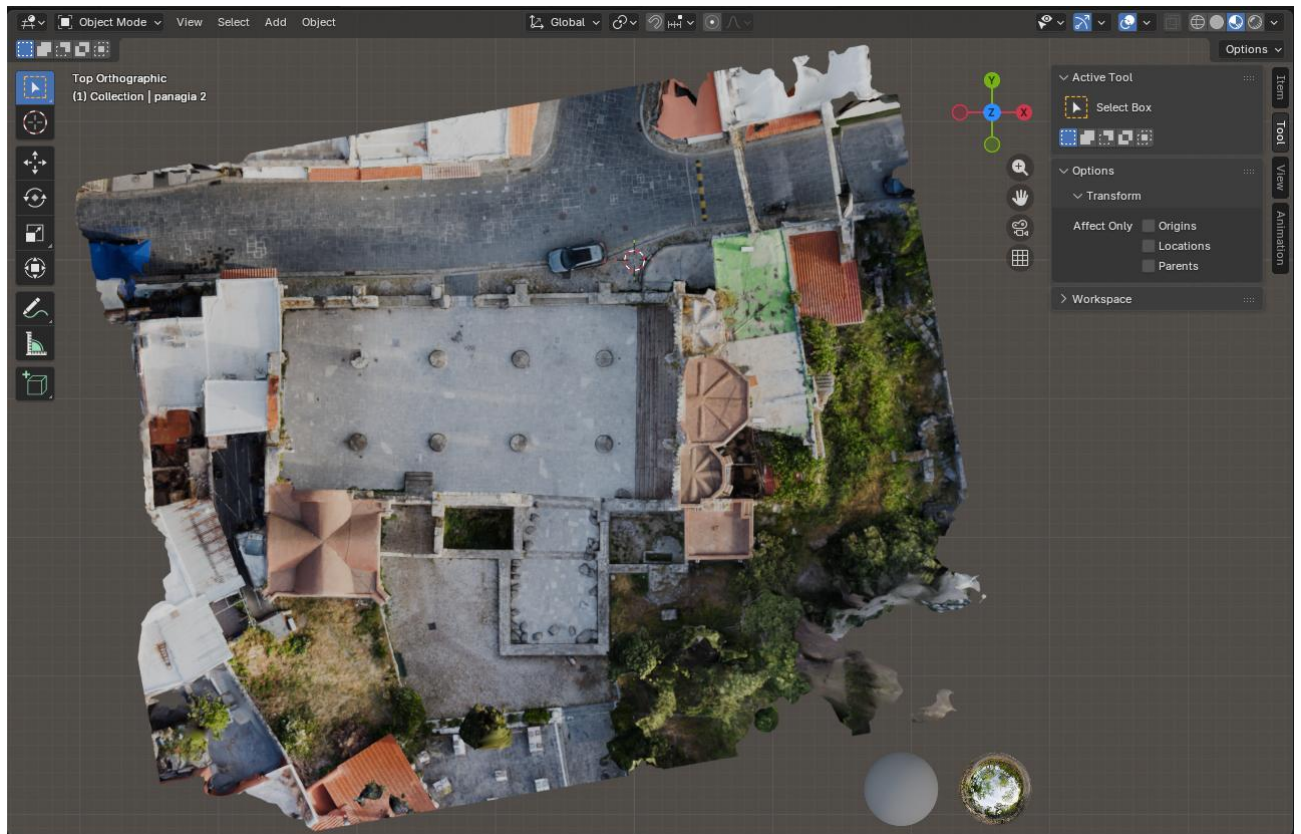
Μετά τη συλλογή των δεδομένων, το υλικό εισήχθη στο λογισμικό *AgisoftMetashape* όπου έγινε η επεξεργασία των εικόνων. Με τον τρόπο αυτό, αναγνωρίστηκαν αυτόματα τα χαρακτηριστικά κοινά σημεία των εικόνων, τα οποία ταιριάζουν για τον υπολογισμό της γεωμετρικής δομής σε 3D περιβάλλον. Κατά τη διάρκεια της δημιουργίας του μοντέλου (Εικ.12),



Εικόνα 12. Ορθοφωτοχάρτης της περιοχής με τις θέσεις των φωτογραφικών λήψεων που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία νέφους 225.048 σημείων.

έγινε λεπτομερής έλεγχος σε διάφορα, αρχιτεκτονικά πολύπλοκα σημεία του μνημείου όπως οι νευρώσεις του ιερού για να διασφαλιστεί η ακρίβεια και η ρεαλιστικότητα. Επίσης, οι αρχικές εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν για την χαρτογράφηση και τη δημιουργία υφής, δεν χρειάζονταν διόρθωση χρώματος καθώς η πτήση έγινε πολύ πρωί με ιδανικές συνθήκες φωτισμού.

Στη συνέχεια, το τρισδιάστατο μοντέλο εισήχθη στο λογισμικό ανοιχτού κώδικα Blender (Εικ. 13),



Εικόνα 13. Στιγμιότυπο οθόνης από την εισαγωγή του μοντέλου στο λογισμικό “Blender”.

με σκοπό την περαιτέρω διερεύνηση και ανάλυση της γεωμετρίας του μνημείου. Παράλληλα, αξιοποιήθηκε η συνεργασία του λογισμικού με εργαλεία ΤΝ, όπως το ChatGPT, για την υποστήριξη της διαδικασίας διόρθωσης, παραμετρικής μοντελοποίησης και ανακατασκευής σύνθετων αρχιτεκτονικών μορφών (Πιν.4).

Πίνακας 4. Εργαλεία παραγωγής 3D μοντέλου

Εργαλείο	Κατηγορία	Ρόλος στη μεθοδολογία	Στάδιο εφαρμογής
Agisoft Metashape	Φωτογραμμετρικό λογισμικό	Δημιουργία νέφους σημείων και τριδιάστατου μοντέλου από φωτογραφικά δεδομένα	Απόκτηση και αρχική επεξεργασία δεδομένων
Blender	Λογισμικό 3D μοντελοποίησης	Επεξεργασία γεωμετρίας, καθαρισμός mesh, retopology, απόδοση υλικών και οπτικοποίηση	Επεξεργασία, βελτιστοποίηση και συμπλήρωση μοντέλου
ChatGPT	Εργαλείο ΤΝ (NLP)	Υποστήριξη στην ανάπτυξη Python scripts, τεκμηρίωση μεθοδολογίας και ανάλυση διαδικασιών	Ανάλυση, αυτοματοποίηση και συγγραφή

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε λεπτομερής έλεγχος του πλέγματος με σκοπό τον εντοπισμό γεωμετρικών ατελειών και σφαλμάτων που προέκυψαν κατά τη διαδικασία της φωτογραμμετρικής ανακατασκευής. Η οπτική επιθεώρηση του μοντέλου επικεντρώθηκε στην αναγνώριση ελλειπών ή προβληματικών περιοχών, όπως οπές (holes), θόρυβος (noise), απομονωμένα γεωμετρικά στοιχεία και αλληλεπικαλυπτόμενες επιφάνειες. Προκειμένου να υποστηριχθεί η διαδικασία διόρθωσης των παραπάνω προβλημάτων χωρίς την ανάπτυξη εξειδικευμένων αλγορίθμων γεωμετρικής ανάλυσης ή μεθόδων ανάλυσης γειτονίας, αξιοποιήθηκε το ChatGPT για τη δημιουργία προσαρμοσμένου κώδικα Python στο περιβάλλον του Blender. Ο κώδικας σχεδιάστηκε ώστε να εκτελεί ήπιο αυτόματο καθαρισμό του πλέγματος (mesh cleaning), συμβάλλοντας στη βελτίωση της γεωμετρικής συνέχειας και της ποιότητας του μοντέλου, διατηρώντας παράλληλα τα βασικά μορφολογικά χαρακτηριστικά του μνημείου (Εικ.14).

Εν συνεχεία, με αλληπάλληλες προτροπές, ζητήθηκαν και άλλα scripts για την αφαίρεση μικρών αιωρούμενων τμημάτων που δεν ενώνονται με το κύριο αντικείμενο και είναι συνήθως θόρυβος ή λάθος (Εικ.15), για τη συγχώνευση πολύ κοντινών σημείων του μοντέλου (Εικ.16) και για το κλείσιμο μικρών οπών (Hole filling) (Εικ.17). Οι “προτροπές” διαμορφώθηκαν τμηματικά ώστε να επιτευχθεί βελτιωμένη κατανόηση και ακριβέστερη παραγωγή κώδικα και τεχνικών λύσεων, ενώ παράλληλα ζητήθηκε από το ChatGPT πρόταση βελτίωσης της “προτροπής” για καλύτερα αποτελέσματα.

```
1 import bpy
2
3 # Ηλπιος καθαρισμός mesh για μοντέλο μνημείου
4 # Επιλέγεις πρώτα το αντικείμενο και μετά τρέχεις τον κώδικα.
5
6 MERGE_DISTANCE = 0.0005 # μικρή τιμή για να μη χαθούν λεπτομέρειες
7
8 obj = bpy.context.object
9
10 if obj is None or obj.type != 'MESH':
11     raise Exception("Επλέξε πρώτα ένα αντικείμενο τύπου Mesh.")
12
13 # Δημιουργία αντιγράφου ασφαλείας
14 backup = obj.copy()
15 backup.data = obj.data.copy()
16 backup.name = obj.name + " backup original"
17 bpy.context.collection.objects.link(backup)
18 backup.hide_viewport = True
19 backup.hide_render = True
20
21 # Ενεργοποίηση αντικειμένου
22 bpy.context.view_layer.objects.active = obj
23 obj.select_set(True)
24
25 # Μετάβαση σε Edit Mode
26 bpy.ops.object.mode_set(mode='EDIT')
27 bpy.ops.mesh.select_all(action='SELECT')
28
29 # 1. Συγχώνευση πολύ κοντινών / διπλών κορυφών
30 bpy.ops.mesh.remove_doubles(threshold=MERGE_DISTANCE)
31
32 # 2. Διαγραφή γρήγορης γεωμετρίας: μεμονωμένα vertices / edges
33 bpy.ops.mesh.delete_loose()
34
35 # 3. Διόρθωση κατεύθυνσης normals
36 bpy.ops.mesh.normals_make_consistent(inside=False)
37
38 # 4. Επιλογή non-manifold σημείων για έλεγχο
39 bpy.ops.mesh.select_all(action='DESELECT')
40 bpy.ops.mesh.select_non_manifold()
41
42 # Επιστροφή σε Object Mode
43 bpy.ops.object.mode_set(mode='OBJECT')
44
45 print(f"Ο ήπιος καθαρισμός ολοκληρώθηκε.")
46 print(f"Δημιουργήθηκε κρυφό αντίγραφο ασφαλείας: {backup.name}")
47 print(f"Τα non-manifold σημεία έχουν επιλεγεί για οπτικό έλεγχο.")
```

Εικόνα 14. Python script για ήπιο, αυτόματο καθαρισμό του πλέγματος

```

48 import bpy
49 import bmesh
50
51 for obj in bpy.context.scene.objects:
52     if obj.type == 'MESH' and not obj.hide_viewport:
53         bpy.ops.object.mode_set(mode='OBJECT')
54         bpy.ops.object.select_all(action='DESELECT')
55
56         obj.select_set(True)
57         bpy.context.view_layer.objects.active = obj
58
59         mesh = obj.data
60         bm = bmesh.new()
61         bm.from_mesh(mesh)
62
63         bm.verts.ensure_lookup_table()
64         bm.edges.ensure_lookup_table()
65         bm.faces.ensure_lookup_table()
66
67         visited = set()
68         islands = []
69
70         for v in bm.verts:
71             if v.index in visited:
72                 continue
73
74             stack = [v]
75             island = []
76
77             while stack:
78                 vert = stack.pop()
79                 island.append(vert)
80                 for e in vert.link_edges:
81                     other = e.other_vert(vert)
82                     if other.index not in visited:
83                         stack.append(other)
84
85                 visited.add(vert.index)
86
87         islands.append(island)
88
89         for i in range(len(islands)):
90             if len(islands[i]) < 1:
91                 bm.free()
92                 print(f"{obj.name}: Δεν Αρθρήσαν Εξαρτημένα Islands.")
93                 continue
94
95         # Returns index to largest island
96         largest_island = max(islands, key=len)
97
98         verts_to_delete = []
99         for island in islands:
100             if island is not largest_island:
101                 for v in island:
102                     verts_to_delete.append(v.index)
103
104         bmesh.ops.delete(bm, geom=verts_to_delete, context='VERTS')
105
106         bm.to_mesh(mesh)
107         mesh.update()
108         bm.free()
109
110         print(f"{obj.name}: Διαγράφηκαν {len(verts_to_delete)} vertices από μικρά islands.")
111
112 print("Ο καθαρισμός ολοκληρώθηκε.")

```

Εικόνα 15. Python script για αφαίρεση αιωρούμενων τμημάτων

```

121 import bpy
122
123 DISTANCE = 0.0005 # άλλαξε το ανάλογα με την κλίμακα του μοντέλου
124
125 for obj in bpy.context.scene.objects:
126     if obj.type == 'MESH' and not obj.hide_viewport:
127         bpy.ops.object.mode_set(mode='OBJECT')
128         bpy.ops.object.select_all(action='DESELECT')
129
130         obj.select_set(True)
131         bpy.context.view_layer.objects.active = obj
132
133         bpy.ops.object.mode_set(mode='EDIT')
134         bpy.ops.mesh.select_all(action='SELECT')
135
136         bpy.ops.mesh.remove_doubles(threshold=DISTANCE)
137
138         bpy.ops.object.mode_set(mode='OBJECT')
139
140         print(f"{obj.name}: συγχωνεύτηκαν κοντινά vertices.")
141
142 print("Η συγχώνευση ολοκληρώθηκε.")

```

Εικόνα 16. Python script για συγχώνευση
πολύ κοντινών σημείων.

