



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών και Πολιτισμού

Τμήμα Συντήρησης Αρχαιοτήτων και Έργων Τέχνης

«Αλλάζοντας θέσεις»: Μελέτη Σχετιζόμενων Μελών
και Βραχώδους Υποβάθρου.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μπόζνου Γεωργία, Α.Μ.: ca17071

Επιβλέπων Καθηγητής: Μακρής Χ. Δημήτριος

Ιούλιος 2024, Αιγάλεω



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

UNIVERSITY OF WEST ATTICA

School of Applied Arts and Culture

Department of Conservation of Antiquities and Works of Art

**“Changing places”: Study of Associated Members
and Rocky Background.**

DIPLOMA THESIS

Boznou Georgia, Registration Number: ca17071

Supervisor: Makris Ch. Dimitrios

July 2024, Egaleo

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών και Πολιτισμού

Τμήμα Συντήρησης Αρχαιοτήτων και Έργων Τέχνης

Κατεύθυνση: Συντήρηση Αρχαιολογικών και Ιστορικών Τεκμηρίων

Τίτλος Πτυχιακής

*«Αλλάζοντας θέσεις»: Μελέτη Σχετιζόμενων Μελών
και Βραχώδους Υποβάθρου.*

Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή (ΔΕΠ):

ΟΝΟΜΑ/ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΙΔΙΟΤΗΤΑ/ ΒΑΘΜΙΑΔΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
Μακρής Χ. Δημήτριος	Αναπληρωτής Καθηγητής (Επιβλέπον)	
Θεουλάκης Παναγιώτης	Καθηγητής	
Στεφανής Αλέξιος	Επίκουρος Καθηγητής	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Μπόζνου Γεωργία του Αναστασίου, με αριθμό μητρώου ca17071 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Εφαρμοσμένων Τεχνών και Πολιτισμού, του Τμήματος Συντήρησης Αρχαιοτήτων και Έργων Τέχνης, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/ διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιηθήκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από εμένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα,

Μπόζνου Γεωργία



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η ολοκλήρωση αυτής της μελέτης σηματοδοτεί το τέλος μίας περιόδου γεμάτη με προκλήσεις, μάθηση και εξέλιξη, φέροντάς με ένα βήμα πιο κοντά στην πραγμάτωση των στόχων μου. Θα ήθελα να εκφράσω την ειλικρινή μου ευγνωμοσύνη σε όσους συνέβαλαν με τον δικό τους τρόπο στην επιτυχή υλοποίηση αυτού του εγχειρήματος.

Καταρχάς είμαι ιδιαίτερα ευγνώμων στον επιβλέποντα καθηγητή μου, τον κύριο Δ. Μακρή, για την καθοδήγηση, την υπομονή και την αστείρευτη υποστήριξή του σε κάθε βήμα αυτής της εργασίας.

Θερμές ευχαριστίες οφείλω στον κύριο Π. Κατσούδα, Πολιτικό Μηχανικό της Εφορίας Αρχαιοτήτων Ιωαννίνων (Αρχαιολογικός Χώρος Δωδώνης) για την αποτελεσματική συνεργασία και υλικοτεχνική προσφορά του στην διεκπεραίωση του έργου.

Ευχαριστώ ξεχωριστά την Εφορία Αρχαιοτήτων Ιωαννίνων για την ευγενική παραχώρηση της άδειας και του πλήρους φωτογραφικού αρχείου της Κερκίδας K5b. Η παροχή αυτού του πολύτιμου υλικού αποτέλεσε τον ακρογωνιαίο λίθο της παρούσας μελέτης και αποτέλεσε τη βάση για την ανάπτυξη των εφαρμογών που προτείνονται.

Ευχαριστώ επίσης, την εξεταστική επιτροπή, τον καθηγητή κ. Π. Θεουλάκη και τον κ. Α. Στεφανή. Κατ' επέκταση είμαι ευγνώμων προς όλους τους καθηγητές του Τμήματος Συντήρησης, για την πολύτιμη γνώση και συνεισφορά τους καθ' όλη τη διάρκεια φοίτησης.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλους όσους συνέβαλαν στην επιτυχή ολοκλήρωση αυτού του έργου, από τους «αφανείς» μέχρι τους πιο σημαντικούς αρωγούς, για την εμπειρία και την πολύτιμη στήριξή τους, συμβάλλοντας καθοριστικά στην επίτευξη κοινών στόχων.

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναπτύσσει μια ροή εργασιών για την ψηφιακή αποκατάσταση της πέμπτης κερκίδας του δεύτερου διαζώματος (K5b) στο Αρχαίο Θέατρο της Δωδώνης. Η δεκαετία του '60 σηματοδότησε μια περίοδο αμφιλεγόμενων πρακτικών συντήρησης στο θέατρο, θέτοντας σε κίνδυνο την ακεραιότητά του. Συνεκτιμώντας τις αστοχίες του παρελθόντος, υιοθετήθηκαν σύγχρονες προσεγγίσεις με έμφαση στα ψηφιακά εργαλεία. Χάρη στις ψηφιακές μεθόδους, κατέστη δυνατή η λεπτομερής καταγραφή της σημερινής κατάστασης του θεάτρου και η ανάπτυξη ενδεδειγμένων λύσεων για την αποκατάστασή του. Η μελέτη εστιάζει στην αναλυτική τεκμηρίωση αρχιτεκτονικών μελών και στη συσχέτιση αυτών με το φυσικό υπόβαθρο. Η καταγραφή των δεδομένων διεκπεραιώνεται με φωτογραμμετρικές μεθόδους και χρήση ελευθέρων λογισμικών ανοιχτού κώδικα. Δημιουργούνται πιστά τρισδιάστατα μοντέλα για κάθε ένα από τα 104 εδώλια, σε λογισμικό structure-from-motion (Δομή από Κίνηση), καθώς επίσης και το ψηφιακό μοντέλο της κερκίδας, με γεωγραφική αναφορά. Στόχος είναι η ανάπτυξη πλαισίου υποβοήθησης της μελέτης επανατοποθέτησης των εδωλίων στο κοίλο, ανιχνεύοντας την πραγματική τους θέση με συσχέτισμό στοιχείων από επιμέρους μελέτες. Η τρισδιάστατη αναπαράσταση αποτυπώνεται με τη συμβολή ενός διαδικτυακού αποθετηρίου, ανοιχτού κώδικα. Κύριο μέλημα είναι η αξιοποίηση προηγμένων τεχνολογιών και μεθόδων, ώστε να συνδράμουν καταλυτικά στην αναβάθμιση του μνημείου και να θέσουν τα θεμέλια για τη μελλοντική αποπεράτωση της αναστήλωσης.

Λέξεις Κλειδιά: Ψηφιακή αναπαράσταση, Ανάλυση δεδομένων, Φωτογραμμετρία, 3D μοντελοποίηση, Επεξεργασία εικόνων, Διαδικτυακό αποθετήριο, Ψηφιακή αναστήλωση

Abstract

This thesis develops a workflow for the digitalization of the restoration of the fifth stand of the second diazoma (K5b) in the Ancient Theater of Dodona. The 1960'-s marked a period of unauthorized conservation practices in the theater, compromising its integrity. Taking into account the failures of the past, modern approaches were adopted, with an emphasis on digital tools. Thanks to digital methods, it was possible to record in detail the current state of the theater and to develop appropriate solutions for its restoration. The study focuses on the detailed documentation of architectural elements and their correlation with the physical background. Data recording is carried out by photogrammetric methods and the use of free open-source software. Accurate 3D models are created for each of the 104 seats (*edolio*) in structure-from-motion software, as well as the digital model of the grandstand, with geographical reference. The aim is to develop a framework to assist the study of the repositioning of the seats in the cavity by detecting their actual position through correlating data from individual studies. The 3D representation is captured with the contribution of a web-based, open-source repository. The main concern is the use of advanced technologies and methods, in order to support the upgrading of the monument and lay the foundations for the future completion of the restoration.

Keywords: Digital representation, Data analysis, Photogrammetry, 3D modelling, Web repository, Digital restoration

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή.....	10
Κεφάλαιο 2 Ιστορικό Πλαίσιο.....	12
2.1 Το Ιερό της Δωδώνης.....	13
2.1.1 Η ανασκαφική έρευνα στο Ιερό της Δωδώνης.....	14
2.2 Το Θέατρο	16
2.2.1 Αρχαιολογική Προσέγγιση.....	16
2.2.2 Αρχαία Αρχιτεκτονική: Σχεδιασμός και κατασκευή θεάτρου.....	19
2.2.3 Υλικά και Μέθοδοι Δόμησης.....	21
2.3 Πρώιμη αποκατάσταση αρχιτεκτονικών μελών θεάτρου.....	22
2.4 Συμβολή «Διαζώματος».....	24
Κεφάλαιο 3 Νέες Τεχνολογίες στην Υπηρεσία της Πολιτιστικής Κληρονομιάς.....	26
3.1 Μνημεία: Τεκμηρίωση, Διαχείριση, Προστασία.....	28
3.2 Τρισδιάστατη Αναπαράσταση στην Αρχαιολογία: πρακτικές για αξιόπιστη αναπαράσταση .	29
3.3 Ψηφιακές Συλλογές: Ένας θησαυρός Πολιτιστικής Κληρονομιάς.....	32
3.4 Η επιστήμη της Ψηφιοποίησης: Σύγχρονες Τεχνικές	34
3.4.1 Φωτογραμμετρικές Μέθοδοι.....	34
3.4.2 Τρισδιάστατο πλέγμα: Η βάση για ρεαλιστικό μοντέλο	37
Κεφάλαιο 4 Μέσα από την Ψηφιακή Απεικόνιση: Μελέτες Περίπτωσης για την Συντήρηση και Ανάδειξη Αρχαίων Θεάτρων	39
4.1 Ψηφιοποίηση Αρχαίου Θεάτρου Λάρισας.....	40
4.2 Γεωπληροφορική Χατορφράφιση Μνημείων	41
4.3 Εφαρμογές φωτογραμμετρίας και τηλεπισκόπησης	42
4.4 Οπτικοποίηση δεδομένων με επαυξημένη πραγματικότητα	43
4.5 Σαρωτές λέιζερ για την μοντελοποίηση θεατρικών χώρων.....	44
4.6 Τρισδιάστατη αναπαράσταση αρχιτεκτονικών μελών	44
4.7 Αναστηλωτικό πρόγραμμα Νικόπολης.....	45
4.8 Τρισδιάστατο θέατρο και ορατότητα	47
4.9 Ανακατασκευή θεάτρου με σύγχρονα γραφικά υπολογιστή.....	48
Κεφάλαιο 5 Διαφύλαξη Πολιτιστικής Κληρονομιάς: Ο ρόλος των Ψηφιακών Αποθετηρίων	50
5.1 Διαμοιρασμός Γνώσης	50
5.2 Αποθετήριο ARIADNE.....	52
5.3 3D Κληρονομιά σε Αποθετήρια: Διασφαλίζοντας το μέλλον του παρελθόντος	53
5.4 Διατηρώντας την Κληρονομιά ζωντανή: Ο Ρόλος των Διαδικτυακών Πλατφορμών.....	54

5.5 Από την τεκμηρίωση στην προβολή: Μια διαδικτυακή πλατφόρμα για την ολιστική διαχείριση και οπτικοποίηση πολιτιστικών αγαθών.....	55
5.6 Ανάπτυξη τρισδιάστατων διαδικτυακών υποδομών για την τριτοβάθμια εκπαίδευση.....	56
5.7 Ζωντανεύοντας την Κληρονομιά: Ανοιχτός κώδικας για τρισδιάστατη αφήγηση και αλληλεπίδραση	56
Κεφάλαιο 6 Τρέχον Πρόγραμμα Συντήρησης και Αποκατάστασης: Εν Εξελίξει Εργασίες στο Θέατρο της Δωδώνης.....	59
6.1 Βιώσιμη Κληρονομιά: Αναστήλωση και Αρχιτεκτονική	60
6.2 Τα οφέλη της αναβίωσης του μνημείου.....	61
6.3 Έναρξη αναστηλωτικού έργου.....	62
6.4 Τεχνολογία και Ψηφιακά Μέσα: Αλλάζουν το πεδίο της αναστήλωσης	63
6.5 Ψηφιακή Αποκατάσταση Εδωλίων: Ο Συσχετισμός με το Φυσικό Υπόβαθρο	67
Κεφάλαιο 7 Αρχαίο Θέατρο: Η Μεθοδολογία και το Έργο Ψηφιοποίησης.....	70
7.1 Διάγραμμα Ροής Εργασιών	71
7.2 Τεχνικές Προσέγγισης: Βέλτιστη Απόδοση Τρισδιάστατων Μοντέλων.....	78
7.2.1 Φωτορεαλιστικές Απεικονίσεις Εδωλίων. Αξιοποίηση Ψηφιακών εργαλείων.....	78
7.3 Συσχετισμός Εδωλίων και Φυσικού Υπόβαθρου	83
Κεφάλαιο 8 Συζήτηση – Συμπεράσματα.....	88
8.1 Μεθοδολογικά Συμπεράσματα.....	88
8.2 Αναστηλωτικό Έργο	92
Κεφάλαιο 9 Παράρτημα.....	93
Βιβλιογραφία	103

Κεφάλαιο 1 | Εισαγωγή

Γλώσσα Μνημειακής Προστασίας

Η αντίληψη για τα «πολιτιστικά αγαθά» και την «πολιτιστική κληρονομιά» έχει εμπλουτιστεί με την πάροδο του χρόνου. Σήμερα, η έννοια αγγίζει ένα ευρύ φάσμα στοιχείων, άρρηκτα συνδεδεμένων με την κατανόηση και τη διαφύλαξη της ανθρώπινης ιστορίας και της πολιτιστικής ταυτότητας. Οικιστικά σύνολα με ανώνυμη αρχιτεκτονική προσφέρουν σημαντικές ενδείξεις για τις κοινωνικές πρακτικές του παρελθόντος. Αντίστοιχα, πολιτιστικά τοπία και χώροι συνειρμικών αναφορών (θρησκευτικοί, πνευματικοί κ.ά.) συνθέτουν την πολιτιστική ταυτότητα, ενώ η συντήρησή τους συμβάλλει στην πνευματική ισορροπία και προάγει τον πολιτισμό.

Η «αναστήλωση», ένας όρος με παγκόσμια εμβέλεια, ορίζει την αποκατάσταση μνημείων στην αρχική τους μορφή, υλοποιώντας την επανασυναρμολόγησης των διάσπαρτων αρχιτεκτονικών τους μελών. Χαρακτηρίζει μία αποτελεσματική μέθοδο για μνημεία κατασκευασμένα από αυτοτελή στοιχεία που μπορούν να ανασυντεθούν εύκολα, καθώς θεωρείται η κύρια προσέγγιση αποκατάστασης ερειπωμένων αρχαιολογικών μνημείων (Μαλλούχου, 2016, σελ. 12–16).

Εστιάζοντας στην εις βάθος κατανόηση των θεωριών του Brandi (2001, σελ. 24–27), αναφορικά με την συντήρηση, το έργο τέχνης ως δημιούργημα της ανθρώπινης δραστηριότητας, πέρα από την αισθητική του αξία, φέρει ιστορικό φορτίο. Η χρηστικότητα, αν και παρούσα σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως στην αρχιτεκτονική, δεν αποτελεί πρωταρχικό κριτήριο για την αξιολόγηση του έργου τέχνης. Η κατανόησή του βασίζεται στην ουσία του και στα δύο βασικά αιτήματα: το αισθητικό και το ιστορικό.

Η εξισορρόπηση των δύο αιτημάτων, αποτελεί θεμελιώδη στιγμή στην αναγνώριση και ερμηνεία του έργου τέχνης. Από αυτό πηγάζει η δεύτερη αρχή της συντήρησης: η αποκατάσταση της ενότητας του έργου τέχνης, εφόσον αυτό είναι εφικτό, χωρίς αλλοίωση της καλλιτεχνικής ή ιστορικής του ταυτότητας και χωρίς άμβλυνση των σημαδιών του χρόνου (Brandi, 2001, σελ. 24–27).

Σκοποί & Στόχοι

Η εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια των απαιτήσεων για την ολοκλήρωση του κύκλου, των προπτυχιακών σπουδών στην Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών και Πολιτισμού, του Τμήματος Συντήρησης Αρχαιοτήτων και Έργων Τέχνης, με ιδιαίτερη κατεύθυνση στη «Συντήρηση Αρχαιολογικών και Ιστορικών Τεκμηρίων».

Η διεκπεραίωση της πτυχιακής εργασίας απαιτεί την εφαρμογή γνώσεων στην ψηφιακή αποκατάσταση του Αρχαίου Θεάτρου της Δωδώνης, στην Ήπειρο. Διεξάγεται εστιασμένη έρευνα στην πέμπτη κατά σειρά κερκίδα, του δεύτερου διαζώματος στο κοίλο, όπως και σε μέρος των εδωλίων αυτής, με υλικό που δόθηκε από την Εφορία Αρχαιοτήτων Ιωαννίνων. Αναλύονται προβληματισμοί που αντιμετωπίστηκαν κατά την υλοποίηση της διαμόρφωσης του πλαισίου, καθώς και οι προτεινόμενες λύσεις που εφαρμόστηκαν σύμφωνα με τις αρχές συντήρησης και αποκατάστασης μνημείων.

Μέσω τρισδιάστατης ψηφιοποίησης και σύνθεσης, η εργασία παράγει ένα ψηφιακό αρχείο που τεκμηριώνει λεπτομερώς την υφιστάμενη μορφή των εδωλίων και του βραχώδους υποβάθρου. Η φωτογραμμετρία αποτελεί βασικό εργαλείο για την αναγνώριση, κατανόηση και τεκμηρίωση της φθοράς, ενώ παράλληλα επιτρέπει την αποτύπωση του φυσικού βράχου και των υπερκείμενων λίθινων δομικών στοιχείων. Η μέθοδος αυτή προσφέρει ολοκληρωμένη θέαση, συμπεριλαμβανομένων και των τυφλών σημείων, διευκολύνοντας μελλοντικές μελέτες ψηφιακής αποκατάστασης και την επανατοποθέτηση των εδωλίων στις πραγματικές τους θέσεις.

Ως απόρροια αυτής της επισταμένης μελέτης δεν είναι μόνο η λήψη του πτυχίου, αλλά και η ενεργή συμβολή στην τεκμηρίωση, προστασία και διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς, αξιοποιώντας ψηφιακές τεχνολογίες για την αποκατάσταση και ανάδειξή του.

Δομή

Για την επίτευξη μιας ολιστικής και τεκμηριωμένης προσέγγισης, συλλέχθηκαν δεδομένα από πληθώρα αξιόλογων πηγών. Συγκεκριμένα, επιλέχθηκαν άρθρα και μελέτες που καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα θεμάτων, όπως η αρχιτεκτονική ανάλυση, η δομική αποκατάσταση, οι επεμβάσεις συντήρησης, καθώς και η χρήση προηγμένων τεχνολογιών για την αναδημιουργία και διατήρηση των μνημείων. Έτσι, υπογραμμίζεται η σημασία των προσβάσιμων αποθετηρίων και των στρατηγικών διατήρησης ψηφιακών έργων σε ακαδημαϊκές ερευνητικές δραστηριότητες.

Η αναστήλωση της κερκίδας είναι μια σύνθετη διαδικασία που απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό, εξειδικευμένες γνώσεις και τήρηση κανόνων. Η ανάπτυξη μίας αναλυτικής μεθοδολογίας με κρίσιμα βήματα αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχή έκβαση της αποκατάστασης. Πρόκειται για έναν πολύτιμο ψηφιακό οδηγό, σχεδιασμένο να ενισχύσει τη μελλοντική υλοποίηση του έργου, διασφαλίζοντας την επιστημονική ακρίβεια και τον σεβασμό στην κληρονομιά.

Οι ακόλουθες πληροφορίες παρέχουν μια επισκόπηση των πρωτογενών άρθρων και μελετών που επιλέχθηκαν για σύγκριση περιγράφοντας σύγχρονες μεθόδους και τεχνικές αποκατάστασης, οι οποίες έχουν εφαρμοστεί με επιτυχία σε παρόμοια μνημεία. Μέσα από αυτές τις μελέτες, καταγράφηκαν και αξιολογήθηκαν οι διάφορες πρακτικές και τα αποτελέσματά τους, προκειμένου να ενσωματωθούν οι καλύτερες δυνατές λύσεις στην αποκατάσταση του θεάτρου.

Τέλος, περιλαμβάνονται και μελέτες που ασχολούνται με τη διαχείριση και την προστασία των ψηφιοποιημένων αρχαιολογικών χώρων, καθώς και την ενσωμάτωση των αποκατεστημένων μνημείων στο σύγχρονο κοινωνικό και πολιτιστικό περιβάλλον. Μέσα από αυτή την ευρεία και ποικίλη προσέγγιση, η τρέχουσα εργασία φιλοδοξεί να συμβάλει ουσιαστικά στην κατανόηση και την προώθηση αποτελεσματικών πρακτικών αποκατάστασης για το αρχαίο θέατρο της Δωδώνης.

Κεφάλαιο 2 | Ιστορικό Πλαίσιο

Η διερεύνηση της ιστορικής εξέλιξης και της αρχιτεκτονικής της Αρχαίας Δωδώνης στην Ήπειρο, έχει συντελέσει αντικείμενο ερευνών αναδεικνύοντας τα μοναδικά χαρακτηριστικά της. Η Δωδώνη, ως αρχαίος αρχιτεκτονικός θησαυρός, είναι δημοφιλής για το θέατρό της, ένα από τα μεγαλύτερα της αρχαιότητας και το καθιστά μοναδικό τόσο η αρχιτεκτονική όσο και η ακουστική του.

Το θέατρο της Δωδώνης, αναπόσπαστο τμήμα του ιερού, αποτελεί σύμβολο πολιτισμού της αρχαία Ελλάδας. Χορηγεί μια μοναδική ευκαιρία για τους επιστήμονες και τους επισκέπτες να κατανοήσουν τη σπουδαιότητα του αρχαίου πολιτισμού, αλλά και την επίδρασή του στην παγκόσμια πολιτιστική ιστορία.

Για την εκπόνηση της παρούσας ανάλυσης, εξετάστηκαν διάφορες μελέτες και άρθρα πλαισιώνοντας την ιστορική αναδρομή του αρχαιολογικού τόπου της Δωδώνης. Αυτή η ανασκόπηση επιτρέπει μια πληρέστερη κατανόηση των συμβάντων και των πεπραγμένων που διαμόρφωσαν την παρούσα κατάσταση της περιοχής.



Εικόνα 1 Άποψη του αρχαιολογικού χώρου της Δωδώνης www.culture.gov.gr

2.1 Το Ιερό της Δωδώνης

Το ιερό και το μαντείο του Δωδωναίου Διός χαρακτηρίζει σημαντικό αρχαιολογικό χώρο, στο κέντρο της Ηπείρου και είναι αρχιτεκτονικά διαμορφωμένο σε άνδηρα, στους πρόποδες του όρους Τομάρου (υψόμετρο περ. 1.800μ.). Το εν λόγω ιερό φέρει παλαιά ιστορία, η οποία αρχίζει τουλάχιστον από τον 8^ο αιώνα π.Χ. και διαρκεί έως τον 4^ο αιώνα μ.Χ., ενώ η αναφορά του στον Όμηρο¹ ενισχύει την πιστοποίηση της ταυτότητάς του. Η εξακρίβωση του ιερού στην αρχαιολογική βάση είναι ασφαλής, μέσω των πολυάριθμων γραμματειακών πηγών αλλά και πλήθος αναφορών προς το όνομα του Διός. Οι αναφορές ταυτίζονται σε χρηστήρια ελάσματα, επιγραφές καθώς και ευρήματα συμπεριλαμβανομένων ειδωλίων Διός, κεραυνών, αετών κ.ά. (Δάκαρης, Βοκοτοπούλου και Χριστίδης, 2013).

Το ιερό αναδείχθηκε και αποκαλύφθηκε μέσω των ανασκαφών που πραγματοποίησε ο Κ. Καραπάνος κατά τα έτη 1875-1877, ενώ οι πρώτες συστηματικές ανασκαφές επιτελέστηκαν στο χώρο από την Αρχαιολογική Εταιρία κατά το έτος 1920, υπό την επίβλεψη του Γ. Σωτηριάδη. Η διαδικασία διερεύνησης, της αρχαιολογικής θέσης συνεχίστηκε τα έτη 1929-1939 και 1952-1959, με επικεφαλής τον Δ. Ευαγγελίδη, ενώ από 1959 έως το 1996, τις εργασίες επέβλεπε ο Σ. Δάκαρης. Τέλος, ανασκαφικές δραστηριότητες υλοποιήθηκαν από το Πανεπιστήμιο των Ιωαννίνων τα έτη 1996-2006, υπό την επίβλεψη των Χ. Σούλη, Α. Βλαχοπούλου και Κ. Γραβάνη (Γραβάνη, 2007. Σουέρεφ, 2016).

Η προϊστορική περίοδος στη Δωδώνη χαρακτηρίζεται από έντονη πρακτική λατρείας που τελούνταν στην ύπαιθρο, ενώ η ανάπτυξή της αποκτά σημείο εκκίνησης από τα ανατολικά, όπου εντοπίζεται ο αρχικός λατρευτικός πυρήνας. Στην αρχαϊκή περίοδο, το υπαίθριο ιερό αποκτά μορφή προσαρμοσμένη στο τοπίο, ενώ τα περισσότερα μνημεία όπου ανακαλύφθηκαν χρονολογούνται στον 4^ο και 3^ο αιώνα π.Χ., με εξαίρεση να αποτελεί η Χριστιανική βασιλική του 5^{ου} και 6^{ου} αιώνα μ.Χ. Συνολικά η Δωδώνη διαθέτει πλούσια ιστορία λατρείας, η οποία αναδύεται και εξελίσσεται και τα μνημεία που αναγείρονται στον χώρο συνυπάρχουν αρμονικά με το φυσικό περιβάλλον, δημιουργώντας έναν μοναδικό συνδυασμό ανθρώπινης δημιουργίας και φυσικού τοπίου. (Γραβάνη κ.ά., 2014, σελ. 21–22).

Η λατρεία του Δωδωναίου Διός φαίνεται να εξασκήθηκε υπαίθρια έως τον 4^ο αιώνα π.Χ., ωστόσο πρόκειται ήδη για ιερό μεγάλης σημασίας, όπως διαφαίνεται τόσο από τον πλούτο χάλκινων κυρίως αναθημάτων, όπου χρονολογούνται μεταξύ του 8^{ου} και 6^{ου} αιώνα π.Χ., όσο και από τις αναφορές στις γραμματειακές πηγές² (Δάκαρης, Βοκοτοπούλου και Χριστίδης, 2013). Κεντρικό σημείο του ιερού αποτελούσε η ιερά δρυς, περιβαλλόμενη από μία σειρά χάλκινων τριπόδων. Την περίοδο του 4^{ου} αιώνα π.Χ., κατασκευάστηκε γύρω από τη δρυ χαμηλός, λιθόκτιστος περίβολος καθώς στον κεντρικό χώρο οικοδομήθηκε ο ναός του Διός (γνωστός ως «ιερά οικία»). Σταδιακά ο ναός πλαισιώθηκε από άλλα ναόσχημα οικοδομήματα, γνωστά ως ναοί του Ηρακλή, της Διώνης, της Θέμιδος, της Αφροδίτης, ενώ διέθετε και μνημειακά δημόσια κτήρια,

¹ Αναφέρεται: Όμηρος, (ξ.327-328), Ηρόδοτος (2.52.2) κ.α.

² Αναφέρεται: Όμηρο (ξ.327-328), τον Ηρόδοτο (2.52.2), τον Αριστοτέλη (*Μετεωρολογικά* 1.14) κ.ά.

βουλευτήριο, πρυτανείο, στοές, στάδιο και θέατρο. Γύρω από το ιερό υψωνόταν ένας περίβολος από μνημειώδης λίθους και το οριοθετούσε. (Βλαχοπούλου και Οικονόμου, 2016) .

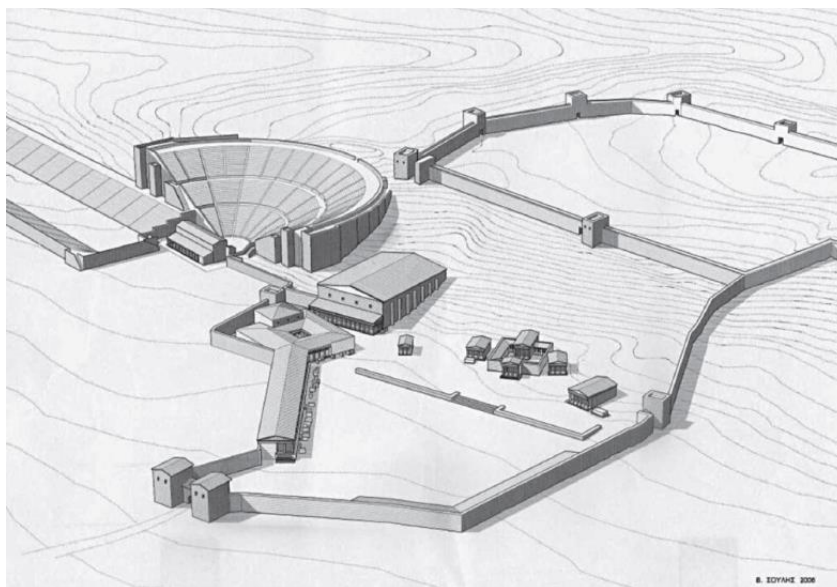
Οι πολιτιστικές εκδηλώσεις και οι συναθροίσεις στην αγορά ξεκινούν τον 6^ο αιώνα π.Χ., όπως αποδεικνύουν τα αρχαιολογικά ευρήματα. Οι εορτές για τον Δία, τη Διώνη και άλλους θεούς και ήρωες στη Δωδώνη παρουσιάζουν ποικιλία ανάλογα με την ιστορική περίοδο. Προσωπικότητες όπως ο ραψωδός Τερψικλής και ο τραγωδός Φιλέτας συνδράμουν στην ανάδειξη της πλούσιας κληρονομιάς της περιοχής. Ο αθλητικοί αγώνες στη Δωδώνη, περιλαμβάνοντας γυμνικούς και ιππικούς, όπως και τα μουσικά – δραματικά θεάματα, αποδεικνύουν την ευρεία επιρροή της περιοχής (Σουέρεφ, 2012, σελ. 10–12).

Τόσο το θέατρο όσο και το στάδιο είναι στενά συνδεδεμένα με τα Νάια, τις θρησκευτικές και αθλητικές γιορτές προς τιμήν του Ναΐου Διός. Η διοργάνωση αυτών των εκδηλώσεων είχε πανελλήνια εμβέλεια, καθιστώντας τη Δωδώνη κέντρο πολιτισμού και θρησκευτικής λατρείας. (Γραβάνη κ.ά., 2014, σελ. 21–22).

Το ιερό ξεχώριζε για την αφθονία του σε μεταλλικά ευρήματα, τα οποία ταυτίζονταν με αναθήματα. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται τα πολυάριθμα μολύβδινα ενεπίγραφα χρηστήρια ελάσματα, χάλκινα αγγεία, ειδώλια, τμήματα αγαλμάτων, τρίποδες, μάστιγες, τμήματα ιπποσκευής, εξαρτήματα αθλητικού εξοπλισμού, κοσμήματα (δακτύλιοι, ψέλια, περιάπτα, περόνες και πόρπες), κάτοπτρα, ψήφοι, κουδούνια, νομίσματα, σιδερένια όπλα και άλλα παρεμφερή αντικείμενα (Soueref, 1999).

2.1.1 Η ανασκαφική έρευνα στο Ιερό της Δωδώνης

Οι ανασκαφές στον αρχαιολογικό χώρο της Δωδώνης αποτελούν σημαντικό κομμάτι της αρχαιολογικής έρευνας στην Ελλάδα, προσφέροντας πολύτιμες πληροφορίες για την αρχαία ιστορία και τον πολιτισμό της περιοχής. Οι ανασκαφικές δραστηριότητες καλύπτουν πολλές χρονικές περιόδους, αναδεικνύοντας τη συνεχή αναπτυξιακή δυναμική του τόπου. Στις πρώιμες φάσεις των ανασκαφών (1875-1876), ο Κ. Καραπάνος πραγματοποίησε την τοπογραφική αποτύπωση του χώρου, ενώ τη δεκαετία του 1920 ο Γ. Σωτηριάδης εστίασε στην ανασκαφή λατρευτικών οικοδομημάτων, με τον Δ. Ευαγγελίδη να συνεχίζει αυτό το έργο τη δεκαετία του 1929-1935.



Εικόνα 2 Αναπαράσταση του Ιερού της Δωδώνης στα τέλη του 3^{ου} αι. π.Χ. (Γραβάνη κ.ά., 2014, σελ. 41)

Κατά τη διάρκεια της μεσοπολεμικής και μεταπολεμικής περιόδου, οι ανασκαφές επικεντρώθηκαν στην ολοκλήρωση της ανασκαφής του ναού του Διός, καθώς και του περιβάλλοντα χώρου από τους Δ. Ευαγγελίδη και Σ. Δάκαρη. Έπειτα, από το 1959 έως το 1996, ο Σ. Δάκαρης συνέχισε τις ανασκαφές σε δημόσια οικοδομήματα όπως το θέατρο, στάδιο, το βουλευτήριο και το πρυτανείο, με σημαντικό όραμα τότε, την αναστήλωση του θεάτρου. Οι συνεργάτες του προχώρησαν την έρευνα στο πρυτανείο, τη δυτική στοά και τη νότια περιοχή του ιερού με στόχο την ανασύσταση της πρόσβασης και της αρχιτεκτονικής σύνθεσης του ιερού.

Οι ανασκαφές συντονίζονταν από διάφορους φορείς, συμπεριλαμβανομένης της Εν Αθήναις Αρχαιολογικής Εταιρίας, του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων και της ΙΒ' Εφορείας Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων. Η συνεργασία των φορέων αποτελεί βασικό στοιχείο για την επιτυχή ολοκλήρωση των ανασκαφικών εργασιών και τη διασφάλιση της δραστηριότητας και της επιστημονικής αξιοπιστίας (Γραβάνη κ.ά., 2014, σελ. 21).

Σήμερα, η είσοδος στο ιερό της Δωδώνης έχει μεταβληθεί, καθώς γίνεται από τα δυτικά, αντίθετα από την αρχαία διάταξη, η οποία προσέφερε ένα συμβολικό σημείο ενότητας και μια αίσθηση οργάνωσης. Κατά το παρόν ο τρόπος προσέγγισης του αρχαιολογικού χώρου ίσως να δυσκολεύει τον επισκέπτη να αντιληφθεί την ολιστική εμπειρία του αρχαίου ιερού. Η μεγαλοπρέπεια της κατασκευής του, όπου αναδεικνύεται από την αρμονική ένωση της αρχιτεκτονικής με το φυσικό τοπίο, εντυπωσιάζει τον επισκέπτη αλλά και την επιστημονική κοινότητα μελετώντας το (Γραβάνη κ.ά., 2014, σελ. 21–22).

2.2 Το Θέατρο

2.2.1 Αρχαιολογική Προσέγγιση

Το ιστορικό πανόραμα της Δωδώνης άκμασε τον 3^ο αιώνα π.Χ. όντας εστία πολιτισμού, στην περιοχή της Ηπείρου και ιδιαίτερα φημισμένη για το μαντείο της. Αυτή η κορυφαία πρόοδος συνδέεται άμεσα την παρέμβαση του στρατηγού Πύρρου (319-272), έναν από τους σημαντικότερους ηγέτες της ελληνιστικής περιόδου, όπως και την ίδρυση της Συμμαχίας των Ηπειρωτών, ήταν σημαντική εξέλιξη για την πολιτική συνοχή της περιοχής. Η Δωδώνη λόγω της θρησκευτικής πτυχής της, έγινε κέντρο της συμμαχίας, πράγμα που υπογραμμίζει και την διοικητική της υπόσταση (Σουέρεφ, 2012, σελ. 10–12).

Οι εορτές της Δωδώνης προσέλκυναν πλήθη από κοντινές και μακρινές περιοχές, όπου συναθροίζονταν εκεί για τις εκδηλώσεις από τα τέλη της άνοιξης έως τις αρχές του χειμώνα. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, η το ιερό αναπτύχθηκε και αρχιτεκτονικά. Προωθήθηκε η κατασκευή νέων κτηρίων και υποδομών, ενισχύοντας τη σημασία του μαντείου καθώς βελτίωσαν τη λειτουργικότητά του. Το λίθινο θέατρο της Δωδώνης, με μεγάλη διάμετρο και χωρητικότητα 15.000 – 17.000 θεατών περίπου, προσέδωσε αίγλη στο ιερό (Σουέρεφ, 2012, σελ. 10–12).



Εικόνα 3 Θέατρο Δωδώνης ancienttheatersofepirus.gr

Το επιβλητικό θέατρο αποτελεί σημαντικό οργανικό συμπλήρωμα της ελληνιστικής εποχής και συμβολίζει τη μετάβαση σε νέα ήθη και πολιτικούς θεσμούς κατά τον 3^ο αιώνα π.Χ. Η αρχαία Δωδώνη ορίζει σημαντικά την εποχή των ελληνιστικών χρόνων για τα βόρεια άκρα της Ελλάδας, αναδεικνύοντας έναν πολιτισμό που ανταγωνίζεται τις γνωστές πόλεις των Δελφών και της Ολυμπίας (Σουέρεφ, 2012, σελ. 10–12).

Το θέατρο επίσης, αποτελεί σημείο αναφοράς για την είσοδο σε μια νέα φάση εκπαίδευσης και δημοκρατίας. Βρισκόταν εν ενεργεία μέχρι τα τέλη του 4^{ου} αιώνα π.Χ., μοιράζοντας μια πλούσια εμπειρία θεατρικής τέχνης και πολιτισμού. Ωστόσο καταστράφηκε και επισκευάστηκε δύο φορές, περνώντας από διάφορες φάσεις αναστήλωσης (Καφάση, 2012, σελ. 38).

Το 219 π.Χ., υπέστη σοβαρή ζημιά από τους Αιτωλούς, όμως η φιλοδοξία για αναστήλωση αναπτύχθηκε σύντομα, αναλαμβάνοντας ο βασιλιάς της Μακεδονίας Φίλιππος Ε΄ το 218 π.Χ. Η ευημερία δεν διήρκησε πολύ, καθώς το 167 π.Χ., ο Ρωμαίος στρατηγός Αιμίλιος Παύλος το κατέστρεψε ξανά. Παρόλα αυτά, οι Ηπειρώτες ανέλαβαν την ανοικοδόμηση το 148 π.Χ., αφήνοντας ένα ολοκληρωμένο και ανανεωμένο θέατρο που συνεχίζει να εντυπωσιάζει μέχρι σήμερα. (Καφάση, 2012, σελ. 38).

Στην πρώτη φάση οικοδόμησης διαμορφώθηκε:

- Η ορχήστρα με τις παρόδους
- Το αμφιθέατρο με τους αναλημματικούς πύργους στήριξης
- Η σκηνή κατά τα κλασικά πρότυπα του αθηναϊκού θεάτρου (παρασκήνια με ανοιχτή κιονοστοιχία στην πίσω όψη) (Μπάρκας, 1992, σελ. 163)

Κατά τη δεύτερη φάση ανοικοδόμησης του θεάτρου (218-167 π.Χ.) κατασκευάστηκαν:

- Το 4^ο διάζωμα
- Τα πρότυλα των παρόδων
- Το λίθινο προσκήνιο και οι θεατρικές αποθήκες (Μπάρκας, 1992, σελ. 163)

Οι Ρωμαίοι έποικοι ενσωματώθηκαν στη Δωδώνη μετά το 31 π.Χ. ως μέρος της “*rax romana*”³ (Σουέρεφ, 2012, σελ. 10–12). Κατά τον 1^ο αιώνα π.Χ., την εποχή του Αυγούστου, το θέατρο μετατράπηκε σε αρένα για θηριομαχίες, αντικαθιστώντας εξολοκλήρου την προηγούμενη χρήση του. Η διαδικασία μετατροπής περιλάμβανε την αφαίρεση των πρώτων σειρών εδωλίων και την κατασκευή ενός τοίχου ύψους 2,80 μέτρων για την προστασία των θεατών. Επιπλέον, η ορχήστρα και η σκηνή επιχωματώθηκαν κατά 0,50 μέτρα, δημιουργώντας ένα ωοειδές σχήμα αρένας που ευνόησε τις εκδηλώσεις θηριομαχιών.

Κατασκευάστηκαν επιπρόσθετα δωμάτια για τη φύλαξη ζώων, προσθέτοντας έναν ακόμη βαθμό πρακτικότητας στο νέο σκηνικό του θεάτρου. Αυτές οι αλλαγές αντικατοπτρίζουν τη μετάβαση από την κλασική παράσταση θεάτρου στις πιο ακραίες δραστηριότητες, ενισχύοντας την ψυχαγωγική και κοινωνική λειτουργία του χώρου (Καφάση, 2012, σελ. 38).

Οι αλλαγές στην δομή του θεάτρου αντανακλούν την εξέλιξη της αρχιτεκτονικής και τις τάσεις της εποχής. Το θέατρο δεν ήταν απλώς ένας χώρος ψυχαγωγίας, αλλά είχε σημαντικό κοινωνικό και πολιτιστικό ρόλο. Η καθιέρωση ενός δημοκρατικού πνεύματος αποτελούσε βασική πτυχή της ρωμαϊκής περιόδου

³ Η λατινική φράση, μεταφράζεται ως «Ρωμαϊκή Ειρήνη» καθώς αναφέρεται σε μια περίοδο δύο αιώνων σχετικής ειρήνης, σταθερότητας και ευημερίας στην Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία. Ξεκίνησε περίπου από το 27 π.Χ., με την άνοδο του Αυγούστου στο θρόνο και διήρκησε έως το 180 μ.Χ. Αυτή τη χρονική περίοδο εξασφαλίζεται η ασφάλεια λόγω ισχυρού στρατού, οικονομική ανάπτυξη χάρις εμπορικών συναλλαγών, αλλά και πολιτική άνθηση αναπτύσσοντας πτυχές της λογοτεχνίας, της φιλοσοφίας, της αρχιτεκτονικής (Χανιώτης, 2021).

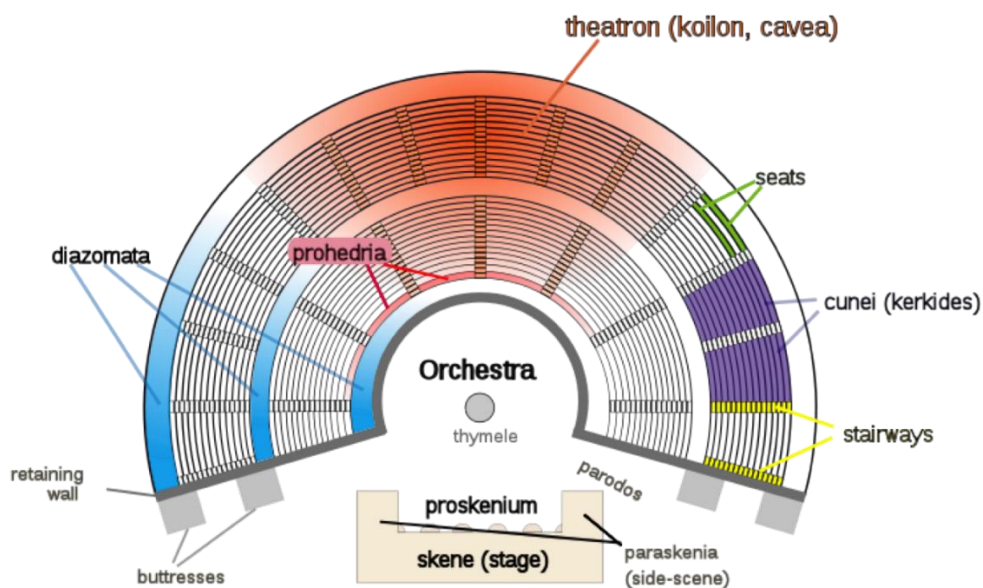
υπογραμμίζοντας την σπουδαιότητα του θεάτρου ως πυρήνα δημοκρατικής σκέψης και πολιτιστικής κληρονομιάς (Σουέρεφ, 2012, σελ. 10–12. Καφάση, 2012, σελ. 38).

