



Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών και Βιώσιμου Σχεδιασμού

Αποτύπωση και τεκμηρίωση μνημείων

και Αρχαιολογικών Χώρων (ΑΤΜ)

Διπλωματική Εργασία

Building Information Modelling (BIM), Digital Twin

και GIS εφαρμοσμένα στην πολιτιστική κληρονομιά:

μία σύγκριση, περίπτωση μελέτης Αρχαίο Θέατρο Αιγείρας.

Άγγελος Σταύρου

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Δανάη Φαίδρα Ποκομπέλλι

Αιγείρα, Ιούνιος 2026

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

Building Information Modelling (BIM), Digital Twin
και GIS εφαρμοσμένα στην πολιτιστική κληρονομιά:
μία σύγκριση, περίπτωση μελέτης Αρχαίο Θέατρο Αιγείρας.

Άγγελος Σταύρου

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Δανάη Φαίδρα Ποκομπέλλι

Μέλος ΣΕΠ,

Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο

Συν-Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Σοφία Μαρία Πουλημένου

Μέλος ΣΕΠ,

Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο

Αιγείρα, Ιούνιος 2026

«Ευχαριστίες»

Θα ήθελα αρχικά να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου, Δανάη Φαίδρα Ποκομπέλλι, για την καθοδήγησή της και τη συνεργασία που είχαμε κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας μου.

Ευχαριστώ επίσης το Αυστριακό Αρχαιολογικό Ινστιτούτο, Παράρτημα Αθηνών, και ιδιαίτερα τον Mag. Dr. Walter Gauß, διευθυντή των ανασκαφών στην Αιγείρα, για την ευγενική παραχώρηση υλικού και την πολυετή συνεργασία μας στις ανασκαφές της Αρχαίας Αιγείρας.

Θα ήθελα ακόμη να ευχαριστήσω την Ερωφίλη-Ιρις Κόλια, αναπληρώτρια προϊσταμένη της Εφορείας Αρχαιοτήτων Αχαΐας, καθώς και την Χριστίνα Κατσαρού, αρχαιολόγο της Εφορείας Αρχαιοτήτων Αχαΐας, για τη γενικότερη βοήθειά τους.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω τη μητέρα μου Βασιλική και τον αδελφό μου Ανδρέα, για τη στήριξή τους σε όλη αυτή την προσπάθεια.

Περίληψη

Η παρούσα εργασία εξετάζει την εφαρμογή των τεχνολογιών Building Information Modelling (BIM), Digital Twin (DT) και Geographic Information Systems (GIS) στον τομέα της πολιτιστικής κληρονομιάς, με στόχο τη συγκριτική αξιολόγηση τους στη διαχείριση, τεκμηρίωση και προστασία ιστορικών μνημείων. Παράλληλα, πραγματοποιείται ανάλυση του βασικού θεωρητικού πλαισίου των συγκεκριμένων τεχνολογιών, καθώς και του τρόπου με τον οποίο αυτές εφαρμόζονται στις απαιτήσεις της πολιτιστικής κληρονομιάς. Ως περίπτωση μελέτης επιλέχθηκε το Αρχαίο Θέατρο Αιγείρας και οι παράπλευροι ναῖσκοι του, ένα μνημειακό σύνολο με ιδιαίτερο αρχαιολογικό και αρχιτεκτονικό ενδιαφέρον.

Η εργασία επιδιώκει τη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου ψηφιακού συστήματος διαχείρισης για την περίπτωση μελέτης. Αρχικά αναπτύχθηκε μοντέλο HBIM (Historic Building Information Modelling) με τη μεθοδολογία Scan-to-BIM και Mesh-to-BIM, αξιοποιώντας φωτογραμμετρικά δεδομένα, νέφη σημείων και τρισδιάστατα μοντέλα που παραχωρήθηκαν από το Αυστριακό Αρχαιολογικό Ινστιτούτο, σε συνδυασμό με αρχαιολογικές και αρχιτεκτονικές μελέτες. Στη συνέχεια δημιουργήθηκε εφαρμογή Digital Twin με ενσωμάτωση εικονικών αισθητήρων που προσομοιώνουν συνθήκες συνεχούς παρακολούθησης του μνημείου και παραγωγής δυναμικών δεδομένων. Παράλληλα, αναπτύχθηκε έργο GIS όπου ενσωματώθηκαν τα δεδομένα του HBIM μοντέλου και πρόσθετες χωρικές πληροφορίες. Η συγκριτική ανάλυση αναδεικνύει τόσο τα κοινά χαρακτηριστικά όσο και τις διαφοροποιήσεις των τεχνολογιών ως προς τη δομή δεδομένων, την κλίμακα εφαρμογής και τις δυνατότητες αξιοποίησης τους στην πολιτιστική κληρονομιά. Τα αποτελέσματα της έρευνας υποδεικνύουν ότι ο συνδυασμός BIM, Digital Twin και GIS μπορεί να αποτελέσει ένα ισχυρό εργαλείο για την προστασία, ανάδειξη και βιώσιμη διαχείριση των μνημείων και των αρχαιολογικών χώρων.