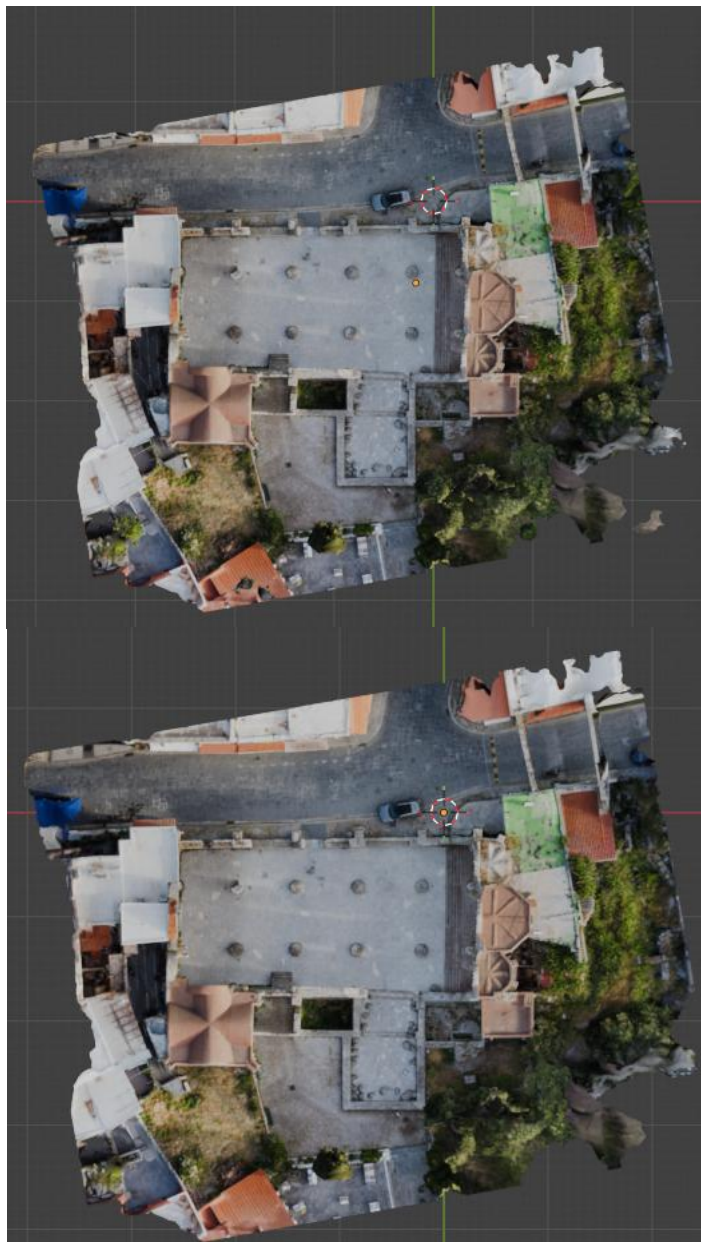
```

144 import bpy
145
146 MAX_SIDES = 50 # αύξησε το αν οι τρύπες είναι μεγαλύτερες
147
148 for obj in bpy.context.scene.objects:
149     if obj.type == 'MESH' and not obj.hide_viewport:
150         bpy.ops.object.mode_set(mode='OBJECT')
151         bpy.ops.object.select_all(action='DESELECT')
152
153         obj.select_set(True)
154         bpy.context.view_layer.objects.active = obj
155
156         bpy.ops.object.mode_set(mode='EDIT')
157         bpy.ops.mesh.select_mode(type='EDGE')
158         bpy.ops.mesh.select_all(action='DESELECT')
159
160         # Επιλογή ανοιχτών ορίων / μη-manifold ακμών
161         bpy.ops.mesh.select_non_manifold(
162             extend=False,
163             use_wire=True,
164             use_boundary=True,
165             use_multi_face=False,
166             use_non_contiguous=False,
167             use_verts=False
168         )
169
170         # Κλείσιμο τρυπών
171         bpy.ops.mesh.fill_holes(sides=MAX_SIDES)
172
173         bpy.ops.object.mode_set(mode='OBJECT')
174
175         print(f"{obj.name}: προσπάθεια κλεισίματος τρυπών ολοκληρώθηκε.")
176
177 print("Hole filling completed.")

```

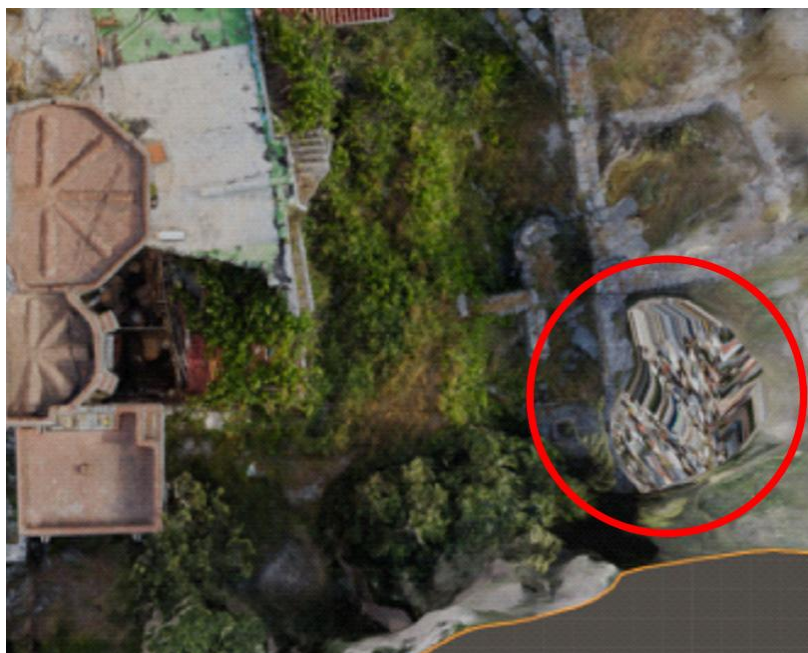
Εικόνα 17. Python script για κλείσιμο
μικρών οπών.

Όπως παρουσιάζεται παρακάτω (Εικ.18), η διαδικασία παρήγαγε ικανοποιητικά αποτελέσματα σε σημαντικά μικρότερο χρονικό διάστημα συγκριτικά με τη χειροκίνητη προσέγγιση. Ωστόσο, κρίθηκε απαραίτητος ο προσεκτικός έλεγχος του παραγόμενου μοντέλου, καθώς ενδέχεται να προκύψουν αστοχίες ή αποκλίσεις που σε μια πλήρως χειροκίνητη διαδικασία θα μπορούσαν να είχαν αποφευχθεί.



Εικόνα 18. Σύγκριση του μοντέλου πριν και μετά τον καθαρισμό με τη χρήση τεχνικών TN.

Η διαδικασία αυτόματης συμπλήρωσης των γεωμετρικών κενών παρουσίασε περιορισμούς, καθώς τα ελλιπή ή ασαφή δεδομένα οδήγησαν στη δημιουργία μη ρεαλιστικών γεωμετρικών σχηματισμών. Ωστόσο, τα σφάλματα αυτά εντοπίστηκαν σε περιοχές εκτός της περιοχής ενδιαφέροντος και αφορούσαν προηγούμενη φάση επεξεργασίας (Εικ..19).

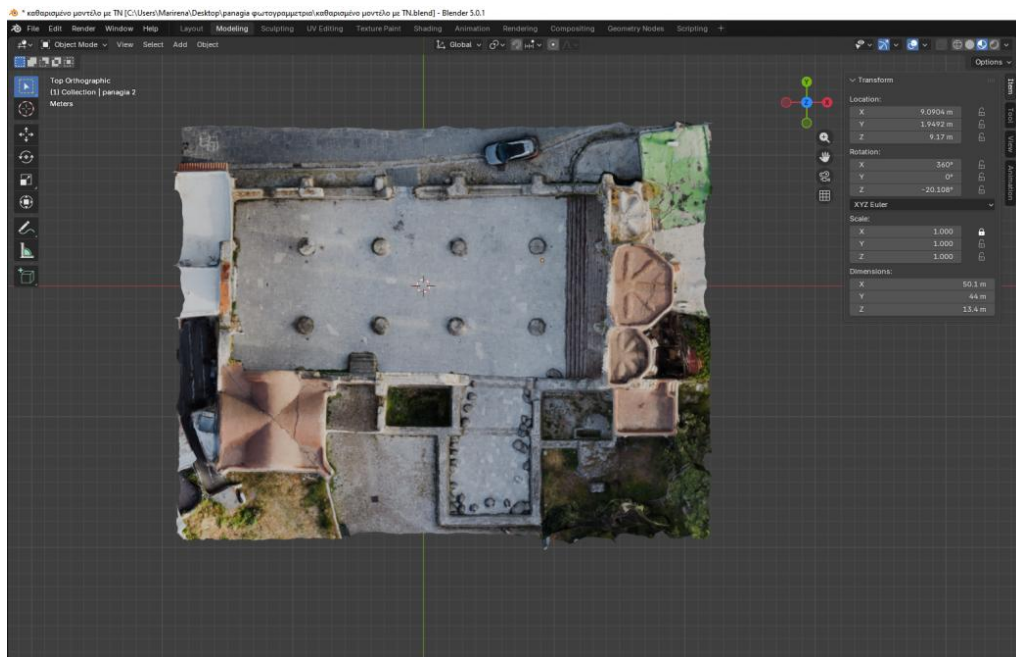


Εικόνα 19. Αξιολόγηση της διαδικασίας πλήρωσης οπών στο 3D μοντέλο με χρήση TN.

Το γεγονός αυτό αναδεικνύει την ανάγκη προσεκτικής ρύθμισης των αλγορίθμων ανακατασκευής και συνδυασμού αυτοματοποιημένων μεθόδων, ώστε να διασφαλίζεται η ακρίβεια και η αξιοπιστία των ψηφιακών μοντέλων.

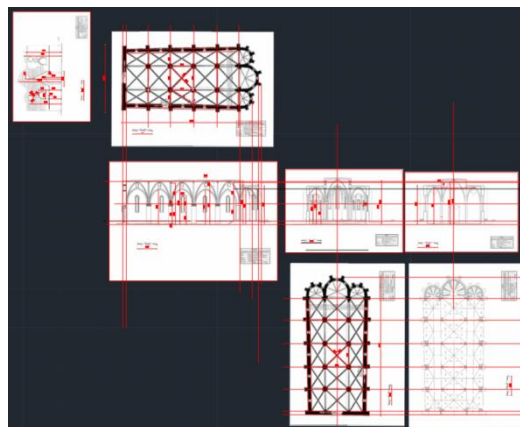
Χρησιμοποιώντας τους παραπάνω κώδικες, επισκευάστηκε το μοντέλο χρησιμοποιώντας το αρχικό σημειακό νέφος το οποίο αποτελούνταν από 225.048 σημεία. Το αποτέλεσμα της επισκευής ήταν αρκετά ικανοποιητικό, καθώς προέκυψε ένα γεωμετρικά συνεκτικό και τοπολογικά ορθό τρισδιάστατο μοντέλο, κατάλληλο για περαιτέρω ανάλυση και τεκμηρίωση.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε μείωση του αριθμού των πολυγώνων μέσω της οδού *Object Selection* → *Modifiers* → *Add Modifier* → *Decimate* → *Collapse* → *Ratio = 0.80* → *Apply*. , καθώς το αρχικό μοντέλο παρουσίαζε ιδιαίτερα μεγάλο μέγεθος, καθιστώντας δυσχερή την επεξεργασία του από το διαθέσιμο υπολογιστικό σύστημα.. Με τον τρόπο αυτό μειώθηκαν οι υπολογιστικές απαιτήσεις, χωρίς ουσιαστική απώλεια της μορφολογικής ακρίβειας του μνημείου, επιτρέποντας ταυτόχρονα την αποτελεσματικότερη επεξεργασία και παραμετρική μοντελοποίησή του (Εικ. 20).



Εικόνα 20. Στιγμιότυπο οθόνης του αρχείου μετά τη μείωση του μεγέθους του στο λογισμικό
Blender

Στη συνέχεια, τα δισδιάστατα σχέδια γραφικής αποκατάστασης που είχαν εκπονηθεί χειροκίνητα στο παρελθόν μεταφέρθηκαν στο AutoCAD σε κλίμακα 1:1 και διαστασιολογήθηκαν (Εικ. 21), ώστε να αποτελέσουν τη βάση για την περαιτέρω σχεδιαστική τους επεξεργασία.

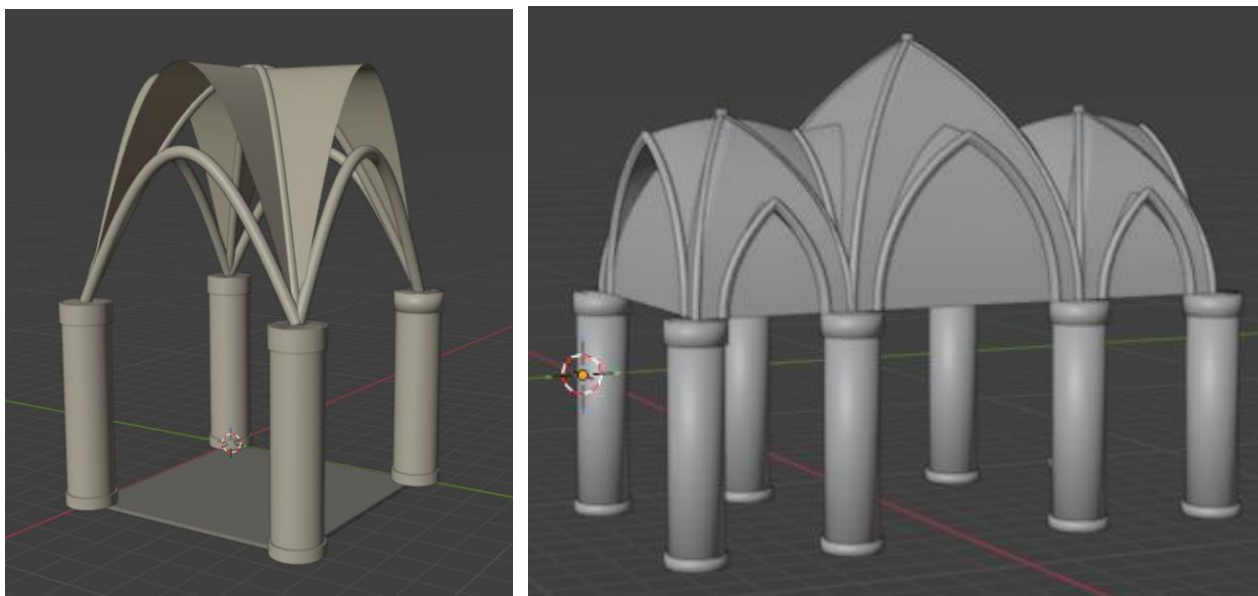


Εικόνα 21. Διαστασιολόγηση των σχεδίων στο περιβάλλον του λογισμικού AutoCAD.