Σε γενικές γραμμές οι μετατροπές και οι βελτιώσεις στην αρχιτεκτονική των θεάτρων εντείνουν τη σπουδαιότητά τους ως πολιτιστικά μνημεία, που διατηρούσαν και προωθούσαν κάθε μορφή πολιτισμού της εποχής. Χάρης στην εξέλιξη τα θέατρα συνέχισαν να είναι κεντρικά σημεία της δημόσιας ζωής, αντανακλώντας τις αξίες και τις ιδέες της κοινωνίας.

Κάθε νέο στοιχείο, κάθε καινοτομία στην κατασκευή τους, αποτελούσε μαρτυρία της εξέλιξης της τεχνολογίας και των καλλιτεχνικών ρευμάτων της εποχής. Οι θεατρικές παραστάσεις λειτουργούσαν ως καθρέφτης της κοινωνίας, ενθαρρύνοντας το διάλογο και τη σκέψη γύρω από τις αξίες και τα κοινά προβλήματα. Η διατήρηση και η αναβάθμιση των θεάτρων συμβόλιζε τη συνεχή προσπάθεια των κοινωνιών να τιμήσουν και προστατεύσουν την πολιτιστική τους ταυτότητα και κληρονομιά.

2.2.2 Αρχαία Αρχιτεκτονική: Σχεδιασμός και κατασκευή θεάτρου

Το αρχαίο θέατρο αποτελεί μια εντυπωσιακή μαρτυρία όπως και χαρακτηριστικό μνημείο της αρχαίας ελληνικής αρχιτεκτονικής συνεχίζοντας να επηρεάζει τον σύγχρονο κόσμο. (Οικονόμου, 2014, σελ. 18). Το μνημειώδες θέατρο της Δωδώνης βρίσκεται στο νοτιοδυτικό άκρο της χαμηλής λοφοσειράς της εν λόγω περιοχής. Κτίστηκε σε φυσική κοιλότητα ακολουθώντας την πλαγιά του λόφου και δημιουργώντας ένα εντυπωσιακό σκηνικό που εναρμονίζεται με τη γεωμορφολογία της περιοχής (Σμύρης και Πλιάκου, 2012, σελ. 75–86).



Εικόνα 4 Ancient Theatre Plan [URL](#)

Το κοίλο, το μέρος όπου κάθονται οι θεατές, είναι ένα από τα κύρια τμήματα του θεάτρου και παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω της δομής και της κατασκευής του. Σε ορισμένα σημεία ήταν λαξευμένο πάνω στο βράχο εξασφαλίζοντας σταθερότητα, ενώ παράλληλα ενσωματωνόταν στο φυσικό περιβάλλον αξιοποιώντας το ανάγλυφο του εδάφους. Περιβάλλει την ορχήστρα καθώς παρατηρείται ότι η κυκλική αυτή διάταξη, περίτεχνα σχεδιασμένη, επιτρέπει την βέλτιστη ακουστική και ορατότητα για όλους τους θεατές.

Η δομή του θεάτρου της Δωδώνης, αποτελείται από τρία τμήματα και συνολικά φιλοξενεί 55 σειρές εδωλίων. Πιο συγκεκριμένα:

- το κατώτερο τμήμα (19 σειρές εδωλίων)
- το μεσαίο τμήμα (15 σειρές εδωλίων)
- το ανώτερο τμήμα (21 σειρές εδωλίων)

Τα τμήματα αυτά διαχωρίζονται με τέσσερα διαζώματα, οριζόντιες διαβάσεις που διευκολύνουν την πρόσβαση και την κυκλοφορία των θεατών. Στην κατώτερη σειρά εδωλίων βρισκόταν η προεδρία, με λίθινα, τιμητικά καθίσματα που προοριζόνταν για τους διακεκριμένους πολίτες. Χαρακτηριστικό των θέσεων αυτών ήταν ότι παρείχαν καλύτερη ορατότητα και η άνεση για τους τιμώμενους. Στο ανώτερο

τμήμα του κοίλου υπήρχαν 18 κερκίδες, ενώ στις υπόλοιπες σειρές του κοίλου υπήρχαν 9 κερκίδες, όπως αποτελούσαν τμήματα καθισμάτων που διαχωρίζονταν με σκάλες, επιτρέποντας την εύκολη πρόσβαση των θεατών στις θέσεις (Οικονόμου, 2014, σελ. 18).

Για την πρόσβαση των θεατών υπήρχαν επίσης αναλημματικοί πύργοι⁴ και κλίμακες. Οι πύργοι, ως ψηλά οικοδομήματα, στήριζαν το κοίλο και συχνά περιλάμβαναν κλίμακες που οδηγούσαν στα διάφορα τμήματα των εδωλίων. Οι κλίμακες, εξυπηρετούσαν την κάθετη πρόσβαση των θεατών στα καθίσματα και τους διαδρόμους του θεάτρου. Παράλληλα, η είσοδος του κοινού στο θέατρο πραγματοποιείτο μέσω δύο παρόδων ανατολικά και δυτικά της σκηνής, όπου εξυπηρετούσαν τη ροή των επισκεπτών προς τις θέσεις με άνεση και διευκολύνοντας ταυτόχρονα την ομαλή διεξαγωγή των παραστάσεων.

Η ορχήστρα, διαμέτρου 18,70 μέτρων, αποτελούσε το κεντρικό σημείο των παραστάσεων καθώς και από τους πιο σημαντικούς χώρους του θεάτρου. Είχε κυκλικό σχήμα, το οποίο διακοπτόταν στην νότια πλευρά λόγω της σκηνής, ενώ ο ημιτελής αυτός κύκλος εξυπηρετούσε την πρόσβαση ηθοποιών και συντελεστών στην σκηνή. Αναλυτικότερα, το δάπεδο της ορχήστρας, κατασκευασμένο από χώμα, παρείχε πρακτικά ευέλικτη και σταθερή επιφάνεια για την κίνηση των χορευτών, αλλά ενίσχυε και την απορρόφηση του ήχου βελτιώνοντας την ακουστική.

Σημαντικό τεχνικό χαρακτηριστικό της ορχήστρας ήταν ο υπόγειος οχετός που χρησίμευε στην αποχέτευση ομβρίων υδάτων, πρόκειται δηλαδή για λίθινο αγωγό αποχέτευσης, διαμέτρου 21,88 μέτρων. Σχεδιασμένος για να συλλέγει το νερό της βροχής, αποτρέποντας τη συγκέντρωση υδάτων στον χώρο της ορχήστρας. Παρείχε ιδανικό περιβάλλον για την εκτέλεση αρχαίων παραστάσεων, ενώ ταυτόχρονα αντανάκλούσε την υψηλή τεχνογνωσία της αρχαίας ελληνικής αρχιτεκτονικής (Οικονόμου, 2014, σελ. 18).

Η σκηνή χαρακτηρίζει κομβικό σημείο της θεατρικής δομής, σχεδιασμένη με εξαιρετική ακρίβεια και λεπτομέρεια. Ήταν διώροφο ορθογώνιο κτήριο, με διαστάσεις: 31,20 μέτρα μήκος και 9,10 μέτρα πλάτος, κάνοντάς την λειτουργική και ευρύχωρη. Η τοιχοποιία της σκηνής ήταν ισοδομική, κατασκευασμένη με μεγάλους, καλοσχηματισμένους λίθους τοποθετημένους σε τακτές σειρές. Η μέθοδος αυτή παρείχε σταθερότητα και αντοχή στο κτίσμα, ενώ παράλληλα προσέδιδε αισθητική αρτιότητα και συμμετρία.

Στις πλαϊνές όψεις της σκηνής υπήρχαν τα παρασκήνια, δύο τετράγωνα αίθουσες όπου αξιοποιούνταν για την προετοιμασία των ηθοποιών και την αποθήκευση σκηνικών αντικειμένων. Μεταξύ αυτών αναπτύσσονταν τέσσερις πεσσοί διαχωρίζοντας τους χώρους αλλά και υποστηρίζοντας την δομή της σκηνής (Οικονόμου, 2014, σελ. 18).

⁴ Χαρακτηριστική κατασκευή της αρχαίας ελληνικής και ρωμαϊκής αρχιτεκτονικής, καθώς εξυπηρετούσαν πολλαπλούς σκοπούς. Για την κατασκευή τους χρησιμοποιούνταν συχνά η τεχνική της ξηρολιθοδομής.

Πίσω από το θεατρικό σκηνικό διακρινόταν επίσης, μια τοξωτή πυλίδα⁵ με παράθυρα, που οδηγούσε σε στοά με 13 πεσσούς δωρικού τύπου. Η στοά παρείχε έναν επιπλέον χώρο για παρασκηνίες δραστηριότητες, ενώ οι πεσσοί ενίσχυαν τη μεγαλοπρέπεια της κλασσικής ομορφιάς. Η σκηνή διέθετε επιπλέον, μία ξύλινη κλίμακα της οποίας η βάση σώζεται μέχρι σήμερα. Αυτή η κλίμακα συνέδεε τα διαφορετικά επίπεδα της σκηνής, επιτρέποντας την πρόσβαση ηθοποιών και προσωπικού στον επάνω όροφο.

Συνολικά, το θέατρο συνέβαλλε καθοριστικά στην επιτυχή έκβαση παραστάσεων και στην προώθηση της πολιτιστικής ζωής της εποχής. Η άριστη ακουστική, η μελετημένη διαμόρφωση του χώρου και η ομογενοποίηση με το περιβάλλον απέδιδαν στο θεατή μοναδική εμπειρία. Οι παραστάσεις δεν είχαν μόνο ψυχαγωγικό σκοπό αλλά και εκπαιδευτικό χαρακτήρα, ενισχύοντας την κοινωνική συνοχή και τη συλλογική ταυτότητα (Οικονόμου, 2014, σελ. 18).

2.2.3 Υλικά και Μέθοδοι Δόμησης

Πρώτες ύλες

Η αρχιτεκτονική στην αρχαιότητα προσδιοριζόταν από τη χρήση φυσικών υλικών, όπως ο λίθος, ο πηλός και το ξύλο. Στα αρχικά στάδια είχαν κυρίαρχο ρόλο, ενώ αργότερα εισήχθησαν τεχνητά υλικά στις κατασκευές. Τα φυσικά υλικά, ωστόσο διατηρούσαν τη χημική και κρυσταλλική τους δομή και συντελούσαν στην αξιοσημείωτη αντοχής τους. Στην αρχαιότητα η χρήση της πέτρας (πετρώματα), του πηλού και του ξύλου ήταν διαδεδομένη, με το ξύλο ως επικρατέστερο στις κατασκευές. Στην αρχαία ελληνική αρχιτεκτονική βασικά υλικά ήταν ο πηλός και οι πλίνθοι, ενώ ο φυσικός λίθος κατείχε σημαντική θέση και χρήση.

Η χρήση του ευλαξευτού λίθου υπερίσχυσε στην αρχιτεκτονική κατά τον 6^ο αιώνα π.Χ. Όπως υπογραμμίζεται στα κτήρια της κλασσικής και ελληνιστικής περιόδου η χρήση μαρμάρου ήταν διαδεδομένη, ενώ στη ρωμαϊκή εποχή χρησιμοποιούνταν διάφορα υλικά, όπως μάρμαρα και γρανίτες. Επίσης, η αξιοποίηση ιζηματογενών πετρωμάτων αποτελούσε σημαντικό στοιχείο στην αρχιτεκτονική πρακτική της εποχής (Οικονόμου, 2014, σελ. 7).

Κοίλο και Εδώλια

Ο υπαίθριος θεατρικός χώρος στη Δωδώνη κατασκευάστηκε με χρήση δύο ειδών ηπειρωτικού ασβεστόλιθου, η αξιοποίηση των οποίων διαφέρει ανάλογα με τη χρωματική τους εκφραστικότητα. Οι λίθοι που χρησιμοποιήθηκαν προέρχονταν από ασβεστολιθικά στρώματα της περιοχής, με ένα αρχαίο λατομείο που βρισκόταν στη βόρεια περιοχή του ιερού. Εκτενέστερα, ο μικριτικός υπόλευκος ασβεστόλιθος χρησιμοποιήθηκε πλήρως για την κατασκευή της κεντρικής δομής του μνημείου, ενώ ο

⁵ Πρόκειται για πύλη, ένα άνοιγμα σε τοίχο ή περίφραξη που εξυπηρετεί την είσοδο και την έξοδο. Μπορεί να είναι κατασκευασμένη από διάφορα υλικά (ξύλο, μέταλλο, πέτρα, τούβλα) καθώς επίσης παρατηρείται είτε απλή είτε περίτεχνη με πόρτες, παράθυρα ή άλλα διακοσμητικά στοιχεία.

αντίστοιχα ανθεκτικός και πιο σκούρος ασβεστόλιθος εκτιμήθηκε για την επεξεργασία των ημικιώνων, των παραστάδων, των επιστυλίων, της σκηνης και των εδωλίων. Σε συγκεκριμένα εδώλια, επίσης, συναντάται σε μικρότερο ποσοστό, ο φαιός ασβεστόλιθος (Στυψιανού κ.ά., 2001. Θεουλάκης, 2005).

Η τεχνοτροπία της κατασκευής παρείχε επιδέξια τοποθέτηση των λίθινων εδωλίων και την απαραίτητη προστασία από εξωτερικές επιρροές μέσω επικαλύψεων με κερατόλιθο, πάχους 11,5 εκατοστών. Η επιλογή αυτής της μεθόδου κατασκευής πιθανώς εφαρμόστηκε επειδή επέτρεπε την ευκολότερη διαμόρφωση των λίθων, αλλά ταυτόχρονα για να προστατευτεί και η πιο ευπαθής ασβεστιτική μάζα. Σημειώνεται πως ο κερατόλιθος διαθέτει μεγάλη σκληρότητα και αντοχή στη διάβρωση, συμβάλλοντας στην επίτευξη χρωματικής ομογένειας.

Η διαδικασία κατασκευής του κοίλου περιλάμβανε τη διαμόρφωση του φυσικού βράχου, την τοποθέτηση πλακών διαδρόμου όπως και μνημειακών διαστάσεων λίθους, που αποτελούσαν τα εδώλια. Η επεξεργασία της επιφάνειας των πλακών και η λάξευση του φυσικού βράχου συνέβαλαν στη δημιουργία ποικιλίας ύψους, επιτρέποντας έτσι την καλύτερη τοποθέτηση των εδωλίων (Σμύρης και Πλιάκου, 2012, σελ. 75–86).

2.3 Πρώμη αποκατάσταση αρχιτεκτονικών μελών θεάτρου

Το θέατρο της Δωδώνης ανακαλύφθηκε από τον S. Lincoln το 1832 (Μπάρκας, 1992, σελ. 163). Ο αρχαιολόγος Κ. Καραπάνος επικύρωσε την ταύτιση του ιερού της Δωδώνης το 1875, όπως ενέκρινε την έναρξη ανασκαφών. Από το έτος 1955 και έπειτα, η εξερεύνηση του θεάτρου προωθήθηκε από τον Δ. Ευαγγελίδη και στη συνέχεια από τον Σ. Δάκαρη, οι οποίοι αποκάλυψαν σημαντικές λεπτομέρειες σχετικά με την αρχιτεκτονική διάρθρωση του μνημείου (Σμύρης, Πλιάκου, 2012, σελ. 62–76).

Η συνεχής έρευνα αποκάλυψε περαιτέρω λεπτομέρειες σχετικά με την κατασκευή του θεάτρου. Το 1960, ο Δάκαρης δημοσίευσε την πρώτη συνολική μελέτη για το αρχιτεκτονικό σύνολο του θεάτρου της Δωδώνης. Οι αρχικές εργασίες αναστήλωσης που διενεργήθηκαν κατά την περίοδο εκείνη συνέχισαν για ολόκληρη τη δεκαετία, καταλήγοντας στη διαμόρφωση της σημερινής εικόνας του θεάτρου (Σμύρης, Πλιάκου, 2012, σελ. 62–76).



Εικόνα 5 Το θέατρο πριν τις εργασίες αποκατάστασης του 1960 www.culture.gov.gr

Αναδρομικά, πριν από τις επεμβάσεις του 1960, το θέατρο είχε υποστεί σοβαρές ζημιές, τόσο από έναν καταστροφικό σεισμό και όσο και από ανθρώπινες δραστηριότητες (Σμύρης και Πλιάκου, 2012, σελ. 75–86). Η οριστική αποκατάσταση και στερέωση του μνημείου αποτέλεσε σημαντική φάση στην ιστορία του αρχαιολογικού ανασκαφικού έργου. Αυτή η διαδικασία πραγματοποιήθηκε από την αρχαιολογική υπηρεσία κατά την περίοδο 1958-1968, υπό την διεύθυνση του Σ. Δάκαρη (Μπάρκας, 1992, σελ. 163). Μια τέτοια πρώιμη προσπάθεια αναστήλωσης του θεάτρου, αποτελεί ένα σημαντικό επίτευγμα για την εποχή, καθώς προώθησε τη διατήρηση και την ανάδειξη του θεάτρου ως αρχαιολογικό μνημείο.

Με την επιμέλεια ειδικών, πραγματοποιήθηκαν ανασκαφές και αποκαταστάθηκαν τμήματα του θεάτρου, καθώς στον αρχαιολογικό χώρο λάμβαναν χώρα εορτές και θεατρικές παραστάσεις. Οι επεμβάσεις υλοποιήθηκαν από τη δεκαετία του 1960 έως το 1981, καθώς έγινε χρήση διαφόρων υλικών για την αποκατάσταση των εδωλίων και των ορθοστατών (Σμύρης και Πλιάκου, 2012, σελ. 75–86).

Συγκεκριμένα, η αρχιτεκτονική εξέλιξη του θεάτρου περιλαμβάνει την αναδιάρθρωση των εδωλίων και την αναδημιουργία της μορφής της προεδρίας, με ένα βαθύ κοίλο, κυμάτιο⁶, στην εμπρόσθια όψη τους. Οι κλίμακες σχηματίζονται από μονολιθικές βαθμίδες με μήκος περίπου 1 μέτρου και ύψος 19 εκατοστών, ενώ τα εδώλια έχουν διαφορετικές διαστάσεις καθώς έχουν λαξευτεί μερικά για να ταιριάζουν στις κλίμακες (Σμύρης και Πλιάκου, 2012, σελ. 62–76).

⁶ Η καμπυλωτή μορφή (κοίλων και κυμάτων) βελτιώνει την ακουστική ενός χώρου, διαχέοντας ομοιόμορφα τον ήχο και αποτρέποντας την ηχώ.

Σε βάθος χρόνου, το αρχαίο θέατρο υπέστη αρκετές ενέργειες ανακατασκευής μεταξύ των ετών 1971 και 1975. Κατά τις εν λόγω επεμβάσεις, χρησιμοποιήθηκε λευκός ασβεστόλιθος, ο οποίος υποβλήθηκε σε επιμελή λάξευση της επιφάνειας προκειμένου να αποκτήσει την αρχική του εμφάνιση. Επιπλέον, προστέθηκαν ημίεργοι λίθοι με σκοπό να διευκολυνθεί η κίνηση των θεατών. Μετά το 1975, πραγματοποιήθηκαν μόνο μικρές επεμβάσεις και καθαρισμοί στο θέατρο, ενώ απαγορεύτηκε η παραχώρησή του για θεατρικές παραστάσεις με απόφαση του Υπουργείου Πολιτισμού, το 1999 (Σμύρης και Πλιάκου, 2012, σελ. 81–87).

2.4 Συμβολή «Διαζώματος»

Το Σωματείο Διάζωμα είναι μια μη κερδοσκοπική οργάνωση και δρα καταλυτικά για την προστασία και την ανάδειξη των αρχαίων ελληνικών θεάτρων, μνημείων ανεκτίμητης ιστορικής και πολιτιστικής αξίας. Η δραστηριοποίησή του εστιάζει σε πέντε βασικούς άξονες:

- Προβολή και αποκατάσταση των αρχαίων θεάτρων.
- Ένταξη των πολιτιστικών χώρων στην καθημερινότητα.
- Ολιστικός πολιτιστικός τουρισμός, σχεδιάζοντας διαδραστικά προγράμματα επισκέψεων.
- Αειφορία και βιώσιμη ανάπτυξη, διασφαλίζοντας αρμονική συνύπαρξη μεταξύ μνημείων και βιοποικιλότητας.
- Ενημέρωση και ευαισθητοποίηση, ενθαρρύνοντας την ενεργή συμμετοχή των πολιτών.

Συνεργαζόμενο με φορείς και οργανισμούς αναπτύσσει πολιτιστικές διαδρομές και αρχαιολογικά πάρκα, καθώς υλοποιεί έργα αποκατάστασης και ανάδειξης. Επίσης προάγει τον εθελοντισμό και είναι ανοιχτό σε όλους όσους μοιράζονται αυτό το κοινό όραμα. Αποτελεί φωτεινό φάρο για τα μνημεία της ελληνικής γης, αναδεικνύοντας την αέναη λάμψη τους (URL: diazoma.gr).

Η ιστορία του διαζώματος στο Αρχαίο Θέατρο της Δωδώνης

Το έτος 2009, ο Σ. Μπένος, πρόεδρος του σωματείου, περιηγούμενος στο θέατρο πυροδότησε μια σειρά από σωστικές ενέργειες. Το Διάζωμα ανέλαβε δράση, ανοίγοντας τραπεζικό λογαριασμό: «*Υιοθετούμε ένα Αρχαίο Θέατρο*» προς υποστήριξη.

Από το 1999 έως το 2015, απαγορεύτηκαν οι παραστάσεις και οι επισκέψεις για λόγους ασφαλείας. Εκκινήθηκαν έργα αναστήλωσης με χρηματοδότηση από το αγγίζοντας τόσο το κοίλο όσο και το σκηνικό οικοδόμημα. Στη συνέχεια, το έργο «*Προστασία, αποκατάσταση ανάδειξη*» με χρηματοδότηση από το ΕΣΠΑ εστίασε στη στερέωση και αποκατάσταση τμήματος του κοίλου (κερκίδες 2-6 και τμήματα 7-9).

Από το 2014 έως σήμερα, το έργο «*Συντήρηση, αποκατάσταση, ανάδειξη*», με χρηματοδότηση από το ΕΠ «*Ηπειρος 2014-2020*» εστιάζει στη στερέωση τμήματος του δεύτερου διαζώματος, στη συντήρηση της τοιχοποιίας της δυτικής στοάς και στη βελτίωση των υποδομών (πάρκινγκ, βιολογικός καθαρισμός, αντικεραυνική προστασία).

Οι ακούραστες προσπάθειές του σωματείου απέδωσαν καρπούς στο θέατρο, καθώς η ανάδειξη του μνημείου προσελκύει πλήθος επισκεπτών ωθώντας την ανάπτυξη της περιοχής, ενώ παράλληλα γεννά νέες θέσεις εργασίας. Το Διάζωμα διαδραματίζει λοιπόν καθοριστικό ρόλο στην αναγέννηση του θεάτρου προστατεύοντας την κληρονομιά και προσφέροντας μοναδικές εμπειρίες στις επόμενες γενιές (URL: diazoma.gr).

Κεφάλαιο 3 | Νέες Τεχνολογίες στην Υπηρεσία της Πολιτιστικής Κληρονομιάς

Στην σύγχρονη εποχή, λόγω της εμφάνισης της «Πολιτισμικής Πληροφορικής» και της συνεχούς εξέλιξης στην τεχνολογία της πληροφορίας, η παραγωγή και διανομή τρισδιάστατων δεδομένων έχουν γνωρίσει εκτεταμένη εξάπλωση. Η εξέλιξη αυτή έχει φέρει την επανάσταση σε κλάδους σαν την αρχαιολογία, τη μουσειολογία, την αρχιτεκτονική εισάγοντας νέες εφαρμογές πληροφορικής στον τομέα του πολιτισμού.

Χάρη στην τρισδιάστατη απεικόνιση και τις τεχνικές σάρωσης, ευνοείται η δημιουργία πιστών ψηφιακών αντιγράφων αντικειμένων και τοποθεσιών, τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν στην έρευνα, την εκπαίδευση αλλά και την ψυχαγωγία. Η εξάπλωση της παραγωγής και διανομής τρισδιάστατων δεδομένων ευνοείται σχεδόν ολοκληρωτικά από την υιοθέτηση σύγχρονων εφαρμογών όπως: της ψηφιακής φωτογραμμετρίας, των τεχνικών τρισδιάστατης σάρωσης με λέιζερ προς την αποτύπωση αλλά και συλλογή δεδομένων σε αγαθά πολιτιστικής κληρονομιάς (Peinado-Santana κ.ά., 2021, σελ. 2–3).

Από τη δεκαετία του 1990 και έπειτα, η χρήση τρισδιάστατων τεχνολογιών έχει επιτρέψει σημαντικές εξελίξεις. Με τη συλλογή ακριβών δεδομένων δημιουργούνται πιστά ψηφιακά μοντέλα μνημείων, που όχι μόνο διευκολύνουν την κατανόηση της δομής και της κατάστασης διατήρησης, αλλά επίσης λειτουργούν ως αναφορά για την αποκατάσταση (Acke κ.ά., 2021, σελ. 272–288). Η υιοθέτηση των νέων τεχνολογιών στη συντήρηση και διατήρηση μνημείων έρχεται σε θέση να αντιμετωπίσει κρίσιμα ζητήματα, όπως και συμβάλλει ενεργά στην προσπάθεια για την προστασία των πολιτιστικών αγαθών.

Περαιτέρω ανάλυση μιας μελέτη περίπτωσης αποκαλύπτει τη λεπτομερή ροή εργασιών όπου τέθηκε σε εφαρμογή, για την επισκευή και ανακατασκευή κατεστραμμένων μνημείων σε τρισδιάστατη αναπαράσταση. Κατηγοριοποιεί τις μεθόδους αποκατάστασης σε γενικές προσεγγίσεις, για τη διόρθωση προβλημάτων πλέγματος και πρακτικών που βασίζονται σε ομοιότητες προς αναπαραγωγή μελών που λείπουν.

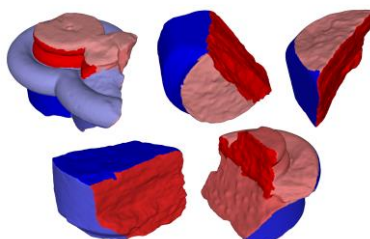
Συστήθηκε ένα ολοκληρωμένο διάγραμμα ροής που συνδύαζε αυτές τις μεθόδους για αυτοματοποιημένη επισκευή. Περιλάμβανε ταξινόμηση επιφανειών, επανασυναρμολόγηση θραυσμάτων για την διαχείριση σπασμένων τεκμηρίων και συμπλήρωση βάση συμμετρίας για τα ατελή στοιχεία. Στόχος ήταν η αντιμετώπιση εύρους ελαττωμάτων, ελαχιστοποιώντας ταυτόχρονα τη συμβολή του χρήστη.

Κατά τη διεξαγωγή της μελέτης αποκατάστασης, οι συγγραφείς αναζήτησαν σε αποθετήρια ένα πρότυπο που να ταιριάζει για την συμπλήρωση κενών, εστιασμένα στη βάση κίονα. Αυτό αποδείχθηκε χρήσιμο για ακανόνιστα αντικείμενα που στερούνται συμμετρίας. Μέσω ειδικών κωδικοποιήσεων (SI-HKS) συνέκριναν το αντικείμενο με πρότυπα τα οποία ήταν βασικά σχήματα ή αποτελούσαν εξατομικευμένες μορφές. Προς ανίχνευση της καλύτερης προσαρμογής, στο αποθετήριο συμπεριλήφθηκαν διάφορα τμήματα του αντικειμένου που τεκμηριώθηκαν προηγουμένως (επιφάνειες θραύσης, κατοπτρικά μέρη).

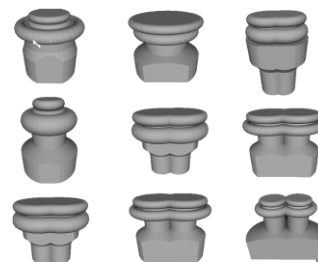
Τέλος, προσαρμόστηκε το μέγεθος και η θέση του προτύπου ώστε να ταιριάζει απρόσκοπτα με τα κομμάτια του αντικειμένου. Επισημάνθηκε η ανάγκη για περαιτέρω ανάπτυξη, συμπεριλαμβανομένης της δημιουργίας ενός συνόλου δεδομένων αναφοράς και μελετών χρηστών για την επικύρωση της προσέγγισης. Συνεπώς, η έρευνα κατέγραψε τις δυνατότητες των αυτοματοποιημένων μεθόδων για αποτελεσματική συντήρηση και ανάλυση αντικειμένων πολιτιστικής κληρονομιάς (Gregor κ.ά., 2014).



Εικόνα 6 Result of reassembly of fragments (Gregor κ.ά., 2014).



Εικόνα 7 Results of automated classification of columnbase fragments into exterior surface (blue) and contact surface (red) using the approach from [AMP14], classification confidence is encoded by saturation (Gregor κ.ά., 2014).



Εικόνα 8 Populating the Template Repository: automatically generated parameter configurations for a single, parametric CSG description of a column base (Gregor κ.ά., 2014).

Η αυξανόμενη τάση ψηφιοποίησης μνημείων επιτρέπει την εικονική πρόσβαση σε πολιτιστικά αντικείμενα και ιστορικές τοποθεσίες ανά τον κόσμο. Οι εξελίξεις στον τομέα της πληροφορικής προωθούν την ανάπτυξη διαφόρων εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας διευκολύνοντας άμεσα τη δημιουργία, την επεξεργασία και την ανάλυση εικόνων σε δισδιάστατες και τρισδιάστατες μορφές, με αυξημένη ρεαλιστικότητα (επαυξημένες και στερεοσκοπικές αναπαραστάσεις). Οι αναδυόμενες τεχνικές, όπως η τρισδιάστατη ανακατασκευή, προσφέρουν διαδραστικές εμπειρίες στους χρήστες καθώς μπορούν να χειρίζονται αντικείμενα και περιβάλλοντα. Αυτή η διαδικασία ψηφιοποίησης ενισχύει την κοινή χρήση, την προσβασιμότητα και τη διατήρηση αγαθών, ωφελώντας πολλούς – επιστημονικούς και μη – κλάδους (Unar κ.ά., 2019, σελ. 2).

Σημαντική έρευνα διεξήχθη από 153 επαγγελματίες του διεπιστημονικού πεδίου της συντήρησης, οι οποίοι μοιράστηκαν τις γνώσεις και τις εμπειρίες τους σχετικά με τη χρήση των τρισδιάστατων τεχνολογιών στην πολιτιστική κληρονομιά. Πραγματοποιήθηκε επίσης, μια εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση σε 65 μελέτες περιπτώσεων που αποτυπώνουν πρακτικές εφαρμογές των τρισδιάστατων τεχνολογιών σε πολιτιστικά αγαθά, καλύπτοντας ευρύ φάσμα εφαρμογών, από την αποτύπωση έως την αποκατάσταση και την ψηφιακή αναπαράσταση μνημείων.

Για την συλλογή δεδομένων, δημιουργήθηκε και διανεμήθηκε ένα διαδικτυακό ερωτηματολόγιο, με προτιμήσεις για ψηφιακή τεκμηρίωση σε υλικά όπως: κεραμικά, γυαλί, ξύλο, μέταλλο και λίθο. Η έρευνα

αποκαλύπτει ότι η εφαρμογή τέτοιων τεχνολογιών σίγουρα αυξάνεται σημαντικά, ωστόσο εντοπίζονται 7 κύριες ανησυχίες σχετικά με:

- i. τις διαδικασίες εκτύπωσης και τα υλικά
- ii. τις απαιτούμενες γνώσεις
- iii. την προσαρμοστικότητα
- iv. τους ηθικούς προβληματισμούς
- v. το κόστος και την απαιτούμενη εργασία
- vi. τη διαχείριση δεδομένων
- vii. τα επιτυχή αποτελέσματα

Η έρευνα αυτή συνολικά, καταδεικνύει το σημαντικό ρόλο που διαδραματίζουν οι τρισδιάστατες τεχνολογίες στη συντήρηση και αποκατάσταση μνημείων. Παρέχουν σημαντικά οφέλη, όπως τη βελτιωμένη ακρίβεια και αποτελεσματικότητα στην καταγραφή, ενώ ταυτόχρονα αντιμετωπίζουν κρίσιμες προκλήσεις που χρήζουν διαχείρισης. Ευνόησε σημαντικά τον διάλογο, την ανταλλαγή ερεθισμάτων, την αλληλεπίδραση μεταξύ επαγγελματιών από συνεργαζόμενους κλάδους (αρχαιολόγους, ιστορικούς τέχνης, μηχανικούς και άλλους ειδικούς) για την προστασία και διατήρηση των μνημείων, προωθώντας έτσι την εξέλιξη και την αειφορία στον τομέα της συντήρησης (Acke κ.ά., 2021, σελ. 272–288).

3.1 Μνημεία: Τεκμηρίωση, Διαχείριση, Προστασία

Στον τομέα της διαχείρισης της πολιτιστικής κληρονομιάς, οι καταγραφές και κατ' επέκταση η σύνταξη καταλόγων διαδραματίζουν απαραίτητο και καθοριστικό ρόλο. Συμβάλουν ενεργά στην οριοθέτηση, τη διαφύλαξη και τη διαλεύκανση των κινητών αντικειμένων, των ιστορικών κτηρίων, των αρχαιολογικών χώρων και της ευρύτερης υλικής κληρονομιάς στο σύνολό της. Παράλληλα, ενισχύεται η χάραξη στρατηγικών για την ουσιαστική διαχείριση και αξιοποίηση πολιτιστικών πόρων, συμβάλλοντας στην αειφορία και την μακροπρόθεσμη προστασία τους. Οι θεμελιώδεις αρχές που διέπουν τη συντήρηση και την αποκατάσταση μνημείων και αρχαιολογικών χώρων καθορίστηκαν στα πλαίσια της Χάρτας των Αθηνών το 1931⁷ και της Χάρτας της Βενετίας⁸ το 1964 (Ulvi, 2021, σελ. 1996).

Η χάρτα της Βενετίας συγκεκριμένα, αντιπροσωπεύει μια πιο εξειδικευμένη και συστηματική προσέγγιση στη διαχείριση και προστασία μνημείων, καθώς πρόκειται για ένα σύνολο κατευθυντήριων γραμμών που εγκρίθηκαν από αρχιτέκτονες και τεχνικούς ιστορικών μνημείων, στο 2^ο Διεθνές Συνέδριο στη Βενετία το 1964. Τα πρωτοκόλλα αυτά παρέχουν ένα σύγχρονο και ολοκληρωμένο πλαίσιο για τη διατήρηση των

⁷ Μέσα από την επίσημη ιστοσελίδα του ICOMOS (*Η Χάρτα της Αθήνας για την Αναστήλωση Ιστορικών Μνημείων - 1931 - Διεθνές Συμβούλιο Μνημείων και Τοποθεσιών*, [URL](#)).

⁸ Μέσα από την επίσημη ιστοσελίδα του ICOMOS (*The Venice Charter - International Council on Monuments and Sites*, [URL](#))

πολιτιστικών αγαθών, δίνοντας έμφαση στη συνοχή και την αρμονία του περιβάλλοντος με την ιστορία και την παράδοση. Η έννοια της τεκμηρίωσης τονίζεται στην ακόλουθη πρόταση του Άρθρου 16:

«Σε όλα τα έργα συντήρησης, αποκατάστασης ή ανασκαφής, πρέπει πάντοτε να υπάρχει ακριβής τεκμηρίωση με τη μορφή αναλυτικών και κριτικών εκθέσεων, εικονογραφημένων με σχέδια και φωτογραφίες».

Η απαίτηση για λεπτομερή και κριτική τεκμηρίωση εξασφαλίζει ότι κάθε παρέμβαση σε μνημείο καταγράφεται με ακρίβεια, επιτρέποντας μελλοντική αναφορά και αξιολόγηση. Παρόλο που ο χάρτης αυτός θεωρείται σήμερα ιστορικό έγγραφο, παράλληλα χαρακτηρίζεται ως το έγγραφο με τη μεγαλύτερη επιρροή στη συντήρηση (Petrovič κ.ά., 2021, σελ. 885).

Το Διεθνές Συμβούλιο Μνημείων και Τοποθεσιών (ICOMOS)⁹ έχει επικυρώσει τις Αρχές για την Καταγραφή Μνημείων, Κτιριακών Συνόλων και Τοποθεσιών, το 1996. Οι αρχές αυτές αποτελούν ισχυρό πλαίσιο για την καταγραφή και τεκμηρίωση των μνημείων σε παγκόσμιο επίπεδο. Σκοπός τους είναι να καθοδηγήσουν επαγγελματίες και φορείς στην ακριβή και λεπτομερή αποτύπωση των ιστορικών τεκμηρίων, εξασφαλίζοντας τη διατήρηση και προστασία τους στο μέλλον.

Εφαρμόζοντας τις αρχές, το ICOMOS προάγει την υιοθέτηση διεθνών προτύπων και πρακτικών για την τεκμηρίωση της πολιτιστικής κληρονομιάς ενισχύοντας τη συνεργασία και την ανταλλαγή γνώσεων μεταξύ των ειδικών (Petrovič κ.ά., 2021, σελ. 885). Ο οργανισμός διαδραματίζει καίριο ρόλο στην προστασία και ανάδειξη μνημείων, συνδυάζοντας επιστημονική τεχνογνωσία, εκπαίδευση, ενημέρωση και συνεργασία σε διεθνές επίπεδο.

3.2 Τρισδιάστατη Αναπαράσταση στην Αρχαιολογία: πρακτικές για αξιόπιστη αναπαράσταση

Η αρχαιολογία ενστερνίζεται την εικονική και επαυξημένη πραγματικότητα (VR και AR) για να επαναστατήσει στον τρόπο με τον οποίο βιώνουμε το παρελθόν. Η εικονική πραγματικότητα επιτρέπει στους ερευνητές και το κοινό να εξερευνούν τρισδιάστατες αναπαραστάσεις μνημείων, όμως είναι απαραίτητη υπενθύμιση – όπως συμβαίνει σε οποιαδήποτε ερμηνευτική αναπαράσταση – ότι πρόκειται για ερμηνείες και όχι για τέλεια αντίγραφα. Για να ενισχύσουν την εις βάθος διερεύνηση, οι αρχαιολόγοι αναπτύσσουν δυναμικά μοντέλα VR που προσαρμόζονται στις πληροφορίες των χρηστών. Η AR, από την άλλη πλευρά, τοποθετεί εικονικές πληροφορίες πάνω στον πραγματικό κόσμο, ενεργοποιεί τη φαντασία του επισκέπτη, καθώς στέκεται σε έναν αρχαιολογικό χώρο έχει τη δυνατότητα να βλέπει ένα τρισδιάστατο μοντέλο του πως ήταν κάποτε (Stanco, Battiato και Gallo, 2017, σελ. 27).

⁹ Ακρωνύμιο του: International Council on Monuments and Sites. Είναι ένας μη κυβερνητικός οργανισμός που εστιάζει στην προστασία και ανάδειξη της πολιτιστικής σε παγκόσμιο επίπεδο. Ιδρύθηκε το 1965 και αποτελείται πάνω από 11.000 μέλη και 115 χώρες.



Εικόνα 9 InterArch – VR – μια εικονική εξερεύνηση του Ασκληπιείου Στην Αρχαία Μεσσήνη diadrasis.gr.

Η αξιοπιστία των τρισδιάστατων αναπαραστάσεων αποτελεί θέμα σημαντικής συζήτησης στην αρχαιολογική κοινότητα. Ανησυχίες σχετικά με το ενδεχόμενο τα ψηφιακά μοντέλα να είναι παραπλανητικά έχουν εκφραστεί από την αρχή της δημιουργίας τους, διότι η απουσία της σχολαστικής προσοχής κατά την υλοποίηση ενός μοντέλου, μπορεί να παρουσιάσει στρεβλή εικόνα του παρελθόντος. Μικρές ανακρίβειες ή καλλιτεχνικές ελευθερίες που λαμβάνονται κατά τη διαδικασία ανακατασκευής μπορούν να οδηγήσουν σε σημαντικές παρανοήσεις σχετικά με την ιστορική πραγματικότητα, έτσι λοιπόν ο κίνδυνος αυτός υπογραμμίζει την ανάγκη για διαφάνεια και λογοδοσία κατά τη δημιουργία τέτοιων ψηφιακών μοντέλων.

Αποσαφηνίζοντας πτυχές του μοντέλου που βασίζονται άμεσα σε αρχαιολογικά στοιχεία και τμημάτων που είναι υποθετικά ή ερμηνευτικά, όχι μόνο προάγεται η εμπιστοσύνη, αλλά παρέχεται επίσης ορθή κατανόηση των στοιχείων. Καθώς ο τομέας συνεχίζει να εξελίσσεται, η υιοθέτηση αυστηρών κατευθυντήριων γραμμών και η δέσμευση για διαφάνεια θα είναι υψίστης σημασίας για τη διατήρηση της ακεραιότητας της αρχαιολογικής έρευνας και των ψηφιακών αναπαραστάσεών της (Denard, Niccolucci και Richard, 2006, σελ. 1–3).

Πολυάριθμοι επιστημονικοί πόροι, όπως οδηγοί καλής πρακτικής, η Ομάδα Ειδικού Ενδιαφέροντος για την Εικονική Αρχαιολογία (Virtual Archaeology Special Interest Group) και ο Οργανισμός Πολιτιστικής Εικονικής Πραγματικότητας (Cultural Virtual Reality Organization), υπογραμμίζουν την κρίσιμη σημασία της εφαρμογής των μεθόδων ψηφιοποίησης μέσω υπολογιστή με επιστημονική αυστηρότητα. Είναι επιτακτική ανάγκη τα ερευνητικά αποτελέσματα που ενσωματώνουν τέτοιες μεθόδους να αποδίδουν με

ακρίβεια την κατάσταση της αναπαριστώμενης γνώσης. Αυτό τονίζει τον σαφή διαχωρισμό μεταξύ αποδείξεων και υποθέσεων για την αποφυγή παρερμηνειών ('Londoncharter', 2009, σελ. 2 [URL](#)).

Διασφαλίζοντας την Ψηφιακή Κληρονομιά

Ως απάντηση σε αυτή τη μεθοδολογική ανησυχία, η ερευνητική στρατηγική του παρόντος έργου χαράσσεται από τις συστάσεις της Χάρτας του Λονδίνου 2009. Η χάρτα του Λονδίνου, που αρχικά συντάχθηκε το 2006, είναι μια πρωτοβουλία για την ενίσχυση της ακαδημαϊκής εγκυρότητας και προσβασιμότητας στην έρευνα και την πρακτική που βασίζονται στην οπτικοποίηση, εντός του ευρύτερου πλαισίου της πολιτιστικής κληρονομιάς. Επικεντρώνεται στη διανοητική διαφάνεια, καθορίζοντας τις απαιτήσεις για ακαδημαϊκό έλεγχο και αποδοχή, συμπεριλαμβανομένης της αναγνώρισης όλων των πληροφοριών, ψηφιακών και μη, που επηρεάζουν τη δημιουργία αποτελεσμάτων οπτικοποίησης με χρήση υπολογιστή (Hann, 2010, σελ. 2).

Η Χάρτα του Λονδίνου για την οπτικοποίηση της πολιτιστικής κληρονομιάς (έκδοση 2.1) συντάχθηκε από μια ομάδα διεθνών αναγνωρισμένων εμπειρογνομόνων στον τομέα των ψηφιακών τεχνολογιών και της εικονικής πραγματικότητας, λόγω της ανησυχίας ότι η χρήση τρισδιάστατων ψηφιακών μοντέλων στον τομέα της αρχαιολογίας και ευρέως των μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς, ιδίως με την άνοδο του υπερρεαλισμού, ενέχει τον κίνδυνο να διακυβεύσει την πνευματική διαφάνεια. Ο αντίκτυπος της Χάρτας είναι σημαντικός, καθώς έχει μεταφραστεί σε δέκα γλώσσες εκτός από την αρχική αγγλική έκδοσή της. Έχει λάβει επίσημες εγκρίσεις από εθνικούς και διεθνείς οργανισμούς, όπως επίσης έχει υιοθετηθεί ως επίσημη κατευθυντήρια γραμμή (Denard, 2013, σελ. 255–268).

Αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο, περιγράφοντας τις βέλτιστες πρακτικές για τη χρήση τρισδιάστατης τεκμηρίωσης σε πολιτιστικά περιβάλλοντα (αρχαιολογία, συντήρηση αρχαιοτήτων, μουσεία, εκπαίδευση). Στόχος της είναι να καθοδηγήσει την ανάπτυξη και υλοποίηση έργων ψηφιοποίησης, καθώς και να αποτελέσει πρότυπο για την Ευρώπη αλλά και διεθνώς, με κοινούς σκοπούς.

Η Χάρτα του Λονδίνου ορίζει έξι βασικές αρχές και ισχύουν οπουδήποτε η ψηφιοποίηση μέσω υπολογιστή εφαρμόζεται στην έρευνα ή τη διάδοση των πολιτικών τεκμηρίων. Ανάλυση αρχών:

- I. Ανάπτυξη κατευθυντήριων γραμμών: Κάθε κοινότητα πρακτικής οφείλει να αναπτύξει τις δικές της κατευθυντήριες γραμμές για την εφαρμογή της ψηφιοποίησης, προσαρμοσμένες στις εξατομικευμένες ανάγκες και το πλαίσιο.
- II. Αξιολόγηση μεθόδων: Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου ψηφιοποίησης θα πρέπει να βασίζεται σε σαφή κριτήρια, λαμβάνοντας υπόψη του ερευνητικούς στόχους.
- III. Εντοπισμός και αξιολόγηση πηγών: Η πνευματική ακεραιότητα διασφαλίζεται εντοπίζοντας αξιόλογες ερευνητικές πηγές, κατοχυρώνοντας την αξιοπιστία και την ακριβή αποτύπωση δεδομένων.
- IV. Τεκμηρίωση και διάδοση: Η σχολαστική καταγραφή και ο διαμοιρασμός πληροφοριών ενισχύουν τη διαφάνεια και την αναπαραγωγή των αποτελεσμάτων.

- V. Βιωσιμότητα: Ο σχεδιασμός ηθικών στρατηγικών διασφαλίζει τη μακροπρόθεσμη διατήρηση των αποτελεσμάτων ψηφιοποίησης, διατηρώντας την προσβασιμότητα και τη χρηστικότητα.
- VI. Πρόσβαση και κατανόηση: Η ψηφιακή αποτύπωση έχει ως στόχο να καταστήσει τα πολιτιστικά αγαθά προσιτά και εύληπτα στο ευρύ κοινό, προωθώντας την εκπαίδευση και τη διατήρηση.

Η Χάρτα εστιάζει σε καθιερωμένες αρχές αντί να προτείνει νέες ιδέες, όπως βασίζεται εξ ολοκλήρου στην τρισδιάστατη απεικόνιση ως κύρια μέθοδο ψηφιοποίησης. Έχει διεθνή αναγνώριση και εφαρμόζεται σε διάφορα έργα, ενώ οι αρχές της ενημερώνονται τακτικά για να ανταποκριθούν στις εξελισσόμενες τεχνολογίες και ανάγκες. Συνολικά, παρέχει ένα ευαισθητοποιημένο πλαίσιο για την υλοποίηση έργων ψηφιοποίησης, κατοχυρώνοντας την αυθεντικότητα και την αξιοπιστία των τρισδιάστατων απεικονίσεων (Denard, Niccolucci και Richard, 2006, σελ. 3. ‘londoncharter’, 2009, σελ. 4 [URL](#). ‘londoncharter’, 2009, σελ. 5-11 [URL](#))

3.3 Ψηφιακές Συλλογές: Ένας Θησαυρός Πολιτιστικής Κληρονομιάς

Η UNESCO, εξειδικευμένος οργανισμός των Ηνωμένων Εθνών, διαδραματίζει ζωτικό ρόλο στην προστασία και προώθηση της παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς. Η εφαρμογή συστάσεων που θέτει αναδεικνύεται ουσιαστική, καθώς προωθεί τη διαφύλαξη, την προστασία και την προώθηση των μνημείων διεθνώς, μέσω της ανάπτυξης βέλτιστων πρακτικών και πολιτικών (Champion και Rahaman, 2020).

Η διαφύλαξη του πολιτιστικού πλούτου αποτελεί πολύπλευρο και διεπιστημονικό εγχείρημα, καθώς ο θεμελιώδης στόχος της έγκειται στη διατήρηση των μνημείων στην τρέχουσα κατάστασή τους. Μια ουσιαστική πτυχή της διαχείρισης και της αποκατάστασης τέτοιων αγαθών είναι η καταγραφή γραφικών και φωτογραφικών δεδομένων, που περιγράφουν τη φυσική σύνθεση και χρήση των πολιτιστικών τεκμηρίων (Ulvi, 2021, σελ. 1996).

Η τεκμηρίωση στο πλαίσιο αυτό, περιλαμβάνει τη συστηματική συγκέντρωση και αρχειοθέτηση πληροφοριών για μελλοντική ανάκληση που αφορούν το αντικείμενο μελέτης. Έχει παρατηρηθεί σημαντική αύξηση της χρήσης τρισδιάστατων δεδομένων με συντεταγμένες για την οπτικοποίηση και εκτίμηση της πολιτιστικής κληρονομιάς. Ειδικότερα, οι διαδικασίες ψηφιακής τεκμηρίωσης έχουν αναγνωριστεί ως καίρια στοιχεία για την προληπτική συντήρηση των μνημείων, ενισχύοντας έτσι τα προστατευτικά μέτρα τους (Ulvi, 2021, σελ. 1996).

Ψηφιακά Μοντέλα Μνημείων

Οι αρχαιολόγοι έχουν στραφεί στη φωτογραμμετρική μέθοδο τρισδιάστατης μοντελοποίησης, καθώς αυτή η καινοτόμος προσέγγιση επιτρέπει τη σχολαστική καταγραφή των υφιστάμενων τρισδιάστατων δομών, διασφαλίζοντας ότι η κληρονομιά θα συνεχίσει να εμπνέει τις μελλοντικές γενιές. Μετατρέποντας τα φυσικά αντικείμενα σε εικονικά μοντέλα, τόσο αρχαιολόγοι όσο και συντηρητές μπορούν να αποτυπώσουν περίπλοκες λεπτομέρειες και αποχρώσεις, προσφέροντας μια καθηλωτική εμπειρία που ξεπερνά το χώρο και το χρόνο (Hellman και Lahti, 2018, σελ. 161). Αυτή η τεχνολογική πρόοδος όχι μόνο προστατεύει τα

πολιτιστικά κειμήλια αλλά ανοίγει και νέους δρόμους για την εξερεύνηση και την κατανόηση της ανθρώπινης διαδρομής.

Οι σύγχρονες τεχνολογίες και μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται για την τεκμηρίωση της πολιτιστικής κληρονομιάς αποδίδουν εξαιρετικά αληθοφανή τρισδιάστατα αποτελέσματα, τα οποία χαρακτηρίζονται από σχολαστική γεωμετρία και υφή. Τα συμπεράσματα αυτά βρίσκουν εφαρμογή σε διάφορους τομείς, όπως η αρχαιολογική τεκμηρίωση, η ψηφιακή συντήρηση και οι προσπάθειες αποκατάστασης, οι εφαρμογές VR¹⁰, τα διαδικτυακά αποθετήρια και οι κατάλογοι, τα εργαλεία GIS και οι σκοποί οπτικοποίησης. Παρά την πληθώρα των πιθανών εφαρμογών και την υποστήριξη από διεθνείς φορείς, η συστηματική και συνετή αξιοποίηση των τρισδιάστατων μοντέλων στον τομέα του πολιτισμού παραμένει ένας ανυπότακτος κανόνας για λόγους όπως:

- α. Το υψηλό κόστος, καθώς συνδέεται με τις προσπάθειες τρισδιάστατης αποτύπωσης¹¹.
- β. Οι προκλήσεις που είναι συνυφασμένες με την επίτευξη ικανών αναπαραστάσεων παγκοσμίως.
- γ. Η αντίληψη ότι η τρισδιάστατη μοντελοποίηση είναι προαιρετική, ερμηνευτική διαδικασία, καθώς θεωρείται συμπληρωματική της παραδοσιακής δισδιάστατης τεκμηρίωσης.
- δ. Η πολυπλοκότητα που συνεπάγει η ενσωμάτωση τρισδιάστατων περιβαλλόντων με συμβατικά δισδιάστατα υλικά.

Εντούτοις, η διαθεσιμότητα και η χρήση τρισδιάστατων υπολογιστικών μοντέλων που αφορούν υλικά πολιτιστικά τεκμήρια αποκαλύπτουν ένα ευρύ φάσμα πρόσθετων εφαρμογών, διευκολύνοντας νέες αναλύσεις, ερμηνείες, στρατηγικές συντήρησης, όπως και απόπειρες ψηφιακής αποκατάστασης. Κατά συνέπεια, οι εικονικές αναπαραστάσεις οφείλουν να αξιολογούνται όλο και περισσότερο, αξιοποιώντας τα σημαντικά πλεονεκτήματα που παρέχονται στον τομέα της κληρονομιάς από τις ψηφιακές τεχνολογίες και αναγνωρίζοντας τις επιταγές τεκμηρίωσης που διατυπώνονται σε πολυάριθμους χάρτες και ψηφίσματα (Remondino και Rizzi, 2010, σελ. 85–86).

¹⁰ Virtual Reality

¹¹ Π.χ. περιλαμβάνονται κόστος όπως: εξοπλισμός, χρόνος εργασίας, ενέργεια, επαγγελματικά λογισμικά, συντήρηση/ αναπαραγωγή.

3.4 Η επιστήμη της Ψηφιοποίησης: Σύγχρονες Τεχνικές

3.4.1 Φωτογραμμετρικές Μέθοδοι

Η φωτογραμμετρία, ένα σύμπλεγμα τέχνης και επιστήμης, αφορά τη μέθοδο εξακρίβωσης θέσης και μορφής των αντικειμένων μέσω φωτογραφιών, που έχουν ληφθεί από διαφορετικές οπτικές γωνίες. Κατά τον 15^ο αιώνα, ο Λεονάρντο ντα Βίντσι έκανε σημαντικές προόδους στη μελέτη της προοπτικής και των γεωμετρικών σχέσεων στα έργα του, καθώς η χρήση προοπτικής στην αναπαράσταση τριών διαστάσεων σε δισδιάστατες επιφάνειες ίσως να αποτέλεσε τις βάσεις για τη φωτογραμμετρία.

Ακολούθησαν μεταγενέστερες εξελίξεις, οι οποίες επικεντρώθηκαν στην τελειοποίηση της έννοιας της κεντρικής προβολής και στην επίλυση των δυσχερειών που σχετίζονται με την ανακατασκευή τρισδιάστατων μοντέλων, ιδίως όσον αφορά εσωτερικές και εξωτερικές παραμέτρους. Η ανάκαμψη της φωτογραμμετρίας σημειώθηκε κατά τη δεκαετία του 1990, με την έλευση των τεχνολογιών ψηφιακής απεικόνισης (Ulvi, 2021, σελ. 1997).

Η φωτογραμμετρία αφορά την εξέταση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών οντοτήτων ή περιβαλλόντων παράλληλα με τις χωρικές τους ιδιότητες, χρησιμοποιώντας φωτογραφικά δεδομένα. Σε αντίθεση με μία συμβατική φωτογραφία, η οποία αποτυπώνει αποκλειστικά δισδιάστατες πτυχές, η φωτογραμμετρία χρησιμοποιεί μία ακολουθία επικαλυπτόμενων δισδιάστατων εικόνων για την εξαγωγή τρισδιάστατων πληροφοριών. Αυτές οι επικαλύψεις χρησιμεύουν για τον εντοπισμό κοινών σημείων αναφοράς, σημαντικά για την ανακατασκευή τρισδιάστατων προοπτικών (Peinado-Santana κ.ά., 2021, σελ. 4-5).

Πρόκειται για μια οικονομικά αποδοτική μέθοδο στην τρισδιάστατη μοντελοποίηση, όπως χρησιμοποιείται εδώ και αρκετό καιρό προς την αναπαράσταση χώρων πολιτιστικής κληρονομιάς. Στηρίζεται στον προσδιορισμό των τρισδιάστατων συντεταγμένων, των επιφανειακών σημείων, των αντικειμένων μέσω επικαλυπτόμενων εικόνων, ενσωματώνοντας δεδομένα προσανατολισμού, όπως η θέση της κάμερας και ο εξωτερικός προσανατολισμός. Για την αξιόπιστη εφαρμογή, η γνώση των παραμέτρων του εσωτερικού προσανατολισμού είναι επιβεβλημένη (Ulvi, 2021, σελ. 1997).

Η τεχνική αυτή έχει βρει εφαρμογή σε εύρος επαγγελματικών κλάδων, ενδεικτικά: στην τοπογραφία, την αρχιτεκτονική, την αρχαιολογία, διευκολύνοντας τη δημιουργία ψηφιακών χαρτών, υφών, τρισδιάστατων μοντέλων καθώς και την τεκμηρίωση ιστορικών κατασκευών, αποτυπώνοντας την κατάσταση διατήρησης (Ulvi, 2021, σελ. 1999). Μπορεί να ταξινομηθεί με βάση το τρόπο και την τοποθεσία λήψης των φωτογραφιών, ως εκ τούτου υπάρχουν τρεις βασικές κατηγορίες:

- A. Εναέρια Φωτογραμμετρία: χρησιμοποιεί αεροπλάνα, ελικόπτερα ή μη επανδρωμένα αεροσκάφη για τη χαρτογράφηση μεγάλων εκτάσεων και οικοδομημάτων. Οι εικόνες που λαμβάνονται από ψηλά παρέχουν ευρεία οπτική γωνία, επιτρέποντας λεπτομερή ανάλυση της γεωμορφολογίας, των υποδομών και άλλων χαρακτηριστικών της επιφάνειας της γης.

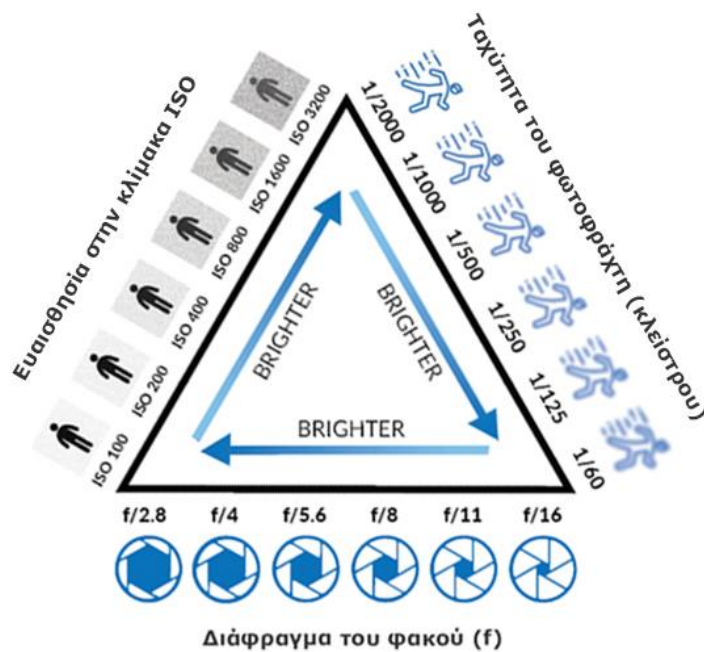
- B. Φωτογραμμετρία Πεδίου: εφαρμόζεται στην αποτύπωση αντικειμένων (απλών ή σύνθετων) σε εξωτερικούς χώρους, αξιοποιώντας φωτογραφίες υψηλής ανάλυσης που λαμβάνονται με ψηφιακές μηχανές. Πιθανή είναι η υποβοήθηση με φωτογραφικά τρίποδα. Η εφαρμογή υλοποιείται *in situ* σε αρχιτεκτονικά οικοδομήματα, μνημεία, αρχαιολογικές ανασκαφές κ.ά.
- Γ. Φωτογραμμετρία Εργαστηρίου: εκτελείται σε συνθήκες εργαστηρίου με τεχνητό φωτισμό και ελεγχόμενες συνθήκες. Παρατηρείται εξοπλισμός όπως φωτεινή τράπεζα, light box, προβολείς, φόντα φωτογράφισης κ.ά. Αφορά συνήθως κινητά αντικείμενα και έργα τέχνης (Κούραπα Γλέζου και Τσεχμετζή, 2023, σελ. 44).

Κατά τη διεξοδική διαδικασία της φωτογραμμετρίας, η τήρηση συγκεκριμένων κανόνων είναι υψίστης σημασίας για τη σύνθεση πιστών και λεπτομερών τρισδιάστατων μοντέλων. Τα βασικά σημεία περιλαμβάνουν τη λήψη ψηφιακών φωτογραφιών με χειροκίνητες ρυθμίσεις, τη διασφάλιση σταθερών τιμών εικονοστοιχείων, την υψηλή επικάλυψη μεταξύ των εικόνων και την αποφυγή του κλυδωνισμού της φωτογραφικής μηχανής ή του θορύβου της κίνησης.

Για τη δημιουργία ενός λεπτομερούς τρισδιάστατου μοντέλου μέσω φωτογραμμετρίας, απαραίτητη είναι η λήψη υψηλής ποιότητας φωτογραφιών. Μια τέτοια διαδικασία επιτυγχάνεται με τη χρήση επαγγελματικής μηχανής DSLR¹² και κατάλληλους φακούς. Εκτός από την καλή ανάλυση, οι φωτογραφίες οφείλουν να έχουν τραβηχτεί με τις κατάλληλες ρυθμίσεις για ομοιόμορφη και πιστή αναπαράσταση. Στο πλαίσιο αυτό, το «Τρίγωνο Έκθεσης» αποτελεί θεμελιώδη έννοια, καθώς εστιάζει στην ισορροπία τριών βασικών παραμέτρων:

1. ISO (Ευαισθησία αισθητήρα): Ρυθμίζει την ευαισθησία του αισθητήρα στο φως. Όσο χαμηλότερη η τιμή του ISO ελαχιστοποιείται ο θόρυβος και αποτυπώνονται καθαρές εικόνες.
2. Διάφραγμα: Ελέγχει την ποσότητα φωτός που εισέρχεται στο φακό. Το μικρό διάφραγμα (αριθμός f) υποδεικνύει μεγαλύτερο βάθος πεδίου, προβάλλοντας εστιασμένο το αντικείμενο.
3. Ταχύτητα Κλείστρου: Ορίζει τη διάρκεια έκθεσης του αισθητήρα στο φως. Μεγαλύτερη ταχύτητα σημαίνει λιγότερη θόλωση από κίνηση, ιδανικά σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού (Κούραπα Γλέζου και Τσεχμετζή, 2023).

¹² Digital Single Lens Reflex



Εικόνα 10 Το Τρίγωνο της Έκθεσης [URL](#)

Περαιτέρω ρυθμίσεις, ιδιαίτερα σημαντικές κατά την διεξαγωγή επαγγελματικών φωτογραφιών είναι η ορθή εστίαση σε όλα τα σημεία του αντικειμένου, όπως επίσης και το κατάλληλο εστιακό μήκος φακού λαμβάνοντας υπόψη την επιθυμητή γωνία λήψης και το μέγεθος του αντικειμένου. Ακόμη η ισορροπία του λευκού (White Balance) αναβαθμίζει την ποιότητα των φωτογραφιών και ρυθμίζεται η ακριβής αναπαράσταση των χρωμάτων.

Επισημαίνεται η σπουδαιότητα των στατικών σκηνών, των σταθερών παραμέτρων λήψης και της αποφυγής ανακλαστικών επιφανειών. Η αντιστοίχιση χρωμάτων με επαγγελματικά εργαλεία, η συνεκτίμηση των καιρικών συνθηκών και η διαχείριση της έκθεσης για ομοιόμορφη φωτεινότητα είναι επίσης ζωτικής σημασίας για την επιτυχή έκβαση της πρακτικής εφαρμογής (Hellman και Lahti, 2018, σελ. 163).

Τεχνολογικά Χαρακτηριστικά. Ανησυχίες – Προβληματισμοί

Σύγχρονα λογισμικά τρισδιάστατης ανακατασκευής που εξαρτώνται από οπτικές πληροφορίες, αντλούν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των οντοτήτων από μη βαθμονομημένες φωτογραφίες. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει τη σύγκριση σημείων αναφοράς ή συσχετίσεων εικονοστοιχείων σε μια σειρά εικόνων. Κατά συνέπεια, χρειάζεται ένα απαιτούμενο πρότυπο ποιότητας και ποσότητας φωτογραφιών για την αποτελεσματική επεξεργασία, συγχώνευση και τριγωνισμό των δεδομένων για τη δημιουργία ενός τρισδιάστατου νέφους σημείων.

Η επιλογή των μέσων και των μεθοδολογιών έρευνας, καθώς και η απορρέουσα ποιότητα του τρισδιάστατου μοντέλου, εξαρτάται από: τους στόχους επίτευξης, το πλαίσιο και τα χαρακτηριστικά του υπό εξέταση θέματος. Παράμετροι όπως η γεωμετρία του αντικειμένου και η σύνθεση των υλικών παίζουν

καθοριστικό ρόλο στη διασφάλιση της ακεραιότητας και της ακρίβειας των αποτελεσμάτων (Reinado-Santana κ.ά., 2021, σελ. 5).

Προς αντιμετώπιση της επιτακτικής ανάγκης, για φιλικά προς τον χρήστη εργαλεία που διευκολύνουν τη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων ανακατασκευής, ιδίως για σκοπούς οπτικοποίησης και τεκμηρίωσης, έχει προκύψει μια ποικιλία εμπορικών λύσεων λογισμικού, ανοιχτού κώδικα. Τα εργαλεία αυτά βασίζονται σε τεχνικές Μοντελοποίησης Βάσει Εικόνας (IBM: Image-Based Modeling) ή Φωτογραμμετρίας. Το λογισμικό τρισδιάστατης ανακατασκευής με βάση την εικόνα στηρίζεται ακολούθως σε επαρκή ποσότητα, ποιότητα φωτογραφιών για την επεξεργασία, την αντιστοίχιση και τον τριγωνισμό των οπτικών χαρακτηριστικών, παράγοντας τελικά ένα τρισδιάστατο νέφος σημείων (Rahaman και Champion, 2019, σελ. 1835).

Συνοπτικά, η φωτογραμμετρία είναι ένας ευρύτερος τομέας που περιλαμβάνει διάφορες τεχνικές για την εξαγωγή τρισδιάστατων πληροφοριών από εικόνες, ενώ η μοντελοποίηση βάσει εικόνας είναι μια συγκεκριμένη τεχνική εντός της φωτογραμμετρίας που επικεντρώνεται στη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων από εικόνες (Rahaman και Champion, 2019, σελ. 1835).

Το SfM (Structure from Motion / Δομή από κίνηση) αντίστοιχα, αποτελεί μια διαδεδομένη μεθοδολογία στη σφαίρα των τεχνικών μοντελοποίησης με βάση την εικόνα, η οποία έχει εξέχουσα θέση σε διάφορες εφαρμογές λογισμικών. Αυτό το τεχνολογικό πλαίσιο διευκολύνει τα άτομα που δεν διαθέτουν εξειδικευμένη τεχνογνωσία να παράγουν γρήγορα και αποτελεσματικά εκλεπτυσμένα μοντέλα, χρησιμοποιώντας μη βαθμονομημένες εικόνες που λαμβάνονται από οικονομικές ρυθμίσεις, παρακάμπτοντας ειδικευμένα υλικά ή σχολαστικά σχεδιασμένα περιβάλλοντα φωτισμού (Rahaman και Champion, 2019, σελ. 1836).

Τυπικά, το διαδικαστικό πλαίσιο περιλαμβάνει έξι διακριτά στάδια για την παραγωγή τρισδιάστατων ανακατασκευών – μοντέλων:

1. Λήψη εικόνας
2. Ανίχνευση χαρακτηριστικών, επεξεργασία φωτογραφιών
3. Δημιουργία νέφους σημείων
4. Δημιουργία πυκνού νέφους
5. Δημιουργία πλέγματος/ επιφάνειας
6. Παραγωγή υφής (Rahaman και Champion, 2019, σελ. 1836).

3.4.2 Τρισδιάστατο πλέγμα: Η βάση για ρεαλιστικό μοντέλο

Η τρισδιάστατη αποτύπωση περιλαμβάνει τη χρήση εξειδικευμένων λογισμικών για την καταγραφή λεπτομερών δεδομένων από την επιφάνεια αντικειμένων και χώρων. Αυτή η τεχνολογία επιτρέπει τη δημιουργία ψηφιακών μοντέλων με ακρίβεια χιλιοστού. Το αποτέλεσμα είναι ένα τρισδιάστατο πλέγμα, το

οποίο αποτελείται από χιλιάδες ή εκατομμύρια μικροσκοπικά τρίγωνα που συνδέονται μεταξύ τους, σχηματίζοντας μια λεπτομερή ψηφιακή επιφάνεια.

Στον κλάδο της αρχαιολογίας, η τρισδιάστατη αποτύπωση έχει αποδειχθεί εξαιρετικά χρήσιμη για την τεκμηρίωση και την ανάλυση ευρημάτων. Αρχαιολογικά αντικείμενα (αγάλματα, κεραμικά, αρχιτεκτονικά μέλη) καθώς και ολόκληρες τοποθεσίες, μπορούν να σαρωθούν και να μελετηθούν σε ψηφιακή μορφή χωρίς τον κίνδυνο φθοράς ή καταστροφής των πρωτοτύπων. Επιπλέον, τα τρισδιάστατα μοντέλα προσφέρουν στοιχεία που δεν είναι ορατά με γυμνό μάτι και χαρακτηρίζονται από ακριβείς μετρήσεις.

Η προσομοίωση τρισδιάστατων αντικειμένων συντελεί καθοριστικά στην κατανόηση των αρχιτεκτονικών στοιχείων και των αρχαιολογικών τοποθεσιών. Ενσωματώνοντας τρισδιάστατες τεχνολογίες στις προσπάθειες διάσωσης της πολιτιστικής κληρονομιάς, δείχνει ιδιαίτερα ελπιδοφόρες προοπτικές για το μέλλον. Παρά τις προκλήσεις, όπως οι κλιματολογικές συνθήκες και οι τεχνολογικοί περιορισμοί, η φωτογραμμετρία ενισχύει την προσπάθεια με εξαιρετική λεπτομέρεια αποτύπωσης (Simou, Baba και Nounah, 2022). Επισημαίνεται η σημασία της ψηφιοποίησης και των προηγμένων εργαλείων προσεγγίζοντας επιστημονικά, ζητήματα ανακατασκευής και συντήρησης μνημείων.

Με την εισαγωγή τέτοιων τεχνολογιών στις επεμβάσεις διατήρησης, οι επιστήμονες έχουν την ευχέρεια να προστατεύουν τα πολιτιστικά μνημεία με καινοτόμους τρόπους. Εστιάζοντας στην μοντελοποίηση αρχιτεκτονικών μελών, με τη χρήση τρισδιάστατου πλέγματος επιτρέπεται η αναπαράσταση και η αποκατάσταση κτιρίων και μνημείων χωρίς παρεκκλίσεις. Τα ψηφιακά μοντέλα μπορούν να αξιοποιηθούν για την ανάλυση της κατασκευαστικής μεθοδολογίας και την εκτίμηση των στατικών φορτίων. Επιπλέον, τόσο οι αρχιτέκτονες όσο και συντηρητές είναι εφικτό να σχεδιάσουν παρεμβάσεις όπως και να εκτελούν δοκιμές αναδιάταξης σε ψηφιακό περιβάλλον πριν από την *in situ* εφαρμογή τους.

Η διαδικασία παραγωγής ενός τρισδιάστατου μοντέλου περιλαμβάνει τέσσερα βασικά στάδια:

1. Απόκτηση εικόνων, συνεπάγει τον αυτοματοποιημένο προσανατολισμό στερεοσκοπικών ζευγών για την παραγωγή ενός διασκορπισμένου νέφους σημείων.
2. Πύκνωση, περιλαμβάνει τη σύνθεση ενός πυκνού νέφους σημείων.
3. Δημιουργία πλέγματος.
4. Εφαρμογή υφής.

Έπειτα από αυτά τα διαδοχικά στάδια, αναπτύσσεται μια προσαρμοσμένη εφαρμογή που χρησιμοποιεί εξειδικευμένο λογισμικό (Peinado-Santana κ.ά., 2021, σελ. 5).

Κεφάλαιο 4 | Μέσα από την Ψηφιακή Απεικόνιση: Μελέτες Περίπτωσης για την Συντήρηση και Ανάδειξη Αρχαίων Θεάτρων

Τα αρχαία ελληνικά θέατρα αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της πολιτιστικής κληρονομιάς, με 57 από αυτά να είναι επισκέψιμα και χρονολογούνται από τον 6^ο αιώνα π.Χ. έως τη ρωμαϊκή εποχή. Επιπλέον, έχουν ανιχνευτεί 35 γεωγραφικές θέσεις με ενδείξεις ύπαρξης θεάτρων, αποδεικνύοντας την εκτεταμένη χρήση τους για θρησκευτικές τελετές, παραστάσεις και συνελεύσεις. Οι χώροι αυτοί διακρίνονται για την περίτεχνη και μοναδική αρχιτεκτονική τους, που περιλάμβανε βασικά στοιχεία όπως: την ορχήστρα, το κούιλο, τη σκηνή, το προσκήνιο και τα παρασκήνια (Kaimaris, 2018, σελ. 9–25).

Σήμερα, το αρχαίο ελληνικό θέατρο αποτελεί αντικείμενο εκτεταμένης τεκμηρίωσης με τη χρήση σύγχρονων τεχνολογιών. Μέθοδοι όπως η εναέρια και δορυφορική αρχαιολογία, καθώς και η χρήση μη επανδρωμένων αεροσκαφών (UAVs), επιτρέπουν την λεπτομερή καταγραφή των αρχαιολογικών μνημείων.

Οι γεωδαιτικές μετρήσεις¹³ συνεισφέρουν στην ακριβή αποτύπωση των θεάτρων, ενώ οι δορυφορικοί αισθητήρες, όπως ο Ikonos-2 και εργαλεία σαν το Google Earth Pro προσφέρουν πολύτιμες πληροφορίες για την τοπογραφία. Τέλος τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) χρησιμοποιούνται για την ανάλυση και την οπτικοποίηση δεδομένων, διευκολύνοντας την κατανόηση και τη διαχείριση των αρχαιολογικών χώρων (Kaimaris, 2018, σελ. 9–25).

Οι σύγχρονες τεχνολογίες τεκμηρίωσης των αρχαίων θεάτρων έχουν ποικίλες εφαρμογές και ενσωματώνουν τη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων, την παραγωγή ορθοφωτογραφιών, τα οποία συμβάλλουν στην ακριβή χαρτογράφηση των θεατρικών χώρων. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται για την ανάλυση της κατανομής του χώρου, την εποχή κατασκευής, καθώς και για τη μελέτη της θέσης του προσανατολισμού και του υψομέτρου που βρίσκονται. Η καταγραφή της κατάστασης διατήρησης τέτοιων μνημείων είναι επίσης σημαντική, επιτρέποντας τη διαχείριση και την προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς σύμφωνα με λεπτομερή και ακριβή δεδομένα (Kaimaris, 2018, σελ. 9–25).

Συμβαδίζοντας με τα παραπάνω, η τρισδιάστατη μοντελοποίηση και φωτογραμμετρία αποτελούν ολοένα και πιο απαραίτητα εργαλεία για την αποκατάσταση και τη διατήρηση των πολιτιστικών αγαθών, στη σύγχρονη εποχή. Αυτές οι εφαρμογές καθιστούν δυνατή την εξαιρετικά λεπτομερή καταγραφή, όπως φαίνεται στο παράδειγμα της ζωφόρου του Παρθενώνα, με την εκ νέου συναρμολόγηση (Bouzakis κ.ά., 2016, σελ. 94–108).

Τόσο στον ελλαδικό χώρο όσο και στην ευρύτερη έκταση της Μεσογείου, η τεκμηρίωση τέτοιων αρχιτεκτονικών επιτευγμάτων είναι θεμελιώδης παράγοντας για την σφαιρική αντίληψη της αρχαίας

¹³ Η ακριβής απόδοση του ανάγλυφου της περιοχής/ του αντικειμένου που πρόκειται να αποτυπωθεί μπορεί να επιτευχθεί μέσω μετρήσεων γωνιών και αποστάσεων, συνδυαστικά με κατάλληλες πράξεις και στατιστικές μεθόδους.

αρχιτεκτονικής. Η ψηφιοποίηση των αρχαίων θεάτρων αναδεικνύεται σημαντικό εργαλείο για την προστασία τους, καθώς ενισχύει τη συστηματική παρακολούθηση φθοράς και την έγκαιρη εφαρμογή μέτρων συντήρησης.

Τα ψηφιακά αρχεία συμβάλλουν επίσης στην αναστήλωση και αποκατάσταση των αρχιτεκτονικών μελών σε περιπτώσεις καταστροφών. Μέσω πρακτικών εφαρμογών συλλέγονται αναλυτικές πληροφορίες που αξιοποιούνται στην επιστημονική μελέτη, όπως και ενισχύουν την εκπαιδευτική διαδικασία και την ενημέρωση του κοινού για χώρους πολιτιστικής κληρονομιάς. Παρακάτω αναλύονται μερικές χαρακτηριστικές περιπτώσεις τρισδιάστατης απεικόνισης αρχαίων θεάτρων.

4.1 Ψηφιοποίηση Αρχαίου Θεάτρου Λάρισας

Βάσει των προαναφερθέντων, οι προηγμένες τεχνολογίες δρουν καθοριστικά στη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων, χαράσσοντας μια στρατηγική κατά τη διάρκεια έργων αποκατάστασης. Για παράδειγμα, μια τρισδιάστατη αποτύπωση του κτηρίου της σκηνής, στο πρώτο αρχαίο θέατρο της Λάρισας διευκόλυνε την οπτικοποίηση διαθέσιμων μεθόδων αποκατάστασης (Karagkounis και Tsanaktsidou, 2022, σελ. 586–593).

Το έργο αυτό κάλυπτε διάφορα επιμέρους υποέργα, όπως την αποκατάσταση του ίδιου του θεάτρου, τον εξοπλισμό νέων μαρμάρινων στοιχείων και συνθέτοντας παράλληλα ένα ψηφιακό αρχείο, συμπεριλαμβανομένων τρισδιάστατων μοντέλων: του κεντρικού τμήματος του θεάτρου και 240 νέων αρχιτεκτονικών μελών.

Οι ειδικοί ενσωμάτωσαν εξολοκλήρου ψηφιακά εργαλεία στην εκπόνηση της μελέτης αναστήλωσης, τα οποία συνέβαλλαν για την παρακολούθηση της προόδου, την τεκμηρίωση των εργασιών, ακόμη και για τον σχεδιασμό των νέων τμημάτων του θεάτρου. Οι πρακτικές εφαρμογές αποτελούνταν από την κατασκευή του τοίχου αντιστήριξης για τη δομική ενίσχυση και την τοποθέτηση – τόσο νέων όσο και αποκατεστημένων – εδωλίων (Karagkounis και Tsanaktsidou, 2022, σελ. 586–593).

Αξιοποιήθηκε η τρισδιάστατη μοντελοποίηση για τη δημιουργία νέων εδωλίων στο κεντρικό τμήμα του κοίλου, όπως διαρθρώθηκε σε τρία στάδια:

1. Την αποτύπωση της περιοχής και των υφιστάμενων εδωλίων με τη χρήση σάρωσης λέιζερ και φωτογραμμετρίας.
2. Την επεξεργασία του ψηφιακού μοντέλου για τον προσδιορισμό των σημείων όπου απαιτούνται νέα εδώλια και τις συγκεκριμένες διαστάσεις τους.
3. Τον σχεδιασμό τρισδιάστατων μοντέλων κάθε νέου εδωλίου ώστε να καταστεί δυνατή η ακριβής κοπή των μαρμάρινων μπλοκ με τη χρήση μηχανών CNC, έτσι ώστε να ταυτιστεί άρτια η θέση του στο κοίλο.

Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε η μεταφορά των υλικών και η κατασκευή μιας εύκολα προσβάσιμης εισόδου. Εκτός από τα τυποποιημένα έντυπα, διατηρούσαν φωτογραφικά αρχεία των επεμβάσεων πριν και μετά την

αποκατάσταση των εδωλίων, με τη βοήθεια προσαρμοσμένης βάσης δεδομένων MS Access για την πρόοδο καθ' όλη τη διάρκεια των διαδικασιών αναστήλωσης, καταγράφοντας λεπτομέρειες, συνθήκες και εικόνες. Τέλος εφαρμόστηκαν διαγράμματα Gantt για την παρακολούθηση της προόδου των επιμέρους έργων (Karagkounis και Tsanaktsidou, 2022, σελ. 586–593).

Από τον Νοέμβριο του 2020, έχει επιτευχθεί σημαντική εξέλιξη και υπάρχουν σχέδια για την επέκταση της αποκατάστασης ώστε να συμπεριληφθεί η αναστήλωση της σκηνής. Έχει γίνει πρόβλεψη για την υιοθέτηση πιο προηγμένου λογισμικού διαχείρισης έργων στο μέλλον για τον εμπλουτισμό της βάσης δεδομένων με πολύτιμα στοιχεία. (Karagkounis και Tsanaktsidou, 2022, σελ. 586–593).



Εικόνα 11 Α' Αρχαίο Θέατρο Λάρισας (Καραγκούνης, 2016)

4.2 Γεωπληροφορική Χατορφράφιση Μνημείων

Σχετική έρευνα επικεντρώνεται σε τρία σημαντικά αρχαία θέατρα: του Νέου Πλευρώνα, των Φιλίππων και της Αμφίπολης, αξιοποιώντας τη χρήση μη επανδρωμένων αεροσκαφών (UAVs) για την τεκμηρίωση, καθώς περιγράφεται η διαδικασία γεωδαιτικών μετρήσεων και επεξεργασίας εικόνας (Kaimaris, 2018, σελ. 9–25).

Συγκεκριμένα, αξιοποιήθηκε για εναέριας λήψεις RC Ballon προς καταγραφή του αρχαίου θεάτρου του Νέου Πλευρώνα και των Φιλίππων, ενώ για την τεκμηρίωση του αρχαίου θεάτρου της Αμφίπολης εφαρμόστηκαν πρακτικές εναέριας και δορυφορικής αρχαιολογίας (Kaimaris, 2018, σελ. 9–25).

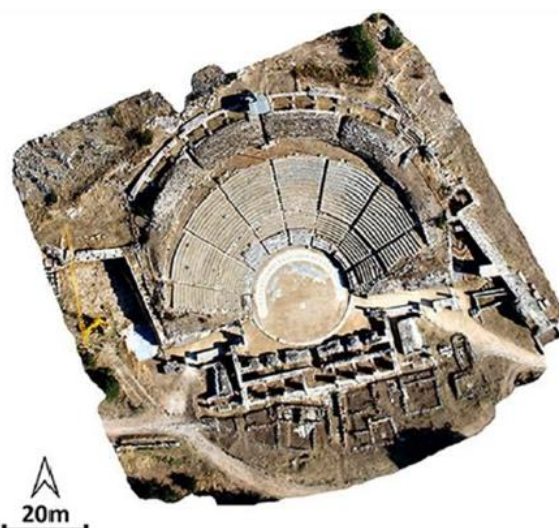
Το μη επανδρωμένο αεροσκάφος που χρησιμοποιήθηκε για τη λήψη φωτογραφιών, με δυνατότητες απεικόνισης μεγάλης ευκρίνειας, συνέλεξε 56 εικόνες με χωρική ανάλυση 2cm. Τοποθετήθηκαν επίσης, σημεία ελέγχου εδάφους (GCP) με μετρήσεις GPS εξασφαλίζοντας υψηλή ακρίβεια στην επεξεργασία εικόνων, καθώς οι εικόνες έπειτα, εξήχθησαν με χωρική ανάλυση 3cm για μεγαλύτερη ακρίβεια (Kaimaris, 2018, σελ. 9–25).

Η χρήση των UAVs, των δορυφορικών εικόνων και των GIS επεκτείνεται σε 6, 2 και 44 θέατρα αντίστοιχα, όπως αναπτύσσει ο συγγραφέας. Η έρευνα κατέγραψε αναλυτικά την απόσταση αυτών των τριών θεάτρων από την ακτογραμμή, την ορεινή τοποθεσία και τον προσανατολισμό τους, παρέχοντας έτσι σημαντικές πληροφορίες για την κατανόηση που περιβάλλοντος όπου αναπτύχθηκαν αυτά τα αρχιτεκτονικά μνημεία (Kaimaris, 2018, σελ. 9–25).

Συνολικά, οι νέες τεχνολογίες προσέδωσαν λεπτομερείς πληροφορίες στην έρευνα για τα αρχαία θέατρα, επιτρέποντας την ει βάθος κατανόηση όσον αφορά την κατασκευή, τη συντήρηση, την γεωγραφική θέση, την ιστορική σημασία και τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά τους (Kaimaris, 2018, σελ. 9–25).



Εικόνα 12 The overlapping of images (1.5cm spatial resolution) collected in 2012 with RC Balloon at the site of the ancient Philippi Theatre (Kaimaris, 2018, σελ. 15)



Εικόνα 13 The ortho image (3 cm spatial resolution) of the Philippi Theatre (Kaimaris, 2018, σελ. 15)

4.3 Εφαρμογές φωτογραμμετρίας και τηλεπισκόπισης

Το αρχαίο ελληνικό θέατρο Άσσος, στην περιοχή Άσσος, της Τουρκία αποτελεί αντικείμενο ερευνητικής προσπάθειας, με στόχο την ακριβή αναπαράστασή του μέσω σύγχρονων τεχνολογιών, διατηρώντας την ιστορική αξία. Πάνω σε αυτό συντάσσεται μία μελέτη αναδεικνύοντας την εφαρμογή μη επανδρωμένων εναέριων συστημάτων (UAS) και τη χρήση δεδομένων πολλαπλών αισθητήρων, για την τρισδιάστατη μοντελοποίηση και ανακατασκευή αρχαιολογικών χώρων (Cuneyt Erenoglu, Akcay και Erenoglu, 2017).

Πρακτικά, χρησιμοποιήθηκαν τρεις κάμερες με διαφορετικούς φασματικούς αισθητήρες (ορατό, θερμικό και υπέρυθρο) για τη συλλογή δεδομένων, τα οποία αξιολογήθηκαν και ταξινομήθηκαν. Τα τρισδιάστατα

μοντέλα στη συνέχεια, παράγααν υψηλής ανάλυσης αποτελέσματα, με ακρίβεια 23 cm για την ψηφιακή κάμερα, 10-15 cm για τη θερμική και 5-7 cm για την πολυφασματική, ενώ η συνολική ακρίβεια ταξινόμησης εικόνας ήταν σε ποσοστό 87,5% (Cuneyt Erenoglu, Akcay και Erenoglu, 2017).

Μέσα από αυτή την έρευνα, υπογραμμίζεται η εξέλιξη της φωτογραμμετρίας και της τηλεπισκόπισης, με την αποτελεσματική χρήση εικόνων UAS σε αρχαιολογικές εφαρμογές, καθώς πρόταση αποτελεί η περαιτέρω έρευνα με υπερφασματικούς αισθητήρες και τεχνικές LIDAR για πιο ολοκληρωμένες αξιολογήσεις. Η μελέτη εστίασε στην αξιοποίηση της ευέλικτης μεθοδολογίας τρισδιάστατης μοντελοποίησης για την ανακατασκευή αρχαιολογικών μνημείων, με βασικό συμπέρασμα, την σημασία της τεκμηρίωσης στην εν λόγω διαδικασία (Cuneyt Erenoglu, Akcay και Erenoglu, 2017).



Εικόνα 14 a snapshot from the fieldwork in the study area (Cuneyt Erenoglu, Akcay και Erenoglu, 2017)

4.4 Οπτικοποίηση δεδομένων με επαυξημένη πραγματικότητα

Η επαυξημένη πραγματικότητα (AR) για την οπτικοποίηση ιστορικών χώρων μπορεί να προσφέρει μοναδική εμπειρία, ενσωματώνοντας εικονικά στοιχεία στον φυσικό κόσμο. Προσεγγίζοντας διάφορες πτυχές (εκπαιδευτικές, επιστημονικές) επιτρέπει στους χρήστες να αλληλοεπιδρούν με το παρελθόν και να το εξερευνούν μέσα από μια πλούσια και αληθοφανή απεικόνιση (Özer, Nagakura και Vlavianos, 2016).

Επιστημονική έρευνα εστίασε, στο αρχαίο ελληνικό θέατρο Πάριον, στην ομώνυμη περιοχή Πάριον, της Τουρκίας, με στόχο την τεκμηρίωση και οπτικοποίηση του θεάτρου μέσω φωτογραμμετρίας και επαυξημένης πραγματικότητας. Σκοπός ήταν η σύνθεση μιας φιλικής προς το χρήστη εφαρμογής για την προβολή πολιτιστικών μνημείων (Özer, Nagakura και Vlavianos, 2016).