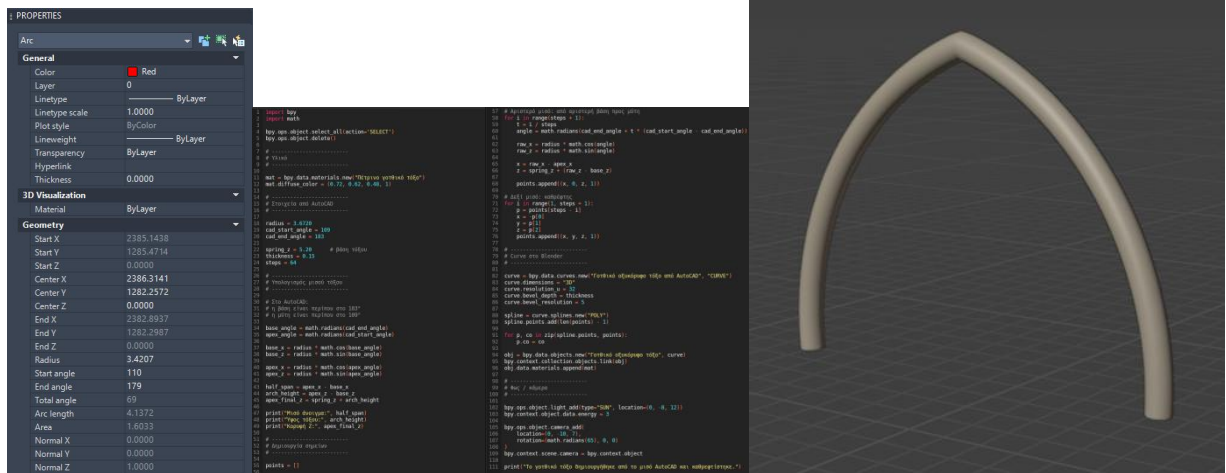
Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε βασίστηκε στην ίδια τακτική διατύπωσης προτροπών. Μέσω λεκτικών περιγραφών και εξειδικευμένων οδηγιών ζητήθηκε η παραγωγή κώδικα προγραμματισμού (Python scripts), ο οποίος συνέβαλε στην παραμετροποίηση των γεωμετρικών

στοιχείων. Η προσέγγιση αυτή εφαρμόστηκε κυρίως σε στοιχεία αυξημένης γεωμετρικής πολυπλοκότητας, όπως τα σταυροθόλια, οι νευρώσεις, τα γοτθικά παράθυρα και άλλα μορφολογικά χαρακτηριστικά του μνημείου, συμβάλλοντας στην ακριβέστερη ψηφιακή τεκμηρίωση και ερμηνεία τους.

Η αξιοποίηση των εργαλείων αυτών αν και αρχικά υπήρξε απογοητευτική, με τις κατάλληλες προτροπές, διευκόλυνε τη δημιουργία πολύπλοκων γεωμετρικών μορφών όπως των σταυροθολίων (Εικ.22), των τόξων (Εικ.23), των λεπτομερειών (Εικ.24) καθώς και την συνολική παραγωγή 3D μοντέλου του μνημείου (Εικ.25).



Εικόνα 22. Αρχική και τελική απόδοση γοτθικού σταυροθολίου μέσω σταδιακής περιγραφικής προτροπής σε σύστημα TN. Παρατηρείται αδυναμία αυτόματης αφαίρεσης των επιφανειών που δημιουργήθηκαν στο εσωτερικό των τόξων των τοξοστοιχίων.

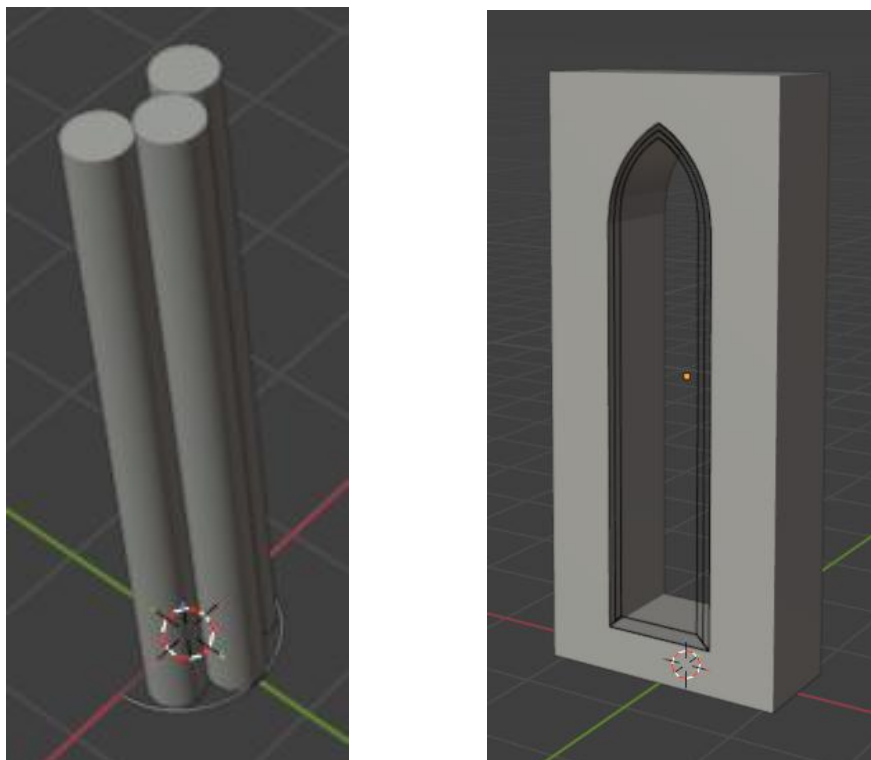


Autocad

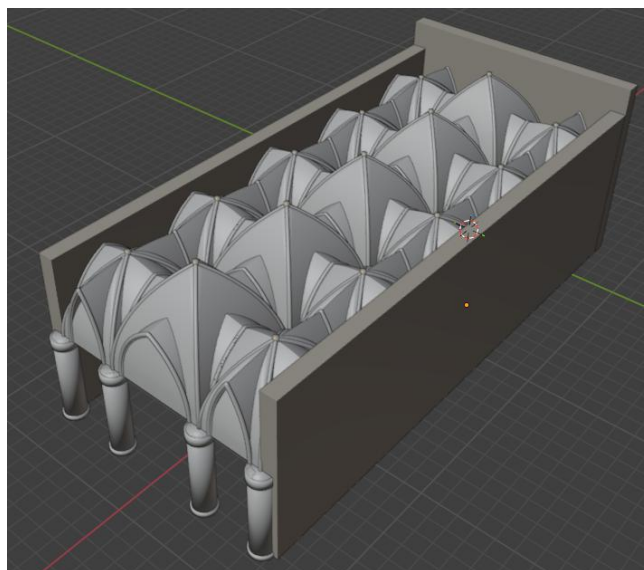
ChatGPT

Blender

Εικόνα 23. Γοτθικό οξυκόρυφο τόξο σχεδιασμένο στο Blender με χρήση κώδικα Python που παρήχθη με τη συνδρομή συστήματος TN, αξιοποιώντας γεωμετρικές παραμέτρους τόξου από το AutoCAD.

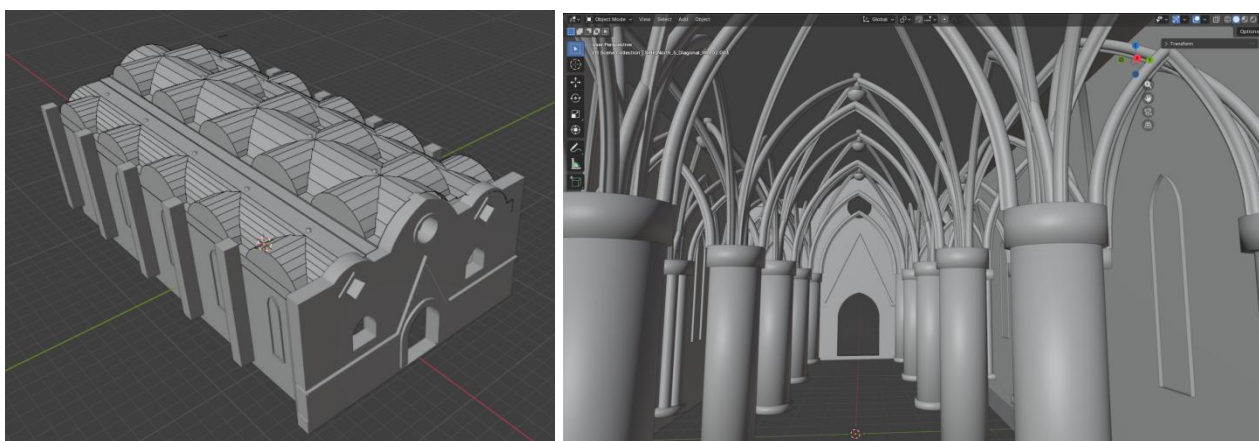


Εικόνα 24. Κίονες κάτω από τα φουρούσια και παράθυρα σχεδιασμένα με τη χρήση περιγραφικής προτροπής σε σύστημα TN

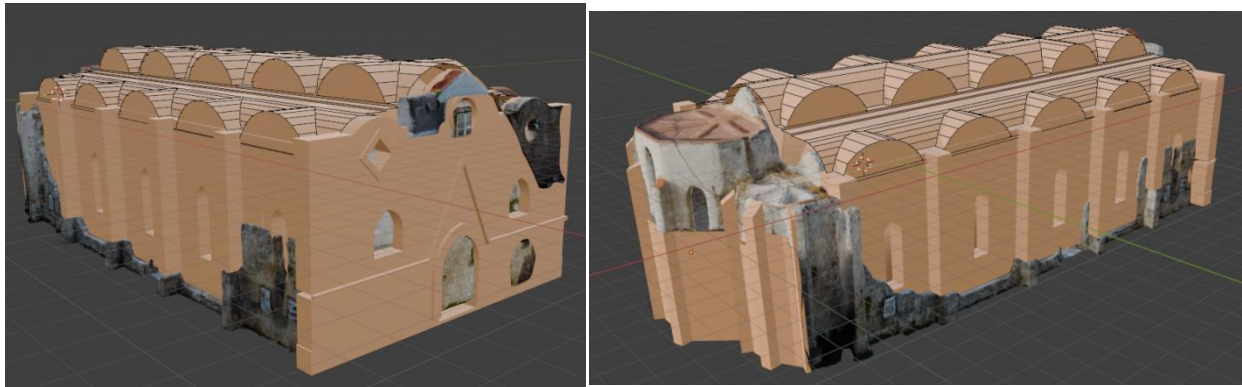


Εικόνα 25. Μοντέλο που προήλθε από ενιαίο κώδικα με επαναλαμβανόμενες προτροπές.

Μετά την ολοκλήρωση του σχεδιασμού του κορμού του μνημείου (Εικ. 26), βάσει της γραφικής αποκατάστασης, ακολούθησε η σύνθεσή του με επιλεγμένο τμήμα του τρισδιάστατου μοντέλου της υφιστάμενης κατάστασης, το οποίο προέκυψε από φωτογραμμετρική αποτύπωση (Εικ. 27). Για την επίτευξη της βέλτιστης προσαρμογής μεταξύ του ανακατασκευασμένου τμήματος και του υφιστάμενου μοντέλου, πραγματοποιήθηκαν κατά τόπους γεωμετρικές προσαρμογές, όπου αυτό κρίθηκε αναγκαίο, με στόχο τη διασφάλιση της μορφολογικής και γεωμετρικής συνέχειας του τελικού μοντέλου.

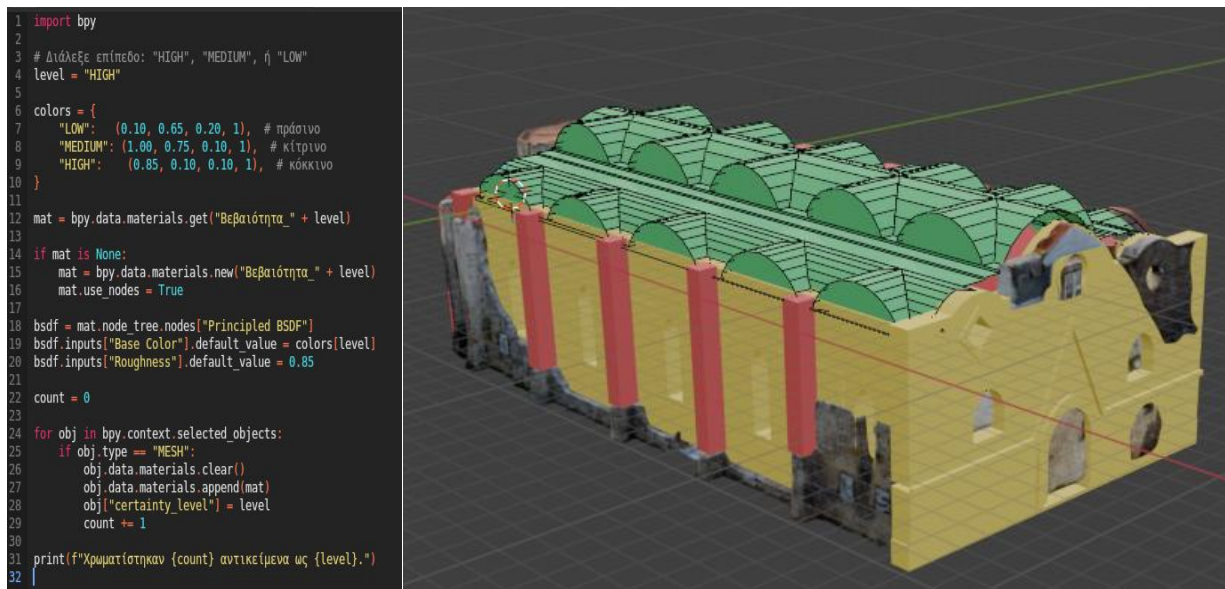


Εικόνα 26. Στιγμιότυπα οθόνης του αρχείου μετά την ολοκλήρωση σχεδιασμού του μνημείου στο λογισμικό Blender



Εικόνα 27. Στιγμιότυπα οθόνης που απεικονίζουν το τελικό στάδιο σύνθεσης και προσαρμογής του αναστηλωμένου τμήματος στο υφιστάμενο τμήμα στο λογισμικό Blender με σαφή διάκριση του αυθεντικού από την πρόταση γραφικής αποκατάστασης.

Παράλληλα, πραγματοποιήθηκε χρωματική κωδικοποίηση των αρχιτεκτονικών τμημάτων, σύμφωνα με τον βαθμό βεβαιότητας που αποτυπώνεται στον πίνακα αξιολόγησης τεκμηρίωσης (Πιν. 2, σελ. 34). Η απόδοση των χρωματικών κατηγοριών υλοποιήθηκε μέσω αυτοματοποιημένων Python scripts, τα οποία αναπτύχθηκαν με τη συνδρομή του ChatGPT και εφαρμόστηκαν στο περιβάλλον επεξεργασίας του τρισδιάστατου μοντέλου (Εικ.28).