Η μεθοδολογία ακολουθούσε χρήση της τεχνικής *Multirama*¹⁴, για την ανάπτυξη της εφαρμογής AR, με τη μελέτη να χωρίζεται σε τρεις φάσεις: τεκμηρίωση, επεξεργασία – μοντελοποίηση δεδομένων και παρουσίαση μέσω του *Unity*¹⁵. Η προσέγγισή τους είχε ως απώτερο σκοπό την παροχή μιας οικονομικά αποδοτικής στρατηγικής για την ανακατασκευή και αναπαράσταση πολιτιστικών μνημείων, καθώς παράλληλα ευνόησε τη σύνθεση μιας προσιτής και ενημερωτικής πλατφόρμας, για την αξιολόγηση της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς. (Özer, Nagakura και Vlavianos, 2016).

4.5 Σαρωτές λέιζερ για την μοντελοποίηση θεατρικών χώρων

Τα αρχαία θέατρα και αμφιθέατρα αποτελούν πολύπλοκες δομές με εξειδικευμένα ακουστικά χαρακτηριστικά. Η απεικόνιση σε διάσταση 2D, αυτών των μνημείων αποτελεί σημαντική πρόκληση λόγω της γεωμετρικής τους ιδιομορφίας. Σήμερα, η τεχνολογία επιτρέπει νέες προσεγγίσεις στην αναπαράσταση και την ανακατασκευή τους, με ψηφιακά μοντέλα και εικονικές περιηγήσεις (Gregorio και Monteleone, 2015).

Η μελέτη περίπτωσης του αρχαίου θεάτρου των Συρακουσών, στη Σικελία, αποτελεί ένα εξαιρετικό παράδειγμα αυτής της διαδικασίας, με τη χρήση σαρωτών λέιζερ, καθώς κατέστη δυνατή η παραγωγή πιστών τρισδιάστατων μοντέλων της σκηνής, της ορχήστρας και των υπόλοιπων δομών του θεάτρου. Αυτό ενίσχυσε σημαντικά στην κατανόηση της δομής εξασφαλίζοντας την άρτια αποκατάσταση των επιφανειακών και ογκομετρικών χαρακτηριστικών του μνημείου (Gregorio και Monteleone, 2015).

Η σύγκριση του ελληνικού θεάτρου των Συρακουσών με άλλα αρχαία θέατρα, όπως το θέατρο της Ταορμίνας και το ρωμαϊκό αμφιθέατρο των Συρακουσών, ανέδειξε τη σημασία της ψηφιοποίησης, την ενσωμάτωση νεφών σημείων, πλεγμάτων και τη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων για την ρεαλιστική αναπαράσταση. (Gregorio και Monteleone, 2015).

4.6 Τρισδιάστατη αναπαράσταση αρχιτεκτονικών μελών

Η συμβολή της ψηφιακής απεικόνισης στο πολύπλοκο τείχος της σκηνής του αρχαίου ρωμαϊκού θεάτρου της Οράνζ (Orange), στο Βακλούς (Vaucluse) της Γαλλίας ανοίγει νέους ορίζοντες στη μελέτη των αρχαίων μνημείων προσφέροντας ποικιλία δυνατοτήτων. Μέσα από την εστιασμένη μελέτη του θεάτρου, ερευνήθηκαν τα οφέλη της ψηφιακής τεχνολογίας, δηλαδή τεχνικές ψηφιακής απεικόνισης για την αποκατάσταση και συντήρησή του, αποτυπώνοντας διακοσμητικά στοιχεία και αρχιτεκτονικά μέλη (Bartette και Rosso, 2019).

Η ψηφιακή ανακατασκευή των γλυπτών με τη χρήση φωτογραμμετρίας επέτρεψε τη δημιουργία ψηφιακών αντιγράφων, παρέχοντας εκτενή διερεύνηση της αρχαίας τεχνολογίας και δεξιοτεχνίας σε στοιχεία

¹⁴ Μια διαδραστική διεπαφή AR για την αναπαράσταση αντικειμένων ή κτηρίων, της ομάδας ARC (2013).

¹⁵ Λογισμικό που χρησιμοποιείται για την επεξεργασία και παρουσίαση τρισδιάστατων μοντέλων σε εφαρμογές AR.

αρχιτεκτονικής και γλυπτικής. Επίσης, η ψηφιακή καταγραφή δεδομένων ενίσχυσε τη μελλοντική έρευνα, όπως και η τρισδιάστατη αξιολόγηση των μεταλλικών στηριγμάτων βοήθησε σημαντικά στον εντοπισμό και την επίλυση προβλημάτων στατικότητας του οικοδομήματος (Bartette και Rosso, 2019).

Τέλος πραγματοποιήθηκε, η εικονική ανακατασκευή του τοίχου της σκηνής αποδίδοντας μια ολιστική προσέγγιση του μνημείου όπως ήταν στην αρχική του μορφή. Αυτή η επιτυχημένη εφαρμογή αποδεικνύει ότι η ψηφιακή αποτύπωση είναι ένα ισχυρό εργαλείο για τη μελέτη της αρχαίας αρχιτεκτονικής θεάτρων (Bartette και Rosso, 2019).



Εικόνα 15 The stage front of the Orange theater: current state. Phot. P. Disdier, CNRS (Bartette και Rosso, 2019, σελ. 2)

4.7 Αναστηλωτικό πρόγραμμα Νικόπολης

Αξιοποιώντας τεχνικές τρισδιάστατης σάρωσης και φωτογραμμετρίας για τη μελέτη, την τεκμηρίωση και την αποκατάσταση του ρωμαϊκού θεάτρου της Νικόπολης στην Ελλάδα αποδείχθηκε σημαντικό βήμα προς την κατεύθυνση της διατήρησης της πολιτιστικής κληρονομιάς. Το διάγραμμα ροής εργασιών εξέτασε μια σειρά από βήματα για τον σχεδιασμό ενός λεπτομερούς ψηφιακού μοντέλου του θεάτρου. (Bilis κ.ά., 2017).

Αρχικά, εφαρμόστηκε αεροφωτογραμμετρία, με τη χρήση μη επανδρωμένου αεροσκάφους (UAV) και τεχνητών στόχων για ακριβείς μετρήσεις. Ακολούθησε η παραγωγή ενός τρισδιάστατου πλέγματος και υφών που εξασφάλισαν τη ρεαλιστική απεικόνιση του θεάτρου. Επιπλέον, αναπτύχθηκε ένα ψηφιακό τοπίο που απεικόνιζε την τρέχουσα κατάσταση του μνημείου, επιτρέποντας έτσι μια αναλυτική διερεύνηση από τους αρμόδιους. Τέλος, ενσωματώθηκαν αρχιτεκτονικά σχέδια τα οποία χρησίμευαν για την πρόταση

αποκατάστασης και ανασκαφής του θεάτρου, παρέχοντας ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο για τις μελλοντικές εργασίες (Bilis κ.ά., 2017).

Η αξιοποίηση των τρισδιάστατων μοντέλων επέτρεψε την τεκμηρίωση του μνημείου σε μελλοντικές επεμβάσεις, προσφέροντας ακριβή καταγραφή της τρέχουσας κατάστασης και διευκολύνοντας το έργο συντήρησής του. Επιπλέον, η χρήση μοντέλων συνέβαλε στην οπτικοποίηση διαφορετικών καταστάσεων του θεάτρου σε διάφορες χρονικές φάσεις, συνθέτοντας μια ολιστική προσέγγιση του αναστηλωτικού προγράμματος διευκολύνοντας την ψηφιακή αποκατάσταση (Bilis κ.ά., 2017).

Αρχιτέκτονες και συντηρητές δοκίμασαν διάφορους αναστηλωτικούς τρόπους σε εικονικό περιβάλλον, πριν την εφαρμογή τους, μειώνοντας τον κίνδυνο σφαλμάτων και αστοχιών. Συνολικά, η μεθοδολογία αυτή αποδεικνύεται ιδιαίτερος χρήσιμη στη μελέτη αναστήλωσης σύνθετων αρχιτεκτονικών μνημείων, όπως τα θέατρα (Bilis κ.ά., 2017).



Εικόνα 16 3D rendering of the current state of the theatre (Bilis κ.ά., 2017, σελ. 101).

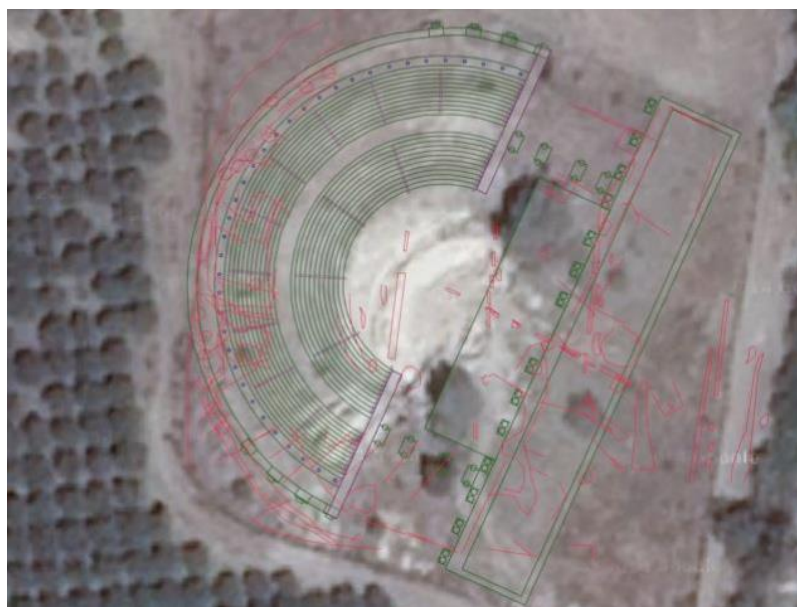


Εικόνα 17 3D Virtual representation of the restoration proposal: Koilon and scenae (Bilis κ.ά., 2017, σελ. 102).

4.8 Τρισδιάστατο θέατρο και ορατότητα

Μια ξεχωριστή περίπτωση υφίσταται η τρισδιάστατη ανάλυση ορατότητας¹⁶ από ποικίλες θέσεις στο θέατρο, βάσει τη γεωμετρία του, την κατανομή των θέσεων και την κίνηση του κοινού. Επιστημονική μελέτη αναπτύσσει ένα τέτοιο ζήτημα με παράδειγμα το ρωμαϊκό θέατρο της Γόρτυνας, στην Κρήτη, αναδεικνύοντας ιδιαιτερότητες της δομής, καθώς γίνεται αντιληπτός ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός και η λειτουργία του θεάτρου στην αρχαιότητα (Manzetti, 2016).

Στόχος της έρευνας ήταν η απόδοση των αρχιτεκτονικών στοιχείων με ακρίβεια και βάθος. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε εστίασε στη χρήση της τρισδιάστατης ανάλυσης ορατότητας στο ArcGIS, προκειμένου να επαληθευτούν διάφορα σενάρια ανακατασκευής, με έμφαση στην ορατότητα της σκηνης από διάφορες θέσεις θεατών. Η πρόταση νέου μοντέλου βασισμένου σε αυτή την ανάλυση ορατότητας ανέδειξε τη συνεισφορά της μεθόδου στην εικονική αρχαιολογία και την κατανόηση των αρχιτεκτονικών δομών. Τα αποτελέσματα της έρευνας προώθησαν τη σημασία της τρισδιάστατης ανάλυσης ορατότητας για τη διασφάλιση ακριβών ανακατασκευών (Manzetti, 2016).



Εικόνα 18 Resulting plan of the large theatre of Gortyn obtained by the combination of architectural elements indicated by Belli, Falkener and Taramelli, according to an orthophoto of the area and the results of geophysical prospection (Manzetti, 2016, σελ. 38).

¹⁶ Στην αρχαιολογία, η τρισδιάστατη ανάλυση ορατότητας (3D visibility analysis) είναι μια μέθοδος που βοηθά τους αρχαιολόγους να κατανοήσουν την αλληλεπίδραση με το περιβάλλον των αρχαίων λαών, καθώς και το πως σχεδίαζαν τα μνημεία. Οι εφαρμογές της περιλαμβάνουν: την ανάλυση τοποθεσίας, τη μελέτη μνημείων, την ανάλυση διαδρομών και την ανασύνθεση των αρχαίων τοπίων. Τεχνικές και εργαλεία που χρησιμοποιούνται είναι: Γεωγραφικά συστήματα Πληροφοριών (GIS), λογισμικά (3D) μοντελοποίησης και αλγόριθμοι υπολογιστών (Sullivan, 2017).

4.9 Ανακατασκευή θεάτρου με σύγχρονα γραφικά υπολογιστή

Το αρχαίο ελληνικό θέατρο της Ταορμίνας (3^ο αι. π.Χ.) στη Σικελία, αποτέλεσε αντικείμενο εντυπωσιακής εικονικής ανακατασκευής με σκοπό τη δημιουργία μιας ταινίας, με γραφικά υπολογιστή (CG)¹⁷, για την σύνοδο κορυφής της G7 (Group of Seven) το 2017. Αυτή η πρωτοβουλία όχι μόνο ανέδειξε την πολιτιστική κληρονομιά της περιοχής, αλλά επίσης χρησίμευε ως εντυπωσιακή επίδειξη των δυνατοτήτων της τεχνολογίας στην απεικόνιση μνημείων, προσελκύοντας το παγκόσμιο ενδιαφέρον (Gabellone, Ferrari και Giuri, 2019).

Το θέατρο ιστορικά χαρακτηρίζεται από δύο διακριτές φάσεις ανακατασκευής, με την πρώτη να χρονολογείται στο πρώτο τέταρτο του 2^{ου} αιώνα μ.Χ., περιλαμβάνοντας την επέκταση της χωρητικότητας των εδωλίων και των εξωτερικών χώρων πρόσβασης. Ενώ η δεύτερη φάση αποδίδεται στον 3^ο αιώνα με την μετατροπή του θεάτρου σε αρένα αντικαθιστώντας τις θεατρικές παραστάσεις με αγώνες μονομάχων (Gabellone, Ferrari και Giuri, 2019).

Η μέθοδος που εφαρμόστηκε για την εικονική ανακατασκευή, περιλάμβανε την τρισδιάστατη φωτογραμμετρία με χρήση μη επανδρωμένου αεροσκάφους και επίγειων λήψεων. Ακολούθησε η σύνθεση τρισδιάστατων μοντέλων, σε φωτογραμμετρικό λογισμικό (Agisoft Photoscan), όπως και η δημιουργία ρεαλιστικών αναπαραστάσεων στα αρχιτεκτονικά στοιχεία του θεάτρου (κοίλο, εξέδρες, κίονες, βελάριο) για την ψηφιακή ανακατασκευή του (Gabellone, Ferrari και Giuri, 2019).

Μέσω της επιστημονικής ακρίβειας και της οπτικής ελκυστικότητας, η μελέτη επέτρεψε τη διαπίστωση της λειτουργίας του στην αρχαιότητα. Επίσης, εστίασε στην πλαισίωση του θεάτρου στο φυσικό περιβάλλον του καθώς και ανέλυσε τα αρχιτεκτονικά μέλη. Συνολικά επισήμανε, τη σημασία της ψηφιοποίησης και των προηγμένων τεχνολογιών για τη σύνδεση μεταξύ των διαφόρων τμημάτων του θεάτρου (Gabellone, Ferrari και Giuri, 2019).

¹⁷ CG (Computer Graphics): Πρόκειται για ταινίες που χρησιμοποιούν ψηφιακή τεχνολογία για τη δημιουργία οπτικών εφέ, χαρακτήρων, σκηνικών ή ακόμα ολόκληρων σκηνών. Τα CG χρησιμοποιούνται σε διάφορα είδη ταινιών (animation, live action films, science fiction).



Εικόνα 19 The current state restituted with drone flight and virtual reconstruction of the entire theater (Gabellone, Ferrari και Giuri, 2019, σελ. 3).



Εικόνα 20 The velarium coverage and the scene (Gabellone, Ferrari and Giuri, 2019, σελ. 6).

Κεφάλαιο 5 | Διαφύλαξη Πολιτιστικής Κληρονομιάς: Ο ρόλος των Ψηφιακών Αποθετηρίων

5.1 Διαμοιρασμός Γνώσης

Παρ' ό,τι η διάχυση των πολιτιστικών αγαθών μέσω διαδοχικών φωτογραφιών ή απεικονίσεων παραμένει κυρίαρχη, η διερεύνηση των δυνατοτήτων τρισδιάστατων εργαλείων και τεχνολογιών να αποδώσουν πιο αποτελεσματικούς πόρους, αποτελεί πολύτιμο πεδίο έρευνας. Επί του παρόντος, η πλειονότητα των τρισδιάστατων μοντέλων που χρησιμοποιούνται για σκοπούς πολιτιστικής κληρονομιάς είναι προσβάσιμα από διάφορα ελεύθερα διαθέσιμα αποθετήρια στο διαδίκτυο (π.χ. Sketchfab [URL](#), p3d.in [URL](#), Smithsonian X3D [URL](#), Google Poly).

Ωστόσο υπάρχουν και εναλλακτικές πλατφόρμες όπως το 3DHOP (3D Heritage Online Presenter), ένα λογισμικό ανοιχτού κώδικα που έχει σχεδιαστεί για τη δημιουργία υψηλής ανάλυσης διαδραστικών παρουσιάσεων στο διαδίκτυο και την προβολή τρισδιάστατων μοντέλων μνημείων (Peinado-Santana κ.ά., 2021, σελ. 4).

Το 3DHOP βοηθά τον κλάδο της ψηφιακής κληρονομιάς να παράγει διαδραστικές ιστοσελίδες οπτικοποίησης και προβολής μοντέλων υψηλής ανάλυσης με διαισθητική αλληλεπίδραση. Ξεχωρίζει για την ικανότητά του να χειρίζεται πολύπλοκες τρισδιάστατες γεωμετρίες μέσω ενός φιλικού συστήματος πολλαπλών αναλύσεων, την ευχρηστία του για τους προγραμματιστές, όπως και την αρθρωτή δομή στο σχεδιασμό ψηφιακών απεικονίσεων. (Scorigno κ.ά., 2017).

Η ανταλλαγή γνώσεων σχετικά με υλικά στοιχεία πολιτιστικής κληρονομιάς, μέσω τρισδιάστατων μοντέλων, εστιάζοντας στα αρχαία θέατρα, με δυνατότητα πλοήγησης στον παγκόσμιο ιστό έχει εξέχουσα σημασία. Αυτή η τεχνολογία ωθεί τον άνθρωπο να αλληλεπιδρά με τα μνημεία και έχει την ευκαιρία να τα εξερευνά ψηφιακά, ανεξαρτήτως τοποθεσίας. Μπορεί εύκολα να εμβαθύνει σε τμηματικές λεπτομέρειες, ενώ ταυτόχρονα να αξιολογεί την αρχιτεκτονική, την ιστορία και την πολιτιστική σημασία των θεατρικών χώρων μέσω ρεαλιστικών τρισδιάστατων αναπαραστάσεων (Scianna, La Guardia και Scaduto, 2016).

Καίριο ζήτημα στη διάδοση μέσω διαδικτύου, είναι το μέγεθος τέτοιων ψηφιακών αρχείων, όπου προκύπτει από τη βέλτιστη ανάλυση των τρισδιάστατων μοντέλων. Πιο συγκεκριμένα, ψηφιακά μοντέλα που προέρχονται από φωτογραμμετρικές έρευνες ή σαρώσεις λέιζερ μπορεί να περιλαμβάνουν εύρος πολυγώνων, που κυμαίνονται από μερικές χιλιάδες έως αρκετά εκατομμύρια, επηρεάζοντας άμεσα το μέγεθος του αρχείου που προκύπτει (μετρούμενο σε MG ή GB).

Στο πλαίσιο των ψηφιακών αγαθών πολιτιστικής κληρονομιάς που προορίζονται για παρουσίαση σε διαδικτυακές πλατφόρμες ή φορητές συσκευές, η επίτευξη μιας αρμονικής ισορροπίας μεταξύ μεγέθους και ανάλυσης υπογραμμίζει τα κρίσιμα σημεία που χρειάζονται επεξήγηση (Peinado-Santana κ.ά., 2021, σελ. 6).

Πρακτική εφαρμογή σε αρχαία θέατρα

Μια μελέτη περίπτωσης για τα αρχαία θέατρα της Σεγέστα (Σικελία) και της Καρχηδόνας (Τυνησία) εξετάζει λεπτομερώς τις δυνατότητες και τους περιορισμούς της πειραματικής εφαρμογής κοινής χρήσης τρισδιάστατων μοντέλων πολιτιστικής κληρονομιάς στον παγκόσμιο ιστό. Η έρευνα θίγει τις προκλήσεις που προκύπτουν κατά την υλοποίηση ρεαλιστικών μοντέλων, όπως: η ακρίβεια απεικόνισης, η διαχείριση δεδομένων και η προσβασιμότητά τους στο ευρύ κοινό μέσω διαδικτύου (Scianna, La Guardia και Scaduto, 2016).

Η ροή εργασιών για τον διαμοιρασμό τρισδιάστατων μοντέλων αρχαίων θεάτρων στο διαδίκτυο περιλαμβάνει αρκετές σημαντικές φάσεις. Στην πρώτη ανήκει η συλλογή και η έρευνα απαιτήσεων, κατά την οποία εξετάζονται οι αρχικές και οι τρέχουσες μορφές των θεάτρων, εστιάζοντας στην ικανότητα της εφαρμογής να παρουσιάζει τις αλλαγές στα διάφορα στάδια του κύκλου ζωής τους. Ακολουθεί η απόκτηση βιβλιογραφικών και αρχειακών δεδομένων, ενώ ο εννοιολογικός καθορισμός του σχήματος και η λεπτομερής έρευνα καθορίζουν το αποτέλεσμα. Η τρισδιάστατη μοντελοποίηση αποτελεί κεντρικό στάδιο, ενώ η αναπαράσταση των πληροφοριών και η κοινοποίησή τους στο διαδίκτυο ολοκληρώνουν τη διαδικασία (Scianna, La Guardia και Scaduto, 2016).

Στην συγκεκριμένη περίπτωση τα μοντέλα παράγονται χρησιμοποιώντας φωτογραμμετρική αποτύπωση και ελεύθερο λογισμικό όπως το Apero/MIC MAC, το Visual SFM, το Meshlab και το Blender. Έπειτα, εισάγονται στο περιβάλλον WebGL χρησιμοποιώντας μορφές .obj και εμπλουτίζονται με υφή για οπτικοποίηση. Με την τεχνολογία WebGL επιτρέπεται στους χρήστες να αλληλοεπιδρούν με αρχαιολογικούς χώρους μέσω της εικονικής εμπειρίας. Τέλος, εξετάζεται η σύνθεση ενός διαδραστικού συστήματος πλοήγησης για την εξερεύνηση αρχαιολογικών θεάτρων στη Μεσόγειο, χρησιμοποιώντας τρισδιάστατα διαδικτυακά μοντέλα (Scianna, La Guardia και Scaduto, 2016).



Εικόνα 21 The Theatre of Segesta located on the top of Barbaro Mountain (Scianna, La Guardia και Scaduto, 2016, σελ. 487).

5.2 Αποθετήριο ARIADNE

Μέσω εστιασμένης μελέτης στην υπηρεσία οπτικών μέσων ARIADNE¹⁸, αναδεικνύονται εργαλεία για εύκολη δημοσίευση οπτικών πληροφοριών στο διαδίκτυο, υποστηρίζοντας εικόνες υψηλής ανάλυσης και εικόνες RTI¹⁹. Αυτή η υπηρεσία επιτρέπει στους χρήστες να μεταμορφώνουν ακατέργαστα αρχεία και να μετατρέπονται αυτόματα για οπτικοποίηση μέσω διαδικτύου (Scorigno κ.ά., 2017).

Ένα έργο αποκατάστασης του σιντριβανιού «Ποσειδώνα» στη Μπολόνια, της Ιταλίας, εφάρμοσε στο πλαίσιο συντήρησης την παρούσα διαδικτυακή πλατφόρμα. Συνέβαλλε ενεργά στη συλλογή της τεχνικής τεκμηρίωσης και των τρισδιάστατων μοντέλων υψηλής ανάλυσης, οδηγώντας σε συνεργατικές εργασίες αποκατάστασης και συναρμολόγησης των μοντέλων στο ψηφιακό περιβάλλον προς ανάδειξη του τελικού προϊόντος. Το σύστημα επέτρεπε επίσης, την σχεδίαση ανάγλυφων απευθείας στο τρισδιάστατο μοντέλο και προώθησε τόσο την αρχειοθέτηση όσο και την ανάκτηση δεδομένων, καθιστώντας το εύχρηστο και αποτελεσματικό (Scorigno κ.ά., 2017).

Η διαχείριση τρισδιάστατων δεδομένων του ARIADNE βασίζεται στην τεχνολογία 3DHOP, πράγμα που προάγει την διαδραστικότητα και την ανάλυση μεγάλων μοντέλων. Προβάλλεται η ανάγκη για σύγχρονα συστήματα που ενσωματώνουν διάφορους τύπους μέσων και υποστηρίζουν διασταυρωμένη ανάλυση δεδομένων, για τον επιτυχή διαμοιρασμό και δημοσίευση τρισδιάστατων περιεχομένων (Scorigno κ.ά., 2017).

Το ARIADNE είναι μια πρωτοβουλία με στόχο την ενοποίηση αρχαιολογικών δεδομένων από όλη την Ευρώπη. Μέσω ειδικά σχεδιασμένης πύλης συνθέτει μια διαδικτυακή πλατφόρμα για την καταχώριση, την ανακάλυψη και την πρόσβαση σε αυτά τα δεδομένα. Επιπλέον, είναι σε θέση να αντιμετωπίσει διάφορες προκλήσεις, όπως τον κατακερματισμό των δεδομένων και την έλλειψη συνεργασίας μεταξύ αρχαιολόγων, προσφέροντας μια ολοκληρωμένη λύση μέσω της κοινής πλατφόρμας για την πρόσβαση και μελέτη αρχαιολογικού περιεχομένου (Meghini κ.ά., 2017).

Αναπτύσσονται συνοπτικά οι βασικές δυνατότητες της πύλης:

- Εύκολη επισκόπηση
- Πρόσβαση σε διεθνή δεδομένα

¹⁸ ARIADNE: Advanced Research Infrastructure for Archaeological Dataset Networking

¹⁹ Reflectance Transformation Imaging: πρόκειται για τεχνική ψηφιακής απεικόνισης που αποκαλύπτει λεπτομερείς πληροφορίες για την επιφάνεια ενός αντικειμένου. Συλλέγονται πολλές φωτογραφίες από σταθερή κάμερα, αλλά με διαφορετικές γωνίες φωτισμού και στη συνέχεια συνδυάζονται με ειδικό λογισμικό για τη σύνθεση ενός αρχείου. Έχει ευρεία εφαρμογή, ιδιαίτερα στους τομείς αρχαιολογίας και συντήρησης, καθώς οι χρήστες χειρίζονται ψηφιακά την πηγή φωτισμού, εξερευνώντας την επιφάνεια λεπτομερώς.

- Διαθεσιμότητα δεδομένων
- Σύνθετες αναζητήσεις
- Ευρετηρίαση δεδομένων
- Φιλική διεπαφή προς το χρήστη
- Ανοιχτή πρόσβαση
- Προηγμένες λειτουργίες αναζήτησης
- Περιήγηση με βάση χάρτες και χρονοδιαγράμματα (Meghini κ.ά., 2017).

5.3 3D Κληρονομιά σε Αποθετήρια: Διασφαλίζοντας το μέλλον του παρελθόντος

Μια μελέτη που εκπονήθηκε από τους Erik Champion και Hafizur Rahaman, αναδεικνύει μεθοδολογίες και τεχνολογικές εφαρμογές διευρύνοντας τα όρια της κατανόησης και της διατήρησης πολιτιστικών αγαθών μέσω ψηφιακής τεχνολογίας. Πρότασή τους είναι οι προσεγγίσεις για την ψηφιακή αναπαράσταση και η διαχείριση μνημείων, προσφέροντας λύσεις για την προστασία και την ανάδειξή τους.

Εστιάζουν στην αναζήτηση αποθετηρίων και πλατφορμών τρισδιάστατης ψηφιακής κληρονομιάς, επιδιώκοντας την κατανόηση της σύγχρονης προσέγγισης. Προτεραιότητα του άρθρου είναι να εξετάσει χρήσιμα χαρακτηριστικά 8 θεσμικών και 11 εμπορικών αποθετηρίων που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για τη φιλοξενία τρισδιάστατων ψηφιακών μοντέλων.

Επισημάναν ακόμη, δυνατότητες και περιορισμούς της τρέχουσας τεχνολογίας στη χρήση τρισδιάστατων στοιχείων για σχολιασμό, επεξεργασία και παρακολούθηση. Η συνεργασία μεταξύ εμπειρογνομόνων και τελικών χρηστών (end-user)²⁰ είναι ουσιαστική για να διασφαλιστεί ότι η τεχνολογία υποστηρίζει και αξιολογεί δεδομένα.

Σημειώθηκαν δημοφιλείς μορφές αρχείων όπως: .OBJ, .3Ds, .u3D και .DAE, καθώς και η αυξανόμενη χρήση των μορφών .gTIF και .PLY, ενώ μελετήθηκε η εξέλιξη του διαδικτύου και διαδικτυακών προγραμμάτων προβολής, συμπεριλαμβανομένης της τεχνολογίας WebGL (Μπαρδής, 2021) και των μηχανών παιχνιδιών όπως η Unity και η Unreal για διαδραστικές διαδικτυακές παρουσιάσεις (Champion και Rahaman, 2020).

²⁰ Στον τομέα της τεχνολογίας πληροφοριών και της ανάπτυξης λογισμικού, ο όρος «τελικός χρήστης» αναφέρεται στον τελικό αποδέκτη ενός προϊόντος, μιας υπηρεσίας ή ενός συστήματος. Πρόκειται για άτομα που αλληλοεπιδρούν άμεσα με την εφαρμογή λογισμικού, την υλική συσκευή ή την ψηφιακή υπηρεσία, χρησιμοποιώντας τις δυνατότητές τους για να ικανοποιήσουν ειδικές ανάγκες ή απαιτήσεις. Αντίθετα με προγραμματιστές ή διαχειριστές που εργάζονται πίσω από τις σκηνές για την ανάπτυξη ή τη συντήρηση της τεχνολογίας, οι τελικοί χρήστες αποτελούν την κύρια αναφορά της τεχνολογίας και έχουν συχνά έμφαση στη χρηστική προσέγγιση (Trymata, 2023 [URL](#)).

Συνεπώς, το άρθρο εστίασε στις δυνατότητες και τα εμπόδια των αποθετηρίων, καθώς και εξέτασε κριτική επισκόπηση για τη βελτίωση υπηρεσιών στον τομέα GLAM²¹. Εκφράζοντας ανησυχίες σχετικά με την έλλειψη στρατηγικών διατήρησης για έργα εικονικής κληρονομιάς και προτάσεις αξιολόγησης για την χρησιμότητα των τρισδιάστατων αποθετηρίων. Τέλος, υπογράμμισε συστάσεις για τη πρόοδο των τρισδιάστατων προβολών και την αντιμετώπιση ζητημάτων όπως η αξιοπιστία των 3D δεδομένων, τα μετα-δεδομένα (metadata), τα πνευματικά δικαιώματα, την ενσωμάτωση DOI²² και τη μακροπρόθεσμη διατήρηση.

Η στροφή στις τεχνολογίες όπως η HTML5 και η WebGL τους απέδειξε ασφαλέστερες μεθόδους δημοσίευσης τρισδιάστατου περιεχομένου, δίνοντας έμφαση στα ιδρυματικά αποθετήρια και αντιπαραβάλλοντάς τα με τα εμπορικά (Champion και Rahaman, 2020).

5.4 Διατηρώντας την Κληρονομιά ζωντανή: Ο Ρόλος των Διαδικτυακών Πλατφορμών

Επιστημονικό άρθρο εξετάζει την αυστηρότητα των διαδικτυακών πλατφορμών για την τρισδιάστατη οπτικοποίηση της πολιτιστικής κληρονομιάς και αξιολογεί πέντε ευρέως χρησιμοποιούμενες πλατφόρμες (Google Arts & Culture, CyArk, 3DHOP, Sketchfab και μηχανές παιχνιδιών) με βάση τις κατευθυντήριες γραμμές του ICOMOS και της UNESCO.

Η συγγραφέας συνόψισε τις συστάσεις από 32 διεθνείς κατευθυντήριες γραμμές σχετικά με την τρισδιάστατη απεικόνιση πολιτιστικών αγαθών, συμπυκνώνοντάς τις σε εννέα βασικά κριτήρια:

1. Διεπιστημονικές ομάδες
2. Μεθοδολογία και εργαλεία με γνώμονα την αντικειμενικότητα
3. Προσεκτική τεκμηρίωση
4. Αυθεντικότητα
5. Εναλλακτικές υποθέσεις
6. Πολλαπλές ιστορικές περιόδους
7. Χρήση της κληρονομιάς με σεβασμό
8. Συμμετοχή φορέων

²¹ Τομέας GLAM, ακρωνύμιο για Γκαλερί, Βιβλιοθήκες, Αρχεία και Μουσεία, αντιπροσωπεύουν πολιτιστικά ιδρύματα που διατηρούν και παρέχουν πρόσβαση σε υλικό πολιτιστικής κληρονομιάς.

²² Digital Object Identifier, μια μοναδική αλφαριθμητική συμβολοσειρά που αποδίδεται για την ταυτοποίηση και την παροχή μόνιμου συνδέσμου σε ψηφιακό περιεχόμενο.

Η αξιολόγηση των πλατφορμών εστιάζει στο κατά πόσο προσφέρουν τις απαραίτητες δυνατότητες στην επίτευξη των παραπάνω κριτηρίων, διασφαλίζοντας την επιστημονική ακρίβεια για την τρισδιάστατη απεικόνιση (Statham, 2019).

Αναδείχθηκαν οι διαφορές στους τύπους περιεχομένου, τα επίπεδα προσαρμογής, τα διαδραστικά εργαλεία, την υποστήριξη παραδειγμάτων και τη συμμετοχή των χρηστών. Πρόταση της μελέτης αποτέλεσε ένα πακέτο πληροφοριών για την ενίσχυση της επιστημονικής αυστηρότητας, που περιλαμβάνει επεξηγηματικά πεδία (π.χ.: όνομα, τον τύπο ανακατασκευής, την τοποθεσία, την ημερομηνία κ.ά.) και την εξισορρόπηση των επιστημονικών πλατφορμών με δημοφιλείς πλατφόρμες όπως το Sketchfab για την προσέλκυση ευρύτερου κοινού (Statham, 2019).

Τέλος, το κείμενο τόνισε την ανάγκη οι πλατφόρμες να ενσωματώνουν υποστηρικτικές πληροφορίες χωρίς να διακυβεύεται ο σχεδιασμός ή η εταιρική εικόνα και οι συγγραφείς να μεγιστοποιούν τη χρήση των πεδίων κειμένου για την ενίσχυση των τρισδιάστατων απεικονίσεων (Statham, 2019).

5.5 Από την τεκμηρίωση στην προβολή: Μια διαδικτυακή πλατφόρμα για την ολιστική διαχείριση και οπτικοποίηση πολιτιστικών αγαθών

Βάσει μελέτης, προσαρμοσμένη στη διαδικτυακή πλατφόρμα "METEORA" αποτελεί μια ολιστική προσέγγιση για την οργάνωση, διαχείριση και οπτικοποίηση των τρισδιάστατων και δισδιάστατων προϊόντων τεκμηρίωσης των χώρων πολιτιστικής κληρονομιάς προκειμένου να διασφαλίζεται η διαρκής συντήρηση και η προσβασιμότητά τους. (Ioannidis κ.ά., 2021).

Η πλατφόρμα διέθετε τρισδιάστατο προβολέα πολλαπλών κλιμάκων, εξατομικευμένη πρόσβαση σε πληροφορίες και διαδραστικά εργαλεία για την ανάκτηση και παρουσίαση δεδομένων. Βασίστηκε σε ένα Σύστημα Διαχείρισης Σχεσιακών Βάσεων Δεδομένων που υποστήριζε λειτουργίες διαχείρισης, δημιουργίας, ανάγνωσης, ενημέρωσης και διαγραφής (Ioannidis κ.ά., 2021).

Στόχος της ήταν η διαδικτυακή συνεργασία και η παρακολούθηση της προόδου σε πραγματικό χρόνο, εστιάζοντας στην εξειδίκευση και προσαρμογή των χρηστών με βάση την επιστημονική ειδικότητα και τον τομέα ενδιαφέροντος (Ioannidis κ.ά., 2021).

Το έργο "METEORA" εστίασε στο μοναστικό σύνολο των Μετεώρων, στην Ελλάδα. Συνδυάστηκαν φωτογραμμετρικά τρισδιάστατα μοντέλα με ιστορικές, πολιτιστικές και γεωπολιτικές πληροφορίες για τη δημιουργία μιας ολοκληρωμένης βάσης γνώσεων. Χρησιμοποιήθηκε η διαδικτυακή πλατφόρμα 3D Heritage Online Platform (3DHOP) για τρισδιάστατη απεικόνιση παρέχοντας υπηρεσίες για την ανάκτηση δεδομένων και την εικονική πλοήγηση (Ioannidis κ.ά., 2021).

Πρόταση σχημάτισε η εφαρμογή μηχανισμών ελέγχου απώλειας δεδομένων για τη διασφάλιση της ακεραιότητας και της εμπειρίας των χρηστών. Καταλήγοντας, επισημάνθηκε η σημασία άρτιας δομημένης

βάσης δεδομένων με αποτελεσματικές σχέσεις για την υποστήριξη της λειτουργικότητας και την ενίσχυση της πλατφόρμας "METEORA". (Ioannidis κ.ά., 2021).

5.6 Ανάπτυξη τρισδιάστατων διαδικτυακών υποδομών για την τριτοβάθμια εκπαίδευση

Σχετική μελέτη δικαιολογεί ότι κατά τη διάρκεια της πανδημίας Covid-19, η χρήση ψηφιακής τεχνολογίας κατέστη αναγκαία για την απρόσκοπτη συνέχιση της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης στον τομέα της αρχαιολογίας και της πολιτιστικής κληρονομιάς (Ekengren κ.ά., 2021).

Το έργο Dynamic Collections στο Πανεπιστήμιο Lund, της Σουηδίας, δημιούργησε μία καινοτόμα πλατφόρμα για τη διαδικτυακή εξερεύνηση τρισδιάστατων αρχαιολογικών αντικειμένων. Η χρήση τρισδιάστατης τεχνολογίας βελτίωσε την τεκμηρίωση και ανάλυση αρχαιολογικών δεδομένων, ενώ η τήρηση των αρχών FAIR (Ευρεσιμότητα, Προσβασιμότητα, Διαλειτουργικότητα, Επαναχρησιμοποίηση) ήταν απαραίτητη για την διαχείριση των εικονικών αντικειμένων (Ekengren κ.ά., 2021).

Η πλατφόρμα διευκόλυνε την αλληλεπίδραση και την επαναχρησιμοποίηση τρισδιάστατων δεδομένων για μαθησιακούς και ερευνητικούς σκοπούς, όπως επίσης η ανάπτυξη ενός σημαντικού όγκου τρισδιάστατων αρχείων ήταν ουσιώδης για την ενίσχυση της εμπλοκής των χρηστών σε διαδικτυακές αρχαιολογικές συλλογές (Ekengren κ.ά., 2021).

Παρουσιάστηκε μια ροή εργασιών για την ψηφιοποίηση αντικειμένων από την Σκανδιναβική Λίθινη και Χάλκινη Εποχή, χρησιμοποιώντας τεχνολογίες όπως σαρωτές Artec και φωτογραφικές μηχανές DSLR για τη δημιουργία 3D μοντέλων. Τα μοντέλα στη συνέχεια, τροποποιήθηκαν στο λογισμικό Meshlab, καθώς αποτυπώθηκαν οπτικά μέσω της πλατφόρμας 3DHOP για διαδικτυακή αλληλεπίδραση (Ekengren κ.ά., 2021).

Συνολικά, η μελέτη συγκέντρωσε τις δυνατότητες που προσφέρουν οι ψηφιακές συλλογές για την αρχαιολογική εκπαίδευση και ανέφερε τρόπους βελτίωσης της εμπειρίας των χρηστών, όπως:

- Βελτιωμένη 3D εφαρμογή σε αρχαιολογικά αντικείμενα με νέες δυνατότητες.
- Δυνατότητα δημιουργίας συλλογών και ο διαμοιρασμός τους.
- Τα 3D μοντέλα δεν υποκαθιστούν τα φυσικά αντικείμενα.
- Η 3D συλλογή προσφέρει νέες ευκαιρίες για την αρχαιολογική εκπαίδευση (Ekengren κ.ά., 2021).

5.7 Ζωντανεύοντας την Κληρονομιά: Ανοιχτός κώδικας για τρισδιάστατη αφήγηση και αλληλεπίδραση

Μελέτη αναπτύσσει μια διαδικτυακή πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα για την τρισδιάστατη καταγραφή και την αφήγηση ιστορικών στοιχείων για κρυμμένα πολιτιστικά μνημεία. Εφαρμόζοντας τεχνολογίες όπως

WebGL, Potree²³, φωτογραμμετρία και επίγεια σάρωση λέιζερ ώστε να επιτευχθεί ακριβής και λεπτομερής καταγραφή δεδομένων (Gaspari κ.ά., 2024).

Στην προκειμένη περίπτωση μελετήθηκε η ανάπτυξη μιας διαδραστικής τρισδιάστατης πλατφόρμας στο διαδίκτυο, λαμβάνοντας ως αφορμή την περίπτωση του κάστρου Farnese στην Piacenza της Ιταλίας. Σκοπός είναι η δημιουργία ενός ψηφιακού διδύμου και μιας πλατφόρμας αφήγησης ιστοριών χρησιμοποιώντας PotreeJS, προωθώντας την ανοιχτή διάδοση των δεδομένων και τη συνεργασία μεταξύ επαγγελματιών για τη λήψη υπεύθυνων αποφάσεων.

Η μελέτη παρουσίασε το πολιτιστικό πλαίσιο του κάστρου, εξετάζοντας την αρχιτεκτονική εξέλιξη και το αμυντικό του σύστημα. Εστίασε στην ανάπτυξη ενός εικονικού κόσμου με σκοπό την ψηφιακή τεκμηρίωση και εξερεύνηση της τοποθεσίας. Στόχος της ήταν η εξερεύνηση του χώρου πολιτιστικής κληρονομιάς, εξίσου για ειδικούς στον κλάδο της γεωματικής²⁴ και το ευρύ κοινό (Gaspari κ.ά., 2024).

Η τρισδιάστατη ψηφιακή αναπαράσταση δομήθηκε σε εννέα πλέγματα που αποτυπώνουν την εξέλιξη του κάστρου με την πάροδο του χρόνου. Η έρευνα εστίασε στους προμαχώνες San Giovanni, San Benedetto San Giacomo, καθώς συλλέχθηκαν συνολικά 780 φωτογραφίες με UAV και 240 φωτογραφίες με φωτογραφική μηχανή (Gaspari κ.ά., 2024).

Για την γεωαναφορά του φωτογραμμετρικού μπλοκ χρησιμοποιήθηκαν 35 στόχοι εδάφους. Επιπλέον, δημιουργήθηκε ένα πυκνό νέφος σημείων των εξωτερικών περιοχών του κάστρου. Για την ανακατασκευή, ακολούθως, των εσωτερικών διαδρόμων του προμαχώνα San Giacomo πραγματοποιήθηκαν 14 σαρώσεις με επίγειους σαρωτές λέιζερ (TLS) από ένα Faro Focus M70. Τα νέφη σημείων μετασχηματιστήκαν στο σύστημα αναφοράς WGS84/UTM Zone 32N (Gaspari κ.ά., 2024).

Η δημιουργία διαδικτυακής πλατφόρμας με προηγμένες λειτουργίες εξερεύνησης επέτρεψε στους χρήστες να έχουν πρόσβαση σε ιστορικά και στατιστικά στοιχεία, διευρύνοντας τρισδιάστατα δεδομένα και αξιολογώντας την κατάσταση του χώρου. Ο κώδικας, οι εικόνες και τα στοιχεία ενεργητικού έγιναν

²³ Το Potree είναι ένα δωρεάν πρόγραμμα προβολής νεφών σημείων ανοικτού κώδικα, βασισμένο στην τεχνολογία WebGL, σχεδιασμένο για μεγάλα νέφη σημείων, το οποίο αναπτύχθηκε από το Ινστιτούτο Γραφικών Υπολογιστών και Αλγορίθμων του TU Wein ([GitHub](#), [URL](#)).

²⁴ Η Γεωματική αντιπροσωπεύει μια σύγχρονη επιστήμη που συνδυάζει συλλογή, ανάλυση και διαχείριση ορισμένων χωρικών δεδομένων (δηλαδή, δεδομένα βάσει της θέσης τους στο χώρο). Βασιζόμενη στις επιστημονικές αρχές της Γεωδαισίας, η γεωματική χρησιμοποιεί διάφορους τύπους αισθητήρων, όπως επίγειους, θαλάσσιους, εναέριους και δορυφορικούς, προκειμένου να αποκτήσει δεδομένα σχετικά με τη θέση και άλλες πληροφορίες. Επιπλέον, περιλαμβάνει τις διαδικασίες μετασχηματισμού των χωρικών δεδομένων από διάφορες πηγές, προκειμένου να δημιουργηθούν ομογενοποιημένα συστήματα πληροφοριών με χαρακτηριστικά ακρίβειας. Συνεπώς, η γεωματική περιλαμβάνει τεχνικές και εργαλεία όπως η Τοπογραφία, η Τηλεπισκόπηση, τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS), τα δορυφορικά συστήματα πλοήγησης και τα διάφορα είδη χαρτογράφησης της Γης (Doukas, 2014, σελ. 2–3).

προσβάσιμα στο GitHub, έχοντας τη δυνατότητα επεξεργασίας. Η αξιολόγηση και τεκμηρίωση ήταν διαθέσιμη στο ReadTheDocs²⁵ (Gaspari κ.ά., 2024).

²⁵ Το Read the Docs πρόκειται για πλατφόρμα που βοηθά στη δημιουργία και φιλοξενία της τεκμηρίωσης για λογισμικά ανοικτού κώδικα, δηλαδή λογισμικό που μπορεί ο καθένας να το χρησιμοποιήσει ελεύθερα. Χρησιμοποιεί εργαλεία όπως ο Sphinx, το MkDocs ή το Jupyter Book για την διεκπεραίωση τεκμηρίωσης. Απλοποιεί τη διαδικασία δημιουργίας, έκδοσης και φιλοξενίας των εγγράφων αυτόματα, καθώς με τον τρόπο αυτό, διαχειρίζεται την τεκμηρίωση σαν κώδικα, κρατώντας την πάντα ενημερωμένη (*Read the Docs: documentation simplified*, [URL](#)).

Κεφάλαιο 6 | Τρέχον Πρόγραμμα Συντήρησης και Αποκατάστασης: Εν Εξελίξει Εργασίες στο Θέατρο της Δωδώνης

Το αρχαίο θέατρο απέκτησε τη σημερινή του μορφή χάρη σε μια σειρά αναστηλωτικών εργασιών που διεξήχθησαν προς τα τέλη του 20^{ου} αιώνα. Μετά την πλήρη αποκάλυψη του θεάτρου τον Σεπτέμβριο του 1959 από τους Δ. Ευαγγελίδη και Σ. Δάκαρη, η εικόνα του μνημείου ήταν εντυπωσιακή, εστιάζοντας στην έντονη καταστροφή. Το 1960, προκειμένου να φιλοξενήσει παραστάσεις αρχαίου δράματος, πραγματοποιήθηκε προσωρινή τοποθέτηση των εδωλίων αναβαθμών στα κατώτερα διαζώματα.

Στην συνέχεια, το 1961 τη μελέτη στερέωσης των αναλημματικών τοίχων ανέλαβε ο αρχιτέκτονας Β. Χαρίσης, ολοκληρώνοντας την υλοποίησή της το 1965. Από το 1961 έως το 1974, πραγματοποιήθηκαν αναστηλωτικές εργασίες σε διάφορα μέρη του θεάτρου, με επίκεντρο το ανατολικό και δυτικό περιμετρικό ανάλημμα, τους πύργους αντιστήριξης της πρόσοψης του κοίλου, τον αναλημματικό τοίχο του ανδρήρου²⁶ της δυτικής παρόδου, τα εδώλια και το επιθέατρο²⁷. Τέλος, ο γλύπτης Σ. Τριάντης πρόσθεσε νέες λεπτομέρειες στις εισόδους και στην κορυφή της τοξωτής πύλης, ολοκληρώνοντας την αναβάθμιση του μνημείου (Κατσούδας κ.ά., 2022, σελ. 22–25).

Ωστόσο, η εντατική χρήση του θεάτρου είχε φέρει το αρχαίο υλικό σε οριακό σημείο φθοράς και η κακή κατάσταση του δομικού υλικού καθιστούσε απαραίτητη μια πιο εκτεταμένη παρέμβαση. Έτσι σειρά μελετών συντήρησης τέθηκαν σε εφαρμογή με στόχο την ορθή αποκατάσταση και διατήρηση του μνημείου. Αποκορύφωμα αυτών των προσπαθειών αποτέλεσε η υλοποίηση μιας σημαντικής μελέτης αποκατάστασης, η οποία αναδείχθηκε κατόπιν διαγωνισμού. Η μελέτη αυτή οδήγησε στην πειραματική αποκατάσταση τμημάτων του θεάτρου, θέτοντας τα θεμέλια για την πλήρη αναστήλωση του μνημείου στο μέλλον (Κατσούδας, 2014, σελ. 87).

²⁶ Στην αρχιτεκτονική, πρόκειται για επίπεδη επιφάνειες που δημιουργείται κυρίως σε πλαγιές βουνών ή λόφων, με σκοπό την κατασκευή ενός οικοδομήματος. Πραγματοποιείται είτε με την τεχνική επιχωμάτωσης είτε με εξόρυξη του εδάφους για την επίτευξης επίπεδης επιφάνειας.

²⁷ Αποτελούσε ένα υπαίθριο τμήμα του θεάτρου, που βρισκόταν ψηλότερα από το κοίλο. Χρησίμευε για την επέκταση της χωρητικότητας του θεάτρου, προσφέροντας επιπλέον θέσεις στους θεατές.



Εικόνα 22 Το αποκατεστημένο θέατρο της Δωδώνης www.culture.gov.gr

6.1 Βιώσιμη Κληρονομιά: Αναστήλωση και Αρχιτεκτονική

Η μεθοδολογία που εφαρμόζεται για την αναστήλωση του θεάτρου είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με σύγχρονες θεωρίες και πρακτικές στον τομέα της αρχιτεκτονικής και της συντήρησης. Ειδικότερα, οι μέθοδοι που υιοθετούνται περιλαμβάνουν τη χρήση προηγμένων τεχνολογιών και υλικών, καθώς και την εφαρμογή διεθνών βέλτιστων πρακτικών, οι οποίες έχουν αποδεχθεί αποτελεσματικές σε παγκόσμιο επίπεδο.

Περιλαμβάνουν λεπτομερή ανάλυση αρχαιολογικών δεδομένων, αυστηρή τεκμηρίωση επεμβάσεων και διασφάλιση της αυθεντικότητας του θεάτρου. Επιπλέον, λαμβάνονται υπόψη οι αισθητικές και λειτουργικές ανάγκες του χώρου, προκειμένου να επικυρωθεί ότι η αναστηλωτική δράση σέβεται την ιστορική κληρονομιά αλλά εξυπηρετεί ικανοποιητικά τις σύγχρονες πολιτιστικές και κοινωνικές απαιτήσεις.

Η αναστηλωτική αρχιτεκτονική αποτελεί έναν εξειδικευμένο κλάδο της αρχιτεκτονικής που επικεντρώνεται στη διατήρηση, αποκατάσταση και επαναφορά μνημειακών κτιρίων. Πρόκειται για μια πολυδιάστατη διαδικασία, η οποία βασίζεται σε συγκεκριμένες αρχές για την αναβάθμιση ιστορικών κατασκευών και οι αρχές αυτές ορίζουν τη στρατηγική που ακολουθείται προκειμένου να διασφαλιστεί η ακεραιότητα και η βιωσιμότητα των μνημείων. Εν συντομία αναπτύσσονται οι αρχές καθοδήγησης:

- α. Συνεπής Τεκμηρίωση: συστηματική καταγραφή, ανάλυση των αρχιτεκτονικών καταλοίπων κατανοώντας πλήρως τη δομή και την ιστορία του μνημείου.
- β. Σεβασμός στην Αυθεντικότητα: χρήση αυθεντικών υλικών και μεθόδων όπου είναι εφικτό, χωρίς να αλλοιωθεί η γνήσια εμφάνιση του μνημείου και ο χαρακτήρας.
- γ. Διαχρονική Προσέγγιση: λαμβάνοντας υπόψη την ιστορία και την εξέλιξη του μνημείου συμβάλλει ουσιαστικά στη διατήρηση της αυθεντικότητας.
- δ. Συνδιαχείριση: σύνθεση μνημείου και φυσικού περιβάλλοντος, απαιτεί προσεκτική σχεδίαση και εφαρμογή προκειμένου να επιτευχθεί η αρμονική συνύπαρξη.
- ε. Εκπαιδευτική Διάσταση: προβάλλοντας την ιστορία του αναστηλωτικού έργου στο κοινό, προωθείται σημαντικά η αξία της πολιτιστικής κληρονομιάς και η ευαισθητοποίηση σχετικά με την έννοια της συντήρησης.
- στ. Αναστρεψιμότητα: η δυνατότητα επέμβασης και τροποποίησης στο μέλλον πρέπει να συνεκτιμάται κατά τον σχεδιασμό και την υλοποίηση των αναστηλωτικών επεμβάσεων, με σκοπό να εξασφαλιστεί η ευελιξία και η αντιστρεψιμότητα των υλικών.

Οι ηθικοί κανόνες αποτελούν θεμέλιο για την ανάδειξη των μνημείων και είναι απαραίτητοι για τη διαφύλαξη της πολιτιστικής κληρονομιάς. Η αναστήλωση του θεάτρου αποτελεί παράδειγμα σύγχρονης μεθοδολογίας με υψηλά ιδανικά και σεβασμό προς την αυθεντικότητα και προσαρμοστικότητα στις σύγχρονες απαιτήσεις. Η πολυδιάστατη προσέγγιση του έργου συντελεί στην ανάδειξη της ιστορικής μνήμης και στην βιώσιμη διαχείριση του μνημείου.

Ενσωματώνεται παράλληλα, η ανάγκη για βιωσιμότητα και περιβαλλοντική συνείδηση, χρησιμοποιώντας οικολογικά υλικά και τεχνικές που μειώνουν το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του έργου, ενώ ταυτόχρονα εξασφαλίζουν μακροχρόνια αντοχή στο μνημείο. Οι αναστηλωτικές παρεμβάσεις είναι φιλικές προς το φυσικό τοπίο ενισχύοντας το δεσμό μεταξύ αρχαιολογικού χώρου και σύγχρονης κοινωνίας (Σμύρης, 2014, σελ. 81).

Μέσα από το πρίσμα της εκπαίδευσης, η αναστηλωτική δράση στο θέατρο αποτελεί επίσης μια πολύτιμη ευκαιρία, καθώς οι νέες γενιές επαγγελματιών εκπαιδεύονται στις παραδοσιακές τεχνικές και τις σύγχρονες μεθοδολογίες αποκατάστασης, προασπίζοντας τη μετάβαση της γνώσης και των δεξιοτήτων που είναι απαραίτητες για την προστασία του πολιτιστικού πλούτου (Σμύρης, 2014, σελ. 81).

6.2 Τα οφέλη της αναβίωσης του μνημείου

Η συντήρηση του θεάτρου από φθορές παρουσιάζει ένα ευρύ φάσμα πλεονεκτημάτων, τα οποία αντικατοπτρίζουν τη σπουδαιότητα και την αξία του οικοδομήματος. Καταρχάς, η διασφάλιση της μακροβιότητας του μνημείου είναι ουσιώδης, διότι η αναστήλωση προστατεύει το θέατρο από την παρακμή. Επιπλέον, η προώθηση μιας τέτοιας προσπάθειας αναδεικνύει την πνευματική και καλλιτεχνική άνθηση του τόπου, αλλά και την εξέλιξη του πολιτισμού ενισχύοντας το χρονικό της Δωδώνης.

Σε κοινωνικό και οικονομικό επίπεδο, μια τέτοια δράση συμβάλει σημαντικά στην ενίσχυση της τουριστικής ανάπτυξης της περιοχής, διότι η διατήρηση του θεάτρου αποτελεί πόλο έλξης για επισκέπτες. Κατ' επέκταση παρέχει μοναδική ευκαιρία για διαφώτιση του κοινού σχετικά με την αρχαιολογική κληρονομιά και τη σημασία της διαφύλαξης, αναπτύσσοντας έναν ισχυρό δεσμό ανάμεσα στο παρελθόν και το παρόν (Σμύρης, 2014, σελ. 81).

Τελικά, η αναστήλωση του θεάτρου στο ιερό της Δωδώνης είναι επένδυση για το μέλλον, διασώζοντας ένα σπουδαίο μνημείο και παρέχοντας πολλαπλά οφέλη για την τοπική κοινωνία και οικονομία (Σμύρης, 2014, σελ. 81). Η εφαρμογή σύγχρονων αναστηλωτικών μεθόδων και ο σεβασμός προς το φυσικό περιβάλλον προάγουν την τεχνική διατήρηση²⁸ του μνημείου αλλά και την ευρύτερη πολιτιστική και οικολογική βιωσιμότητα. Το θέατρο λειτουργεί σαν ζωντανός φορέας μνήμης και ταυτότητας διαμορφώνοντας τη σύγχρονη πολιτιστική πραγματικότητα.

6.3 Έναρξη αναστηλωτικού έργου

Από το έτος 2000, η Εφορία Αρχαιοτήτων Ιωαννίνων ηγείται μίας εκτεταμένης προσπάθειας αναστηλωτικών εργασιών στο αρχαίο θέατρο, η οποία έρχεται αντιμέτωπη με ελλείψεις και προβλήματα που προέκυψαν από προηγούμενες επεμβάσεις του 1960.

Η «προσωρινή τοποθέτηση» των εδωλίων εκείνης της εποχής, ενώ φιλόδοξη, υπέστη παθογένειες λόγω σύντομης περιόδου υλοποίησης και ελλιπούς τεκμηρίωσης. Αυτό οδήγησε σε σειρά προβλημάτων που απαρτίζονταν από: την κακή κατάσταση του υλικού, τις αστοχίες κατά την τοποθέτηση των αρχιτεκτονικών μελών, τις αποκλίσεις από την αρχική γεωμετρία, τον κίνδυνο απώλειας βασικών χαρακτηριστικών του μνημείου, όπως και την λανθασμένη αισθητική εντύπωση από την επανατοποθέτηση των αρχαίων μελών.

Η αποκατάσταση του αρχαίου θεάτρου πρόκειται για μια σύνθετη διαδικασία που ενσωματώνει αρχαιολογική έρευνα, ιστορική τεκμηρίωση και σύγχρονες τεχνικές αποκατάστασης. Ιεραρχικά συντάσσεται αναλυτική καταγραφή των υπαρχόντων καταλοίπων του θεάτρου, ενώ παράλληλα διευρύνονται οι ιστορικές πηγές ώστε να αποσαφηνιστεί η αρχική μορφή και λειτουργία του. Κατόπιν εφαρμόζονται εξειδικευμένες τεχνικές συντήρησης και αναστήλωσης, με στόχο τη διατήρηση της αυθεντικότητας και την ασφαλή επανένταξη του μνημείου στο σύγχρονο περιβάλλον.

Βάσει αυτών των δεδομένων, το έτος 2000 σηματοδότησε την έναρξη ενός νέου προγράμματος αποκατάστασης, χρηματοδοτούμενο από κοινοτικές επιχορηγήσεις και λαμβάνοντας θέση στον κατάλογο έργων αρχαιολογικής αναστήλωσης. Η κίνηση αυτή έδωσε έναυσμα να διεξαχθούν μελέτες, εστιάζοντας

²⁸ Διαδικασίες και μέθοδοι, στο σύνολό τους, που υλοποιούνται για τη συντήρηση, την αποκατάσταση και την προστασία πολιτιστικών τεκμηρίων.

στην παρακολούθηση των μικροκλιματικών παραμέτρων και την κατανόηση των δυναμικών αλλαγών στο περιβάλλον. (Σμύρης και Πλιάκου, 2012, σελ. 81–87).

Λεπτομερώς, οι μετρήσεις εξηγούσαν τις θερμοκρασιακές μεταβολές και τα ποσοστά υγρασίας τόσο στην επιφάνεια, όσο και στα εσωτερικά σημεία των δομικών υλικών. Στην συνέχεια, πραγματοποιήθηκε έρευνα για την επιλογή κονιαμάτων, τη μεθοδολογία αποκατάστασης δομικών υλικών, την αρχιτεκτονική τεκμηρίωση και τη στερέωση της τοιχοποιίας του θεάτρου (Σμύρης και Πλιάκου, 2012, σελ. 81–87).

Η ολιστική μελέτη εστίασε στην πιλοτική αποκατάσταση των πρώτων ανατολικών κερκίδων με τη συμμετοχή εξειδικευμένων συντηρητών και επιστημόνων. Αυτή η απόπειρα το 2010, απαιτούσε τεχνητή τοποθέτηση χώματος και άλλων υλικών για την πλήρωση κενών του βράχου, καθώς οι επιχώσεις αυτές διαμορφώθηκαν για να φιλοξενήσουν αρχιτεκτονικά στοιχεία.

Μεθοδολογία Αποκατάστασης

Το πιλοτικό πρόγραμμα αποκατάστασης εστίασε στην αναβάθμιση και συντήρηση του μνημείου. Οι εργασίες περιλάμβαναν συγκεκριμένα:

- Αφαίρεση εδωλίων και ανασκαφική έρευνα προς αποκάλυψη της αρχαίας τοπογραφίας.
- Αρχαιολογική τεκμηρίωση για την καταγραφή των ευρημάτων.
- Αναστήλωση λίθων και υποβάθρου, διασφαλίζοντας δομική σταθερότητα.
- Αφαίρεση γαιώδους υλικού, μειώνοντας τις φθορές.
- Τοποθέτηση υδατοστεγούς διαφράγματος και γεωφάσαματος για την προστασία από υγρασία.
- Επεμβάσεις συντήρησης εδωλίων και πλακών με τεχνητό λίθο προς αποκατάσταση της όψης τους.
- Επανατοποθέτηση των εδωλίων στις αρχικές θέσεις, διατηρώντας την ακεραιότητα της διάταξης.
- Συγκόλληση και συμπλήρωση αρχαίων εδωλίων και πλακών, κατοχυρώνοντας την αυθεντική όψη.
- Τοποθέτηση νέων λίθων και πλακών από τοπικό ασβεστόλιθο, σε περιοχές όπου απουσίαζαν αρχαία μέλη (Σμύρης και Πλιάκου, 2012, σελ. 75–86. Σκαλιστή, Γεωργούλας, 2014, σελ. 102).

Οι εργασίες υλοποιήθηκαν μεθοδικά, ξεκινώντας με την προσεκτική μετακίνηση των εδωλίων, ενώ ακολούθησε η διεξοδική ανασκαφική έρευνα και τεκμηρίωση του χώρου έως το επίπεδο του φυσικού βράχου. Κατά τη διάρκεια της έρευνας, εντοπίστηκαν τμήματα θραυσμένων εδωλίων και άλλων αρχιτεκτονικών μελών του θεάτρου, ενσωματωμένα στους λίθους υψομετρικής εξίσωσης, οι οποίοι στην πλειοψηφία τους ήταν αργόλιθοι (Σκαλιστή, Γεωργούλας, 2014, σελ. 102).

6.4 Τεχνολογία και Ψηφιακά Μέσα: Αλλάζουν το πεδίο της αναστήλωσης

Η ραγδαία τεχνολογική πρόοδος και η υιοθέτηση μιας διεπιστημονικής προσέγγισης στην έρευνα μνημείων τα τελευταία χρόνια, έχουν ανοίξει νέες προοπτικές στον τρόπο μελέτης και τεκμηρίωσής τους. Στο πλαίσιο

της στερέωσης και αποκατάστασης αυτού του επιβλητικού μνημείου, εκπονήθηκαν μελέτες εναρμονισμένες με το μέγεθος και την ιστορική του σπουδαιότητα.

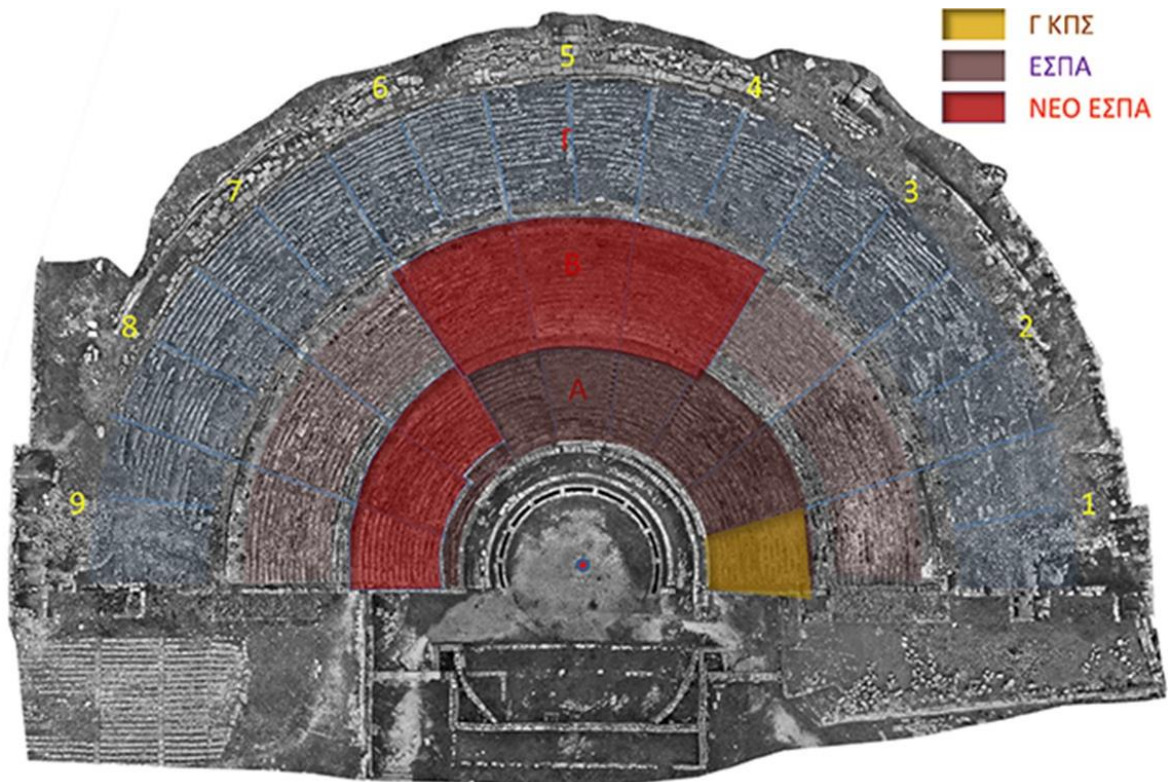
Οι μελέτες αυτές αποτέλεσαν ακρογωνιαίό λίθο για την ερμηνεία της αρχιτεκτονικής του θεάτρου και καθοριστικό παράγοντα στην μέθοδο αποκατάστασής του. Σήμερα, η μελέτη και η αποκατάσταση ενός μέρους του μνημείου υλοποιείται υπό την επίβλεψη της Επιστημονικής Επιτροπής Δωδώνης, ακολουθώντας τη μέθοδο της αρχαιολογικής αυτεπιστασίας, με την εποπτεία της ΙΒ΄ Εφορίας Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων.

Η καινοτόμος μέθοδος καταγραφής και τεκμηρίωσης στοχεύει στο να εξασφαλίσει πλήρη αξιοποίηση του πλούσιου αρχαιικού υλικού και των μελετών. Ταυτόχρονα, διεξάγεται συστηματική έρευνα πεδίου, η οποία περιλαμβάνει καταγραφή δεδομένων, μετρήσεις και δημιουργία μητρώου των αρχιτεκτονικών μελών. Έπειτα από ανάλυση και κατάλληλη επεξεργασία αρχαιικών φωτογραφιών, τα δεδομένα συσχετίζονται με τις μετρήσεις πεδίου, επιτρέποντας την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων.

Στηρίζεται στη συνδυαστική αξιολόγηση στοιχείων, όπως:

- Φωτογραφικό αρχείο: Η επεξεργασία ψηφιακών φωτογραφιών, που ληφθήκαν πριν και μετά τις επεμβάσεις, αποκαλύπτει τη θέση των αρχιτεκτονικών μελών.
- Μετρήσεις πεδίου: Η καταγραφή μετρήσεων στο χώρο επιτρέπει τη δημιουργία γεωμετρικών μοντέλων και την αξιολόγηση των χαρακτηριστικών κάθε μέλους σε ψηφιακό περιβάλλον.

Ακολούθως, τα αποτελέσματα αξιοποιούνται με το βέλτιστο τρόπο στη σύνταξη της τελικής μελέτης, προχωρώντας προοδευτικά στην υλοποίηση των εργασιών συντήρησης και αναστήλωσης. Η εφαρμογή σύγχρονων μεθόδων τεκμηρίωσης και η διεπιστημονική προσέγγιση στην ανακατασκευή προάγουν την ακριβή ερμηνεία και την αποτελεσματική αναβάθμιση του μνημείου (Κατσούδας, 2014, σελ. 87).



Εικόνα 23 Σχεδιαστική απεικόνιση των νεότερων επεμβάσεων επί του αρχαίου θεάτρου www.culture.gov.gr

Στρατηγική Συντήρησης

Η πρώτη οργανωμένη προσπάθεια για την αναστήλωση του αρχαίου θεάτρου βασίζεται στη διεπιστημονική προσέγγιση με τίτλο «Μελέτη Στερέωσης και Αποκατάστασης του Αρχαίου Θεάτρου της Δωδώνης». Προηγμένες τεχνικές, όπως η φωτογραμμετρία και η αρχιτεκτονική τεκμηρίωση του μνημείου, εξασφάλισαν ένα λεπτομερές αρχείο, όπου συμπεριλήφθηκε ο στατικός έλεγχος των αναλημματικών τοίχων και η μελέτη συντήρησης (Κατσούδας, 2014, σελ. 87–91).

Η αναστηλωτική δράση αποτέλεσε σύνθετο έργο με στόχο την καταγραφή, την μερική αποκατάσταση σε κρίσιμα σημεία και τη διασφάλιση και ανάδειξη του μνημείου. Βασικά μέριμνα ήταν να παραμείνει αμετάβλητη η αυθεντικότητά του, λαμβάνοντας υπόψη την αρχική γεωμετρία, την επαναχρησιμοποίηση υλικών και τη συντήρηση του ασβεστόλιθου (Antoniou, 2010).

Νέα Υλικά

Η αποκατάσταση στο θέατρο υλοποιήθηκε με χρήση αυθεντικού λίθου, ακολουθώντας τις βασικές αρχές για ομοιογένεια. Κάθε τμήμα που έφερε φθορές ή ήταν λάθος τοποθετημένο, αποσυναρμολογήθηκε, συντηρήθηκε και εφαρμόστηκε η άρτια επανατοποθέτηση. Ειδικότερα, αναπτύχθηκαν πρωτοποριακές

τεχνικές συγκόλλησης και ολοκλήρωσης των λίθων, εξασφαλίζοντας την ανάγκη διατήρησης την ευέλικτη διαχείριση υλικών (Antoniou, 2010).

Η επιλογή του κατάλληλου υλικού στις μεθόδους αποκατάστασης απαιτούσε συνεκτική προσέγγιση και διεξοδική μελέτη. Τελικά, επικυρώθηκε η χρήση δύο βασικών κατηγοριών υλικών: φυσικού και τεχνητού λίθου. Ο φυσικός λίθος επιλέχθηκε για μεγαλύτερες συμπληρώσεις εδωλίων και για τη δημιουργία εξ ολοκλήρου νέων μελών, επικυρώνοντας τη συνέχιση της αρχιτεκτονικής αρμονίας.

Από την άλλη πλευρά, ο τεχνητός λίθος, ειδικής σύνθεσης, χρησιμοποιήθηκε για μικρότερες συμπληρώσεις εδωλίων και άλλων δομικών στοιχείων, προσφέροντας βελτιωμένη αντοχή και σταθερότητα μέσω της ενίσχυσης με ανοξειδωτο χάλυβα και τιτάνιο. Οι επιλογές αυτές λαμβάνουν υπόψη τις αρχές της αντιστρεψιμότητας, καθώς εξασφαλίζουν τη μακροχρόνια ανθεκτικότητα των αποκαταστάσεων και παρέχουν προστασία από τη συνεχή φθορά του μνημείου (Κατσούδας κ.ά., 2022, σελ. 22–25).

Στο πλαίσιο της δραστηριότητας για την μελλοντική αποπεράτωση των εργασιών του θεάτρου, ξεκίνησε η πιλοτική αποκατάσταση του ανατολικού αναλήμματος και δύο ανατολικών κερκίδων της κατώτερης ζώνης, επεκτείνοντας περαιτέρω σε όλες τις κερκίδες. Οι πρακτικές εφαρμογές εστιάζουν στον εντοπισμό της αρχικής θέσης των αρχιτεκτονικών μελών και την ορθή διαχείριση του αρχαίου υλικού. Η διεπιστημονική προσέγγιση και η αξιοποίηση σύγχρονων εργαλείων οδήγησαν σε σημαντικά αποτελέσματα, θέτοντας τα θεμέλια προς την επιτυχή έκβαση του έργου (Κατσούδας κ.ά., 2022, σελ. 22–25).

Συνολικά, σκοπός των εν εξελίξει εργασιών αναστήλωσης, είναι η μετακίνηση του αρχαίου υλικού για την αποκάλυψη της αρχικής θέσης των εδωλίων. Η αντιμετώπιση των προκλήσεων πραγματοποιείται με προηγμένες μεθόδους, αξιοποιώντας εργαλεία τεχνολογίας, αντισταθμίζοντας τις ιδιαιτερότητες του μνημείου και του περιβάλλοντος. Στόχος είναι η προάσπιση της αυθεντικής μορφής, με ελάχιστη χρήση νέων υλικών, ακολουθώντας διεθνείς αρχές αποκατάστασης και συντήρησης μνημείων (Κατσούδας κ.ά., 2022, σελ. 22–25. Antoniou, 2010).

Η τρέχουσα φάση, επικεντρώνεται στην αποκατάσταση της πέμπτης κερκίδας (K5B) του δεύτερου διαζώματος, με τις εργασίες να περιλαμβάνουν: αφαίρεση φθαρμένων υλικών, μελέτη των αρχαίων κατασκευαστικών μεθόδων και ανασύνθεση της κερκίδας με υλικά συμβατά με την αρχική δομή (Κατσούδας, 2014, σελ. 87–91. Κατσούδας κ.ά., 2022, σελ. 22–25).



Εικόνα 24 Άποψη του Αρχαίου Θεάτρου από ψηλά www.culture.gov.gr

6.5 Ψηφιακή Αποκατάσταση Εδωλίων: Ο Συσχετισμός με το Φυσικό Υπόβαθρο

Η μελέτη των εδωλίων του αρχαίου θεάτρου της Δωδώνης, η προσπάθεια τρισδιάστατης τεκμηρίωσης και ψηφιακής αποκατάστασής τους αποτελεί μια πρωτοποριακή εφαρμογή της σύγχρονης τεχνολογίας στην συντήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς. Τα εδώλια, χαρακτηρίζουν τις θέσεις των θεατών και αποτελούν ένα κρίσιμο στοιχείο της αρχιτεκτονικής του. Είναι κατασκευασμένα από τοπικό ασβεστόλιθο και τοποθετημένα σε σειρές που ακολουθούν την κλίση του εδάφους, εξασφαλίζοντας έτσι καλή ορατότητα και ακουστική για τους θεατές.

Η τρισδιάστατη τεκμηρίωση τόσο για τα εδώλια, όσο και την κερκίδα περιλαμβάνει τη χρήση φωτογραμμετρίας και τρισδιάστατης σάρωσης με λέιζερ για την δημιουργία μοντέλων. Αυτά τα μοντέλα επιτρέπουν:

- α. Ακριβή καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης
- β. Δημιουργία ψηφιακών αρχείων
- γ. Εικονικές αναπαραστάσεις

Πιο συγκεκριμένα, συντέθηκε Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DTM)²⁹ με σαρωτή λέιζερ για να τεκμηριωθεί λεπτομερώς η γεωμετρία του θεάτρου και οι επεμβάσεις του '60. Το DTM προσδιόρισε τον αρχικό αριθμό σειρών των εδωλίων, τις αλλαγές στη γεωμετρία και την αναγνώριση ασυνάρτητων τμημάτων, όπως επίσης τη μορφή και κλίση των τοίχων αντιστήριξης. Τέλος, έγιναν ευδιάκριτες οι τροποποιήσεις του τοιχώματος της αρένας, το δάπεδο των παρόδων και η φθορά του ασβεστόλιθου στα εδώλια (Antonίου, 2007).

Ακολούθως, η διεξοδική διερεύνηση για τη μελέτη φθοράς του λίθου αποδόθηκε με φωτογραμμετρική τεκμηρίωση, συνδυάζοντας επίγεια και εναέρια φωτογράφιση, όπως και τη χρήση σαρωτή λέιζερ για τη σύνθεση Ψηφιακού Μοντέλου Αντικειμένων (DOM)³⁰ υψηλής ακρίβειας. Η εφαρμογή αυτή απέδωσε πλούσιο σύνολο δεδομένων που διακρινόταν από 33 εκατομμύρια σημεία σάρωσης λέιζερ και πάνω από 500 εικόνες (Vozikis, 2006).

Στη συνέχεια, τα δεδομένα επεξεργάστηκαν με σκοπό τη συγχώνευση δεδομένων λέιζερ και φωτογραμμετρίας, για την επίτευξη ορθοφωτογραφιών, υψηλής ανάλυσης. Η φωτογραμμετρική τεκμηρίωση αποδείχθηκε πολύτιμη για τη μελέτη της φθοράς του λίθου, όπως και επισημαίνεται η αξία του συνδυασμού τεχνολογιών, της παραδοσιακής φωτογραμμετρίας συμπληρωματικά με τη σάρωση λέιζερ για την οργάνωση και διαχείριση ανάλογων μεγάλων έργων (Vozikis, 2006).

Η ψηφιακή αποκατάσταση περιλαμβάνει τη χρήση των τρισδιάστατων μοντέλων για την αναδημιουργία της αρχικής μορφής των εδωλίων. Αυτό γίνεται μέσω:

- α. Συγκριτικών μελετών
- β. Χρήση λογισμικού αποκατάστασης
- γ. Επαλήθευση μέσω προσομοιώσεων

Η τοπογραφία και το φυσικό περιβάλλον του θεάτρου παίζουν εξίσου σημαντικό ρόλο στην αποτύπωση και ανασύσταση, λαμβάνοντας υπόψη:

- α. Τη γεωμορφολογία του χώρου (κλίση εδάφους, διάταξη βράχων και φυσικών στοιχείων)
- β. Τις κλιματολογικές συνθήκες
- γ. Τη φυσική αισθητική

Η τρισδιάστατη τεκμηρίωση και ψηφιακή αποκατάσταση των εδωλίων του θεάτρου της Δωδώνης όχι μόνο συνεισφέρει στη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς και ανακατασκευή του μνημείου, αλλά προσφέρει και νέες δυνατότητες για εκπαιδευτικά προγράμματα, εικόνες περιηγήσεις και περαιτέρω

²⁹ Digital Terrain Model: αναφέρεται στη διαδικασία δημιουργίας ψηφιακών μοντέλων του εδάφους μέσω τεχνολογίας LIDAR, χρησιμοποιεί λέιζερ για να μετρήσει αποστάσεις και να δημιουργήσει τρισδιάστατες απεικονίσεις τοπίου.

³⁰ Document Object Model: χαρακτηρίζει μια προγραμματιστική διεπαφή για έγγραφα (HTML και XML), όπου η δομή του αποτελείται από κόμβους και κάθε κόμβος αντιστοιχεί σε ένα στοιχείο/ χαρακτηριστικό/ κείμενο.

αρχαιολογικές μελέτες. Είναι ένα αξιόλογο παράδειγμα του πώς η σύγχρονη τεχνολογία μπορεί να αναβιώσει το παρελθόν και να διατηρηθεί για τις μελλοντικές γενιές.

Κεφάλαιο 7 | Αρχαίο Θέατρο: Η Μεθοδολογία και το Έργο Ψηφιοποίησης

Μολονότι υπάρχει πληθώρα άρθρων και ερευνητικών εργασιών σχετικά με τη σύλληψη και τη διάδοση της πολιτιστικής κληρονομιάς μέσω τρισδιάστατων μοντέλων, μία ολοκληρωμένη μεθοδολογία που να επιτρέπει σε μη ειδικούς χρήστες, με περιορισμένο προϋπολογισμό να ψηφιοποιούν, να μοιράζονται και να προβάλλουν τρισδιάστατο περιεχόμενο, παραμένει ασύλληπτη (Peinado-Santana κ.ά., 2021, σελ. 4). Η παρούσα ερευνητική εργασία σκιαγραφεί μια εμπειριστατωμένη μεθοδολογία για την ψηφιοποίηση των αρχιτεκτονικών μελών, του αρχαίου θεάτρου της Δωδώνης, προσφέροντας νέες δυνατότητες στη μελέτη και την ανάδειξη αρχαιολογικών μνημείων, μέσω πρωτοποριακών εφαρμογών και καινοτόμων μεθόδων.

Κύρια βάση αυτής της προσέγγισης είναι η χρήση λογισμικών ανοικτού κώδικα, τα οποία είναι ελεύθερα στο κοινό. Τα λογισμικά παρέχουν μια σειρά εργαλείων για τη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων, την επεξεργασία εικόνων και την ανάλυση δεδομένων, καθιστώντας τα ιδανικά για την ψηφιοποίηση αρχιτεκτονικών στοιχείων. Παράλληλα, η χρήση διαδικτυακών υπηρεσιών ενισχύει την προσβασιμότητα και τη διάχυση των αποτελεσμάτων, επιτρέποντας το διαμοιρασμό των δεδομένων και τη συνεργασία μεταξύ ερευνητών ανά τον κόσμο.

Το σχέδιο συντήρησης και αποκατάστασης του αρχαίου θεάτρου εφαρμόζεται διεξοδικά και μεθοδικά στο κοίλο. Με σεβασμό στην πολιτιστική κληρονομιά και την ιστορία του ιερού της Δωδώνης, οι εργασίες προχωρούν με προσοχή, λεπτομέρεια και επαγγελματικότητα. Μέσα από τη χρήση εξειδικευμένων τεχνικών και υλικών, στόχος είναι η διατήρηση της αρχιτεκτονικής ακεραιότητας του θεάτρου, παράλληλα με την ακριβή επανατοποθέτηση των εδωλίων, την αποκατάσταση σημειακών βλαβών, αναβαθμίζοντας καθ' αυτό τον τρόπο την ασφάλεια και τη λειτουργικότητά του.

Διαγράφεται μία ανάλογη πορεία, με εκείνες που έχουν ήδη εφαρμοστεί στις προηγούμενες φάσεις του τρέχοντος αναστηλωτικού έργου, δίνοντας βάση αυτή τη φόρα στην πέμπτη κατά σειρά κερκίδα του δεύτερου διαζώματος (K5B). Η στόχευση στην πέμπτη κερκίδα πραγματοποιείται με σχέδια που έχουν εκπονηθεί από έμπειρους αρχαιολόγους, εξειδικευμένους συντηρητές και άρτια καταρτισμένους μηχανικούς, προκειμένου να διασφαλιστεί η ιστορική ακρίβεια και η μακροχρόνια διατήρηση του μνημείου.

Η χρήση προηγμένων μεθόδων, όπως η ψηφιακή σάρωση και η δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων, επιτρέπει την ακριβή καταγραφή και ανάλυση των υφιστάμενων δομών, έτσι οι ειδικοί μπορούν να εντοπίσουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τις ανάγκες συντήρησης, όπως και να πραγματοποιήσουν τις επεμβάσεις ασφάλεια και αποδοτικότητα. Επίσης, η τρισδιάστατη τεκμηρίωση συμβάλλει στη δημιουργία ενός λεπτομερούς αρχείου, που θα είναι πολύτιμο για μελλοντικές μελέτες και επεμβάσεις, διασφαλίζοντας την υπόσταση του μνημείου με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

7.1 Διάγραμμα Ροής Εργασιών

Η ροή εργασιών για την τρισδιάστατη τεκμηρίωση των εδωλίων και κατ' επέκταση της κερκίδας του αρχαίου θεάτρου αποσκοπεί στη δημιουργία ενός τρισδιάστατου μοντέλου για κάθε ένα από τα εδώλια που απαρτίζουν την κερκίδα 5B, μέσω της μεθόδου της φωτογραμμετρίας. Η διαδικασία για τη φωτογράφιση και την τρισδιάστατη μοντελοποίηση 104 εδωλίων απαιτεί προσεκτική σχεδίαση και συνεπή εφαρμογή, για την εμπεριστατωμένη σύνθεση λεπτομερών και ρεαλιστικών ψηφιακών αποτυπώσεων. Υποστηρίζεται λοιπόν, μία σειρά από σαφή βήματα, τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω.

Λήψη Φωτογραφιών. Τρισδιάστατη Δημιουργία

Στο ψηφιακό περιβάλλον, η παραγωγή ενός ρεαλιστικού εδωλίου, με τρεις διαστάσεις (μήκος, πλάτος, ύψος) υλοποιήθηκε επιτυχώς βάσει επίγειων φωτογραμμετρικών μεθόδων. Για την άρτια πραγμάτωση της διαδικασίας με τον απαραίτητο επαγγελματισμό, ελήφθησαν μέτρα προετοιμασίας όπως: η εκτέλεση της αρίθμησης κάθε εδωλίου, με στόχο την αναγνώρισή του και τη διευκόλυνση της οργάνωσης του σε μεταγενέστερο στάδιο, καθώς και ο υπολογισμός των διαστάσεων, αναλυτικά, από έμπειρους μηχανικούς του έργου, σε κάθε ένα από τα λίθινα εδώλια, σημειώνοντας χαρακτηριστικές κουκίδες.

Επίσης, η επιδίωξη της σταθερότητας και της ομοιόμορφης έδρασης κάθε εδωλίου επετεύχθη μέσω της τοποθέτησης ξύλινων παλετών εξασφαλίζοντας έτσι την απρόσκοπτη διεξαγωγή του έργου. Ακολούθως, η φωτογράφιση πραγματοποιήθηκε από όλες τις πλευρές του εδωλίου περιμετρικά και της επάνω όψης, με καταγραφή απαραίτητων λεπτομερειών.

Το φωτογραφικό υλικό της κερκίδας K5B παραδόθηκε σε δύο φάσεις, με χρονική διαφορά 9 μηνών. Συνολικά, το αρχείο απαρτιζόταν από 38.393 (τύπου NEF, JPEG) φωτογραφίες, που αντιστοιχούν σε 2.5 Terabytes. Η πρώτη φάση περιλάμβανε 18.806 φωτογραφίες, ενώ η δεύτερη 19.587. Η συλλογή διεξήχθη με τη χρήση σκληρού δίσκου και τη διαλογή των εικόνων από το συνολικό φωτογραφικό αρχείο της Εφορίας Αρχαιοτήτων Ιωαννίνων, πράγμα που απαιτούσε πολύ χρόνο.

Συλλέχθηκε διεξοδικά μεγάλος όγκος φωτογραφιών, τόσο των εδωλίων όσο και της κερκίδας από τα αρχεία της Εφορίας. Οι φωτογραφίες αποθηκεύτηκαν σε σκληρό δίσκο (Πίνακας 1-Παράρτημα Β) και ακολούθησε η αρχειοθέτησή τους ψηφιακά σε φακέλους με βάση το εδώλιο στο οποίο αντιστοιχούσαν.

Λόγω του τεράστιου όγκου δεδομένων και της χρονοβόρας φύσης της συλλογής, οι φωτογραφίες μετονομάστηκαν με βάση την αρίθμηση των εδωλίων. Κάθε φωτογραφία έλαβε το όνομα του αντίστοιχου εδωλίου και έναν αύξοντα αριθμό. Η αποθήκευση έγινε σε αντίστοιχους φακέλους με ομώνυμη ονομασία. Για την ομαλή και αποτελεσματική ολοκλήρωση της διαδικασίας, απαιτήθηκε η χρήση ισχυρού ηλεκτρονικού υπολογιστή και του ελεύθερου λογισμικού Nikon – NX Studio.