Εικόνα 28. Στιγμιότυπο οθόνης που απεικονίζει το τελικό στάδιο σύνθεσης και προσαρμογής του αναστηλωμένου τμήματος στο υφιστάμενο τμήμα στο λογισμικό Blender με σαφή διάκριση του αυθεντικού από την πρόταση γραφικής αποκατάστασης.

3.4.2 Συμπεράσματα

Η συγκεκριμένη μέθοδος ανέδειξε τη σημαντική συμβολή της TN στη διαδικασία ψηφιακής αναστήλωσης και μοντελοποίησης της αρχιτεκτονικής πολιτιστικής κληρονομιάς μέσω της συνδυαστικής χρήσης του ανοιχτού κώδικα λογισμικού Blender και του ChatGPT. Η ενσωμάτωση εργαλείων TN συνέβαλε στην επιτάχυνση των επιμέρους σταδίων επεξεργασίας, στη βελτίωση της διαχείρισης δεδομένων προερχόμενων από φωτογραμμετρία και στην υποστήριξη της σχεδιαστικής διαδικασίας, διευκολύνοντας την παραγωγή 3D μοντέλων μεγαλύτερης ακρίβειας.

Κατά τα αρχικά στάδια της παραμετρικής μοντελοποίησης διαπιστώθηκε ότι η γεωμετρία των σταυροθολίων που προέκυπτε αποκλειστικά από την περιγραφή δεν ανταποκρινόταν στα μορφολογικά χαρακτηριστικά των ιστορικών γοθικών σταυροθολίων. Παρότι το μοντέλο παρήγαγε συνεχείς επιφάνειες, η μορφή των νευρώσεων, η καμπυλότητα των θόλων και η σχέση μεταξύ των επιμέρους δομικών στοιχείων αποκλίνουν από την πραγματικότητα. Η διαπίστωση αυτή οδήγησε σε διαδοχικές αναθεωρήσεις των αλγορίθμων παραγωγής της γεωμετρίας, με έμφαση στην ακριβέστερη απόδοση των οξυκόρυφων τόξων, των διαγώνιων νευρώσεων, των επιφανειών πλήρωσης και των σημείων σύνδεσής τους. Μέσω αυτής της επαναληπτικής διαδικασίας επιτεύχθηκε σταδιακά μεγαλύτερη μορφολογική συνέπεια μεταξύ του παραμετρικού μοντέλου και των πραγματικών γοθικών κατασκευών.

Η συνεχής αύξηση της γεωμετρικής ανάλυσης βελτίωνε την ακρίβεια της αναπαράστασης των γοθικών στοιχείων, ταυτόχρονα όμως αύξανε σημαντικά την πολυπλοκότητα του πλέγματος και τις απαιτήσεις επεξεργασίας του μοντέλου. Η συνεχής αξιολόγηση των αποτελεσμάτων μέσα στο Blender επέτρεψε τον εντοπισμό αποκλίσεων από την επιθυμητή γοθική μορφολογία, ενώ η ανάλυση του κώδικα οδήγησε στην αναγνώριση των κρίσιμων σημείων που επηρέαζαν την απόδοση του μοντέλου. Ως αποτέλεσμα, αναπτύχθηκε μια μεθοδολογία κατά την οποία η αρχιτεκτονική πρόθεση, η μαθηματική περιγραφή της μορφής και η βελτιστοποίηση της γεωμετρίας αντιμετωπίζονται ως αλληλένδετα στάδια της ίδιας διαδικασίας σχεδιασμού. Η προσέγγιση αυτή απέδειξε ότι είναι δυνατή η παραγωγή σύνθετων ιστορικών αρχιτεκτονικών μορφών μέσω παραμετρικών τεχνικών που αναπτύχθηκαν με την υποστήριξη εργαλείων TN, διατηρώντας ταυτόχρονα επίπεδα γεωμετρικής πολυπλοκότητας κατάλληλα για επεξεργασία, οπτικοποίηση και περαιτέρω ανάλυση.

3.5 Σύγκριση των 2 μεθόδων

Στην πρώτη περίπτωση, η διαδικασία βασίζεται κυρίως στη χρήση γενετικών μοντέλων TN, τα οποία αξιοποιούν ιστορικά κείμενα, αρχειακό υλικό και φωτογραφικές πηγές για τη δημιουργία δισδιάστατων εικόνων μέσω κατάλληλα διαμορφωμένων προτροπών. Η ποιότητα του παραγόμενου αποτελέσματος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την πληρότητα και την ακρίβεια της ιστορικής τεκμηρίωσης, καθώς και από την ικανότητα του ερευνητή να μεταφράσει τις διαθέσιμες πληροφορίες σε σαφείς, περιγραφικές προτροπές. Η μέθοδος αυτή προσφέρει σημαντική ταχύτητα, ευελιξία και δυνατότητα παραγωγής πολλαπλών εναλλακτικών οπτικών αναπαραστάσεων, ωστόσο τα αποτελέσματά της δεν μπορούν να θεωρηθούν γεωμετρικά ή μετρητικά τεκμηριωμένα. Επίσης, στην περίπτωση των γενετικών μοντέλων TN, η πιθανότητα παραγωγής μορφολογικών στοιχείων χωρίς ιστορική τεκμηρίωση καθιστά αναγκαία τη συνεχή διασταύρωση των αποτελεσμάτων με τις διαθέσιμες πηγές.

Αντίθετα, η δεύτερη περίπτωση βασίζεται στη συλλογή και επεξεργασία πρωτογενών χωρικών δεδομένων μέσω φωτογραμμετρικών τεχνικών, με αποτέλεσμα τη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων υψηλής γεωμετρικής ακρίβειας. Η χρήση λογισμικών όπως το Agisoft Metashape και το Blender, σε συνδυασμό με παραμετρικές διαδικασίες επιτρέπει την τεκμηριωμένη ανασύσταση ελλειπόντων τμημάτων ενός μνημείου, διατηρώντας τη σύνδεση με τα πραγματικά δεδομένα αποτύπωσης. Σε αυτή την προσέγγιση, η TN λειτουργεί περισσότερο ως υποστηρικτικό εργαλείο παραμετροποίησης. Οι δύο μέθοδοι διαφοροποιούνται τόσο ως προς τη φύση των δεδομένων που αξιοποιούν όσο και ως προς τον βαθμό επιστημονικής τεκμηρίωσης που προσφέρουν. Η πρώτη προσανατολίζεται στην παραγωγή οπτικών αναπαραστάσεων και πιθανών συσχετίσεων, ενώ η δεύτερη εδράζεται σε πραγματικές μετρήσεις και τεκμηριωμένες διαδικασίες ψηφιακής αποκατάστασης. Στην περίπτωση αυτή, η ακρίβεια της ανασύστασης εξαρτάται από την ποιότητα των δεδομένων αποτύπωσης, την ορθότητα των παραδοχών και τη μεθοδολογική τεκμηρίωση των επεμβάσεων.

Παρά τις διαφορές τους, οι δύο προσεγγίσεις μπορούν να λειτουργήσουν συμπληρωματικά στο πλαίσιο της ψηφιακής πολιτιστικής κληρονομιάς, καθώς οι δυνατότητες δημιουργικής οπτικοποίησης που προσφέρει η γενετική TN μπορούν να συνδυαστούν με την ακρίβεια και την αξιοπιστία των φωτογραμμετρικών και τρισδιάστατων μοντέλων, συμβάλλοντας στη δημιουργία πληρέστερων και περισσότερο τεκμηριωμένων ψηφιακών αναπαραστάσεων (Πιν.5).

Πίνακας 5. Συγκριτικός πίνακας των 2 μεθόδων

Κατηγορία	Παράμετρος	Case Study A	Case Study B
Δεδομένα & Μοντέλα	Δεδομένα	Κείμενα, ιστορικά αρχεία, φωτογραφίες	3D point cloud
	Τύπος μοντέλου	2D εικόνες	3D γεωμετρικό μοντέλο
	Πηγή πληροφορίας	Περιγραφική ιστορική τεκμηρίωση	Πραγματική σάρωση αντικειμένων και σχεδίαση μελέτης γραφικής αποκατάστασης
Τεχνολογικά εργαλεία	Πλατφόρμες / Λογισμικό	Midjourney, DALL·E	AgisoftMetashape, Blender, ChatGPT
	Μεθοδολογία	Μηχανική προτροπών, TN image generation, ιστορική τεκμηρίωση	Φωτογραμμετρία, Python για παραμετροποίηση + μελέτη γραφικής αποκατάστασης

4. Μελλοντικές Προοπτικές

Οι μελλοντικές προοπτικές της TN στην πολιτιστική κληρονομιά συνδέονται με τη δημιουργία πιο ολοκληρωμένων, διαδραστικών και «έξυπνων» συστημάτων για τη διαχείριση, τεκμηρίωση και αποκατάσταση μνημείων. Για να αξιοποιηθεί αποτελεσματικά η TN, είναι απαραίτητη η ύπαρξη ανοιχτών βάσεων δεδομένων, κοινών προτύπων τεκμηρίωσης και στενής συνεργασίας ανάμεσα σε τεχνολόγους και ειδικούς των ανθρωπιστικών επιστημών. Παράλληλα, ιδιαίτερη σημασία δίνεται στη διαφάνεια των αλγορίθμων, στην αξιοπιστία των αποτελεσμάτων και στη δημιουργία ηθικών και νομικών πλαισίων που θα προστατεύουν την αυθεντικότητα και την πολιτιστική ποικιλομορφία (Fu κ.ά., 2025, σελ. 6).

Παράλληλα, το μέλλον του BIM και του HBIM στην αποκατάσταση ιστορικών μνημείων φαίνεται να συνδέεται όλο και περισσότερο με την ενσωμάτωση τεχνολογιών όπως η TN, η μηχανική μάθηση και οι ψηφιακοί δίδυμοι. Οι τεχνολογίες αυτές μπορούν να συμβάλουν στην ανάλυση δεδομένων, στην ανίχνευση δομικών προβλημάτων, στην πρόβλεψη φθορών και στην προληπτική συντήρηση των μνημείων. Επιπλέον, η ανάπτυξη κοινών προτύπων και διαλειτουργικών συστημάτων αναμένεται να διευκολύνει τη συνεργασία μεταξύ διαφορετικών ειδικοτήτων και χωρών (Nawaz & Abbas, 2025, σελ. 5).

Ιδιαίτερα σημαντικές θεωρούνται και οι εξελίξεις στην ψηφιακή αποκατάσταση ιστορικών κτιρίων μέσω τεχνολογιών όπως τα GANs και η επεξεργασία τρισδιάστατων δεδομένων (3D point clouds).

Τα συστήματα αυτά μπορούν να εντοπίζουν φθορές, να συμπληρώνουν ελλιπή τμήματα και να προτείνουν πιθανές μορφές αναστήλωσης, δημιουργώντας ένα πιο εξελιγμένο και αυτοματοποιημένο πλαίσιο ψηφιακής αποκατάστασης. Ταυτόχρονα, η σύνδεση της TN με τη φωτογραμμετρία και το BIM επιτρέπει την ανάλυση γεωχωρικών δεδομένων, φωτογραφιών και ιστορικών πληροφοριών μέσα από ενιαίες ψηφιακές πλατφόρμες, διευκολύνοντας τόσο την τεκμηρίωση όσο και τη συντήρηση μνημείων και αρχαιολογικών χώρων (Fang κ.ά., 2024, σελ. 180· Pathan & Suhane, 2025, σελ. 99).

Η χρήση επαυξημένης και εικονικής πραγματικότητας μπορεί να ενισχύσει τη συμμετοχή των τοπικών κοινοτήτων και την εκπαίδευση του κοινού σχετικά με την προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς (Nawaz & Abbas, 2025, σελ. 7). Η χρήση ολογραμμάτων, AR/VR και TN avatars μπορεί να προσφέρει νέους τρόπους παρουσίασης μνημείων και ιστορικών χώρων, ενώ γενετικά μοντέλα και τεχνολογίες TN μπορούν να συμβάλουν στην αναβίωση χαμένων χειρογράφων και έργων τέχνης. Παράλληλα, αισθητήρες, drones και δορυφορικά συστήματα με ενσωματωμένη TN θα επιτρέπουν τη συνεχή παρακολούθηση και προγνωστική συντήρηση μνημείων, εντοπίζοντας έγκαιρα φθορές και κινδύνους (Srijaa, 2024–2025, σελ. 29).

Τέλος, σημαντική θεωρείται και η εξέλιξη των τεχνικών αποκατάστασης εικόνας μέσω βαθύτερων νευρωνικών δικτύων και πιο εξελιγμένων αλγορίθμων. Η χρήση μεγαλύτερων και πιο ποικίλων συνόλων δεδομένων, ισχυρότερων υπολογιστικών συστημάτων και νέων τεχνικών σύνθεσης υφής και μαθηματικών μοντέλων αναμένεται να βελτιώσει την ακρίβεια και τον ρεαλισμό των ψηφιακών ανακατασκευών. Με αυτόν τον τρόπο, μπορούν να δημιουργηθούν πιο αξιόπιστες και επιστημονικά τεκμηριωμένες μέθοδοι ψηφιακής αποκατάστασης της πολιτιστικής κληρονομιάς (Gaber κ.ά., 2023, σελ. 190). Ωστόσο, κάθε ανακατασκευή εμπεριέχει ερμηνευτικές επιλογές, τεχνικές αποφάσεις και αισθητικές παρεμβάσεις, οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν τον τρόπο με τον οποίο το κοινό αντιλαμβάνεται το παρελθόν. Για τον λόγο αυτό, η ψηφιακή αναστήλωση πρέπει να αντιμετωπίζεται όχι μόνο ως τεχνικό εγχείρημα, αλλά και ως πράξη επιστημονικής και ηθικής ευθύνης.

5. Ηθικά ζητήματα

Η βιβλιογραφία καταδεικνύει ότι τα ηθικά ζητήματα που προκύπτουν είναι πολυάριθμα, ενώ υπάρχει ευρεία συμφωνία μεταξύ των ερευνητών ως προς τη σημασία και τις προεκτάσεις τους.