Συνολικά, συλλέχθηκαν 21.007 φωτογραφίες. Από αυτές αξιοποιήθηκαν, 15.927 όπου αφορούσαν τα εδώλια και ήταν τύπου NEF ή JPEG, καθώς και 2.879 φωτογραφίες τύπου JPEG, όπου απεικόνιζαν την κερκίδα. Η ονομασία κάθε φακέλου ταυτιζόταν με τον μοναδικό αριθμό του αντίστοιχου εδωλίου. Πιο συγκεκριμένα, η μορφή ονομασίας ήταν π.χ. «K5-B199», όπου:

K5 → δήλωνε την κερκίδα

B → δήλωνε το διάζωμα

199 → δήλωνε τον αριθμό του εδωλίου

Κάθε εδώλιο έχει φωτογραφεί με περίπου 70 έως 300 λήψεις αφιερωμένες στην πλήρη φωτογραφική τεκμηρίωσή του. Οι λήψεις αυτές περιλαμβάνουν διάφορες γωνίες και λεπτομέρειες, διασφαλίζοντας ότι κάθε πτυχή του εδωλίου έχει αποτυπωθεί με ακρίβεια και πληρότητα.

Η λήψη φωτογραφιών για φωτογραμμετρική ανασυγκρότηση ξεκίνησε ως μια πρωτοβουλία στο πλαίσιο διερεύνησης της τεκμηρίωσης. Ξεπερνώντας την απλή φωτογραφική τεκμηρίωση των όψεων του αντικειμένου, οι αρμόδιοι συνέλεξαν ακολουθίες φωτογραφιών αποτυπώνοντας εκτενώς τις λεπτομέρειες σε κάθε όψη. Η υλοποίηση εκτεταμένης φωτογράφισης πληροί τις προδιαγραφές της φωτογραμμετρίας τροφοδοτώντας τη δημιουργία ρεαλιστικών 3D απεικονίσεων των εδωλίων (Κούραπα Γλέζου και Τσεχμετζή, 2023).

Τυπικά προβλήματα επιτόπιας φωτογράφισης:

- α. Ο όγκος του αντικειμένου. Το μέγεθος και το βάρος του αντικειμένου αποτελούν σημαντική πρόκληση, καθώς ζυγίζουν εκατοντάδες κιλά είτε και τόνους. Η τοποθέτησή τους στις κατάλληλες θέσεις απαιτεί εξοπλισμού μηχανημάτων, ικανό προσωπικό όπως η μετακίνηση χαρακτηρίζεται χρονοβόρα και δύσκολη.
- β. Η φωτογράφιση έλαβε χώρα σε εξωτερικό χώρο, με περιορισμένες δυνατότητες πρόσβασης σε εσωτερικό περιβάλλον, πράγμα που επηρέαζε σημαντικά τις συνθήκες φωτισμού. Η έλλειψη ελεγχόμενου φωτισμού επηρέασε αρνητικά την ποιότητα των εικόνων. Το φυσικό φως αποτελούσε κύριο παράγοντα και οι καιρικές συνθήκες επηρέαζαν αρνητικά την ποιότητα των φωτογραφιών.
- γ. Οι εποχικές προκλήσεις έθεταν όρια. Η φωτογράφιση εξελισσόταν τους χειμερινούς μήνες, με περιορισμένο ωράριο λόγω της πρόωρης νύχτας. Επιπλέον η βροχή και το χιόνι δημιουργούσαν πρόσθετες δυσχέραιναν τόσο τις συνθήκες φωτισμού όσο και την έκβαση της εργασίας στο πεδίο.
- δ. Προβλήματα διάθεσης προσωπικού. Η ελλιπής στελέχωση προκάλεσε καθυστερήσεις και κενά στην κάλυψη των απαραίτητων λήψεων. Επίσης, η ελλιπής εξειδίκευση οδήγησε σε αστοχίες καθώς απαιτεί γνώσεις και δεξιότητες που διαφέρουν από την απλή φωτογραφική τεκμηρίωση.

Επεξεργασία Εικόνας

Σε επόμενο στάδιο, κρίθηκε απαραίτητη η βελτιστοποίηση των φωτογραφιών, με την επιλογή κατάλληλου ανοιχτού λογισμικού, προβολής και επεξεργασίας εικόνων, *Nikon – NX Studio*, για την βελτίωση φωτεινότητας και χρώματος (Adjust, Brightness & Color), καθώς η φωτογράφιση πραγματοποιείτο στο πεδίο, γεγονός που επηρεαζόταν άμεσα από τις τρέχουσες καιρικές συνθήκες. Η έντονη ηλιοφάνεια μπορούσε να προκαλέσει αλλοίωση χρωμάτων, δημιουργώντας υπερβολική φωτεινότητα και σκιές που δυσχέραιναν τη λήψη καθαρών και ισορροπημένων φωτογραφιών.

Από την άλλη πλευρά, η ολική απουσία του ηλίου και η πυκνή συννεφιά οδηγούσαν σε επίπεδο φωτισμό και έλλειψη αντίθεσης, κάνοντας τις φωτογραφίες να αποτυπώνονται σκοτεινές και με έντονα μαύρα σημεία. Οι αρμόδιοι φωτογράφοι όφειλαν να προσαρμόσουν τις τεχνικές τους και τις ρυθμίσεις της φωτογραφικής μηχανής, για να αντισταθμίσουν αυτές τις μεταβαλλόμενες συνθήκες και να επιτύχουν το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα.



Εικόνα 25 Αστοχία Φωτογράφισης. Προσωπικό Αρχείο.

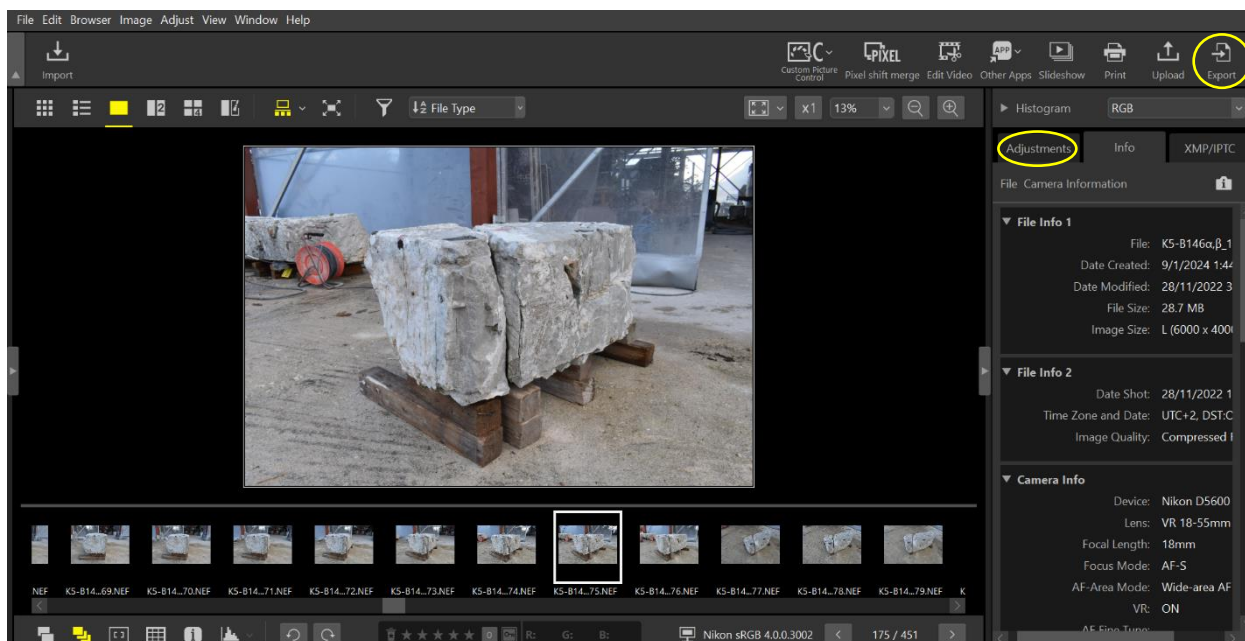


Εικόνα 26 Μετά την επεξεργασία στο λογισμικό Nikon – NX Studio. Προσωπικό Αρχείο.

Στο πλαίσιο της επεξεργασίας εικόνων μέσω του λογισμικού *Nikon – NX Studio*, η διόρθωση του φωτισμού και του χρώματος αποτελεί ουσιώδη διεργασία για τη βελτίωση της ποιότητας των εν λόγω εικόνων. Προς τον σκοπό αυτό, διεξήχθη ρύθμιση της φωτεινότητας, της αντίθεσης και των σκιών (Bright, Contrast, Shadow Protection) στοχεύοντας την οπτική βελτίωση των εικόνων. Η χρήση αυτόματων εργαλείων ή η εφαρμογή χειροκίνητων ρυθμίσεων είναι ανάλογη με την απαιτούμενη ακρίβεια αλλά και την προσωπική κρίση για το βέλτιστο αποτέλεσμα και την καλύτερη αξιοποίηση των δυνατοτήτων της τεχνολογίας στην παραγωγή ρεαλιστικών μοντέλων. Για εργασίες που απαιτούσαν υψηλότερο επίπεδο λεπτομέρειας οι χειροκίνητες ρυθμίσεις ήταν προτιμητέες, καθώς επέτρεπαν μεγαλύτερο έλεγχο και προσαρμογή σε εστιασμένες ανάγκες του έργου.

Επί των αιτιολογούμενων παραμέτρων του φωτογραμμετρικού προγράμματος, για την υλοποίηση των τρισδιάστατων μοντέλων η επεξεργασία των εικόνων και η εξαγωγή τους σε μορφή TIFF (8 bit) απαιτεί την προσαρμογή ειδικών λειτουργιών. Εφόσον ολοκληρωθεί η επεξεργασία εικόνων λοιπόν, ακολουθεί η

εξαγωγή αυτών σε μορφή TIFF, ρυθμίζοντας το βάθος χρώματος σε 8 bit, για να διασφαλιστεί η συμβατότητα με την επιθυμητή μορφή αρχείου καθώς και η μορφή TIFF επιλέγεται ως μορφή εξαγωγής. Τέλος, το αρχείο ονομάζεται σύμφωνα με τις προδιαγραφές και αποθηκεύεται στην κατάλληλη τοποθεσία. Με την παραπάνω διαδικασία, οι εικόνες υπόκεινται σε αποτελεσματική επεξεργασία και εξάγονται σε επιθυμητή μορφή, παρέχοντας έτσι υψηλή ποιότητα και συμβατότητα με τις απαιτήσεις του περιβάλλοντος τρισδιάστατης απεικόνισης.



Εικόνα 27 Επιφάνεια εργασίας Nikon – NX Studio. Προσωπικό Αρχείο.

Δημιουργία ρεαλιστικών ψηφιακών εδωλίων

Για τη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων υπάρχει πληθώρα λογισμικών που χρησιμοποιούν φωτογραφίες ως βασικό μέσο. Ενώ οι θεμελιώδεις ροές εργασίας τους παρουσιάζουν συχνά ομοιότητες, κάθε πρόγραμμα διαθέτει μοναδικά χαρακτηριστικά που το κάνουν να ξεχωρίζει. Αυτά τα διακριτικά χαρακτηριστικά μπορεί να περιλαμβάνουν τη φιλικότητα προς τον χρήστη, τις δυνατότητες επεξεργασίας, την ταχύτητα απόδοσης και την ακρίβεια των παραγομένων μοντέλων (Hellman και Lahti, 2018, σελ. 163). Ειδικότερα, τα προγράμματα λογισμικού για τη δημιουργία ψηφιακών μοντέλων από φωτογραφίες μοιράζονται κοινή διαδικασία παραγωγής:

1. Φόρτωση φωτογραφιών, ο χρόνος επεξεργασίας εξαρτάται από την ποσότητα και την ανάλυσή τους.
2. Ευθυγράμμιση των εικόνων, το λογισμικό συγκρίνει τις τιμές χρωμάτων (RGB) των εικονοστοιχείων μεταξύ επικαλυπτόμενων φωτογραφιών και γεννά «σημεία σύνδεσης» των εικόνων, δημιουργώντας τρισδιάστατη δομή.
3. Αραιό νέφος σημείων, χρησιμοποιώντας έναν τριγωνομετρικό αλγόριθμο (σημεία σύνδεσης, θέσεις καμερών, δεδομένα φακών) υπολογίζεται ένα αραιό νέφος σημείων και αυτό ορίζει την

βασική τρισδιάστατη δομή. Δημιουργείται δηλαδή μια συλλογή σημείων σε τρισδιάστατο πεδίο και κάθε σημείο ορίζεται από συντεταγμένες (x,y,z) με καθορισμένη τιμή χρώματος. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να οριοθετεί με μεγαλύτερη ακρίβεια τον συγκεκριμένο όγκο που πρόκειται να μοντελοποιηθεί, αποκλείοντας έτσι περιττά τμήματα από την τελική απόδοση του όγκου.

4. Πυκνό νέφος σημείων, αποτελείται από τον μεγαλύτερο αριθμό εικονοστοιχείων και χρησιμοποιείται για τη βελτίωση του νέφους σημείων, το οποίο είναι συχνά το πιο χρονοβόρο βήμα.
5. Δημιουργία πλέγματος (mesh), προσδιορίζονται τα επίπεδα και οι γωνίες στο τρισδιάστατο νέφος σημείων για τη δημιουργία λεπτομερούς πλέγματος, πολυγωνικής γεωμετρίας μέσω αλγορίθμων.
6. Χαρτογράφηση υφής, φωτορεαλιστικές υφές εφαρμόζονται στο πλέγμα με τη χρήση χαρτών υφής υψηλής ανάλυσης.
7. Αποθήκευση και εξαγωγή, αποθηκεύεται το τελικό τρισδιάστατο μοντέλο με υφή, σε συμβατή μορφή (π.χ. OBJ).

Στην παρούσα μεθοδολογία λοιπόν, υλοποιείται το τρισδιάστατο μοντέλο με την εκτέλεση αλγορίθμων φωτογραμμετρίας για τη δημιουργία τρισδιάστατων πλεγμάτων, καθώς ολοκληρώνεται με τη βελτιστοποίηση και εξαγωγή του μοντέλου σε τύπο αρχείου OBJ.

Λογισμικό Φωτογραμμετρίας

Η χρήση εμπορικού λογισμικού αποτελεί λύση για την αντιμετώπιση των φωτογραμμετρικών αναγκών. Ανάμεσα στην πληθώρα των διαθέσιμων επιλογών, ξεχωρίζουν ορισμένα προγράμματα που έχουν κερδίσει την εμπιστοσύνη επαγγελματιών στο χώρο της φωτογραμμετρίας. Οι εξέχουσες επιλογές φωτογραμμετρικού λογισμικού περιλαμβάνουν τα: Agisoft PhotoScan, AutoDesk ReCap, Bentley Context Captura, Pix4D, Reality Capture και 3D Flow Zephyr Aerial (Merkel, 2019, σελ. 32).

Το Agisoft PhotoScan (Agisoft Metashape) έχει διαγράψει μια μακρά πορεία ως ένα αξιόπιστο και χρήσιμο εργαλείο. Η αποτελεσματικότητά του να εξαρτάται από την εκάστοτε εφαρμογή, όπως επίσης διατηρεί τη χρησιμότητά του, η οποία ποικίλλει ανάλογα με το πεδίο εφαρμογής. Επιπλέον διατίθεται σε μορφή ελεύθερου και ανοιχτού λογισμικού, προσθέτοντας ένα ακόμη πλεονέκτημα.

Υπάρχουν διάφορα δωρεάν λογισμικά φωτογραμμετρίας διαθέσιμα για τη δημιουργία τρισδιάστατων απεικονίσεων. Μερικά από αυτά είναι το Meshroom εύχρηστο εργαλείο που βασίζεται στο AliceVision framework και το Regard 3D που χρησιμοποιεί τεχνικές structure-from-motion για την τρισδιάστατη αναπαράσταση. Ομοίως το CloudCompare αποτελεί δωρεάν πρόγραμμα για την οπτικοποίηση και επεξεργασία δεδομένων που όπως επίσης και το Blender διαθέτει ευρύ φάσμα δυνατοτήτων και ελεύθερων εργαλείων που προσαρμόζονται στις απαιτήσεις του χρήστη.

Το Reality Capture αναδεικνύεται ως η ιδανική πλατφόρμα για την εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Το συγκεκριμένο λογισμικό φωτογραμμετρίας είναι ελεύθερο και συμβατό με Windows, καθώς προσφέρει τη δυνατότητα δημιουργίας ρεαλιστικών τρισδιάστατων μοντέλων. Χαρακτηρίζεται ως εξελιγμένη λύση λογισμικού που έχει σχεδιαστεί για την αυτόματη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων υψηλής ανάλυσης που προέρχονται είτε από φωτογραφίες είτε από σαρώσεις λέιζερ.

Γνωστό για την αξιοσημείωτη ταχύτητά του, το Reality Capture συγκαταλέγεται μεταξύ των ταχύτερων λύσεων φωτογραμμετρίας που διατίθενται σε ακαδημαϊκούς και εμπορικούς τομείς. Προσφέροντας ένα ευρύ φάσμα εργαλείων σε συνδυασμό με μια διαισθητική διεπαφή χρήστη³¹, αυτό το λογισμικό εξασφαλίζει μια απaráμιλλη εμπειρία χρήσης. Επιπλέον διακρίνεται για την ταχεία παροχή βιώσιμων αποτελεσμάτων, διατηρώντας παράλληλα τη σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας, καθιστώντας τη βέλτιστη επιλογή (Merkel, 2019, σελ. 32).

Εφόσον επιλεγθεί το κατάλληλο λογισμικό, προχωρά η προώθηση των φωτογραφιών, στο περιβάλλον του Reality Capture, που αναμένεται να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία του μοντέλου. Είναι απαραίτητο να διασφαλιστεί η μορφή των φωτογραφιών και συγκεκριμένα οφείλουν να είναι σε μορφή JPEG ή TIFF, συμβατές με το φωτογραμμετρικό πρόγραμμα. Με την ολοκλήρωση της φάσης εισαγωγής, ακολουθεί η εκτέλεση του αλγορίθμου φωτογραμμετρίας για τη δημιουργία του τρισδιάστατου πλέγματος (mesh).

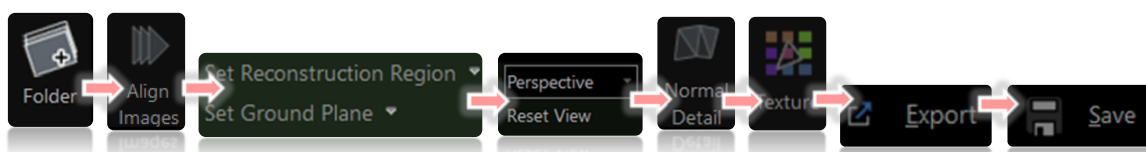
Καθοριστικό χαρακτηριστικό της διαδικασίας αυτής είναι η διάρκειά της, η οποία υπόκειται στον αριθμό και την ποιότητα των φωτογραφιών. Με την ολοκλήρωση της δημιουργίας του τρισδιάστατου πλέγματος (3D mesh), επιδιώκεται η βελτιστοποίηση, δηλαδή η ευθυγράμμιση των επιμέρους τμημάτων του μοντέλου. Έπειτα προστίθεται η υφή και το χρώμα του αντικείμενου ως προς ένα ρεαλιστικό αποτέλεσμα. Τα βήματα αυτά εκτελούνται με τις εξατομικευμένες εντολές του λογισμικού διαδοχικά.

Αναλυτικότερα για την παραγωγή τρισδιάστατου εδωλίου, εκτελούνται διεξοδικά χειροκίνητες ρυθμίσεις στο σχεδιαστικό περιβάλλον φωτογραμμετρικού λογισμικού. Αρχικά γίνεται η ευθυγράμμιση (Alignment) των εικόνων. Με τη χρήση ειδικού εργαλείου ορίζεται το επίπεδο εδάφους (Set ground plane) και ενεργοποιείται η προβολή της κάμερας από διάφορες γωνίες (View camera: top, bottom, left, right, front, back). Κατόπιν, το επίπεδο εδάφους ορίζεται εκ νέου (Define ground plane) και η περιοχή προβολής του αντικείμενου ορίζεται αυτόματα (Set region automatically).

Το πρώτο στάδιο ολοκληρώνεται με την αποθήκευση της εργασίας (Save) σε στοχευμένο φάκελο. Στη συνέχεια, δημιουργείται το πλέγμα του μοντέλου (Mesh model) με κανονική λεπτομέρεια (Normal detail) και προστίθεται υφή (Texture). Τέλος, η τρισδιάστατη απεικόνιση εξάγεται (Export – Dense mesh model)

³¹ [intuitive user interface (αγγλ.)] Βασικά χαρακτηριστικά: απλότητα, σαφήνεια, συνέπεια, άμεση ανατροφοδότηση.

ως αρχείο τύπου .obj με αποθήκευση (Save) και εξαγωγή των κορυφών (Export vertex), επιτρέποντας τη χρήση του σε άλλες εφαρμογές λογισμικού είτε για αποθήκευση, είτε για επερχόμενη ανάκτηση.



Εν προκειμένω, τα τρισδιάστατα μοντέλα που παράγονται από το ανοιχτό λογισμικό, αποθηκεύονται σε φακέλους, συμβατούς με την καθορισμένη αρίθμηση, δημιουργώντας έναν κατάλογο (Παράτημα Β) με μεταδεδομένα (metadata), όπως όνομα, περιγραφή και ημερομηνία. Ένα βήμα μείζονος σημασίας, είναι η δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας σε εξωτερικό σκληρό δίσκο. Τα εφεδρικά αντίγραφα είναι κρίσιμο σημείο για την προστασία των δεδομένων από απρόβλεπτα γεγονότα.



Εικόνα 28 Τελικό Προϊόν – Τρισδιάστατο Εδώλιο από Reality Capture. Προσωπικό Αρχείο.

Αναγνώριση, Αξιολόγηση και Προμήθεια Πόρων για το Έργο

Οι πόροι για τη διεξαγωγή του έργου διαθέτουν διάφορα τεχνολογικά εργαλεία και λογισμικά που είναι απαραίτητα για την επίτευξη υψηλής ποιότητας αποτελεσμάτων (Πίνακας -Παράτημα Β). Αναλυτικά χρησιμοποιήθηκαν, μία φωτογραφική μηχανή τύπου DSLR Nikon D5600, όπου εξασφαλίζει εξαιρετική ανάλυση και ποιότητα εικόνας, η οποία είναι καθοριστική για την ακρίβεια της φωτογραμμετρίας.

Χαρακτηριστικά μηχανής	
Αισθητήρας:	24.2 MP DX - format CMOS sensor (χωρίς οπτικό χαμηλοπερατό φίλτρο – OLPF)
Επεξεργαστής εικόνας:	EXPEED 4
ISO:	Εύρος ISO 100-25600
Σύστημα εστίασης:	39 point autofocus system, 9 cross-type αισθητήρες
Standard φακός Zoom τύπου:	AF-P NIKKOR 18-55 mm 1:3,5 – 5.6 G, -
Ανάλυση Pixels:	24,78 εκατομμύρια

Έπειτα, ένας φορητός ηλεκτρονικός υπολογιστής Dell DESKTOP-TCSSKJA εξοπλισμένος με κάρτα γραφικών NVIDIA, προσφέρει την απαραίτητη επεξεργαστική ισχύ για τη διαχείριση μεγάλων όγκων δεδομένων και την εκτέλεση πολύπλοκων υπολογισμών που απαιτούνται από τα λογισμικά τρισδιάστατης ψηφιοποίησης.

Τέλος, ένας εξωτερικός σκληρός δίσκος, με υψηλή χωρητικότητα, κρίθηκε απαραίτητος για την ασφαλή αποθήκευση και μεταφορά δεδομένων από την Εφορία Ιωαννίνων. Κάθε μορφή δίσκου νέας γενιάς, είναι εύχρηστη και συμβατή με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, διασφαλίζοντας την ακεραιότητα και την διαθεσιμότητα των δεδομένων.

7.2 Τεχνικές Προσέγγισης: Βέλτιστη Απόδοση Τρισδιάστατων Μοντέλων

Η ανάλυση και η αναπαραγωγή τρισδιάστατων μοντέλων αποτελεί το θεμέλιο της επιστήμης της όρασης υπολογιστικών και των γραφικών υπολογιστών, κεντρίζοντας το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας. Προάγει μια σύνθετη μέθοδο για τη δημιουργία υπολογιστικών μοντέλων που απεικονίζουν τρισδιάστατα τόσο τη μορφή όσο και την εμφάνιση πραγματικών αντικειμένων, όπου στηρίζεται σε ένα σύνολο εικόνων δύο διαστάσεων. Η «τρειςδιάστατη ανακατασκευή», αποσκοπεί στην απεικόνιση του σχήματος και της εμφάνισης ενός μνημείου, καθώς και στην παρουσίαση πληροφοριών χρώματος και βάθους (Unar κ.ά., 2019, σελ. 2).

7.2.1 Φωτορεαλιστικές Απεικονίσεις Εδωλίων. Αξιοποίηση Ψηφιακών εργαλείων

Η αφαίρεση ανεπιθύμητων στοιχείων από τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα, όπως και ο προσανατολισμός τους είναι σημαντικές επεμβάσεις για την ολοκλήρωση της τελικής μορφής του μοντέλου. Χρησιμοποιώντας εμπορική εφαρμογή λογισμικού, το *MeshLab* (Cignoni κ.ά., 2008) (Ranzuglia, κ.ά., 2013), η διαδικασία αυτή γίνεται ακόμη πιο αποτελεσματική και ευέλικτη, καθώς επιτρέπει την εισαγωγή και εξαγωγή αρχείων σε διάφορες μορφές, συμπεριλαμβανομένων των .obj αρχείων, όπου και χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση τρισδιάστατων μοντέλων.

Πρόκειται για λογισμικό ανοιχτού κώδικα που εστιάζει στην επεξεργασία τρισδιάστατων πλεγμάτων. Στοχεύει στη διαχείριση και επεξεργασία μη δομημένων μεγάλων πλεγμάτων παρέχοντας ένα εύρος

εργαλείων για τον «καθαρισμό», την επεξεργασία, την απόδοση, τον προσανατολισμό και την επιδιόρθωση ρεαλιστικού μοντέλου. Το λογισμικό καταξιώνεται ιδιαίτερα στους τεχνικούς τομείς όπου η τρισδιάστατη ανάπτυξη και διαχείριση δεδομένων αποτελούν απαραίτητες δεξιότητες. Το *MeshLab* αναπτύχθηκε ως ακαδημαϊκό έργο στα τέλη του 2005 από το ερευνητικό κέντρο ISTI-CNR ΤΟΥ Πανεπιστημίου της Πίζας (Unar κ.ά., 2019, σελ. 1–3).

Προσανατολισμός

Ο προσανατολισμός του τρισδιάστατου εδωλίου στους άξονες (x,y,z) στον ψηφιακό καμβά, του λογισμικού MeshLab, είναι μια διαδικασία που περιλαμβάνει τη σωστή τοποθέτηση και ρύθμιση του αντικειμένου μέσα σε έναν εικονικό τρισδιάστατο χώρο. Υλοποιήθηκε μέσω εξειδικευμένων εργαλείων και λειτουργιών που προσφέρει το πρόγραμμα. Τα βασικά βήματα που συντελούν στην ενέργεια αυτή, αναγράφονται αναλυτικά:

- I. Εισαγωγή του αρχείου .obj, που συντέθηκε από το Reality Capture, στο MeshLab.
- II. Ενεργοποίηση των αξόνων και των αξόνων (x,y,z), από την γραμμή εργαλείων, προσαρμόζοντας την ορθή προβολή του αντικειμένου στην επιλογή “View from top (Top z up)”.
- III. Μετατόπιση του μοντέλου στους άξονες. Εκτελείται με τη χρήση του πλήκτρου T και x ή y, για την μετακίνηση του μοντέλου στους αντίστοιχους άξονες. Για την μετατόπιση κατά μήκος του άξονα z, επιλέγεται “View from front”, T και z αντιστοίχως, ευθυγραμμίζοντας το εδώλιο.
- IV. Προσαρμογή προσανατολισμού. Στο μενού (δεξιά) με το όνομα του αρχείου εκτελείται δεξιά κλικ και επιλέγεται “Matrix: Freeze Current Matrix” για να παγωθεί η τρέχουσα θέση του μοντέλου.
- V. Αποθήκευση του μοντέλου με το νέο προσανατολισμό.

Το λογισμικό διατηρεί την μορφή του αρχικού αρχείου κατά την αποθήκευση του τελικού μοντέλου, δηλαδή το τελικό και μορφοποιημένο μοντέλο που δημιουργείται και αποθηκεύεται θα είναι επίσης στη μορφή .obj. Αυτό εξασφαλίζει την ευελιξία της χρήσης του τρισδιάστατου εδωλίου, είτε για περαιτέρω επεξεργασία, είτε για τη χρήση του σε άλλες εφαρμογές χωρίς απώλεια δεδομένων και μετατροπές.

Απομάκρυνση περιττών γραφικών

Με τη χρήση των κατάλληλων εργαλείων του λογισμικού, αναγνωρίζονται και επιλέγονται τα ανεπιθύμητα στοιχεία που πρόκειται να αφαιρεθούν, όπως οι ξύλινες παλέτες στη συγκεκριμένη περίπτωση, που χαρακτηρίζουν την αυτοσχέδια βάση των εδωλίων κατά τη φωτογράφιση. Μετά την ανίχνευση των ανούσιων πλέον στοιχείων, εφαρμόζονται οι κατάλληλες τροποποιήσεις στην αναπαράσταση για την αφαίρεση των επιλεγμένων στοιχείων, εξασφαλίζοντας έτσι την επιθυμητή καθαρότητα της σκηνής.

Για την επεξεργασία ενός ψηφιακού εδωλίου, υλοποιήθηκε διεξοδική εφαρμογή των παρακάτω:

- I. Φόρτωση του μοντέλου στο σχεδιαστικό περιβάλλον.
- II. Τοποθέτηση του ψηφιακού μοντέλου σε ορθή προβολή.
- III. Από το μενού *Layers*, ρυθμίστηκε η σκίαση/ ο φωτισμός του αντικειμένου ως εξής: *Face None, Color Used Defined, Back face Single, Texture Coord Off*³².
- IV. Ενεργοποιώντας τη λειτουργία της περικοπής, από τη γραμμή εργαλείων, υπάρχει η δυνατότητα αφαίρεσης κορυφών ή πλεγμάτων, όπως διεξάγεται με *Control*, σήμανση στοιχείων και *Delete*. Εστιάζοντας σε λεπτομέρειες ή δημιουργώντας άλλες γεωμετρικές μορφές διαγράμμισης χρησιμοποιήθηκε το εικονίδιο με το πινέλο, όπως αντίστοιχα *Delete* για διαγραφή των επιλεγμένων.
- V. Αποθήκευση της τελικής του μορφής του ψηφιακού εδωλίου, που θα αξιοποιηθεί στην πορεία.

Εφαρμογή κλίμακας (Scaling)

Σειρά έχει η πρακτική επεξεργασία των ψηφιακών μοντέλων, των εδωλίων, με βάση τις πραγματικές διαστάσεις (1:1) και τον προσανατολισμό τους στους άξονες (x,y,z), με τη χρήση ομοίως του λογισμικού MeshLab. Ενώ η φωτογραμμετρία μπορεί να δημιουργήσει πολύ ακριβή μοντέλα, βάση της αρχής της τριγωνομετρίας, υπάρχουν και σημαντικοί περιορισμοί. Οι αλγόριθμοι της φωτογραμμετρίας δεν επιτρέπουν την εξαγωγή αντικειμένων σε φυσικό μέγεθος.

Η φωτογραμμετρία μπορεί να μετρήσει μόνο τις αποστάσεις και τις γωνίες μεταξύ των σημείων που εμφανίζονται στις φωτογραφίες. Εάν δεν υπάρχει γνωστή κλίμακα αναφοράς, η φωτογραμμετρία δεν μπορεί να καθορίσει το πραγματικό μέγεθος των αντικειμένων. Στόχος είναι η αναπαράσταση των εδωλίων να καταστεί όσο το δυνατόν πιο ακριβής και αξιόπιστη.

Η διαδικασία της κλιμάκωσης διαδέχεται του προσανατολισμού, με σκοπό τη διασφάλιση της ορθής τοποθέτησης των μοντέλων στο ψηφιακό περιβάλλον. Η μέθοδος βασίζεται σε σημεία αναφοράς που έχουν επισημανθεί στην επιφάνεια κάθε εδωλίου και συγκεκριμένα στην χαρακτηριστική επάνω όψη, όπου αναγράφεται και ο μοναδικός αριθμός του. Η κλίμακα εφαρμόστηκε ομοιόμορφα σε όλους τους άξονες αυτόματα, έτσι το εδώλιο διατηρεί τις αρχικές του αναλογίες και αυξάνεται ή μειώνεται εξίσου σε όλες του τις διαστάσεις.

Η εκτίμηση ότι η κλιμάκωση των εδωλίων είναι απαραίτητη προκειμένου να διατηρηθεί η αξιοπιστία των μετρήσεων αποτελεί σημαντική παρατήρηση λόγω των πιθανών παραμορφώσεων που μπορεί να προκύψουν από τη φωτογραμμετρία. Η κλιμάκωση των μοντέλων αποτελεί μια εργασία όπου τα μετρημένα δεδομένα από τη φωτογραμμετρία προσαρμόζονται έτσι ώστε να αντιστοιχούν στις πραγματικές

³² Πρόκειται για εξατομικευμένες επιλογές, που βρίσκονται στην κρίση του χρήστη και προσαρμόζονται στις προτιμήσεις του.

διαστάσεις των εδωλίων. Αυτό πραγματοποιείται μέσω της γνωστής αναφοράς, δηλαδή των ψηφιακών διαστάσεων σε συνάρτηση των πραγματικών μετρήσεων.

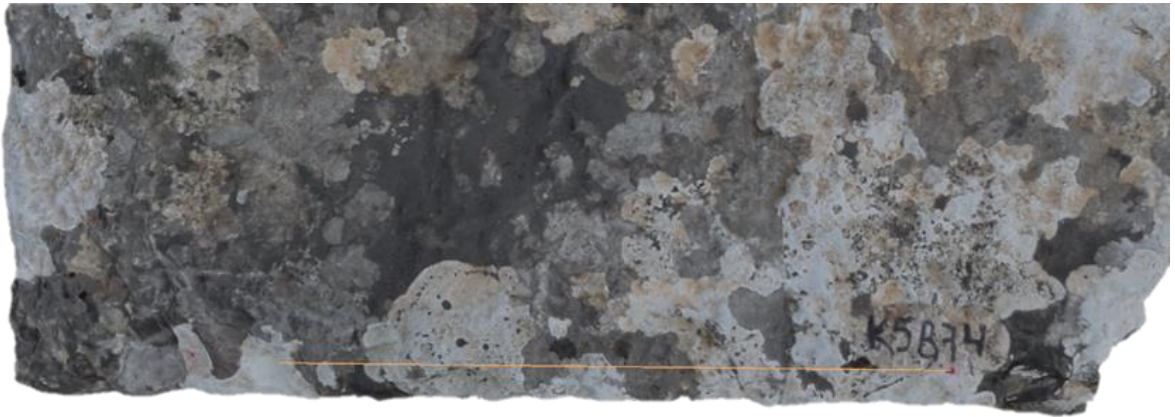
Πρόκειται για μια διαδικασία υπολογισμών και μαθηματικών πράξεων, που εφαρμόζεται διαδοχικά σε κάθε ένα από τα 75 εδώλια. Τα εδώλια ανάλογα με το μέγεθός τους χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες, βάση των χαρακτηριστικών κουκίδων που αναγράφονται σε κάθε ένα. Κατά την υλοποίηση της πρακτικής εφαρμογής συμβουλευτήκαμε το έγγραφο των πραγματικών μετρήσεων (Παράρτημα Β) που έχει συνταχθεί από τους μηχανικούς. Αναλυτικά τα εδώλια αποτελούσαν τις κατηγορίες:

- α. Απόσταση κουκίδων 1 μέτρο και άνω (1.000 mm)
- β. Απόσταση κουκίδων κάτω από 1 μέτρο έως 50, 60 εκατοστά (500 mm)
- γ. Απόσταση κουκίδων κάτω από 50, 30 εκατοστά (300 mm)

Η ψηφιακή μέτρηση των κουκίδων πραγματοποιείται με χρήση της μετροταινίας και άλλων εξειδικευμένων λειτουργιών, στην πλατφόρμα του MeshLab και αποτυπώνεται σε χιλιοστά. Για την μετατροπή του μεγέθους του μοντέλου στις πραγματικές διαστάσεις, ο αριθμός που προκύπτει διαιρείται κάθε φορά με τον αριθμό της κατηγορίας (α, β ή γ) όπου ανήκει το εδώλιο, σύμφωνα δηλαδή με το μέγεθός του. Η επαλήθευση του αποτελέσματος της μαθηματικής πράξης γίνεται από τις πραγματικές διαστάσεις που αναγράφονται στο έγγραφο.



Εικόνα 29 Ανίχνευση Κουκίδων. Προσωπικό Αρχείο.



Εικόνα 30 Χρήση Μετροταινίας για την μέτρηση. Προσωπικό Αρχείο.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την προσαρμογή κλίμακας σε κάθε ψηφιακό εδώλιο, συντάσσεται αναλυτικά:

- I. Τοποθέτηση εδωλίου σε ορθή προβολή.
- II. Εφαρμογή εντολής Zoom για ευελιξία κινήσεων στην ανίχνευση των σημείων (εικ.).
- III. Χρήση της μετροταινίας, από την γραμμή εργαλείων, για την μέτρηση της απόστασης μεταξύ των κουκίδων (εικ.). Πραγματοποιείται σύροντας από την μία κουκίδα στην άλλη, καθώς ο ψηφιακός αριθμός που αναγράφεται, χρησιμοποιούνται για τη μετατροπή του μεγέθους.
- IV. Διαιρείτο ο πραγματικός αριθμός της μέτρησης με την τον αριθμός που προέκυψε από την ψηφιακή μέτρηση καθώς συμπληρώθηκε σε ειδικό πεδίο.
- V. Από την γραμμή εργαλείων επιλέγεται: Filters > Normals, Curvatures, Orientation > Transform: Scale, Normalize.
- VI. Εμφανίζεται το πεδίο Ομοιόμορφης Κλιμάκωσης (Uniform Scale) και στο πλαίσιο Scale, συμπληρώνεται ο αριθμός της αριθμητικής πράξης. Ο αριθμός αυτός υποδηλώνει πόσες φορές θα «μεγαλώσει» το τρισδιάστατο μοντέλο για να αντιστοιχεί στις πραγματικές διαστάσεις του εδωλίου. Ακολουθούν OK > Apply > Close.
- VII. Πληκτρολόγηση Control + H για την εμφάνιση του μοντέλου στην επιφάνεια εργασίας του MeshLab.
- VIII. Για λόγους επαλήθευσης και επιβεβαίωσης της ορθής κλιμάκωσης, πραγματοποιήθηκε μέτρηση από την μία άκρη του εδωλίου προς την άλλη (δεξιά-αριστερά), μέσω μετροταινίας, όπως ο αριθμός θα έπρεπε να συμπίπτει με έναν από τους αριθμούς των κατηγοριών (α, β ή γ) που ανήκει το εδώλιο κάθε φορά.
- IX. Το ψηφιακό εδώλιο αποθηκεύεται και είναι έτοιμο για τις επόμενες διαδικασίες του αναστηλωτικού έργου.

Λόγω των προαναφερθέντων διαδικασιών τα εδώλια έχουν ευθυγραμμιστεί με ακρίβεια και έχουν σωστές διαστάσεις με ακρίβεια 1:1. Κατ' αυτόν τον τρόπο γίνεται πράξη η ψηφιακή αναπαράσταση αυτών των αρχιτεκτονικών μελών στις ακριβείς θέσεις τους στο κοίλο, του θεάτρου.

7.3 Συσχετισμός Εδωλίων και Φυσικού Υπόβαθρου

Χάρη στην αφοσίωση και την τεχνογνωσία των ειδικών της Εφορίας Αρχαιοτήτων Ιωαννίνων, η κερκίδα Κ9Α του θεάτρου απέκτησε ψηφιακή υπόσταση. Αυτή η προσπάθεια δεν περιορίζεται μόνο στην ακριβή αναπαράσταση της αρχιτεκτονικής δομής, αλλά και στην ενσωμάτωση γεωγραφικών αναφορών που σχετίζονται με τον αρχαιολογικό χώρο της Δωδώνης. Η ψηφιακή αναπαράσταση αποδεικνύεται εξαιρετικά χρήσιμη στη μελέτη του τρόπου με τον οποίο τα εδώλια συνδέονται με τον φυσικό βράχο, που έχει λαξευτεί η κερκίδα.

Σύμφωνα με την προηγούμενη μελέτη που αφορά την κερκίδα Κ9Α, η οποία εκπονήθηκε από τους Δ. Μακρή και Π. Κατσούδα, διατίθεται πλέον ως υποστηρικτικό υλικό. Έπειτα από ενδελεχή μελέτη αξιοποιήθηκε ως βάση και υλοποιήθηκε η ίδια μεθοδολογία για την ανακατασκευή της κερκίδας 5B (Makris και Katsoudas, 2024).

Η παρούσα ανάλυση υιοθετεί τα ευρήματα και τα δεδομένα της προηγούμενης έρευνας για να διασφαλίσει την ακρίβεια και την πληρότητα των πληροφοριών που αφορούν την κερκίδα Κ5B. Με αυτό τον τρόπο, επιτυγχάνεται η συνέχιση και η επέκταση του έργου τεκμηρίωσης και διατήρησης του αρχαίου θεάτρου, εξασφαλίζοντας ότι κάθε νέα μελέτη βασίζεται σε αλληλένδετα και καλά τεκμηριωμένα δεδομένα.

Προς αναζήτηση των αρχικών θέσεων, βρίσκεται σε εξέλιξη ένα ολοκληρωμένο έργο αποκατάστασης των κερκίδων του θεάτρου. Το έργο συνδυάζει την τεχνογνωσία διαφόρων ειδικών. Αρχικά, μια τοπογραφική μελέτη από τον Γ. Βοζίκη καθόρισε την ακριβή θέση και διάταξη του μνημείου. Στη συνέχεια, ο Γραμματοπόπουλος και ο Πανουσάκης εμβάθυναν στην αρχιτεκτονική του μνημείου, με τον Γ. Αντωνίου να λειτουργεί συμβουλευτικά ως αρχιτέκτονας. Η μελέτη συντήρησης του Π. Θεουλάκη διασφάλισε τη διατήρηση της ιστορικής ακεραιότητας του μνημείου, ενώ η στατική μελέτη του Χατζηαντωνίου για το ανάλημα εγγυήθηκε τη σταθερότητά του. Προηγμένες τεχνολογίες, όπως η φωτογραμμετρία και η σύνθεση νεφών σημείων, αξιοποιήθηκαν για τη λεπτομερή αποτύπωση της γεωμετρίας του μνημείου. Τέλος, αποκαταστάθηκαν δύο ανατολικές κερκίδες και επτά δυτικές, με τη Εφορία Αρχαιοτήτων Ιωαννίνων να επιβλέπει αυτές τις πτυχές.

Έπειτα από τον σχολαστικό καθαρισμό και την απομάκρυνση των δομικών στοιχείων, τα εκτεθειμένα πετρώματα υποβλήθηκαν σε ενδελεχή τεκμηρίωση, διάρκειας 6 μηνών. Η φάση αυτή αξιοποίησε την τρισδιάστατη τεχνολογία για να δημιουργήσει ένα εξαιρετικά ακριβές ψηφιακό αρχείο των χαρακτηριστικών του φυσικού βράχου. Η δράση αυτή ξεπέρασε τις παραδοσιακές μεθόδους καταγραφής, επιτρέποντας την εις βάθος μελέτη και ανάλυση σε εικονικό περιβάλλον. Επίσης, το τρισδιάστατο αρχείο

είναι το θεμέλιο για τις μελλοντικές αναφορές καθώς και πολύτιμη συμβουλευτική πηγή για αρχαιολόγους και ερευνητές.