Κεντρικό ηθικό ζήτημα αποτελεί η αυθεντικότητα. Οι ψηφιακές αναπαραστάσεις μπορούν να δημιουργήσουν την εντύπωση ότι παρουσιάζουν το παρελθόν «όπως ακριβώς ήταν», ενώ συχνά βασίζονται σε αποσπασματικά τεκμήρια, συγκριτικά παραδείγματα και ερμηνευτικές αποφάσεις. Επισημαίνεται ότι οι εικονικές αρχαιολογικές ανακατασκευές εκλαμβάνονται συχνά από τους χρήστες ως «αντικειμενική αλήθεια», παρότι ενδέχεται να υπάρχουν πολλαπλές και διαφορετικού βαθμού τεκμηρίωσης εκδοχές του ίδιου μνημείου (Niccolucci & Hermon, 2010, σελ. 28–29). Επομένως, η ψηφιακή αναστήλωση δεν πρέπει να παρουσιάζεται ως οριστική εικόνα του παρελθόντος, αλλά ως αρχικές προσεγγίσεις (Arzomand κ.ά., 2024, σελ.72) με απαραίτητη τη σαφή επισήμανση του βαθμού βεβαιότητας κάθε ψηφιακής αναπαράστασης και με διαχωρισμό των τμημάτων του μοντέλου ανάλογα με τον βαθμό τεκμηρίωσης (Niccolucci & Hermon, 2010, σελ.29–30). Η χάρτα του Λονδίνου θέτει ως βασική αρχή ότι οι ψηφιακές οπτικοποιήσεις πολιτιστικής κληρονομιάς πρέπει να συνοδεύονται από σαφή τεκμηρίωση των πηγών, των μεθόδων και των ερμηνευτικών αποφάσεων που οδήγησαν στο τελικό αποτέλεσμα (Denard, 2009, σελ.8).

Η έλλειψη διαφάνειας επίσης, μπορεί να οδηγήσει σε παραπλάνηση του κοινού. Οι εντυπωσιακές τρισδιάστατες απεικονίσεις, οι εικονικές περιηγήσεις και οι εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας διαθέτουν ισχυρή πειστικότητα, επειδή παρουσιάζουν το παρελθόν ως οπτικά ολοκληρωμένο και άμεσα κατανοητό. Όταν όμως δεν επισημαίνονται οι βαθμοί αβεβαιότητας, το κοινό μπορεί να εκλάβει μια επιστημονική υπόθεση ως ιστορικό γεγονός. Για το λόγο αυτό, η παρουσίαση πρέπει να βασίζεται σε τεκμηριωμένες πηγές και να αποφεύγονται απλουστεύσεις που αλλοιώνουν τη σημασία του μνημείου (ICOMOS, 2008, σελ.4–7)

Σημαντική είναι επίσης η ηθική χρήση της ΤΝ επειδή μπορεί να συμβάλει στην αποκατάσταση φθαρμένων έργων, στην πρόβλεψη μορφών και στη συμπλήρωση ελλειπών δεδομένων. Ωστόσο, επειδή οι αλγόριθμοι ενδέχεται να λειτουργούν ως «μαύρα κουτιά», καθιστώντας δύσκολη την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο παράγεται ένα αποτέλεσμα, στην αρχαιολογική συντήρηση πρέπει να βασίζεται σε υπεύθυνα, διαφανή και κριτικά πλαίσια εφαρμογής, και όχι μόνο στη βελτίωση της ακρίβειας των αλγορίθμων λειτουργώντας υποστηρικτικά στην επιστημονική ερμηνεία και όχι αντικαθιστώντας την (Casillo κ.ά., 2025, σελ.236–238).

Μία ακόμη προσέγγιση, αφορά στον σεβασμό καθώς η πολιτιστική κληρονομιά σχετίζεται με μορφές, αλλά και μνήμες, ταυτότητες, θρησκευτικές και κοινωνικές σημασίες. Όταν η αναστήλωση αφορά μνημεία που συνδέονται με ζωντανές κοινότητες, ομάδες μνήμης ή

τραυματικές ιστορικές εμπειρίες, απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή. Εκεί είναι πολύ σημαντική η συμμετοχή των σχετικών κοινοτήτων που μπορεί να αποτρέψει μονομερείς ή εξωτερικές ερμηνείες χωρίς εποπτεία.

Επίσης, ιδιαίτερη συζήτηση έχει αναπτυχθεί και γύρω από την εμπορευματοποίηση. Οι ψηφιακές ανακατασκευές χρησιμοποιούνται συχνά σε τουριστικές εφαρμογές, μουσειακά προϊόντα, ψηφιακές εκθέσεις και εμπειρίες εικονικής πραγματικότητας. Αν και αυτές οι χρήσεις μπορούν να ενισχύσουν την προσβασιμότητα και το ενδιαφέρον του κοινού, υπάρχει κίνδυνος η πολιτιστική κληρονομιά να μετατραπεί σε θέαμα ή προϊόν κατανάλωσης. Όπως στην περίπτωση της Παλμύρας όπου επισημαίνεται ότι η τεχνολογική δυνατότητα ανακατασκευής μπορεί να υποβαθμίσει το μέγεθος της καταστροφής παραβλέποντας τα πολιτικά, ιστορικά και κοινωνικά συμφραζόμενα (Khunti, 2018, σελ. 1–3, 9–11).

Παράλληλα, ανακύπτουν ζητήματα πνευματικών δικαιωμάτων, ιδιοκτησίας και πρόσβασης. Τα ψηφιακά μοντέλα, οι σαρώσεις, τα αρχεία φωτογραμμετρίας και οι βάσεις δεδομένων αποτελούν νέα πολιτιστικά τεκμήρια. Στη χάρτα του Λονδίνου, τονίζεται ότι τα αποτελέσματα της υπολογιστικής οπτικοποίησης και η τεκμηρίωσή τους πρέπει να διατηρούνται μακροπρόθεσμα, ώστε να μην χαθεί αυτό το νέο τμήμα της πολιτιστικής και πνευματικής κληρονομιάς (Denard, 2009, σελ.10) και να παραμένει προσβάσιμη στο κοινό και στις μελλοντικές γενιές (UNESCO, 2003, άρθρα 3, 6 και 9).

Πέρα από τα παραπάνω αναφερθέντα ζητήματα, ιδιαίτερη σημασία αποκτά και η μακροχρόνια διατήρηση των ψηφιακών τεκμηρίων. Η τεχνολογική απαξίωση των ψηφιακών αρχείων, η απώλεια μεταδεδομένων, η αλλαγή λογισμικών και μορφότυπων, η ανεπαρκής αρχειοθέτηση και η αποσπασματική συνοδευτική τεκμηρίωση μιας ψηφιακής αναστήλωσης που δεν συνοδεύεται από στρατηγική διατήρησης κινδυνεύει να χάσει την επιστημονική της αξία στο μέλλον. Ως εκ τούτου, δεν θα πρέπει να αντιμετωπίζεται μόνο ως ένα μέσο οπτικής αναπαράστασης, αλλά ως μια ολοκληρωμένη διαδικασία επιστημονικής τεκμηρίωσης, η οποία οφείλει να διασφαλίζει τη διαχρονική προσβασιμότητα, επαναχρησιμοποίηση και αξιοπιστία των παραγόμενων δεδομένων. Για τον λόγο αυτό, η ψηφιακή αναστήλωση πρέπει να σχεδιάζεται ως διαδικασία βιώσιμης τεκμηρίωσης και όχι μόνο ως τελικό οπτικό προϊόν με ενιαίο σύστημα αρχειοθέτησης

6. Συμπεράσματα

Η διατήρηση και η ανάδειξη της πολιτιστικής κληρονομιάς αποτελούν μια σύνθετη διαδικασία που προϋποθέτει τον συνδυασμό επιστημονικής τεκμηρίωσης, θεσμικής προστασίας και σύγχρονων τεχνολογικών εργαλείων. Οι διεθνείς και ευρωπαϊκοί οργανισμοί διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση κοινών αρχών και πρακτικών προστασίας, ενώ ο τουρισμός, η εκπαίδευση και η κοινωνική ευαισθητοποίηση λειτουργούν ως αλληλένδετοι παράγοντες που συμβάλλουν στη βιώσιμη διαχείριση και τη διαγενεακή μετάδοση των πολιτιστικών αγαθών. Στο πλαίσιο αυτό, οι ψηφιακές τεχνολογίες και ιδιαίτερα η ΤΝ αναδεικνύονται ως σημαντικά μέσα υποστήριξης της καταγραφής, διαχείρισης, ερμηνείας και προστασίας της πολιτιστικής κληρονομιάς. Με γνώμονα την επιστημονική τεκμηρίωση και τη διαφάνεια, η αξιοποίηση της ΤΝ στην πολιτιστική κληρονομιά επιβάλλει τη διαχείριση των ψηφιακών αναπαραστάσεων ως αξιόπιστα εργαλεία γνώσης και έρευνας και όχι αποκλειστικά ως μέσων οπτικής εντύπωσης.

Η έρευνα κατέδειξε ότι το αποτελέσματα εξαρτήθηκε λιγότερο από το ίδιο το εργαλείο ΤΝ και περισσότερο από την ποιότητα της αρχιτεκτονικής γνώσης που ενσωματώθηκε στις προτροπές, στις παραμέτρους και στις διαδικασίες ελέγχου. Η επιστημονική ερμηνεία παραμένει καθοριστικός παράγοντας της διαδικασίας, καθώς ο ερευνητής είναι αυτός που αξιολογεί, τεκμηριώνει και ελέγχει τις προτάσεις της ΤΝ, διασφαλίζοντας ότι η ψηφιακή αναστήλωση αποτελεί επιστημονική προσέγγιση και όχι απλώς μια τεχνολογικά παραγόμενη αναπαράσταση.

Η σημαντικότερη διαπίστωση της παρούσας έρευνας είναι ότι η ΤΝ δεν μεταβάλλει μόνο τα εργαλεία της ψηφιακής αναστήλωσης, αλλά και την ίδια τη φύση της ερευνητικής διαδικασίας. Η ανακατασκευή ιστορικών μορφών δεν προκύπτει πλέον αποκλειστικά από τη χειροκίνητη σχεδίαση του τελικού αποτελέσματος, αλλά από τη διατύπωση, τον έλεγχο και τη συνεχή αναθεώρηση των υποθέσεων που καθοδηγούν την παραγωγή του. Ο ερευνητής αναλαμβάνει την ευθύνη της ερμηνείας και της αξιολόγησης των παραγόμενων αποτελεσμάτων. Η συμβολή της ΤΝ στην πολιτιστική κληρονομιά δεν έγκειται επομένως στην αυτοματοποίηση της αναστήλωσης, αλλά στη δυνατότητα ανάπτυξης νέων μεθοδολογιών διερεύνησης, επαλήθευσης και κατανόησης του παρελθόντος..

Σε πρακτικό επίπεδο, η παρούσα διπλωματική εργασία δεν περιορίζεται σε μια θεωρητική σύγκριση μεθόδων, αλλά προτείνει μια εφαρμοσμένη μεθοδολογική ροή για τη διαχείριση και την

ψηφιακή ανακατασκευή ελλειπών μνημείων. Το τρισδιάστατο γεωμετρικό μοντέλο της Παναγίας του Μπούργκου αναπτύχθηκε στο περιβάλλον Blender, με αξιοποίηση κώδικα Python που δημιουργήθηκε μέσω του ChatGPT για τη σχεδιαστική παραμετροποίηση, έχοντας ως γεωμετρική βάση το φωτογραμμετρικό νέφος σημείων. Το παραγόμενο μοντέλο συνιστά ένα αξιόπιστο και επιστημονικά τεκμηριωμένο ψηφιακό υπόβαθρο για την αποτύπωση και μελέτη του μνημείου.

Παράλληλα, η έρευνα καταδεικνύει ότι η αξιοποίηση των σχεδίων γραφικής αποκατάστασης και του φωτογραφικού υλικού ως δεδομένων ελέγχου αποτελεί τον αποτελεσματικότερο τρόπο περιορισμού των γεωμετρικών και μορφολογικών ασυνεπειών που εμφανίζουν τα εργαλεία Τεχνητής Νοημοσύνης όταν βασίζονται αποκλειστικά σε κειμενικές περιγραφές.

Βιβλιογραφικές αναφορές

Arzomand, K., Rustell, M., & Kalganova, T. (2024). *From ruins to reconstruction: Harnessing text-to-image AI for restoring historical architectures*. *Challenge Journal of Structural Mechanics*, 10(2), 69–85. <https://doi.org/10.20528/cjsmec.2024.02.004>

Battina, S. (2025). *Navigating geometric complexity in digital heritage: A review of AI-based semantic segmentation*. *ITcon: Journal of Information Technology in Construction*. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2025.070>

Casillo, M., Colace, F., Gaeta, R., Lorusso, A., & Pellegrino, M. (2025). *Artificial intelligence in archaeological site conservation: Trends, challenges, and future directions*. *Journal of Computer Applications in Archaeology*, 8(1), 224–241. <https://doi.org/10.5334/jcaa.207>

Chatzi, E., Derdemezi, E., & Tsilimigkas, G. (2025). *Cultural heritage on islands: Pressures from tourism, Airbnb and conservation challenges: Evidence from Rhodes Island, Greece*.

Council of Europe. (2026). <https://edoc.coe.int/en/>

Denard, H. (2012). *A new introduction to the London Charter*. In Chapter 6.

Denard, H. (Ed.). (2009). *The London Charter for the Computer-based Visualisation of Cultural Heritage*. London Charter Initiative. <https://londoncharter.org/>

e-nomothesia. (2026). <https://www.e-nomothesia.gr/kat-arxaiotites/nomos-4858-2021-phek-220a-19-11-2021.html>

Europa Nostra. (2026). <https://www.europanostra.org/>

Fang, T., Hui, Z., Rey, W. P., Yang, A., Liu, B., & Xie, Z. (2024). *Digital restoration of historical buildings by integrating 3D PC reconstruction and GAN algorithm*. *Journal of Artificial Intelligence and Technology*, 4, 179–187. <https://doi.org/10.37965/jait.2024.0514>

Foka, A., & Griffin, G. (2024). *AI, cultural heritage, and bias: Some key queries that arise from the use of GenAI*. *Heritage*, 7(11), 6125–6136. <https://doi.org/10.3390/heritage7110287>

Forte, M. (2012). *Introduction to cyber-archaeology*.

https://www.researchgate.net/publication/303919005_Introduction_to_cyber-archaeology

Fu, Q. Y., Dong, S. H., & Yuan, C. H. (2025). *The current status and challenges of artificial intelligence in the digital preservation of cultural heritage*. *Journal of Artificial Intelligence & Robotics*, 2(1), 1018.

https://www.researchgate.net/publication/396488027_The_current_status_and_challenges_of_artificial_intelligence_in_the_digital_preservation_of_cultural_heritage

Gaber, J. A., Youssef, S. M., & Fathalla, K. M. (2023). *The role of artificial intelligence and machine learning in preserving cultural heritage and artworks via virtual restoration*. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*.