Προς την επίτευξη μιας ολιστικής αντίληψης για την διάταξη του μνημείου, υλοποιήθηκε σχολαστική φωτογραμμετρική αποτύπωση. Η διαδικασία περιλάμβανε πολυάριθμες λήψεις από διάφορες γωνίες, οι οποίες στη συνέχεια συνδυάστηκαν με τη χρήση εξειδικευμένου λογισμικού, για τη σύνθεση πιστής ψηφιακής αποτύπωσης το βραχώδους κοίλου.

Συνοπτικά για τη φωτογράφιση του βράχου χρησιμοποιήθηκε Nikon D5100 DSLR με φακό 12-24 mm στα 20 mm. Επιλέγεται f/14 για μεγάλο βάθος πεδίου, ISO 200 για μείωση θορύβου και αυτόματο Shutter Speed. Η μηχανή τοποθετήθηκε σε τρίποδο για ευκρίνεια και σταθερότητα, με 80% επικάλυψη στις λήψεις (Κούραπα Γλέζου και Τσεχμετζή, 2023).

Η φωτογράφιση έγινε περιμετρικά και σε παράλληλες νοητές γραμμές, με πολλαπλές λήψεις σε διαφορετικά ύψη και γωνίες. Συνολικά, λήφθηκαν 12 φωτογραφίες ανά θέση, με κλίση 45 μοιρών και αλλαγή κατεύθυνσης της κάμερας.

Λόγω του ανάγλυφου και της κλίσης του εδάφους, μερικές οριζόντιες λήψεις δεν περιείχαν το θέμα και παραλείφθηκαν. Σε σημεία όπου δεν ήταν δυνατή η χρήση τριπόδου οι λήψεις πραγματοποιήθηκαν με το χέρι. Εξαιτίας των χρονικών περιορισμών η φωτογράφιση έγινε στις τρέχουσες και καιρικές συνθήκες και οι δυσκολίες αντιμετωπίστηκαν καταλλήλως.

Κάθε μοντέλο έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην ακόλουθη φάση τρισδιάστατων ψηφιακών δοκιμών, καθώς εξετάστηκαν και αναλύθηκαν εικονικά διαφορετικές επιλογές τοποθέτησης των εδωλίων εντός του κοίλου. Με την απεικόνιση αυτών των πιθανών διαμορφώσεων σε ψηφιακό περιβάλλον, οι αρχαιολόγοι μπορούν να λάβουν τεκμηριωμένες αποφάσεις πριν ξεκινήσει οποιαδήποτε φυσική ανακατασκευή.

Για την διατήρηση της ιστορικής συνέχειας κατά την απόσταση των εδωλίων, η διαδικασία αξιοποιεί ψηφιακή τεκμηρίωση του υποβάθρου. Λεπτομερείς σαρώσεις υψηλής ανάλυσης και τρισδιάστατες σαρώσεις δημιουργούν ακριβή ψηφιακά μοντέλα των αρμών, αποτυπώνοντας με ακρίβεια τη γεωμετρία, τις διαστάσεις και τις υφές. Επίσης, οι εικονικές αναπαραστάσεις αξιοποιήθηκαν και για τον εντοπισμό και μετριασμό πιθανών κινδύνων κατά την διαδικασία απόσπασης. Η προσέγγιση αυτή διασφάλισε μια πιο βιώσιμη και τεκμηριωμένη αποκατάσταση διατηρώντας την ιστορική ακεραιότητα και προωθώντας την υπεύθυνη επαναχρησιμοποίηση υλικών (Makris και Katsoudas, 2024).

Για την φωτογραμμετρική χαρτογράφιση του φυσικού βράχου με παράλληλες γραμμές, χρησιμοποιήθηκαν δισδιάστατες εικόνες συνθέτοντας το τρισδιάστατο μοντέλο του βράχου. Η διαδικασία περιλάμβανε:

- Λήψη 2.600 φωτογραφιών από διαφορετικές γωνίες, καλύπτοντας ολόκληρη την επιφάνεια του βράχου.
- Επεξεργασία φωτογραφιών για την αφαίρεση τυχόν ατελειών ή παραμορφώσεων.

- Χρήση φωτογραμμετρικού λογισμικού (Reality Capture) για την εξαγωγή τρισδιάστατων δεδομένων.
- Ψηφιακή αναπαράσταση του 3D του βράχου, άρτια δόμηση για μετέπειτα αξιοποίηση.

Η σύνθεση ενός λεπτομερούς ψηφιακού μοντέλου αποδείχθηκε απαραίτητη για την διεξαγωγή γεωλογικών και μηχανικών μελετών, συμβάλλοντας στην ενίσχυση της δομικής σταθερότητας και στην άρτια τοποθέτηση των εδωλίων στο βραχώδες υπόστρωμα. Η τεκμηρίωση δεν περιορίστηκε μόνο στην ορατή δομή, αλλά επεκτάθηκε και στα κρυμμένα θεμέλια και τα υποκείμενα βραχώδη στοιχεία. Η δημιουργία αυτού του πλούσιου αρχείου επιτρέπει τον αποτελεσματικό εντοπισμό των λανθασμένων τοποθετήσεων αλλά και την άρτια επανατοποθέτηση των κατάλληλων εδωλίων. Επιπλέον οι τρισδιάστατες αναπαραστάσεις και η επισταμένη τεκμηρίωση αποτελούν χρήσιμα εργαλεία για τον προσδιορισμό της αρχικής θέσης κάθε στοιχείου διασφαλίζοντας την ακεραιότητα του μνημείου .

Στο πλαίσιο της υλοποίησης μιας αντίστοιχης εφαρμογής στην κερκίδα K5B, η μελέτη εστιάζει σε τρία βασικά στοιχεία:

- I. Το φυσικό υπόβαθρο της κερκίδας: Λεπτομερής απεικόνιση του φυσικού περιβάλλοντος της κερκίδας, λαμβάνοντας υπόψη χαρακτηριστικά όπως η διαμόρφωση του εδάφους, η ύπαρξη τυχόν εμποδίων ή στοιχείων υποδομής και η γενικότερη αρχιτεκτονική του χώρου.
- II. Τα εδώλια: Η 3D απεικόνιση των καθισμάτων (εδωλίων) του θεάτρου, με δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης για την υλοποίηση ρεαλιστικών μοντέλων, λαμβάνοντας υπόψη χαρακτηριστικά όπως η διαρρύθμιση, η διάταξη και η τυχόν ύπαρξη διαφορετικών κατηγοριών θέσεων.
- III. Γραμμές χάραξης: Ενσωμάτωση γραμμών χάραξης που οριοθετούν τον χώρο (σειρές εδωλίων) και διευκολύνουν την οπτική αναπαράσταση της κερκίδας, λαμβάνοντας υπόψη στοιχεία όπως γραμμές οριοθέτησης τμημάτων και τυχόν σημάνσεις ασφάλειας.

Η ψηφιακή αναπαράσταση της κερκίδας K5B βασίζεται σε αυτά τα τρία θεμελιώδη στοιχεία, τα οποία μπορούν να εμπλουτιστούν μελλοντικά με επιπρόσθετες πληροφορίες και δυνατότητες. Η συνένωση του υλικού που έχει συλλεχθεί από τον Π. Κατσούδα με τα ψηφιακά στοιχεία, τα οποία θα υλοποιηθούν είναι απαραίτητα για να διασφαλιστεί η ακρίβεια και η πληρότητα της τρισδιάστατης αναπαράστασης (Makris και Katsoudas, 2024).

Η αναστήλωση της κερκίδας αυτής βρίσκεται σε εξέλιξη καθώς επίσης και το πλαίσιο τεκμηρίωσής της. Χάρης την αφοσίωση και την συνεργατική διάθεση του Π. Κατσούδα συντέθηκαν όπως και μας αποδόθηκαν ψηφιακά δεδομένα της κερκίδας. Συγκεκριμένα το 3D μοντέλο του φυσικού βράχου, το οποίο κατασκευάστηκε λαμβάνοντας υπόψη το ανάγλυφο και τις ιδιαιτερότητες του τοπίου. Αποτέλεσε κρίσιμη διαδικασία για την ακριβή αποτύπωση των χαρακτηριστικών του βραχώδους υποβάθρου.

Μέσω αυτής της διαδικασίας, αναδείχθηκε η κερκίδα του θεάτρου και αποτυπώθηκαν επιτυχώς οι γραμμές χάραξης των εδωλίων με μεγάλη σαφήνεια, από τον αρμόδιο μηχανικό επίσης. Παρατηρείται ότι οι ακμές

των βαθμίδων συμπίπτουν ακριβώς με τις θέσεις των εδωλίων, υποδεικνύοντας την προσεκτική και ακριβή σχεδίαση του αρχαίου θεατρικού χώρου.

Από τα δεδομένα που συλλέξαμε, συγκεκριμένα το τρισδιάστατο μοντέλο της κερκίδας και το αρχείο με τις γραμμές χάραξης από τον μηχανικό (Π. Κατσούδας) της Εφορίας Αρχαιοτήτων Ιωαννίνων, προωθήθηκαν σε λογισμικό για περαιτέρω μελέτη. Κατά την ανάλυση των δεδομένων προέκυψαν δύο σημαντικά χαρακτηριστικά του βραχώδους υποβάθρου. Προσδιορίστηκαν οι οριζόντιες επιφάνειες του βράχου, κατάλληλες για την έδραση των εδωλίων, όπως επίσης και οι κατακόρυφες επιφάνειες που λειτουργούν ως υποστήριξη της πίσω όψης των εδωλίων.

Η χρήση του λογισμικού Cloud Compare για τη διαχείριση και επεξεργασία τόσο των ψηφιακών δεδομένων όσο και της τρισδιάστατης κερκίδας αποτέλεσε σημαντικό πόρο στην τεκμηρίωση, καθώς κατάφερε να υποστηρίξει το μέγεθος, τον τύπο (E57) και την υψηλή ανάλυση. Πρόκειται για ένα λογισμικό ανοιχτού κώδικα, με σκοπό την επεξεργασία και ανάλυση τρισδιάστατων δεδομένων σάρωσης. Υποστηρίζει διάφορες μορφές δεδομένων όπως: LAS, PLY, OBJ κ.ά.

Προσφέρει εξαιρετική ευελιξία στην επιμέλεια τρισδιάστατων νεφών σημείων, καθώς μπορεί να διαχειριστεί οποιονδήποτε αριθμό πρόσθετων τιμών (πεδία κλιμάκων) που σχετίζονται με κάθε σημείο. Οι τιμές αυτές μπορούν να αναλυθούν με τη χρήση εξειδικευμένων αλγορίθμων εντός του CloudCompare. Αυτή η λειτουργικότητα δεν επηρεάζει την ικανότητα του λογισμικού να διατηρεί ακριβή πυκνότητα σημείων (Haloïu κ.ά., 2019, σελ. 76).

Με το εργαλείο αυτό, ήταν εφικτή η εξαγωγή του ψηφιακού μοντέλου της κερκίδας σε μορφή .obj, κρίσιμο βήμα για την ομαλή διεκπεραίωση του στόχου. Αυτός ο τύπος αρχείου είναι αποδεκτός και συμβατός στην πλατφόρμα ψηφιακής αποθήκευσης, ARIADNE όπου θα υποστηρίξει το έργο.

Διαδικτυακό Αποθετήριο

Πρωταρχικό βήμα, κατά την υλοποίηση της ψηφιακής αποκατάστασης ήταν η δημιουργία ενός λογαριασμού με προσωπικά στοιχεία, μια γενική περιγραφή της καταχώρησης, διεύθυνση URL, στο διαδικτυακό αποθετήριο ARIADNE. Αυτό εξασφάλιζε την προστασία των προσωπικών δεδομένων και την κατοχύρωση των πνευματικών δικαιωμάτων στον παγκόσμιο ιστό, για το έργο που πρόκειται να διαμοιραστεί στην πλατφόρμα.

Ακολούθησε η μεταφορά του τρισδιάστατου μοντέλου της κερκίδας στο σχεδιαστικό περιβάλλον του ανοιχτού λογισμικού, του αποθετηρίου. Η εκτέλεση απαρτιζόταν από απλά και κατανοητά βήματα που αναδεικνύονταν στο μενού της πλατφόρμας. Εκεί, αξιοποιώντας στοιχεία από την εξειδικευμένη μελέτη της Εφορίας Αρχαιοτήτων, συμβουλευμένοι πρακτικά ένα αρχείο πληροφοριών τύπου Excel και με οδηγό τις κατευθυντήριες γραμμές που όρισε, τέθηκε σε εφαρμογή η μεθοδολογία με στόχο τον εντοπισμό των αρχικών θέσεων των εδωλίων.

Με μεθοδικότητα και ακρίβεια, τα ψηφιακά μοντέλα των εδωλίων άρχισαν σταδιακά να ενσωματώνονται στο αποθετήριο, μέσω κατανοητών λειτουργιών που αναγράφονταν στο μενού της διαδικτυακής σελίδας. Ένα προς ένα, τοποθετήθηκαν στις προκαθορισμένες τους θέσεις, υφαίνοντας προοδευτικά την ψηφιακή αναπαράσταση της κερκίδας.

Κεφάλαιο 8 | Συζήτηση – Συμπεράσματα

- Η τρισδιάστατη ψηφιοποίηση του αρχαίου θεάτρου της Δωδώνης υπογραμμίζει ένα εγχείρημα με πολλαπλά οφέλη, αγγίζοντας τόσο τη διατήρηση της ιστορικής κληρονομιάς όσο και την ανάπτυξη της σύγχρονης πολιτιστικής ζωής.
- Με προηγμένες τεχνολογίες δημιουργείται ένα ακριβές αντίγραφο του θεάτρου στον ψηφιακό κόσμο, διασφαλίζοντας την ύπαρξή του για τις μελλοντικές γενιές, ακόμη και αν το φυσικό μνημείο υποβληθεί σε φθορές ή καταστροφές.
- Η τρισδιάστατη σάρωση καταγράφει κάθε πτυχή και λεπτομέρεια, των αρχιτεκτονικών μελών και της κερκίδας του θεάτρου, προσφέροντας πολύτιμα δεδομένα για την αρχιτεκτονική, την κατασκευή και την ιστορία.
- Σημαντική παρατήρηση είναι ότι, η ψηφιακή μορφή και ο διαμοιρασμός σε ένα διαδικτυακό αποθετήριο, καθιστά το θέατρο προσβάσιμο σε ερευνητές, μελετητές και ιστοριοδίφες από όλο τον κόσμο, ανεξαρτήτου τοποθεσίας.

Το πρόγραμμα ψηφιοποίησης και αξιολόγησης της K5B του κοίλου έχει ως στόχο τη δημιουργία ενός ψηφιακού αρχείου του υποβάθρου και τις ενέργειες (επανατοποθέτησης, αποκατάστασης) των μελών μέσω τρισδιάστατης μοντελοποίησης, ψηφιακής αρχειοθέτησης των περιεχομένων τεκμηρίωσης και ανάλυσης των δυναμικών χαράξεων μελέτης (γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά). Αυτό το ψηφιακό πλαίσιο θα βελτιώσει τη διαχείριση των δεδομένων, ενισχύοντας παράλληλα τις ερευνητικές δυνατότητες, θα συμβάλει στη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς, καθώς επίσης σκοπός είναι να εξυγιάνει τη διαχείριση των αρχιτεκτονικών μελών (Makris και Katsoudas, 2024).

Συνολικά, η τρισδιάστατη ψηφιοποίηση ενός αρχιτεκτονικού μνημείου συνιστά μια πράξη πολιτιστικής ευθύνης και μια επένδυση στο μέλλον. Ψηφιοποιώντας το παρελθόν, εγείρονται γέφυρες με το μέλλον, διασφαλίζοντας την κληρονομιά και προωθώντας δυνατότητες για πολιτιστική έκφραση και δημιουργία.

8.1 Μεθοδολογικά Συμπεράσματα

Η αξιοποίηση της ψηφιακής τεχνολογίας επέτρεψε στους ειδικούς να «γυρίσουν πίσω στο χρόνο» μελετώντας παλαιά σχέδια και φωτογραφίες ανασυνθέτοντας την αρχική μορφή του θεάτρου. Συνεπώς, οι προηγμένες προσεγγίσεις συντήρησης, με την αρωγή ψηφιακών μέσων, όχι μόνο επιδιορθώνουν σφάλματα, αλλά φανερώνουν την αισθητική και αρχιτεκτονική αξία του μνημείου, χαράσσοντας ασφαλείς στρατηγικές για την υιοθέτηση πρακτικών εφαρμογών.

Φωτογραφικό Αρχείο

Το χρονοδιάγραμμα που ολοκληρώθηκαν οι εργασίες με έδρα το πεδίο, τον αρχαιολογικό χώρο του Ιερού της Δωδώνης, ήταν ανάλογο των παραμέτρων που έχρηζαν αποπεράτωση, πιο συγκεκριμένα, τον αριθμό των εδωλίων, των καιρικών συνθηκών και της διαθεσιμότητας των πόρων. Σημαντική προσοχή δόθηκε για την προστασία του εξοπλισμού από τις καιρικές συνθήκες, όπως και στην επισταμένη σήμανση των εδωλίων για την αποφυγή σύγχυσης κατά την φωτογράφιση.

Η διαδικασία ψηφιοποίησης ξεκινά με τη συλλογή δεδομένων από το πεδίο, χρησιμοποιώντας την τεχνική της φωτογραμμετρίας. Τα δεδομένα εισάγονται στα λογισμικά του ανοιχτού κώδικα για την επεξεργασία και τη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων υψηλής ανάλυσης. Η εφαρμογή αυτής ακολουθίας επιτρέπει την ακριβή αποτύπωση των αρχιτεκτονικών μελών, διευκολύνοντας τους ερευνητές να μελετήσουν με λεπτομέρεια τις κατασκευαστικές τεχνικές και τις ιστορικές αλλαγές που υπέστη το θέατρο στο πέρασμα των αιώνων.

Η φωτογράφιση των εδωλίων αποδείχθηκε μια πρόκληση, καθώς ανατέθηκε σε προσωπικό χωρίς την απαραίτητη εξειδίκευση, ενώ παράλληλα η εναλλασσόμενη φύση της απασχόλησής τους δημιούργησε πρόσθετες δυσκολίες. Η ταυτόχρονη εκτέλεση επιμέρους εργασιών του αναστηλωτικού προγράμματος ενίσχυσε τις προκλήσεις, δυσχεραίνοντας την ομαλή ολοκλήρωση της φωτογράφισης.

Οι επιπτώσεις της έλλειψης εξειδίκευσης και του εναλλασσόμενου προσωπικού έγιναν εμφανείς στον υψηλό αριθμό φωτογραφιών που κρίθηκαν ακατάλληλες. Σχεδόν το 66% (200 φωτογραφίες στις 300 κατά μέσο όρο) των λήψεων δεν πληρούσαν τα απαραίτητα κριτήρια, θέτοντας απαραίτητη την επεξεργασία τους. Αυτό όχι μόνο επηρέασε δυσμενώς την ποιότητα της τεκμηρίωσης, αλλά οδήγησε και αύξηση του χρόνου που απαιτήθηκε για την ολοκλήρωση των τρισδιάστατων απεικονίσεων των εδωλίων.

Η σύνταξη ψηφιακής λίστας με τα αρχεία και τις αναλυτικές μετρήσεις των εδωλίων για την διασφάλιση των δεδομένων καθώς και οι χειροκίνητες ρυθμίσεις (ISO, Ταχύτητα, Διάφραγμα) της φωτογραφικής μηχανής για λήψη άρτιων φωτογραφιών (στοιχείων τύπου NEF), συνέβαλαν προς την μέγιστη ευελιξία. Διευκόλυναν σημαντικά την διαδικασία επεξεργασίας στο λογισμικό Nikon – NxStudio οδηγώντας στην αποτελεσματική διεξαγωγή της εργασίας.

Κατά την επεξεργασία της εικόνας, ένα κρίσιμο στάδιο ήταν να τηρούνται τα «όρια», ώστε να αποφευχθεί η δημιουργία κόκκου και να εξασφαλιστεί η μέγιστη δυνατή ευκρίνεια της εικόνας. Αυτό σημαίνει ότι κατά την εφαρμογή φίλτρου/εφέ, την αύξηση της φωτεινότητας ή τη μετατροπή της εικόνας σε διαφορετικά μεγέθη, πρέπει να γίνεται με προσοχή ώστε να μην υπερβαίνονται οι φυσικές και τεχνικές δυνατότητες της εικόνας. Εύλογος είναι ο χειρισμός της διαδικασίας από συντηρητή λόγω της εξειδίκευσης, έτσι ώστε να διατηρηθούν τα χαρακτηριστικά λίθου κατά την τεχνική επεξεργασία της εικόνας.

Μία τέτοια αστοχία μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια λεπτομερειών και ποιότητας, καθώς και σε μείωση της αισθητικής αξίας της εικόνας. Επομένως, οι επεξεργαστικές διαδικασίες πρέπει να εφαρμόζονται με

σύνεση και ισορροπία, λαμβάνοντας υπόψη τις ανάγκες και τις απαιτήσεις τόσο της συγκεκριμένης εικόνας που επεξεργάζεται, όσο και την μετέπειτα αξιοποίηση των συνολικών φωτογραφιών στις ανάγκες του έργου.

- Η φωτογραμμετρία, πέρα από την από την απλή φωτογραμμετρική τεκμηρίωση, εξασφαλίζει την δυνατότητα δημιουργίας τρισδιάστατων αντιγράφων υψηλής ακρίβειας σε ψηφιακό περιβάλλον.
- Η εφαρμογή φωτογραμμετρικής μεθόδου δημιουργεί ένα εύχρηστο και ευέλικτο πλαίσιο τρισδιάστατης εργασίας, καθώς ο χειρισμός ψηφιακών αντιγράφων μνημείων στον υπολογιστή με τη χρήση ποντικιού είναι σαφώς πιο πρακτική σε σχέση με την εργασία επί πραγματικών αντικειμένων μεγάλου βάρους, όπως τα εδώλια (ενδεικτικό βάρος εδωλίου: 300 κιλά).
- Η ακριβής φωτογραμμετρική αποτύπωση επιτρέπει την ψηφιακή συμπλήρωση ελλিপών στοιχείων, τη δημιουργία μοντέλων υπό κλίμακα και την αξιοποίηση δεδομένων από πλήθος επιστημόνων και κλάδων της μηχανικής. Επί παραδείγματι: η μελέτη της σεισμικής συμπεριφοράς θεάτρου και μελών του, η υδρολογική και ακουστική συμπεριφορά, καθίσταται εφικτή μέσω ψηφιακών μοντέλων.
- Η συντήρηση μνημείων δεν περιορίζεται στην ανακατασκευή του υλικού λίθο, αλλά αγγίζει και την εικονική αναστήλωση σε ψηφιακά περιβάλλοντα, με δυνατότητες εκπαιδευτικής αξιοποίησης σε πανεπιστημιακά ιδρύματα.

Διαθέσιμα διαδικτυακά εργαλεία ελεύθερης ή ιδιωτικής πρόσβασης προσφέρουν στους χρήστες δυνατότητες χειρισμού και ανάλυσης τρισδιάστατων δεδομένων με ευελιξία και οικονομία. Τα ελεύθερα λογισμικά επεξεργασίας εικόνων και φωτογραμμετρίας, όπως αναφέρθηκαν, παρείχαν πλήθος πλεονεκτημάτων, όπως ευελιξία και ευκολία στη χρήση. Επέτρεπαν την εκτέλεση διαφόρων λειτουργιών όπως την διόρθωση χρώματος, τη βελτίωση της ανάλυσης, καθώς αντίστοιχα το φωτογραμμετρικό πρόγραμμα συνέθετε τρισδιάστατα μοντέλα από δισδιάστατες εικόνες. Η επιλογή αυτών των λογισμών έφερε εις πέρας την επίτευξη πιστών και αναλυτικών αποτελεσμάτων.

Ψηφιακά Μοντέλα

A. 3Δ Εδώλια

Ο προσανατολισμός κάθε μοντέλου είναι κρίσιμος για την άρτια και συνεκτική τρισδιάστατη αναπαράστασή του στα πλαίσια της ψηφιακής απεικόνισης. Αυτό εξασφαλίζει ότι τα εδώλια θα είναι σωστά τοποθετημένα και θα ανταποκρίνονται στις πραγματικές θέσεις και διαστάσεις, δίνοντας ένα ακριβές και αξιόπιστο αποτέλεσμα μέσω της τεχνική της φωτογραμμετρίας.

Επιπλέον, ο προσανατολισμός του τρισδιάστατου εδωλίου αποτελεί βασικό παράγοντα για την ακριβή του αναπαράσταση στο ψηφιακό περιβάλλον. Ένας άρτιος σχεδιασμός εξασφαλίζει την άψογη λειτουργικότητά του στις απαιτήσεις του τρέχοντος έργου. Η επιλογή του προσανατολισμού στους άξονες

(x,y,z) συνεκτιμά τόσο τις διαστάσεις και το σχήμα του εδωλίου, όσο και την εργονομία και την αισθητική του περιβάλλοντος που θα αξιοποιηθεί.

Κάθε ένα από τα εδώλια οφείλει να προσανατολιστεί ορθά, έτσι ώστε να συντονίζεται αρμονικά με τα υπόλοιπα αντικείμενα στον τρισδιάστατο χώρο, εξασφαλίζοντας ότι δεν υπάρχουν ελαττώματα και πως η διάταξη του κοίλου είναι εργονομική και λειτουργική.

Για την ρεαλιστική ανάλυση των εδωλίων στο ψηφιακό περιβάλλον, οι μετρήσεις εφαρμόζονται στις χαρακτηριστικές κουκίδες που έχουν επισημανθεί από ειδικούς του τομέα στο εργοτάξιο, στον αρχαιολογικό χώρο. Οι πραγματικές μετρήσεις επιδιώκουν την απόκτηση χρήσιμων δεδομένων για την περαιτέρω ανάλυση των εδωλίων αλλά και την επαλήθευση της ακρίβειας του ψηφιακού μοντέλου. Οι μετρήσεις των χαρακτηριστικών κουκίδων εφαρμόστηκαν με μεθοδικότητα και προσοχή, καθώς ήταν μια ιδιαίτερα απαιτητική διαδικασία.

Αυτή η προσέγγιση δίνει τη δυνατότητα για μια αντικειμενική αξιολόγηση της ακρίβειας των δεδομένων και παράλληλα διασφαλίζεται η ορθότητά τους, ενισχύοντας την ρεαλιστική αποτύπωση του ψηφιακού μοντέλου που αναπτύσσεται. Ο επιμελής έλεγχος και η συμφωνία με την προκαθορισμένη λίστα αναφοράς εξασφαλίζουν ότι οι μετρήσεις είναι αξιόπιστες συμβάλλοντας στην αποτύπωση των μορφολογικών χαρακτηριστικών των εδωλίων στο τρισδιάστατο ρεαλιστικό μοντέλο.

Σύμφωνα με τις ανάγκες του έργου το εδώλιο κλιμακώνεται (scale) για να προσαρμοστεί στο χώρο και στις αναλογίες της τελικής απεικόνισης. Η ομοιόμορφη εφαρμογή της κλίμακας σε όλους τους άξονες είναι ιδανική για την διατήρηση της συμμετρίας του σχεδίου, διασφαλίζοντας ότι το τελικό αποτέλεσμα παραμένει αρμονικό και ισορροπημένο. Αποτελεί κρίσιμο στάδιο στην ανάπτυξη του ψηφιακού μοντέλου, καθώς συμβάλλει σημαντικά στη συμφωνία ποιότητας και ακρίβειας των μετρήσεων, καθιστώντας την κλίμακα των εδωλίων αναπόσπαστη διαδικασία στο πλαίσιο της αρχαιολογικής αναστήλωσης.

Συνολικά, πρόκειται για θεμελιώδες πρακτικές εφαρμογές στον σχεδιασμό και την κατασκευή τρισδιάστατων μοντέλων, διότι κατοχυρώνουν πως το ψηφιακό αντικείμενο είναι τοποθετημένο και προσανατολισμένο σωστά για την τελική του χρήση και παρουσίαση.

Η πιστή τήρηση όλων αυτών των ενεργειών, σε κάθε ένα ξεχωριστά από τα 75 διαθέσιμα ψηφιακά μοντέλα των λίθινων εδωλίων, συνέβαλλε καθοριστικά στη επιτυχή έκβαση του ψηφιακού έργου. Η ακριβής εφαρμογή της μεθοδολογίας διασφάλισε τη σωστή επεξεργασία και προετοιμασία των μοντέλων, ενισχύοντας την ακρίβεια και την αξιοπιστία των δεδομένων.

B. 3Δ Κερκίδα

Ο προσδιορισμός της γεωγραφικής θέσης της κερκίδας, αποδεικνύεται πολύτιμο εργαλείο στην αρχαιολογική μελέτη. Το ψηφιακό μοντέλο παρέχει ολιστική εικόνα της θέσης της κερκίδας, στο κοίλο

του θεάτρου και κατ' επέκταση στον ιστορικό χώρο. Αυτό συμβάλει στη βέλτιστη κατανόηση του αρχαίου θεάτρου και της τοποθεσίας του.

Μέσω της τεχνολογίας, κατέστη δυνατή η ρεαλιστική αποτύπωση της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στις κατασκευές και το φυσικό περιβάλλον, αναδεικνύοντας τεχνικές και μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν στην αρχαιότητα για την εναρμόνιση της ανθρώπινης δημιουργίας με το φυσικό τοπίο. Αυτή η προσέγγιση προσφέρει νέες προοπτικές στην κατανόηση της αρχιτεκτονικής και των πρακτικών κατασκευής της εποχής, διευκολύνοντας τη λεπτομερή ανάλυση και την αποκατάσταση του αρχαιολογικού χώρου.

Η διαδικασία εύρεσης της αρχικής θέσης των εδωλίων αναφορικά με το υπόβαθρο της κερκίδας 5B, συνδυάζει ψηφιακή τεχνογνωσία με αρχαιολογική τεκμηρίωση. Αποτελεί ένα επίπονο, κρίσιμο αλλά συναρπαστικό εγχείρημα, με στόχο την αποκάλυψη της αυθεντικής μορφής και λειτουργίας της κερκίδας. Πρόκειται για εφαρμογή, που απαιτεί υπομονή και λεπτομερή εργασία, μοιάζει με ένα παζλ που σταδιακά παίρνει μορφή, αποκαλύπτοντας την τάξη και την αρμονία της αρχαίας κατασκευής.

Η ανάπτυξη του εγχειρήματος στο διαδικτυακό αποθετήριο ARIADNE αποδείχθηκε μια δύσκολη εργασία καθώς ο μεγάλος όγκος δεδομένων δημιούργησε καθυστερήσεις στην ολοκλήρωσή του, υπερβαίνοντας τα αρχικά χρονοδιαγράμματα. Η εκτέλεση της εργασίας στο αποθετήριο βρίσκεται σε εξέλιξη και προγραμματίζεται να ολοκληρωθεί στο άμεσο μέλλον. Η επιτυχής ολοκλήρωση του έργου εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η συνεργασία με εξωτερικούς συνεργάτες, η ενσωμάτωση πληροφοριών από διάφορα επιστημονικά πεδία και η αντιμετώπιση απρόβλεπτων δυσκολιών.

Παρά τις προκλήσεις, αισιοδοξούμε για την υλοποίηση του ARIADNE, η οποία θα αποτελέσει μια πρώτη φάση ενός ευρύτερου σχεδίου για την ψηφιακή τεκμηρίωση και παρουσίαση όλων των εδωλίων του αρχαίου θεάτρου της Δωδώνης, εστιάζοντας στην κερκίδα K5B του κοίλου.

8.2 Αναστηλωτικό Έργο

Η αναστήλωση του Αρχαίου θεάτρου της Δωδώνης υλοποιείται με βάση μεθοδολογικές αρχές και αξιοποιεί σύγχρονες τεχνικές. Η αρχιτεκτονική καταγραφή, εμπλουτισμένη με ψηφιακές εφαρμογές και φωτογραμμετρία, επέτρεψε την ακριβή αποτύπωση της αρχικής γεωμετρίας του μνημείου. Ολόκληρη η αναστηλωτική προσπάθεια βρίσκεται υπό την εποπτεία του Κεντρικού Αρχαιολογικού Συμβουλίου (ΚΑΣ), όπως λαμβάνονται υπόψη αισθητικές και κλιματολογικές παράμετροι, προστατεύοντας την ιστορική ακεραιότητα του θεάτρου.

Η επιτυχία του έργου οφείλεται στην αρμονική σύνθεση των στοιχείων, με σεβασμό στις προηγούμενες επεμβάσεις και την αξιοποίηση σύγχρονων μεθόδων αποκατάστασης, με σκοπό την ανάδειξη του θεάτρου ως τεκμήριο πολιτιστικής κληρονομιάς. Μια τέτοια αναστηλωτική δράση αποτελεί πρότυπο για μελλοντικές προσπάθειες συντήρησης αρχαίων μνημείων, καθώς απέδειξε την αποτελεσματικότητα της συνδυαστικής χρήσης τεχνολογίας, διεπιστημονικής συνεργασίας και σεβασμού προς το ιστορικό υπόβαθρο (Antoniou, 2010. Κατσούδας κ.ά., 2022, σελ. 22–25).

Κεφάλαιο 9 | Παράρτημα

I. Κατάλογος UNESCO

Η διαδικασία ένταξης στον κατάλογο της UNESCO προβλέπεται από τη Σύμβαση του 1972, με την UNESCO να θέτει περιορισμούς στον αριθμό των εγγραφών ανά χώρα.

Σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές από το Υπουργείο Πολιτισμού (ΥΠ.ΠΟ.) ο Ενδεικτικός Κατάλογος Μνημείων της Ελλάδας αναθεωρήθηκε βάσει των προβλεπόμενων από τη Σύμβαση για την Προστασία της Παγκόσμιας Πολιτιστικής και Φυσικής Κληρονομιάς της UNESCO, όπως και αναρτήθηκε το 2014. Η επικαιροποιημένη μορφή του περιλαμβάνει μνημεία και ιστορικούς χώρους ανά την Ελλάδα με σειριακές υποψηφιότητες, εκ των οποίων στην 3^η θέση βρίσκονται τα Αρχαία Ελληνικά Θέατρα, 13 σε αριθμό, συμπεριλαμβανομένων το Θέατρο της Δωδώνης.

II. Αρχεία Excel. Αρχειοθέτηση Φωτογραφιών

Πίνακας 1 Αρχείο της Εφορίας Αρχαιοτήτων Ιωαννίνων

			Αρ. Φωτογραφιών	Τύπος
	100D5600\KERKIDES	Κερκίδα Κ5-Α	325	JPG
		Κερκίδα Κ5-Β	999	JPG
		fvto 5b	693	JPG
		10-01- 2023(Κερ.)	862	JPG
	104D5600	Κ5-Β11	78	JPG
		Κ5-Β12	68	JPG
		Κ5-Β14	70	JPG
		Κ5-Β17	66	JPG
		Κ5-Β197	73	JPG
	106D5600	Κ5-Β155	247	NEF
		Κ5-Β166	224	NEF
		Κ5-Β170	241	NEF
		Κ5-Β185	242	NEF
EDVLIA	104D5600	Κ5-Β20	150	JPG
		Κ5-Β21	153	NEF
RANIA	11-11-2022\08-11- 2022	Κ5-Β141	221	NEF
		Κ5-Β150	259	NEF
		Κ5-Β158	216	NEF
		Κ5-Β159	214	NEF
	11-11-2022\10-11- 2022	Κ5-Β135	224	NEF
		Κ5-Β156	205	NEF

	K5-B184	216	NEF
	K5-B188	275	NEF
	K5-B189	278	NEF
	K5-B127	175	NEF
12-01- 2023\106D5600	K5-B128	262	NEF
	K5-B129	291	NEF
	K5-B53	271	NEF
12-01- 2023\107D5600	DSC	78	NEF
	K5-B169	217	NEF
15-11-2022\001	K5-B178	244	NEF
	K5-B180	232	NEF
	K5-B190α,β	228	NEF
	K5-B49	258	NEF
16-01-23\107D5600	K5-B51	270	NEF
	K5-B119	273	NEF
16-11- 2022\106D5600	<i>Κενός</i>		
18-11- 2022\106D5600	K5-B167	233	NEF
	K5-B175	217	NEF
18-11- 2022\106D5600\N.F.	K5-B142	238	NEF
18-11- 2022\106D5600\N.φ.	DSC	226	NEF
21-12- 2022\106D5600	K5-B143α,β	223	NEF
	K5-B148α,β,γ	222	NEF
	K5-B157α,β	221	NEF
24-01- 2023\106D5600	<i>Κενός</i>		
	K5-B30	211	NEF
24-01- 2023\107D5600	K5-B31	210	NEF
	K5-B48	206	NEF
	K5-B74	213	NEF
24/11/2022	K5-B137	20	NEF
	K5-B149	246	NEF
	K5-B161	227	NEF
29-11- 2022\106D5600	K5-B140	12	NEF

105D5600	K5-B21_JPEG	151	JPG
	K5-B21_NEF	219	NEF
	K5B21_NEF/DSC	219	NEF
106D5600	K5-B177	254	NEF
	K5-B183	240	NEF
	K5-B186	250	NEF
	K5-B187	232	NEF
106D5600 29-11-2022	K5-B133	208	NEF
	K5-B136	224	NEF
	K5-B138	242	NEF
	K5-B146 α,β	226	NEF
APXEIOΘETHMENA	BASILIKH/DSC	10	NEF
	K5-B06	237	NEF
	K5-B07	188	NEF
	K5-B08	254	NEF
	K5-B19	215	NEF
	K5-B191	220	NEF
	K5-B199	259	NEF
	K5-B20	291	NEF
	K5B20 ARXIKO	153	NEF
	K5-B22	236	NEF
	K5-B01	228	NEF
	K5-B02 α,β +K5-B03 β	238	NEF
	K5-B03 α	206	NEF
	K5-B05	218	NEF
	K5-B103	213	NEF
	K5-B111	220	NEF
	K5-B130	226	NEF
	K5-B143 α,β	223	NEF
	K5-B148 α,β,γ	222	NEF
	K5-B157 α,β	221	NEF
	K5-B160	209	NEF
	K5-B165 α,β	225	NEF
	K5-B168	253	NEF
K5-B173	225	NEF	
K5-B174	217	NEF	
K5-B181	242	NEF	
K5-B203	292	NEF	
K5-B52	278	NEF	

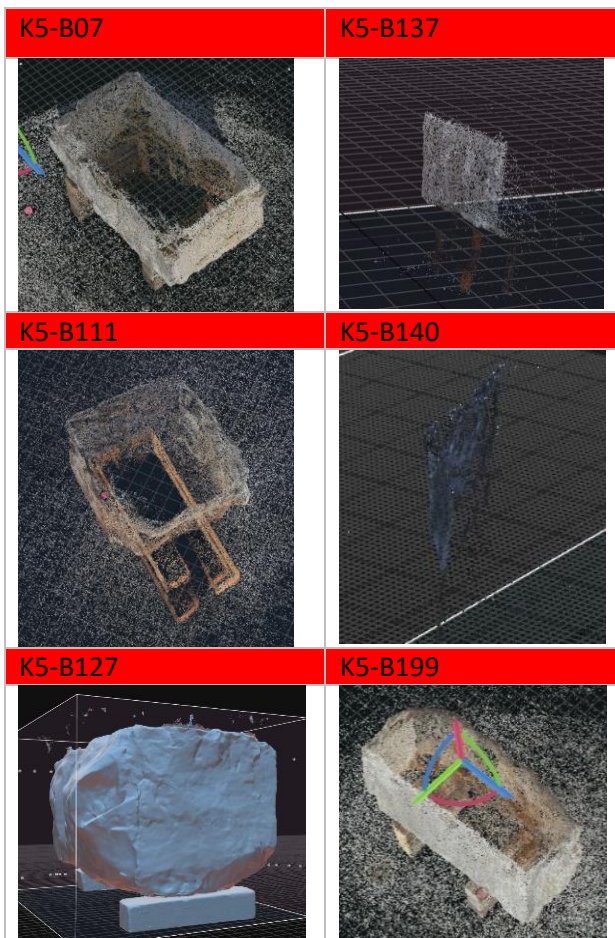
Πίνακας 2 Εργαλεία και μέσα για την υλοποίηση.

<i>ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΜΕΣΑ</i>	<i>ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ</i>
Μοντέλο Φωτογραφικής Μηχανής	Device: Nikon D5600 Lens: VR 18-55mm f/3.5-5.6G
Μοντέλο Φορητού Η/Υ	Κατασκευαστής: Dell
	Όνομα συσκευής: DESKTOP-TCSSKJA
	Επεξεργαστής: 11th Gen Intel(R) Core(TM) i5-1135G7 @ 2.40GHz 2.42 GHz
	Εγκατεστημένη RAM: 8,00 GB
	Αναγνωριστικό συσκευής: 90F72674-C1E8-41A4-9473-4ECD47553F06
	Αναγνωριστικό προϊόντος: 00330-53877-08044-AAOEM
	Τύπος συστήματος: Λειτουργικό σύστημα 64 bit, επεξεργαστής τεχνολογίας x64
Λογισμικό Επεξεργασίας Εικόνων	NX Studio 1.5.0 Nikon Corporation
Λογισμικό Φωτογραμμετρίας	RealityCapture 1.3 for Windows (1.31.117316) Epic Games Slovakia s.r.o
Λογισμικό Επεξεργασίας Τρισδιάστατων Μοντέλων	MeshLab 2023.12 and PyMeshLab 2023.12
Λογισμικό Επεξεργασίας Δεδομένων Τρισδιάστατης Σάρωσης	Cloud Compare Unified 2.13.1 Installer version: (MD5: E48DBD8C5E489025C4DC6A07CED8F9B8)
Διαδικτυακό Αποθετήριο	ARIADNE Visual Media Service URL

Πίνακας 3 Αναλυτικά τα βήματα της Μεθοδολογίας για τη σύνθεση τρισδιάστατων μοντέλων σε αρχείο Excel.