<https://doi.org/10.5194/isprs-annals-X-1-W1-2023-185-2023>

Gillis, J. R. (1994). *Commemorations, The Politics of National Identity*. Princeton University Press.

ICCROM. (2026). <https://www.iccrom.org/>

ICOM. (2026). <https://www.icom-greece.gr/>

ICOMOS. (1994). *The Nara Document on Authenticity*. In *Nara Conference on Authenticity in Relation to the World Heritage Convention*.

ICOMOS. (2008). *The ICOMOS Charter for the Interpretation and Presentation of Cultural Heritage Sites*. https://www.icomos.org/images/DOCUMENTS/Charters/interpretation_e.pdf

ICOMOS. (2026). <https://www.icomos.org/>

Khunti, R. (2018). *The problem with printing Palmyra: Exploring the ethics of using 3D printing technology to reconstruct heritage*. *Studies in Digital Heritage*, 2(1), 1–12.

<https://doi.org/10.14434/sdh.v2i1.24590>

Κονδυλίδης, Ν. (2016). *Ανάκτηση εικόνας βασισμένη σε βαθιά συνελκτικά νευρωνικά δίκτυα* (Πτυχιακή εργασία). Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πληροφορικής.

https://ikee.lib.auth.gr/record/285276/files/Kondylidis_Nikos_2173.pdf

- Li, Y., & Shi, Z. (2024). *Digital restoration and reproduction of historical monuments based on 3D point cloud scanning and model repair technology: A case study of the Ming Dynasty's wooden memorial archways*. In *Proceedings of the 2024 International Conference on Digital Society and Artificial Intelligence (DSAI 2024)*. ACM. <https://doi.org/10.1145/3677892.3677946>
- Liu, Z., & Wang, J. (2024). *Protection and utilization of historical sites using digital twins*. *Buildings*, 14(4), 1019. <https://doi.org/10.3390/buildings14041019>
- López-Menchero Bendicho, V. M., & Grande, A. (2011). *The Seville Principles: International Principles of Virtual Archaeology*. <https://www.vi-mm.eu/wp-content/uploads/2016/10/The-Seville-Principles.pdf>
- Mitrou, I. N. (2023). *Generative artificial intelligence: Models, benefits, dangers and detection of AI-generated text on specialized domains* (Master's thesis, National and Kapodistrian University of Athens, Department of Informatics and Telecommunications). <https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/object/3393769/file.pdf>
- Murphy, M., McGovern, E., & Pavia, S. (2009). *Historic building information modelling (HBIM)*. *Structural Survey*, 27(4), 311–327. <https://doi.org/10.1108/02630800910985108>
- Murphy, M., McGovern, E., & Pavia, S. (2011). *Historic building information modelling – Adding intelligence to laser and image based surveys*. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 38(5/W16), 1–6. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XXXVIII-5-W16-1-2011>
- Murphy, M., McGovern, E., & Pavia, S. (2013). *Historic Building Information Modelling – Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture*. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 76, 89–102. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2012.11.006>
- Murphy, M., & Pavia, S. (2025). *An initial design framework for virtual historic Dublin*. *Journal of Academic Research and Innovation*, 2(1), Article 6. <https://doi.org/10.21427/cqb6-rc45>

Nawaz, D., & Abbas, A. (2025). *A comparative study of BIM applications in historical monument restoration*.

https://www.researchgate.net/publication/393599709_A_Comparative_Study_of_BIM_Applications_in_Historical_Monument_Restoration

Niccolucci, F., & Hermon, S. (2010). *A fuzzy logic approach to reliability in archaeological virtual reconstruction*. In F. Niccolucci & S. Hermon (Eds.), *Beyond the artifact: Digital interpretation of the past. Proceedings of CAA2004* (pp. 28–35). Archaeolingua.

Pathan, Z., & Suhane, S. (2025). *Towards documenting and preserving living traditions and heritage: Problems and potentials of emerging digital technologies*. *ISVS e-journal*, 12(2).

<https://doi.org/10.61275/ISVSej-2025-12-02-06>

Srijaa, H. (2024–2025). *AI in cultural heritage: Reawakening the silent past*. *AINA: AI & Analytics Magazine*, 6(0), 21–30.

Shumailov, I., Shumaylov, Z., Zhao, Y., Papernot, N., Anderson, R., & Gal, Y. (2024). *AI models collapse when trained on recursively generated data*. *Nature*, 631(8022), 755–759.

<https://doi.org/10.1038/s41586-024-07566-y>

Trushaj, A., & Xhelaj, B. (2024). *Modern technologies in archaeology and their application in architectural object restoration*. *Architectural Studies*, 10(1), 79–91.

<https://doi.org/10.56318/as/1.2024.79>

UNESCO. (2003). *Charter on the Preservation of Digital Heritage*.

<https://www.unesco.org/en/legal-affairs/charter-preservation-digital-heritage>

UNESCO (2003), *Convention for the Safeguarding of the Intangible Cultural Heritage*

https://ich.unesco.org/en/convention?utm_source=chatgpt.com

UNESCO. (2005). *Convention on the Protection and Promotion of the Diversity of Cultural Expressions*. <https://www.unesco.org/creativity/en/2005-convention>

UNESCO. (2026). <https://www.unesco.org/en>

- UNESCO, ICCROM, ICOMOS, & IUCN. (2010). *Managing disaster risks for World Heritage*. UNESCO World Heritage Centre. <https://whc.unesco.org/uploads/activities/documents/activity-630-1.pdf>
- 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 geoscience applications. *Geomorphology*, 179, 300–314. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.08.021>
- Wilhelm, N. (2004). *Voyage to the heart of the heritage: Our heritage explained to children*. *Proceedings of the Europa Nostra Forum 2004*, 57–60.
- World Monuments Fund. (2026). <https://www.wmf.org/>
- Zhaoqing Pan, Weijie Yu, Xiaokai Yi, Asifullah Khan, Feng Yuan, & Yuhui Zheng. (2019). *Recent progress on generative adversarial networks (GANs): A survey*. *IEEE Access*, 7, 36322–36333. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2905015>
- Γεωργούλη, Κ. (2015). *Τεχνητή νοημοσύνη*. Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών (ΣΕΑΒ). <https://www.kallipos.gr>
- Γριβοκωστόπουλος, Κ. (2024). *Εξόρυξη δεδομένων και μηχανική μάθηση (Data mining and machine learning)* (Μεταπτυχιακή διατριβή, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Προηγμένα Συστήματα Πληροφορικής», Πανεπιστήμιο Πειραιώς).
- Κολλιός, Ι. (1992). *Οι Ιππότες της Ρόδου: Το Παλάτι και η Πόλη*. Αθήνα: Εκδοτική Αθηνών.
- Μαστραντώνης, Π. (2008). *Διαχείριση Αρχαιολογικών Έργων – Θεωρητικό Πλαίσιο και Ανάπτυξη Εξειδικευμένων Εργαλείων*. Ινστιτούτο του Βιβλίου ΚΑΡΔΑΜΙΤΣΑ.
- Ντέλλας, Γ. (2007). *Οι μεγάλες ιπποτικές εκκλησίες της Ρόδου: Παναγία του Κάστρου, Άγιος Ιωάννης του Κολλάκιου, Παναγία του Μπούργκου*. Στο 15 χρόνια έργων αποκατάστασης στη Μεσαιωνική Πόλη της Ρόδου (πρακτικά συνεδρίου). Αθήνα.
- Παπανδρέου, Γ. Ν. (2009). *Ανάλυση εικόνας και όραση υπολογιστών: Θεωρία και εφαρμογές στην αποκατάσταση αρχαίων τοιχογραφιών* (Διδακτορική διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο).

Προυσαλίδης, Κ. (2022). *Αλγόριθμοι ανταγωνιστικών επιθέσεων σε βαθιά νευρωνικά δίκτυα* (Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών).

Σκουλάς, Γ., & Σκουλά, Δ. (2011). *Το δικαίωμα του πολίτη στο πολιτιστικό περιβάλλον: Η συνταγματική και νομική του διάσταση στην παιδεία και στον πολιτισμό. Το Βήμα των Κοινωνικών Επιστημών*, 15(60).

Υπουργείο Πολιτισμού και Αθλητισμού. (2018). *Πολιτιστική κληρονομιά και προστασία μνημείων στην Ελλάδα*. Αθήνα.

Υπουργείο Πολιτισμού. (2001). *Μεσαιωνική πόλη Ρόδου: Έργα αποκατάστασης (1985–2000)*. Επιτροπή Παρακολούθησης Έργων στα Μνημεία της Μεσαιωνικής Πόλης της Ρόδου.

Χαραλαμπίδης, Α. (2025). *Μηχανική μάθηση και τεχνητή νοημοσύνη στην επιστήμη του μηχανικού: Εφαρμογή στην εκτίμηση της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου κτιρίων*. Παρουσίαση στο συνέδριο ΠΣΑΜΤΣ, Αθήνα, Ελλάδα. <https://www.charalampakis.com/files/c25.pdf>

Παράρτημα Α: «Φωτογραφικό υλικό για την καλύτερη κατανόηση του μνημείου»



Εικόνα 29. Άποψη του ιερού κατά τις εργασίες αποκατάστασης κατά την ιταλοκρατία (Ντέλλας, 2007, Πίνακας 337)



Εικόνα 30. Εσωτερική όψη νότιου κλίτους. Λήψη από Β (Φωτ. αρχείο ΥΠ ΠΟ, κωδ. 16195-31)



Εικόνα 31. Εσωτερική δυτική όψη. Λήψη από ΒΑ (Φωτ. αρχείο ΥΠ ΠΟ, κωδ.16224-2)



Εικόνα 32. Εξωτερική όψη βόρειου κλίτους. Λήψη από Β (Φωτ. αρχείο ΥΠ ΠΟ, κωδ. 16224-5)

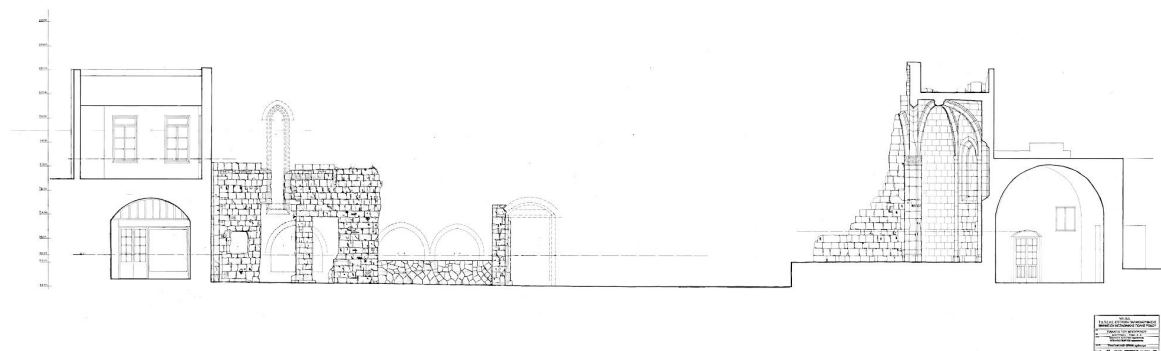


Εικόνα 33. Εξωτερική όψη βόρειου κλίτους. Λήψη από ΒΔ (Ντέλλας, 2007, Πίνακας 338)

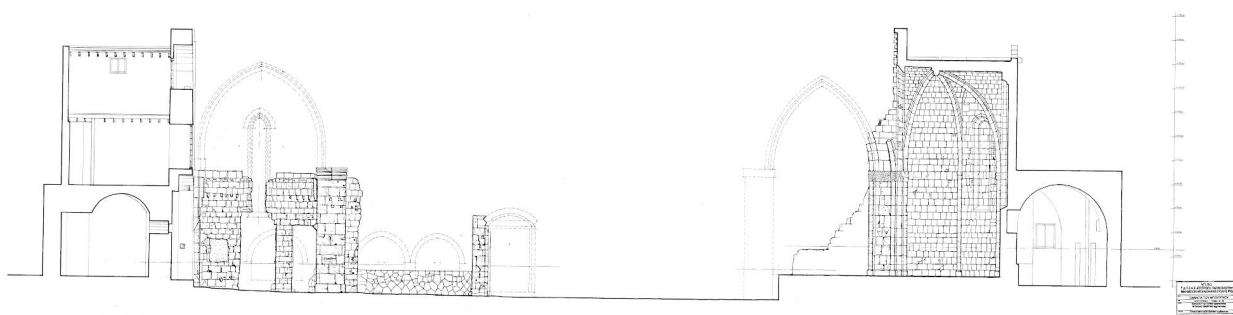


Εικόνα 34. Εξωτερική όψη εισόδου βόρειου κλίτους. Λήψη από ΒΑ (Φωτ. αρχείο ΥΠ ΠΟ, κωδ. 16224-10)

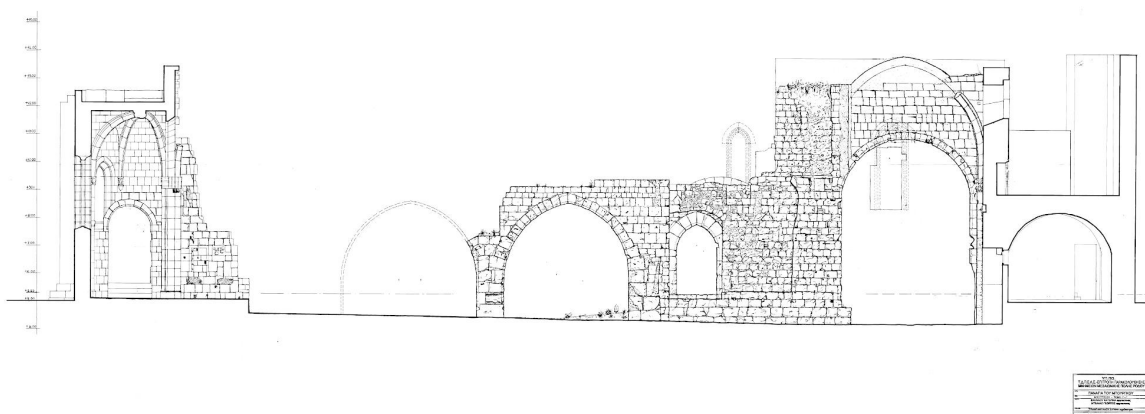
Παράρτημα Β: «Σχέδια αποτύπωσης & γραφικής αποκατάστασης της α΄ οικοδομικής φάσης του μνημείου»



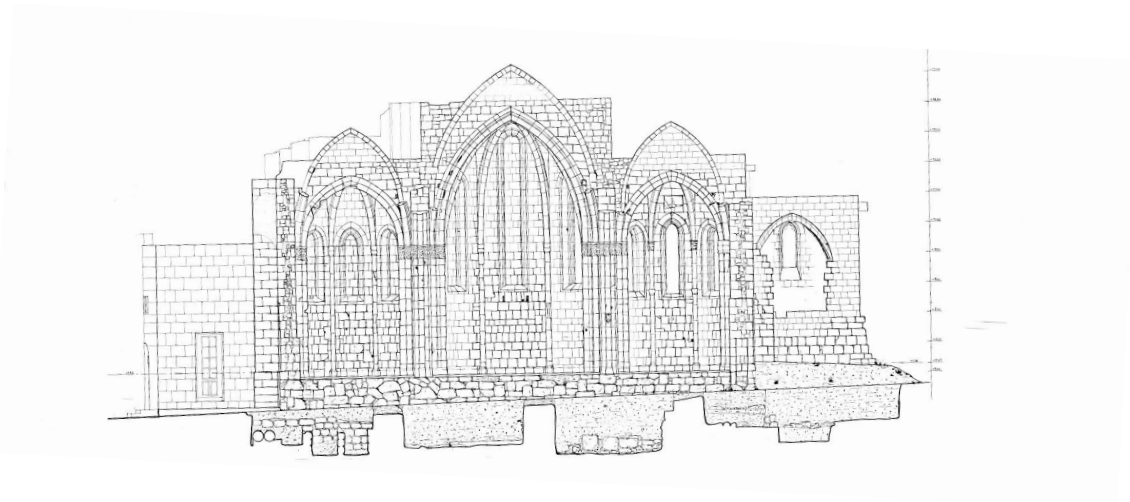
Σχέδιο 5. Αποτύπωση τομής Α-Α (1998) (Σχεδ. αρχείο ΥΠ ΠΟ, μελέτη Ντέλλας, Γ.)



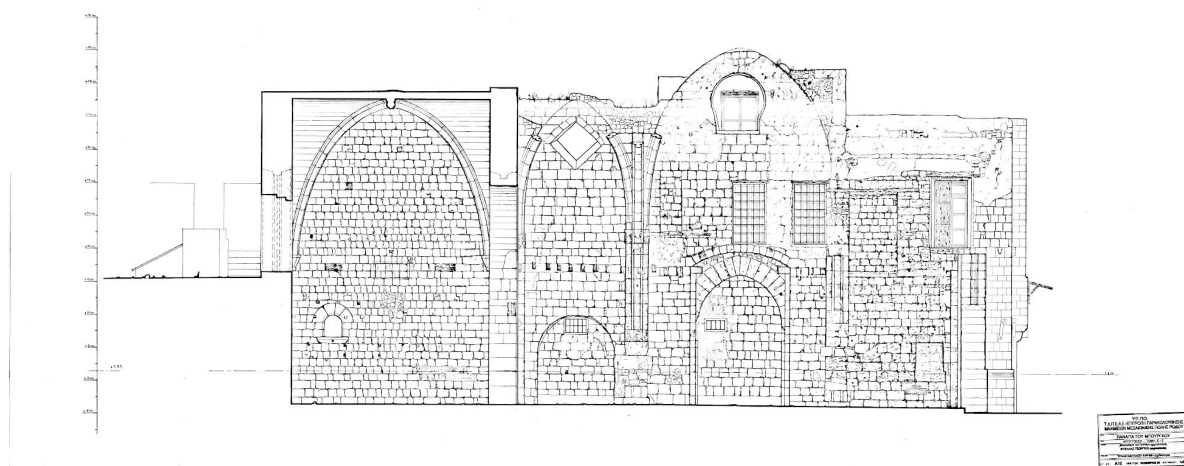
Σχέδιο 6. Αποτύπωση τομής Β-Β (1998) (Σχεδ. αρχείο ΥΠ ΠΟ, μελέτη Ντέλλας, Γ.)



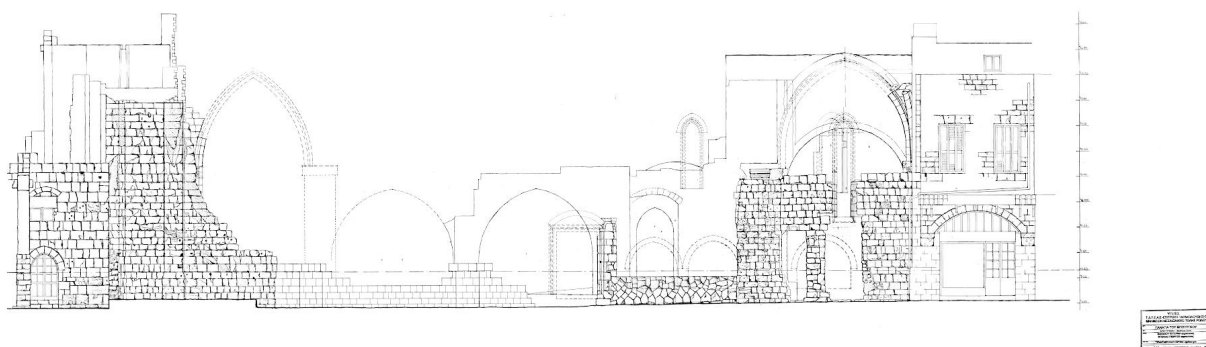
Σχέδιο 7. Αποτύπωση τομής Γ-Γ (1998) (Σχεδ. αρχείο ΥΠ ΠΟ, μελέτη Ντέλλας, Γ.)



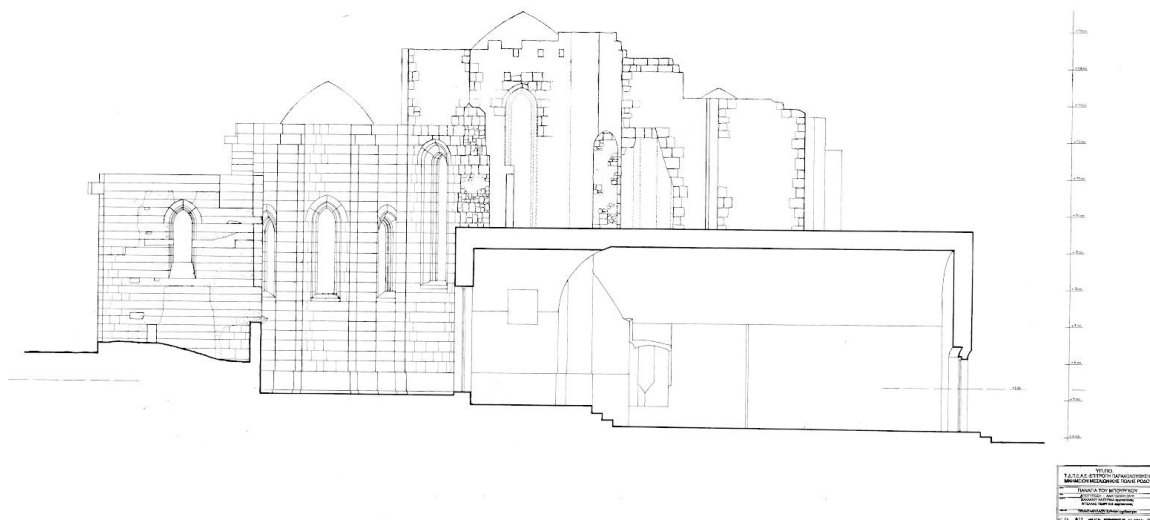
Σχέδιο 8. Αποτύπωση τομής Δ-Δ (1998) (Ντέλλας, 2007, Πίνακας 352)



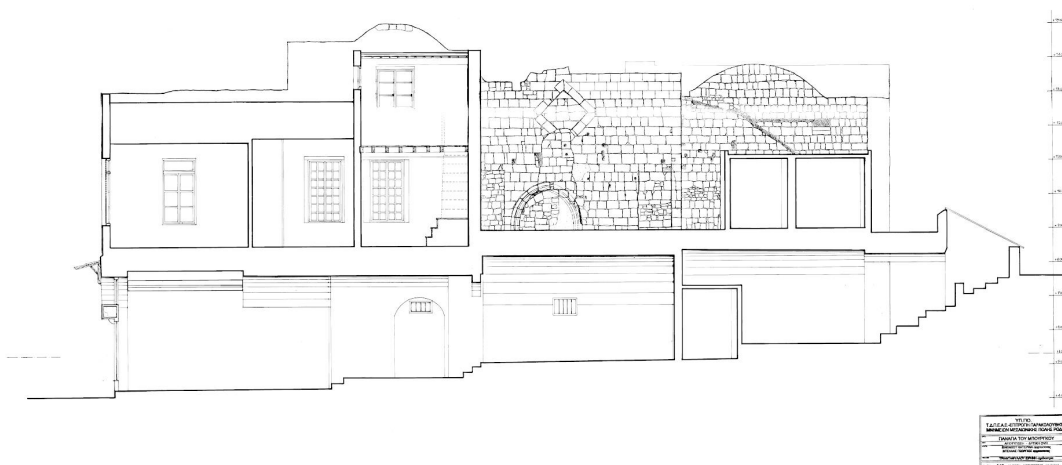
Σχέδιο 9. Αποτύπωση τομής E-E (1998) (Υπουργείο Πολιτισμού, 2001, σελ.144)



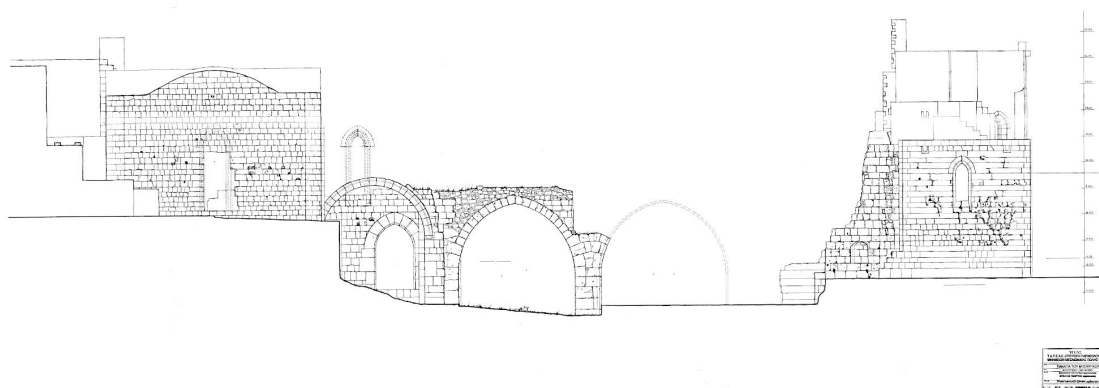
Σχέδιο 10. Αποτύπωση βόρειας όψης (1998) (Σχεδ. αρχείο ΥΠ ΠΟ, μελέτη Ντέλλας, Γ.)



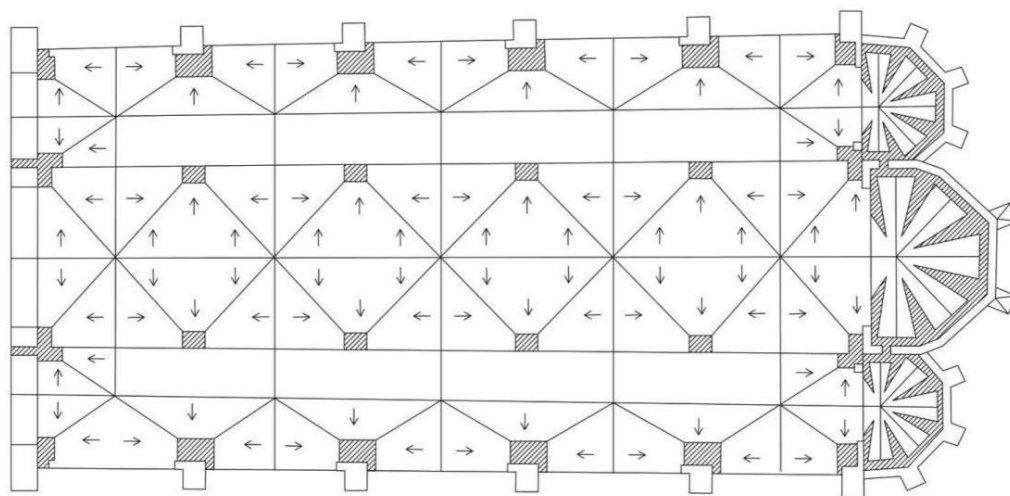
Σχέδιο 11. Αποτύπωση ανατολικής όψης (1998) (Σχεδ. αρχείο ΥΠ ΠΟ, μελέτη Ντέλλας, Γ.)



Σχέδιο 12. Αποτύπωση δυτικής όψης (1998) (Σχεδ. αρχείο ΥΠ ΠΟ, μελέτη Ντέλλας, Γ.)

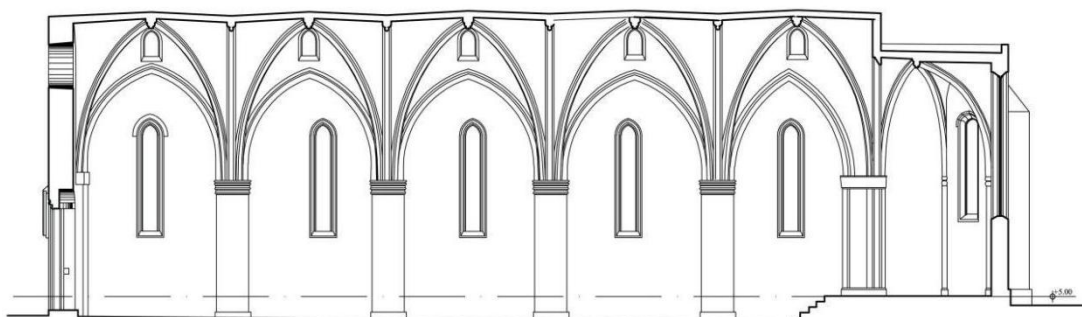


Σχέδιο 13. Αποτύπωση νότιας όψης (1998) (Σχεδ. αρχείο ΥΠ ΠΟ, μελέτη Ντέλλας, Γ.)