Export (TIFF 8) & Info - NX Studio									RealityCapture		MeshLab (obj)		
Folder	Data (NEF)	Incomplete Photos	Date Modified	Image Size	Aperture	Shutter speed	ISO	Adjust Brightness & Color	3D Models (obj)	Model Formatting	Oriented	Scale	
K5-B01	228		24/10/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/1600s	250	Bright, Shadow Protection	K5-B01_RC	x	x	OK	
K5-B02α,β+K5-B03β	238		12/10/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/2000s	250	Bright, Contrast, Shadow Protection	K5-B02α,β+K5-B03β_RC	x	x	OK	
K5-B03α	206		13/10/2022	L (6000x4000), DX	f/12	1/20s	250	Bright, Shadow Protection	K5-B03α_RC	x	x	OK	
K5-B05	218		12/10/2022	L (6000x4000), DX	f/13	1/2000s	250	Bright, Shadow Protection	K5-B05_RC	x	x	OK	
K5-B06	237		10/10/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/2000s	250	Bright, Shadow Protection	K5-B06_RC	x	x	OK	
K5-B07	187	No top (161/187)	10/10/2022	L (6000x4000), DX	f/12	1/1250s	250	Bright, Shadow Protection					
K5-B08	254		10/10/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/1000s	250	Bright, Shadow Protection	K5-B08_RC	x	x	OK	
K5-B11	78 (JPG)		30/9/2022	L (6000x4000), DX	f/7,1	1/3200s	400		K5-B11_RC	x	x	OK	
K5-B12	68 (JPG)		30/9/2022	L (6000x4000), DX	f/9	1/8000s	200		K5-B12_RC	x	x	OK	
K5-B14	70 (JPG)		30/9/2022	L (6000x4000), DX	f/8	1/4000s	200		K5-B14_RC	x	x	OK	
K5-B17	66 (JPG)		3/10/2022	L (6000x4000), DX	f/9	1/8000s	200		K5-B17_RC	x	x	OK	
K5-B19	214		12/10/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/125s	250	Bright, Shadow Protection	K5-B19_RC	x	x	OK	
K5-B20	289		11/10/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/13s	250	Bright, Shadow Protection	K5-B20_RC	x	x	OK	
K5-B21	218		13/10/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/2000s	250	Bright, Shadow Protection	K5-B21_RC	x	x	OK	
K5-B22	234		12/10/2022	L (6000x4000), DX	f/12	1/125s	250	Bright, Shadow Protection	K5-B22_RC	x	x	OK	
K5-B30	210		16/1/2023	L (6000x4000), DX	f/11	1/2000s	640	Bright, Contrast, Shadow Protection	K5-B30_RC	x	x	OK	
K5-B31	209		16/1/2023	L (6000x4000), DX	f/11	1/2500s	640	Bright, Contrast, Shadow Protection	K5-B31_RC	x	x	OK	
K5-B48	205		17/1/2023	L (6000x4000), DX	f/11	1/400s	640	Bright, Contrast, Shadow Protection	K5-B48_RC	x	x	OK	
K5-B49	257		13/1/2023	L (6000x4000), DX	f/11	1/1600s	640	Bright, Contrast, Shadow Protection, D-Lighting	K5-B49_RC	x	x	OK	
K5-B51	269		13/1/2023	L (6000x4000), DX	f/11	1/125s	640	Bright, Contrast, Shadow Protection	K5-B51_RC	x	x	OK	
K5-B52	278		11/1/2023	L (6000x4000), DX	f/11	1/1600s	640	Bright, Contrast, Shadow Protection	K5-B52_RC	x	x	OK	
K5-B53	270		12/1/2023	L (6000x4000), DX	f/11	1/125s	640	Bright, Contrast, Shadow Protection	K5-B53_RC	x	x	OK	
K5-B74	212		24/1/2023	L (6000x4000), DX	f/12	1/125s	640	Bright, Shadow Protection	K5-B74_RC	x	x	OK	
K5-B103	213		10/1/2023	L (6000x4000), DX	f/11	1/1000s	640	Bright, Shadow Protection	K5-B103_RC	x	x	OK	
K5-B111	220	No top (139/219)	11/1/2023	L (6000x4000), DX	f/12	1/1600s	640	Bright, Contrast, Shadow Protection					
K5-B119	271		13/1/2023	L (6000x4000), DX	f/11	1/2000s	640	Bright, Contrast, Shadow Protection	K5-B119_RC	x	?	(texture)	
K5-B127	174	Extra parts	12/1/2023	L (6000x4000), DX	f/11	1/2500s	640	Bright, Contrast, Shadow Protection					
K5-B128	261		12/1/2023	L (6000x4000), DX	f/12	1/3200s	640	Bright, Contrast, Shadow Protection, D-Lighting	K5-B128_RC	x	x	OK	
K5-B129	290		11/1/2023	L (6000x4000), DX	f/11	1/125s	640	Bright, Contrast, Shadow Protection	K5-B129_RC	x	x	OK	
K5-B130	226		11/1/2023	L (6000x4000), DX	f/11	1/1600s	640	Bright, Shadow Protection	K5-B130_RC	x	x	OK	
K5-B133	208		28/11/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/2000s	640	Bright, Contrast, Shadow Protection	K5-B133_RC	x	x	OK	
K5-B135	223		8/11/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/1000s	250	Bright, Contrast, Shadow Protection	K5-B135_RC	x	x	OK	
K5-B136	223		28/11/2022	L (6000x4000), DX	f/12	1/2500s	640	Bright, Shadow Protection	K5-B136_RC	x	x	OK	
K5-B137	19	No top, back, sides	24/11/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/800s	640	Bright, Shadow Protection					
K5-B138	241		25/11/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/1000s	640	Bright, Shadow Protection	K5-B138_RC	x	x	OK	
K5-B140	11	No top, back, sides	29/11/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/3200s	640	Bright, Contrast, Shadow Protection					
K5-B141	220		8/11/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/125s	250	Bright, Shadow Protection	K5-B141_RC	x	x	OK	
K5-B142	237		17/11/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/2000s	640	Bright, Shadow Protection	K5-B142_RC	x	x	OK	
K5-B143α,β	222		2/12/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/3200s	640	Bright, Shadow Protection	K5-B143α,β_RC	x	x	OK	
K5-B146α,β	225		28/11/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/2000s	640	Bright, Shadow Protection	K5-B146α,β_RC	x	x	OK	
K5-B148α,β,γ	221		6/12/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/3200s	640	Bright, Shadow Protection	K5-B148α,β,γ_RC	x	x		
K5-B149	245		24/11/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/2500s	640	Bright, Shadow Protection	K5-B149_RC	x	x	OK	
K5-B150	257		8/11/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/1000s	250	Bright, Shadow Protection	K5-B150_RC	x	x	OK	
K5-B155	246		16/11/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/2000s	140	Bright, Shadow Protection	K5-B155_RC	x	x	OK	
K5-B156	204		10/11/2022	L (6000x4000), DX	f/12	1/500s	250	Bright, Shadow Protection	K5-B156_RC	x	x	OK	
K5-B157α,β	220		1/12/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/3200s	640	Bright, Shadow Protection	K5-B157α,β_RC	x	x	OK	
K5-B158	216		7/11/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/1000s	250	Bright, Shadow Protection	K5-B158_RC	x	x	OK	
K5-B159	214		8/11/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/600s	250	Bright, Shadow Protection	K5-B159_RC	x	x	OK	
K5-B160	209		7/11/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/1000s	250	Bright, Shadow Protection	K5-B160_RC	x	x	OK	
K5-B161	227		21/11/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/2500s	640	Bright, Shadow Protection	K5-B161_RC	x	x	OK	
K5-B165α,β	225		7/11/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/1000s	250	Bright, Shadow Protection	K5-B165α,β_RC	x	x		
K5-B166	224		16/11/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/2000s	400	Bright, Shadow Protection	K5-B166_RC	x	x	OK	
K5-B167	233		17/11/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/2000s	640	Bright, Shadow Protection	K5-B167_RC	x	x	OK	
K5-B168	253		31/10/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/125s	250	Bright, Shadow Protection	K5-B168_RC	x	x	OK	
K5-B169	216		14/11/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/600s	250	Bright, Shadow Protection	K5-B169_RC	x	x	OK	
K5-B170	241		16/11/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/2500s	400	Bright, Shadow Protection	K5-B170_RC	x	x	OK	
K5-B173	225		4/11/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/1000s	250	Bright, Shadow Protection	K5-B173_RC	x	x	OK	
K5-B174	217		4/11/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/1600s	250	Bright, Shadow Protection	K5-B174_RC	x	x	OK	
K5-B175	216		17/11/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/500s	640	Bright, Shadow Protection	K5-B175_RC	x	x	OK	
K5-B177	253		11/11/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/800s	250	Bright, Shadow Protection	K5-B177_RC	x	x	OK	
K5-B178	243		14/11/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/600s	250	Bright, Shadow Protection	K5-B178_RC	x	x	OK	
K5-B180	231		15/12/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/125s	250	Bright, Shadow Protection	K5-B180_RC	x	x	OK	
K5-B181	242		4/11/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/2000s	250	Bright, Shadow Protection	K5-B181_RC	x	x	OK	
K5-B183	241		11/11/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/2000s	250	Bright, Shadow Protection	K5-B183_RC	x	x	No length	
K5-B184	216		10/11/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/800s	250	Bright, Shadow Protection	K5-B184_RC	x	x	OK	
K5-B185	241		16/11/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/2500s	400	Bright, Shadow Protection	K5-B185_RC	x	x	OK	
K5-B186	250		11/11/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/800s	250	Bright, Shadow Protection	K5-B186_RC	x	x	OK	
K5-B187	232		11/11/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/125s	250	Bright, Shadow Protection	K5-B187_RC	x	x		
K5-B188	275		10/11/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/500s	250	Bright, Shadow Protection	K5-B188_RC	x	x	OK	
K5-B189	278		10/11/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/800s	250	Bright, Shadow Protection	K5-B189_RC	x	x	OK	
K5-B190α,β	228		15/11/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/125s	250	Bright, Shadow Protection	K5-B190α,β_RC	x	x	OK	
K5B-191	220		11/11/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/13s	250	Bright, Shadow Protection	K5-B191_RC	x	x	OK	
K5-B197	73 (JPG)		3/10/2022	L (6000x4000), DX	f/9	1/6400s	200	Bright, Shadow Protection	K5-B197_RC	x	x	OK	
K5-B199	259	No top (200/258)	11/10/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/15s	250	Bright, Shadow Protection					
K5-B203	292		24/10/2022	L (6000x4000), DX	f/13	1/1000s	250	Bright, Shadow Protection	K5-B203_RC	x	x	OK	
KERKIDES	2.879 (JPG)												
K5-5B	862 (JPG)		3/1/2023	M (4496x3000), DX	f/11	1/5000s	400						
K5-5b	692 (JPG)		28/8/2022	L (6000x4000), DX	f/11	1/5000s	200						
K5-B	999 (JPG)		3/8/2022	L (6000x4000), DX	f/9	1/6400s	200						
K5-A	325 (JPG)		20/12/2022	M (4496x3000), DX	f/11	1/2500s	640						

Πίνακας 5 Στιγμιότυπα που παρουσιάζουν τις αστοχίες των τρισδιάστατων μοντέλων.



Το κόκκινο χρώμα σηματοδοτεί τις αστοχίες στη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων. Αυτό σημαίνει ότι η διαδικασία σύνθεσης της ψηφιακής απεικόνισης δεν ολοκληρώθηκε με επιτυχία για τα συγκεκριμένα μοντέλα εδωλίων. Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που μπορούν να προκαλέσουν αυτές τις αστοχίες, όπως:

- Λανθασμένη συλλογή δεδομένων: Εάν οι φωτογραφίες που χρησιμοποιήθηκαν για τη σύνθεση του μοντέλου δεν είναι κατάλληλες, μπορεί να οδηγήσει στην αποτυχία. Για παράδειγμα, οι φωτογραφίες μπορεί να είναι θολές, να μην έχουν αρκετή κάλυψη ή να έχουν λανθασμένο φωτισμό.
- Προβλήματα λογισμικού: Μπορεί να υπάρχουν σφάλματα ή περιορισμοί στο φωτογραμμετρικό λογισμικό Reality Capture που εμποδίζουν την επιτυχή δημιουργία του μοντέλου.
- Σύνθετα αντικείμενα: Πολλές φορές αντικείμενα με σύνθετη γεωμετρία ενέχουν τον κίνδυνο να μην αποτυπωθούν με ακρίβεια από το λογισμικό.

Η σήμανση κίτρινου χρώματος στον ίδιο πίνακα (Πίνακας 3), υποδεικνύει την αποτυχημένη κλιμάκωση των εδωλίων στα διακριτά κελία. Η εφαρμογή κλίμακας απέτυχε για διάφορους λόγους:

- Έλλειψη μετρήσεων: Η αποτυχία τυχόν να οφείλεται στην έλλειψη μετρήσεων από τα δεδομένα της Εφορίας. Χωρίς τις πραγματικές μετρήσεις η κλίμακα των εδωλίων δεν μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια.
- Δυσλειτουργίες λογισμικού: Η αστοχία μπορεί να συνάδεται επίσης με δυσλειτουργίες του MeshLab ή προβλήματα με την ψηφιακή απεικόνιση των εδωλίων. Σε αυτές τις περιπτώσεις, λογισμικά σφάλματα ή δυσλειτουργίες εμποδίζουν την ορθή κλιμάκωση.

Πίνακας 6 Έντυπο με μετρήσεις των εδωλίων της Εφορίας Αρχαιοτήτων Ιωαννίνων.

ΑΡΙΘΜΟΣ ΛΙΘΟΥ	ΓΕΝΙΚΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ								ΜΗΚΟΣ μήκος βέλους
	ΜΗΚΟΣ ΕΜΠΡΟΣ	ΜΗΚΟΣ ΠΙΣΩ	ΚΟΥΚΙΔΕΣ	ΠΛΑΤΟΣ Αριστ. (σωζ'νο)	ΠΛΑΤΟΣ μεσον (σωζ'νο)	ΠΛΑΤΟΣ Δεξιά (σωζ'νο)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ ΛΙΘΟΥ	ΥΨΟΣ (σωζ'νο)	
K5A01	1,25				0,4	0,385	0,525	0,39	
K5B02+03β	1,28			0,41	0,395	0,39	0,49	0,375	1,2
K5B03α	0,66			0,40	0,4	0,395	0,46	0,38!!!	0,4
K5B04	0,92			0,395	0,395	0,395	0,56	0,355	0,5
K5B05	0,89			0,37	0,37	0,37	0,43	0,35 (ΕΜΠΡΟΣ)	
K5B06	0,34					0,385	0,48	0,35	
K5B07	0,732			0,40	0,39	0,395	0,48	0,38	0,73
K5B08	0,795			0,29	0,2	0,22	0,39		
K5B09	0,69			0,38	0,39	0,38	0,43	0,395	0,37
K5B10	1,11			0,37	0,37	0,36	0,40	0,37	1
K5B11	1,23			0,38	0,385	0,39	0,55	0,39	0,95
K5B12	1,06			0,405	0,41	0,39	0,50	0,265	1
K5B13	0,68			0,37		0,375	0,50	0,395	0,68
K5B14	0,66			0,37	0,32	0,34	0,38	0,34	
K5B15α-β									
K5B16	1,00			0,43	0,415	0,41		0,24-0,25	1
K5B17	0,985			0,4	0,41	0,41	0,51	0,385	0,90
K5B18	0,77			0,39		0,42	0,54	0,36	
K5B19α-β	1,555			0,39	0,385	0,375	0,50	0,355	0,75
K5B20	0,57			0,4			0,48	0,35	0,57
K5B21	0,57			0,4		0,4	0,49	0,38	
K5B22	0,88			0,405	0,41	0,41	0,48	0,395	0,68
K5B23	0,75			0,395	0,395	0,395-0,40		0,39?	0,55
K5B24	0,61			0,40		0,4	0,52	0,385	
K5B25α-β	146,5			0,4	0,395	0,39	0,53	0,38	0,70
K5B26α-β	113,5			0,395	0,40	0,39	0,60	0,38	0,70
K5B27	116			0,395	0,385	0,385	0,51	0,35	0,80
K5B28	0,77			0,385	0,38	0,37	0,515	0,395	0,70
K5B29	0,35			0,4			0,49	0,36	
K5B30	0,93			0,41	0,42	0,435	0,51	0,395	
K5B31	0,62			0,38	0,38	0,385	0,485	0,385	0,60
K5B32	104,5			0,4	0,40	0,39	0,51	0,31	1,00
K5B33					0,39	0,39	0,48	0,40?	
K5B34	0,896			0,365	0,37	0,38	0,455	0,38	0,89
K5B35	0,962			0,38	0,39	0,4		0,39?	0,96

K5B46	0,92	0,34		0,37?	0,475	0,39?	
K5B47α-β	1,075	0,37	0,385	0,38	0,51	0,39	
K5B48	1,25	0,375-0,38	0,385	0,375	0,5	0,395-0,40	1,25
K5B49	0,85	0,39		0,39	0,53	0,34?	0,85
K5B50	0,765	0,49	0,48	0,46		0,24	0,59
K5B51	0,59		0,385	0,375	0,55	0,36?	
K5B52	0,995	0,35	0,36	0,37		0,35	
K5B53	1,01	0,39	0,39	0,39	0,535	0,385	0,70
K5B54	0,25	0,39			0,40	0,39	
K5B55							
K5B56	1,035	0,38	0,38	0,38	0,505	0,385	1,03
K5B57	1,17	0,385	0,405	0,415	0,48	0,388	1,00
K5B58							
K5B59	1,10	0,37	0,365	0,37		0,385	1,00
<hr/>							
K5B60	1,50	0,415	0,41	0,38	0,54	0,29	1,5
K5B61	0,455	0,385	0,385	0,385	0,52	0,35	
K5B62	0,64	0,39	0,39	0,385	0,49	0,385	0,5
K5B63	0,83	0,39	0,385	0,37	0,47	0,385	
K5B64	1,13	0,37	0,385	0,39	0,5	0,39	1,1
K5B65A	43,5	0,41	0,395	0,39	0,49	0,38	
K5B65B	0,87	0,37	0,375	0,38	0,46	0,35	
K5B66	43,8	0,35	0,33	0,31	0,42	0,36-0,37	
K5B67	0,79	0,38	0,395	0,39		0,39	0,7
K5B68	0,745	0,38		0,38	0,44	0,33	
K5B69	1,185	0,42	0,47	0,39	0,54	0,33	1,18
K5B70	0,852	0,395	0,395	0,385	0,46	0,395	0,85
K5B71A	0,78	0,38	0,385	0,38	0,53	0,385	0,65
K5B71B	0,77	0,38	0,41	0,4	0,42	0,38	0,65
K5B72	0,785	0,4	0,39	0,375	0,49	0,38	0,78
K5B73	1,17	0,34	0,42	0,37	0,44	0,395	
K5B74	0,821	0,385	0,38	0,4	0,46	0,39	0,8
K5B75α-β	0,44	0,41		0,405		0,375	0,44
<hr/>							
K5B102	0,62	0,39	0,385	0,375	0,425	0,395	
K5B103	0,46	0,355	0,35	0,34	0,41	0,43	
K5B104	0,95	0,31	0,31	0,31		0,36	0,9
K5B105	1,2	0,405	0,405	0,395	0,49	0,38	1
K5B106	1,36	0,36	0,37	0,37	0,46	0,365	1,3
K5B107α-β-γ							
K5B108	144,2	0,42	0,435	0,42	0,5	0,39	1,44
K5B109	1,635	0,375	0,37	0,36	0,475	0,35	1,63
K5B110	1,83	0,395	0,435	0,44	0,51	0,27	1,83
K5B111	0,375	0,385		0,39		0,34	
K5B112	0,575	0,34		0,34		0,34	0,57
K5B113α-β	2,09	0,375	0,36	0,42	0,4	0,385	1,23
K5B114	0,95	0,34	0,34	0,37	0,42	0,32	0,95
K5B115	0,83	0,41	0,42	0,41	0,6	0,38	0,83
K5B116							
K5B117	0,895	0,42	0,42	0,395	0,46-0,47	0,285	
K5B118	0,785	0,385	0,39	0,385	0,58	0,39	0,78
K5B119	88,5						
K5B120α-β-γ							
K5B121α-β	0,545	0,33	0,35	0,375		0,27	1
K5B122	1,21	0,42	0,42	0,42	0,62	0,39-0,40	
K5B123	114,5	0,39	0,39	0,39		0,35	0,8
<hr/>							
K5B124-K5B125	1,02	0,36	0,36	0,36	0,45	0,27-0,29	
K5B126	0,415	0,38		0,37		0,38	
K5B127	0,765	0,40	0,38	0,40	0,50	0,41	
K5B128	1,15	0,355-0,36		0,355-0,36	0,46	0,355	0,93
K5B129	0,435		0,38	0,375	0,47	0,405	
K5B130	0,785	0,375	0,38	0,38	0,46	0,37-0,375	0,78
K5B131α-β	1,05	0,36	0,35	0,36	0,42	0,365	0,75
K5B132α-β	1,26	0,39	0,375	0,38	0,52	0,365	0,80
K5B133	0,80	0,395	0,40	0,40	0,50	0,385	0,80
K5B134	1,04	0,41		0,38		0,245	
K5B135	0,625		0,385	0,38	0,48	0,375	0,6

K5B136	0,51		0,36?	0,37		0,39	
K5B137	0,69		0,375	0,37	0,43	0,38	0,69
K5B138	0,33		0,4		0,46	0,35	
K5B139	0,72		0,39	0,375	0,445	0,37	
K5B140	0,92	0,375	0,38	0,375	0,50	0,42	
K5B141	0,63	0,37	0,37	0,37	0,49	0,375	0,50
K5B142	0,435		0,38	0,38		0,36	
K5B143 α - β	1,305	0,44	0,45	0,44		0,392	0,94
K5B144+K5B145							
K5B146 α - β	0,94	0,39	0,41	0,39	0,555	0,382	
K5B147 α - β	0,76	0,38	0,38	0,38	0,56	0,40	
K5B148 α - β - γ	1,69?	0,4	0,42	0,4	0,53	0,365	
K5B149	0,775	0,41	0,4	0,395	0,52	0,39-0,395	0,775
K5B150	0,905	0,32	0,32	0,32	0,495	0,38	
K5B151	0,77	0,4		0,37		0,385	
K5B152 α - β	0,98	0,41	0,415	0,4	0,585	0,405	
K5B153	1,12	0,375	0,365	0,365	0,53	0,385	
K5B154	0,81	0,39	0,395	0,395	0,49	0,385	
K5B155	0,78	0,382	0,39	0,385	0,44	0,405	
K5B156	1,12	0,385	0,37	0,375	0,59	0,39	
K5B157 α - β	2,06	0,425	0,45	0,46	0,60	0,38	
K5B158	0,895	0,42	0,425	0,415		0,38-0,385	0,89
K5B159	0,695	0,36	0,365	0,355	0,485	0,38	0,69
K5B160	0,98	0,36	0,375	0,39		0,385	0,87
K5B161	1,04	0,38	0,39	0,415	0,425	0,385	1,04
K5B162	0,832	0,355	0,36	0,36		0,375	0,83
K5B163	0,9	0,38	0,405	0,40	0,51	0,26	0,9
K5B164	1,08	0,45	0,46			0,24-0,26	
K5B165 α - β	0,873		0,38	0,38	0,48	0,30	
K5B166	1,375	0,43	0,435	0,42	0,57	0,385-0,39	1,37
K5B167	0,49	0,315	0,29			0,37	
K5B168	0,76	0,35	0,35	0,355	0,42	0,385	0,70
K5B169	0,905	0,325	0,33	0,34	0,44	0,35	0,90
K5B170	1,10	0,37	0,38	0,35	0,465	0,38-0,385	1,10
K5B171	0,925	0,365	0,37	0,38	0,44	0,38	0,70
K5B172	0,585	0,415	0,41	0,40	0,47	0,39	0,58
K5B173	0,82	0,445	0,445	0,45		0,395	0,80
K5B174	1,22	0,4	0,405	0,42	0,58	0,375-0,385	0,90
K5B175	0,80	0,41	0,39	0,375		0,395	0,80
K5B176	0,71	0,4	0,405	0,41	0,53	0,385;	0,6
K5B177	0,975	0,45	0,445	0,445	0,54	0,395	0,97
K5B178	1,38	0,44	0,46	0,47	0,58	0,38	1,35
K5B179 α - β	0,91			0,46		0,25	
K5B176	0,71	0,4	0,405	0,41	0,53	0,385;	0,6
K5B177	0,975	0,45	0,445	0,445	0,54	0,395	0,97
K5B178	1,38	0,44	0,46	0,47	0,58	0,38	1,35
K5B179 α - β	0,91			0,46		0,25	
K5B180	0,87	0,385	0,30	0,285		0,37	
K5B181	0,89	0,38		0,38	0,45	0,375	0,89
K5B182	0,77	0,47		0,47			
K5B183				0,38	0,50	0,39	
K5B184	1,10	0,405	0,40	0,42	0,48	0,37-0,38	0,90
K5B185	0,915	0,31		0,365	0,40	0,39	0,90
K5B186	0,97	0,41	0,40	0,39	0,43	0,385-0,39	0,80
K5B187	0,48		0,38	0,385	0,41	0,375	0,48
K5B188	0,90	0,39		0,25	0,47	0,38	0,77
K5B189	0,695	0,39		0,4	0,49	0,385	0,65
K5B190 α - β	0,81	0,385		0,46		0,39	
K5B191	0,36			0,38		0,34	
K5B192	1,005	0,425	0,43	0,43		0,38	0,8
K5B193	1,43	0,525	0,53	0,53		0,295	1,43
K5B194	0,87				0,52	0,17	0,87
K5B195	0,71			0,385	0,50		
K5B196							
K5B197	0,90	0,335	0,31	0,30		0,375	0,54
K5B198	1,23	0,45	0,5	0,45		0,24-0,25	
K5B199	0,87	0,36	0,36	0,32	0,38	0,415-0,425	0,87
K5B200							
K5B201	0,52			0,405		0,34	0,52
K5B202	1,2					0,24	100
K5B203	113,2	0,41	0,43	0,40		0,36	0,9
K5B204	1,74	0,36	0,39	0,385		0,48	1,15
K5B205	0,49	0,45		0,38		0,25	
K5B206 α - β	1,18	0,385		0,38	0,56	0,375	1,18

Πίνακας 7 Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1 Άποψη του αρχαιολογικού χώρου της Δωδώνης www.culture.gov.gr	12
Εικόνα 2 Αναπαράσταση του Ιερού της Δωδώνης στα τέλη του 3 ^{ου} αι. π.Χ. (Γραβάνη κ.ά., 2014, σελ. 41)	15
Εικόνα 3 Θέατρο Δωδώνης ancienttheatersoferipirus.gr	16
Εικόνα 4 Ancient Theatre Plan URL.....	19
Εικόνα 5 Το θέατρο πριν τις εργασίες αποκατάστασης του 1960 www.culture.gov.gr	23
Εικόνα 6 Result of reassembly of fragments (Gregor κ.ά., 2014).....	27
Εικόνα 7 Results of automated classification of columnbase fragments into exterior surface (blue) and contact surface (red) using the approach from [AMP14], classification confidence is encoded by saturation (Gregor κ.ά., 2014).	27
Εικόνα 8 Populating the Template Repository: automatically generated parameter configurations for a single, parametric CSG description of a column base(Gregor κ.ά., 2014).....	27
Εικόνα 9 InterArch – VR – μια εικονική εξερεύνηση του Ασκληπιείου Στην Αρχαία Μεσσήνη diadrasis.gr	30
Εικόνα 10 Το Τρίγωνο της Έκθεσης URL	36
Εικόνα 11 Α΄ Αρχαίο Θέατρο Λάρισας (Καραγκούνης, 2016)	41
Εικόνα 12 The overlapping of images (1.5cm spatial resolution) collected in 2012 with RC Balloon at the site of the ancient Philippi Theatre (Kaimaris, 2018, σελ. 15).....	42
Εικόνα 13 The ortho image (3 cm spatial resolution) of the Philippi Theatre (Kaimaris, 2018, σελ. 15) ..	42
Εικόνα 14 a snapshot from the fieldwork in the study area (Cuneyt Erenoglu, Akcay και Erenoglu, 2017)	43
Εικόνα 15 The stage front of the Orange theater: current state. Phot. P. Disdier, CNRS (Bartette και Rosso, 2019, σελ. 2).....	45
Εικόνα 16 3D rendering of the current state of the theatre (Bilis κ.ά., 2017, σελ. 101).....	46
Εικόνα 17 3D Virtual representation of the restoration proposal: Koilon and scenae (Bilis κ.ά., 2017, σελ. 102).	46
Εικόνα 18 Resulting plan of the large theatre of Gortyn obtained by the combination of architectural elements indicated by Belli, Falkener and Taramelli, according to an orthophoto of the area and the results of geophysical prospection (Manzetti, 2016, σελ. 38).	47
Εικόνα 19 The current state restituted with drone flight and virtual reconstruction of the entire theater (Gabellone, Ferrari και Giuri, 2019, σελ. 3).....	49
Εικόνα 20 The velarium coverage and the scene (Gabellone, Ferrari and Giuri, 2019, σελ. 6).....	49
Εικόνα 21 The Theatre of Segesta located on the top of Barbaro Mountain (Scianna, La Guardia και Scaduto, 2016, σελ. 487).....	51
Εικόνα 22 Το αποκατεστημένο θέατρο της Δωδώνης www.culture.gov.gr	60
Εικόνα 23 Σχεδιαστική απεικόνιση των νεότερων επεμβάσεων επί του αρχαίου θεάτρου www.culture.gov.gr	65
Εικόνα 24 Άποψη του Αρχαίου Θεάτρου από ψηλά www.culture.gov.gr	67
Εικόνα 25 Αστοχία Φωτογράφισης. Προσωπικό Αρχείο.	73
Εικόνα 26 Μετά την επεξεργασία στο λογισμικό Nikon – NX Studio. Προσωπικό Αρχείο.	73
Εικόνα 27 Επιφάνεια εργασίας Nikon – NX Studio. Προσωπικό Αρχείο.....	74
Εικόνα 28 Τελικό Προϊόν – Τρισδιάστατο Εδώλιο από Reality Capture. Προσωπικό Αρχείο.	77
Εικόνα 29 Ανίχνευση Κουκίδων. Προσωπικό Αρχείο.....	81
Εικόνα 30 Χρήση Μετροταινίας για την μέτρηση. Προσωπικό Αρχείο.	82

Βιβλιογραφία

Acke, L. κ.ά. (2021) ‘Survey and literature study to provide insights on the application of 3D technologies in objects conservation and restoration’, *Journal of Cultural Heritage*, 49, σελ. 272–288. URL: <https://doi.org/10.1016/j.culher.2020.12.003>.

Antoniou, G. (2007) ‘Documentation of the Geometry and Earlier Interventions of the Ancient Theater of Dodona’, στο *XXI International CIPA Symposium*, Athens, Greece, σελ. 6.

Antoniou, G. (2010) ‘Problems, Aspects and Methods for the Anastylis of the east retaining Wall at the Ancient Theatre Of Dodoni’, στο *8th International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin*, Patras, Greece, σελ. 12.

Bartette, T. και Rosso, E. (2019) ‘L’apport de l’imagerie numérique à l’étude d’un décor architectural complexe: le mur de scène du théâtre antique d’Orange’, *In Situ. Revue des patrimoines*, (39), σελ. 23. URL: <https://doi.org/10.4000/insitu.21669>.

Bilis, T. κ.ά. (2017) ‘The Use of 3D Scanning and Photogrammetry Techniques in the Case Study of the Roman Theater of Nikopolis. Surveying, Virtual Reconstruction And Restoration Study.’, στο *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Nafplio, Greece, σελ. 97–103. URL: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W3-97-2017>.

Bouzakis, K.-D. κ.ά. (2016) ‘3D-laser scanning of the Parthenon west frieze blocks and their digital assembly based on extracted characteristic geometrical details’, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 6, σελ. 94–108. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.01.030>.

Brandi, C. (2001) *Θεωρία της Συντήρησης*. Ελληνικά Γράμματα. Μετάφραση: Η. Γραβιηλίδη. Αθήνα.

Champion, E. και Rahaman, H. (2020a) ‘Survey of 3D digital heritage repositories and platforms’, *Virtual Archaeology Review*, 11(23), σελ. 1–15. URL: <https://doi.org/10.4995/var.2020.13226>.

Champion, E. και Rahaman, H. (2020b) ‘Survey of 3D digital heritage repositories and platforms’, *Virtual Archaeology Review*, 11, σελ. 1–15. URL: <https://doi.org/10.4995/var.2020.13226>.

Cignoni, P. κ.ά. (2008) ‘MeshLab: an Open-Source Mesh Processing Tool’, στο *Sixth Eurographics Italian Chapter Conference*, σελ. 129–136.

Cuneyt Erenoglu, R.C., Akcay, O. και Erenoglu, O. (2017) ‘An UAS-assisted multi-sensor approach for 3D modeling and reconstruction of cultural heritage site’, *Journal of Cultural Heritage*, 26, σελ. 79–90. URL: <https://doi.org/10.1016/j.culher.2017.02.007>.

Denard, H. (2009) ‘The London Charter’. URL: <https://londoncharter.org/> (Ημερομηνία πρόσβασης: 3 June 2024).

Denard, H. (2013) ‘Implementing Best Practice in Cultural Heritage Visualisation: The London Charter’, in C. Corsi, B. Slapšak, και F. Vermeulen (eds) *Good Practice in Archaeological Diagnostics: Non-invasive Survey of Complex Archaeological Sites*. Cham: Springer International Publishing, σελ. 255–268. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-01784-6_15.

Denard, H., Niccolucci, F. και Richard, B. (2006) ‘An introduction to the London charter’, *Joint Event CIPA/VAST/EG/ ...*, σελ. 6.

Doukas, I. (John) D. (2014) ‘Η Γεωματική και ο αυτοματισμός καθοδήγησης και ελέγχου μηχανημάτων τεχνικών έργων. Οι σύγχρονες εξελίξεις’, *4ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών, Θεσσαλονίκη, 26 - 28 Σεπτεμβρίου*, σελ. 15.

- Ekengren, F. κ.ά. (2021) ‘Dynamic Collections: A 3D Web Infrastructure for Artifact Engagement’, *Open Archaeology*, 7(1), σελ. 337–352. URL: <https://doi.org/10.1515/opar-2020-0139>.
- Gabellone, F., Ferrari, I. και Giuri, F. (2019) ‘The Greek-Roman Theater of Taormina: Towards a Reconstruction Proposal’, στο *22nd International Conference on Cultural Heritage and New Technologies 2017*, Italy, σελ. 9.
- Gaspari, F. κ.ά. (2024) ‘An Open-Source Web Platform for 3D Documentation and Storytelling of Hidden Cultural Heritage’, *Heritage*, 7(2), σελ. 517–536. URL: <https://doi.org/10.3390/heritage7020025>.
- GitHub (no date). URL: <https://potree.github.io/> (Ημερομηνία πρόσβασης: 27/52/024).
- Gregor, R. κ.ά. (2014) ‘Towards Automated 3D Reconstruction of Defective Cultural Heritage Objects’, στο *EUROGRAPHICS Workshop on Graphics and Cultural Heritage*, The Eurographics Association, σελ. 135–144. URL: <https://doi.org/10.2312/gch.20141311>.
- Gregorio, G. και Monteleone, A. (2015) ‘Survey and Representation of the complexity of ancient theaters and amphitheatres’, στο *Le Vie Dei Mercandi*, Aversa, Capri, σελ. 10.
- Haloïu, A. κ.ά. (2019) ‘SMART SCANNING WITH UAV TECHNOLOGY’, 51(4), σελ. 71–80.
- Hann, R. (2010) ‘Computer-based 3D visualization for theatre research: towards an understanding of unrealized utopian theatre architecture from the 1920s and 1930s’, σελ. 189.
- Hellman, T. και Lahti, M. (2018) *PHOTOGRAMMETRIC 3D MODELING FOR VIRTUAL REALITY*.
- Ioannidis, C. κ.ά. (2021) ‘A web-based platform for management and visualization of geometric documentation products of cultural heritage sites’, *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, V-2–2021, σελ. 113–120. URL: <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-V-2-2021-113-2021>.
- Kaimaris, D. (2018) ‘Ancient Theaters in Greece and the Contribution of Geoinformatics to their Macroscopic Constructional Features – Scientific Culture’, *SCIENTIFIC CULTURE*, σελ. 9–25.
- Karagkounis, D.L. και Tsanaktsidou, S.D. (2022) ‘Digital Documentation and 3D Modelling in the Restoration of the First Ancient Theatre of Larissa, Greece’, in I. Vayas και F.M. Mazzolani (eds) *Protection of Historical Constructions*. Cham: Springer International Publishing, σελ. 586–593.
- Makris, D. και Katsoudas, P. (2024) ‘The Contribution of 3D Bedrock Formation to the Restoration of the Ancient Theater of Dodoni, Greece’. *11th MONUSBASIN*, Athens, Greece.
- Manzetti, M.C. (2016) ‘3D visibility analysis as a tool to validate ancient theatre reconstructions: the case of the large Roman theatre of Gortyn’, *Virtual Archaeology Review*, 7(15), σελ. 36–43. URL: <https://doi.org/10.4995/var.2016.5922>.
- Meghini, C. κ.ά. (2017) ‘ARIADNE: A Research Infrastructure for Archaeology’, *Journal on Computing and Cultural Heritage*, 10(3), σελ. 1–27. URL: <https://doi.org/10.1145/3064527>.
- Merkel, J. (2019) ‘Utilization of photogrammetry during establishment of virtual rock collection at Aalto University’. URL: <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/40943> (Ημερομηνία πρόσβασης: 30 April 2024).
- Özer, D.G., Nagakura, T. και Vlavianos, N. (2016) ‘Augmented reality (AR) of historic environments: Representation of Parion Theater, Biga, Turkey’, *A|Z ITU JOURNAL OF THE FACULTY OF ARCHITECTURE*, 13(2), σελ. 185–193. URL: <https://doi.org/10.5505/itujfa.2016.66376>.

- Peinado-Santana, S. κ.ά. (2021) ‘Public Works Heritage 3D Model Digitisation, Optimisation and Dissemination with Free and Open-Source Software and Platforms and Low-Cost Tools’, *Sustainability*, 13(23), σελ. 18. URL: <https://doi.org/10.3390/su132313020>.
- Petrovič, D. κ.ά. (2021) ‘Geodetic Methods for Documenting and Modelling Cultural Heritage Objects’, *International Journal of Architectural Heritage*, 15(6), σελ. 885–896. URL: <https://doi.org/10.1080/15583058.2019.1683779>.
- Rahaman, H. και Champion, E. (2019) ‘To 3D or Not 3D: Choosing a Photogrammetry Workflow for Cultural Heritage Groups’, *Heritage*, 2(3), σελ. 1835–1851. URL: <https://doi.org/10.3390/heritage2030112>.
- Ranzuglia, G. κ.ά. (2013) ‘MeshLab as a complete tool for the integration of photos and color with high resolution 3D geometry data’, στο *CAA 2012 Conference Proceedings*, σελ. 406–416.
- Read the Docs: documentation simplified* (no date) *Read the Docs Documentation*. URL: <https://docs.readthedocs.io/en/stable/index.html> (Ημερομηνία πρόσβασης: 24/5/2024).
- Remondino, F. και Rizzi, A. (2010) ‘Reality-based 3D documentation of natural and cultural heritage sites—techniques, problems, and examples’, *Applied Geomatics*, 2(3), σελ. 85–100. URL: <https://doi.org/10.1007/s12518-010-0025-x>.
- Scianna, A., La Guardia, M. και Scaduto, M.L. (2016) ‘Sharing on Web 3d Models of Ancient Theatres. A Methodological Workflow’, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLI-B2, σελ. 483–490. URL: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLI-B2-483-2016>.
- Scopigno, R. κ.ά. (2017) ‘Delivering and using 3D models on the web: are we ready?’, *Virtual Archaeology Review*, 8(17), σελ. 1–9. URL: <https://doi.org/10.4995/var.2017.6405>.
- Simou, S., Baba, K. και Nounah, A. (2022) ‘The integration of 3D technology for the conservation and restoration of ruined archaeological artifacts’, *History of science and technology*, 12(1), σελ. 150–168. URL: <https://doi.org/10.32703/2415-7422-2022-12-1-150-168>.
- Soueref, K. (1999) ‘Strumenti Ed Armi in Bronzo in Epiro Durante Il Tardo Elladico.’, στο *L’Illyrie Méridionale et l’Épire Dans l’Antiquité III*, Paris, σελ. 29–33.
- Stanco, F., Battiato, S. και Gallo, G. (eds) (2017) *Digital Imaging for Cultural Heritage Preservation: Analysis, Restoration, and Reconstruction of Ancient Artworks*. Boca Raton: CRC Press. URL: <https://doi.org/10.1201/b11049>.
- Statham, N. (2019) ‘Scientific rigour of online platforms for 3D visualization of heritage’, *Virtual Archaeology Review*, 10(20), σελ. 1–16. URL: <https://doi.org/10.4995/var.2019.9715>.
- Sullivan, E.A. (2017) ‘Seeking a Better View: Using 3D to Investigate Visibility in Historic Landscapes’, *Journal of Archaeological Method and Theory*, 24(4), σελ. 1227–1255. URL: <https://doi.org/10.1007/s10816-016-9311-1>.
- The Venice Charter - International Council on Monuments and Sites* (no date). URL: <https://www.icomos.org/en/179-articles-en-francais/ressources/charters-and-standards/157-the-venice-charter> (Ημερομηνία πρόσβασης: 25 June 2024).
- Trymata (2023) *Trymata*. URL: <https://trymata.com/blog/2023/12/14/what-is-an-end-user/> (Ημερομηνία πρόσβασης: 26/5/2024).

- Ulvi, A. (2021) 'Documentation, Three-Dimensional (3D) Modelling and visualization of cultural heritage by using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) photogrammetry and terrestrial laser scanners', 42(6), σελ. 29. URL: <https://doi.org/10.1080/01431161.2020.1834164>.
- Unar, A.M. κ.ά. (2019) 'Reconstruction and archival approaches with 3D visualization of Cultural Heritage in Museums of Sindh Region', in *2019 IEEE 6th International Conference on Engineering Technologies and Applied Sciences (ICETAS)*, σελ. 1–6. URL: <https://doi.org/10.1109/ICETAS48360.2019.9117364>.
- Vozikis, G. (2006) 'The use of Hybrid Surveying Techniques for Documenting the Largest Ancient Theatre in Greece', in *Shaping the Change. XXIII FIG Congress*, Munich, Germany, σελ. 9.
- Βλαχοπούλου, Α. και Οικονόμου (2016) 'Η Αρχιτεκτονική Σύνθεση του Ιερού της Δωδώνης', in *Δωδώνη. Το Μαντείο των Ήχων*. Εκδόσεις Μουσείου Ακρόπολης, σελ. 27–28.
- Γραβάνη, Κ. (2007) 'Η Ανασκαφική Έρευνα Στο Ιερό Της Δωδώνης', *Δωδώνη*, 36/37, σελ. 53–109.
- Γραβάνη, Κ. κ.ά. (2014) 'Δωδώνη Διαχρονική', in Κ. Σουέρεφ (ed.). Ιωάννινα, σελ. 105.
- Δάκαρης, Σ., Βοκοτοπούλου, Ι. και Χριστίδης, Α. (2013) *Τα Χρηστήρια Ελάσματα Της Δωδώνης: Των Ανασκαφών Δ. Ευαγγελίδη*.
- Η Χάρτα της Αθήνας για την Αναστήλωση Ιστορικών Μνημείων - 1931 - Διεθνές Συμβούλιο Μνημείων και Τοποθεσιών* (no date). URL: <https://www.icomos.org/en/charters-and-texts/179-articles-en-francais/ressources/charters-and-standards/167-the-athens-charter-for-the-restoration-of-historic-monuments> (Ημερομηνία πρόσβασης: 25 June 2024).
- Θεουλάκης, Π. (2005) 'Μελέτη στερέωσης και αποκατάστασης Αρχαίου θεάτρου Δωδώνης, Α ' φάση. Προκαταρκτική μελέτη πλαίσιο, Γενική παθολογία του θεάτρου της Δωδώνης. Κατάσταση διατήρησης και βασικοί στόχοι της επέμβασης για την συντήρηση των λίθων του θεάτρου.', in *Αρχαία Θέατρα της Ηπείρου*. (6), σελ. 84.
- Καραγκούνης, Δημ. (2016) 'Χρονικές ασυνέχειες Αρχαιολογικοί χώροι σε αστικά περιβάλλοντα Αρχαίο Θέατρο Λάρισας: 25 χρόνια μεγάλων παρεμβάσεων - προοπτικές'.
- Καφάση, Α. (2012) *Ακουστική των Αρχαίων Θεάτρων*. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Κούραπα Γλέζου, Α. και Τσεχμετζή, Μ. (2023) 'Τρισδιάστατη ψηφιακή τεκμηρίωση, διερεύνηση τμήματος βραχώδους υποβάθρου, πλακών διαδρόμων, εδωλίων αρχαίου θεάτρου Δωδώνης'. Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής.
- Μαλλούχου, Τ.Φ. (2016) *Προστασία και Διαχείριση Μνημείων*. URL: <http://repository.kallipos.gr/handle/11419/6466> (Ημερομηνία πρόσβασης: 6 June 2024).
- Μπαρδής, Γ. (2021) *Γραφικά Υπολογιστών & Προγραμματισμός*.
- Μπάρκας, Ν. (1992) *Αρχαίο Ελληνικό Θέατρο: Σχεδιασμός και Λειτουργία*. Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης. URL: <http://hdl.handle.net/10442/hedi/8769>.
- Οικονόμου, Α. (2014) *Επαναξιολόγηση Υλικών Συντήρησης Αρχαίου Λίθου - Η περίπτωση του αρχαίου θεάτρου της Δωδώνης*. Ιωάννινα.
- Παπαδοπούλου, Β. κ.ά. (2022) 'Το θέατρο της Δωδώνης', in Β. Παπαδοπούλου και Θ. Κύρκου (eds). (Εντυπα), σελ. 25.
- Σμύρης, Γ. και Πλιάκου, Γ. (2012) 'Το αρχαίο θέατρο της Δωδώνης', in Κ. Σουέρεφ (ed.) *Αρχαία Θέατρα της Ηπείρου*. Αθήνα: Διάζωμα (6), σελ. 207.

Σουέρεφ, Κ. (2016) 'Εισαγωγή', in *Δωδώνη το μαντείο των ηχών*. Εκδόσεις Μουσείου Ακρόπολης, σελ. 16–20.

Στυψιανού, Ι. κ.ά. (2001) 'Η μελέτη συντήρησης και αποκατάστασης αρχαίου θεάτρου ιερού Δωδώνης', στο Διεύθυνση Συντήρησης Αρχαιοτήτων, ΥΠ.ΠΟ.

Χανιώτης, Ά. (2021) *Η εποχή των κατακτήσεων: ο ελληνικός κόσμος από τον Αλέξανδρο στον Αδριανό 336 π.Χ-138 μ.Χ*. Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης (Νέες προσεγγίσεις στον αρχαίο κόσμο).