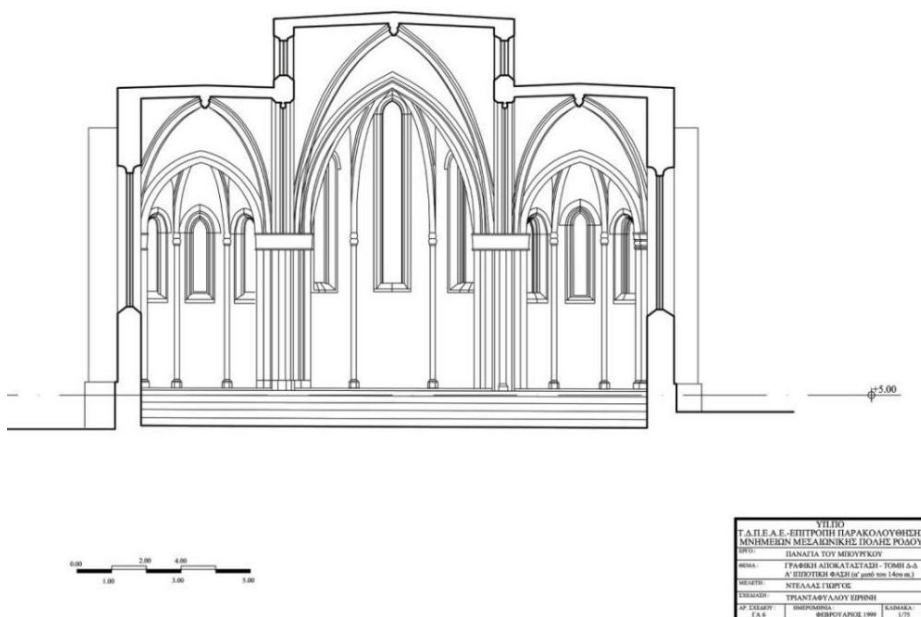
ΥΠ.Π.Ο.		
Τ.Δ.Π.Ε.Α.Ε.-ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ		
ΜΝΗΜΕΙΩΝ ΜΕΣΑΙΩΝΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΡΟΔΟΥ		
ΕΡΓΟ:	ΠΑΝΑΓΙΑ ΤΟΥ ΜΕΛΟΥΡΓΙΚΟΥ	
ΘΕΜΑ:	ΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ - ΚΑΤΟΡΗ ΔΩΜΑΤΟΣ	
Α' ΠΡΟΤΥΠΗ ΦΑΣΗ (α' φάση του 14ου αιώνα)		
ΜΕΛΕΤΗ:	ΝΤΕΛΛΑΣ Γ.ΓΕΩΡΓΙΟΣ	
ΕΚΔΟΣΗ:	ΝΤΕΛΛΑΣ Γ.ΓΕΩΡΓΙΟΣ	
ΑΡ. ΣΧΕΔΙΟΥ:	Γ.Α.2	ΕΛΛΗΝΙΚΑ
	ΚΟΝΙΑΝΕΣ 2006	1/100

Σχέδιο 14. Γραφική αποκατάσταση κάτοψης δώματος της α' οικοδομικής φάσης (1999)
(Σχεδ. αρχείο ΥΠ.Π.Ο., μελέτη Ντέλλας, Γ.)



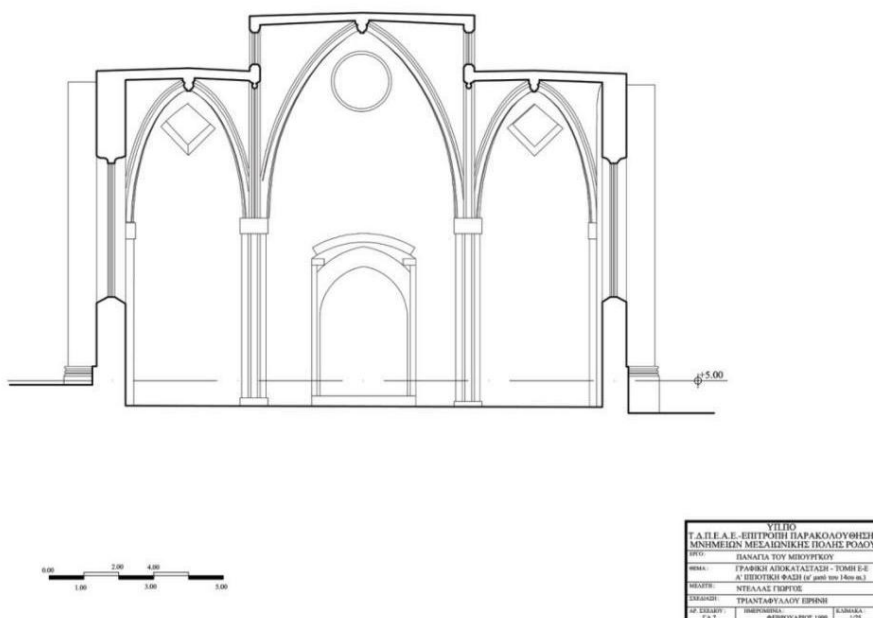
ΥΠ.Π.Ο.		
Τ.Δ.Π.Ε.Α.Ε.-ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ		
ΜΝΗΜΕΙΩΝ ΜΕΣΑΙΩΝΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΡΟΔΟΥ		
ΕΡΓΟ:	ΠΑΝΑΓΙΑ ΤΟΥ ΜΕΛΟΥΡΓΙΚΟΥ	
ΘΕΜΑ:	ΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ - ΤΟΜΗ Β-Β	
Α' ΠΡΟΤΥΠΗ ΦΑΣΗ (α' φάση του 14ου αιώνα)		
ΜΕΛΕΤΗ:	ΝΤΕΛΛΑΣ Γ.ΓΕΩΡΓΙΟΣ	
ΕΚΔΟΣΗ:	ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΟΥ ΕΙΡΗΝΗ	
ΑΡ. ΣΧΕΔΙΟΥ:	Γ.Α.4	ΕΛΛΗΝΙΚΑ
	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 1996	1/100

Σχέδιο 15. Γραφική αποκατάσταση της τομής Β-Β της α' οικοδομικής φάσης (1999)
(Σχεδ. αρχείο ΥΠ.Π.Ο., μελέτη Ντέλλας, Γ.)



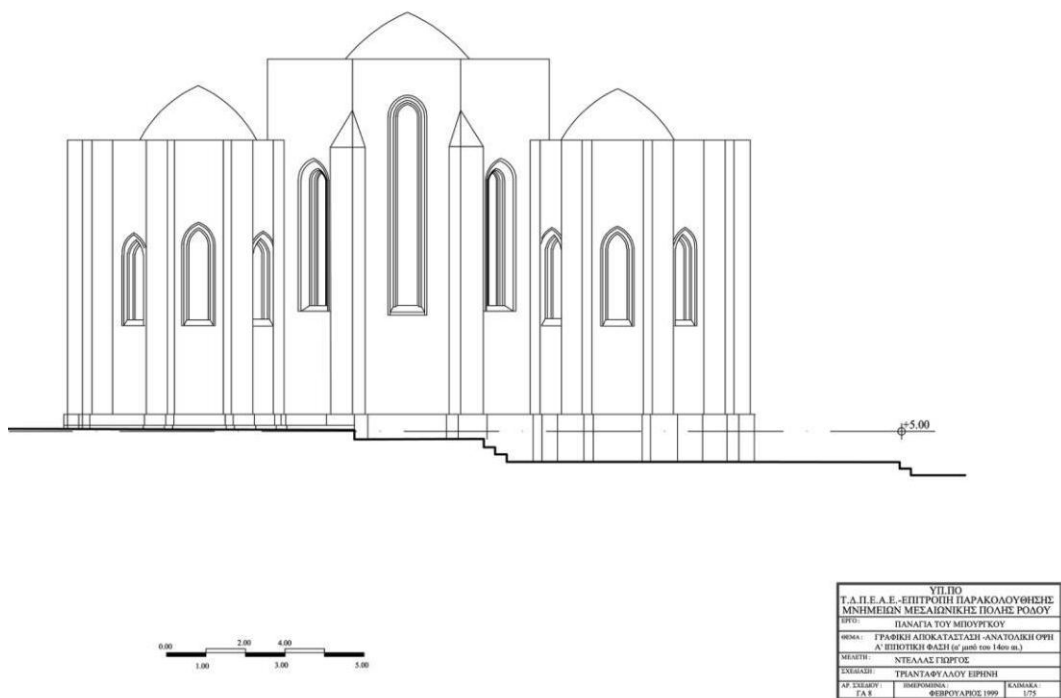
Σχέδιο 16. Γραφική αποκατάσταση τομής Δ-Δ της α' οικοδομικής φάσης (1999)

(Σχεδ. αρχείο ΥΠ ΠΟ, μελέτη Ντέλλας, Γ.)



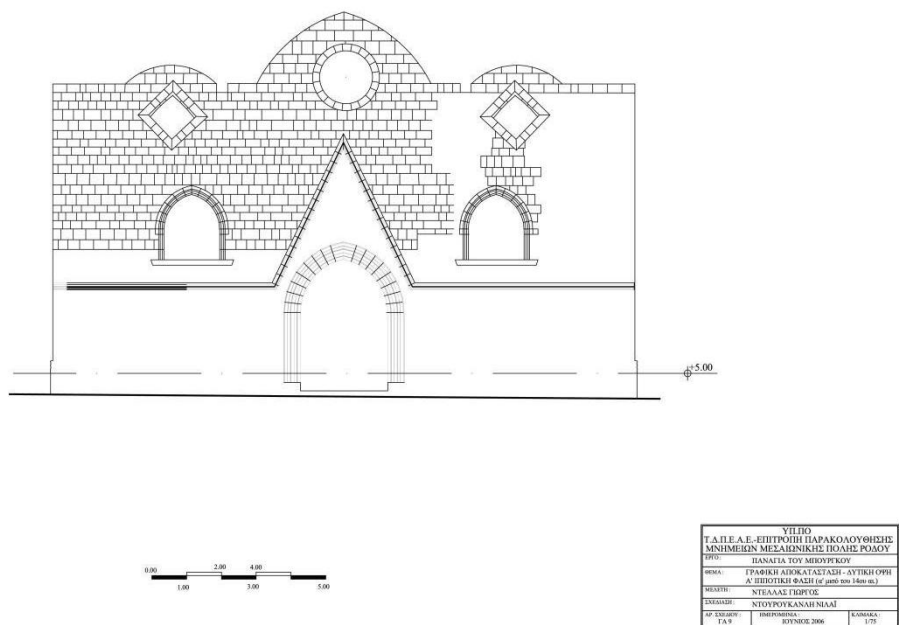
Σχέδιο 17. Γραφική αποκατάσταση τομής E-E της α' οικοδομικής φάσης (1999)

(Σχεδ. αρχείο ΥΠ ΠΟ, μελέτη Ντέλλας, Γ.)



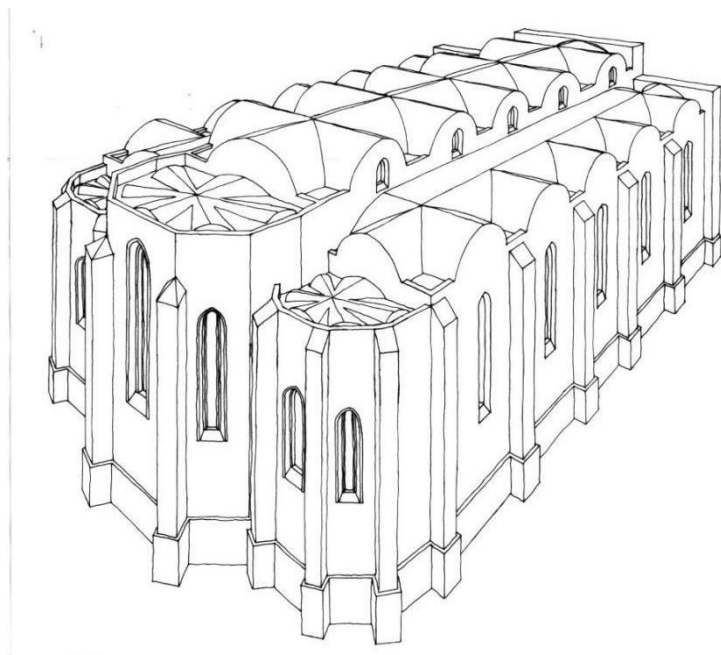
Σχέδιο 18. Γραφική αποκατάσταση ανατολικής όψης της α' οικοδομικής φάσης (1999)

(Σχεδ. αρχείο ΥΠ.ΠΟ, μελέτη Ντέλλας, Γ.)

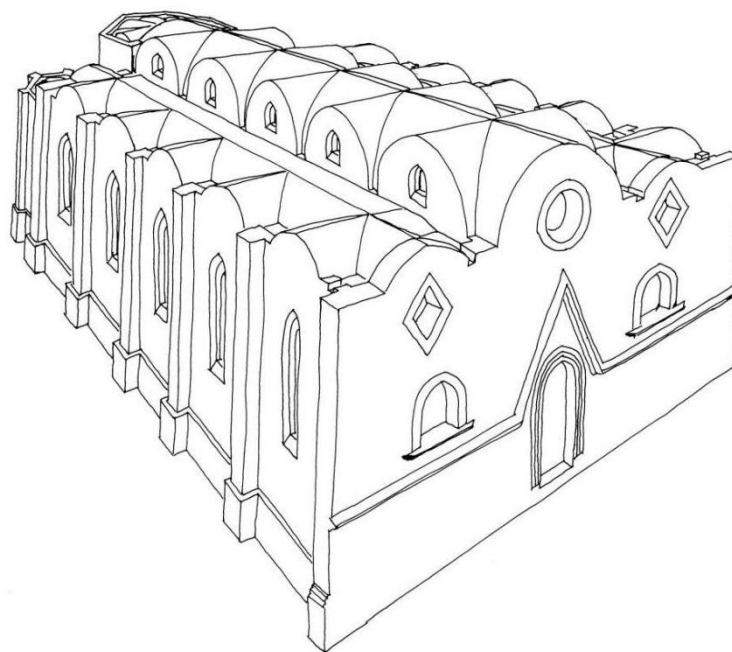


Σχέδιο 19. Γραφική αποκατάσταση δυτικής όψης της α' οικοδομικής φάσης (1999)

(Σχεδ. αρχείο ΥΠ.ΠΟ, μελέτη Ντέλλας, Γ.)



Σχέδιο 20. Γραφική αποκατάσταση ΒΑ πλευράς της α' οικοδομικής φάσης (1999) (Ντέλλας, 2007, Πίνακας 351).



π

Σχέδιο 21. Γραφική αποκατάσταση ΒΔ πλευράς της α' οικοδομικής φάσης (1999) (Ντέλλας, 2007, Πίνακας 350).

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.