Λέξεις – Κλειδιά

HBIM, GIS, Digital Twin, Αρχαία Αιγείρα

Building Information Modelling (BIM), Digital Twin and GIS applied to cultural heritage: a comparison.

Case study of the ancient theatre of Aigeira.

Angelos Stavrou

Abstract

This paper examines the application of Building Information Modelling (BIM), Digital Twin (DT), and Geographic Information Systems (GIS) technologies in the field of cultural heritage, aiming to compare and evaluate their roles in the management, documentation, and protection of historical monuments. Additionally, it analyzes the key theoretical framework of these technologies and the ways in which they are adapted to the requirements of cultural heritage. The Ancient Theatre of Aigeira and its adjacent small temple, a monumental complex of significant archaeological and architectural interest, were selected as the case study.

The paper seeks to develop an integrated digital management system for the case study. Initially, an HBIM (Historic Building Information Modelling) model was developed using the Scan-to-BIM and Mesh-to-BIM methodologies, utilizing photogrammetric data, point clouds, and 3D models provided by the Austrian Archaeological Institute, in combination with archaeological and architectural studies. Subsequently, a Digital Twin application was created, incorporating virtual sensors that simulate continuous monitoring conditions and generate dynamic data. A GIS project was also developed, integrating data from the HBIM model and additional spatial information. The comparative analysis highlights both the common features and the differences between the technologies in terms of data structure, application scale, and their potential for use in cultural heritage. The research results indicate that the combination of BIM, Digital Twin, and GIS can serve as a powerful tool for the protection, promotion, and sustainable management of monuments and archaeological sites.

Keywords

HBIM, GIS, Digital Twin, Ancient Aigeira

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή.....	1
1.1	Αντικείμενο και στόχοι της μελέτης.	1
1.2	Μεθοδολογία σχεδίασης και έρευνας.	2
1.3	Δομή της εργασίας	3
2	Ιστορικά και γεωγραφικά στοιχεία της Αρχαίας Αιγείρας	5
2.1	Γεωγραφικά όρια.....	5
2.2	Σύντομη ιστορική αναδρομή.....	5
2.3	Ο χώρος του αρχαίου Θεάτρου.	7
2.3.1	Το αρχαίο θέατρο.	7
2.3.2	Οι ναῖσκοι D, E και F	8
2.3.3	Αρχαιολογικές έρευνες & επεμβάσεις στο Αρχαίο Θέατρο και τους Ναῖσκους.	9
2.3.4	Βασικές μελέτες για τον χώρο του Αρχαίου Θεάτρου Αιγείρας.....	10
3	Building Information Modeling (BIM) και Heritage BIM (HBIM)	11
3.1	Ορισμός του BIM και του HBIM.....	11
3.1.1	Ορισμός του BIM.....	11
3.1.2	Ορισμός του HBIM	13
3.2	Ανάπτυξη HBIM μοντέλου μνημείων χώρου Αρχαίο Θεάτρου Αιγείρας.	15
3.2.1	Μεθοδολογία δημιουργίας HBIM μοντέλου.....	15
3.2.2	Συλλογή δεδομένων.	16
3.2.3	Επεξεργασία των δεδομένων, δημιουργία BIM μοντέλου.....	20
3.2.4	Δημιουργία παραμετρικών BIM αντικειμένων (οικογενειών Revit).	24
3.2.5	Εμπλουτισμό των παραμετρικών αντικειμένων με περιγραφικά δεδομένα.	27
3.3	Παραγόμενα αποτελέσματα και περεταίρω χρήση τους.	28
3.4	Συμπεράσματα Κεφαλαίου.	30
3.4.1	Όσο αναφορά το BIM/HBIM.....	30
3.4.2	Όσο αναφορά την ανάπτυξη μοντέλου HBIM στον χώρο του Αρχαίου Θεάτρου της Αιγείρας.	30

4	Digital Twin (Ψηφιακό Δίδυμο)	32
4.1	Τί είναι Digital Twin και Internet of Things.	32
4.1.1	Digital Twin.	32
4.1.2	Internet of Things	32
4.2	Digital Twin στην πολιτιστική κληρονομιά.	34
4.2.1	Διαδίκτυο των Πολιτιστικών Πραγμάτων (Internet of Cultural Things -IoCT) 34	
4.2.2	Heritage Digital Twin ως σύνολο πληροφοριών.	35
4.3	Ανάπτυξη IoT εφαρμογής για τον χώρο του Αρχαίου Θεάτρου Αιγείρας.	36
4.3.1	Στόχος εργασίας, λογισμικό.	36
4.3.2	Βήματα υλοποίησης DT.	36
4.4	Συμπεράσματα Κεφαλαίου.	40
4.4.1	Σχετικά με το Ψηφιακό Δίδυμο (Digital Twin) στην πολιτιστική κληρονομιά. 40	
4.4.2	Σχετικά με την δημιουργία Ψηφιακού Δίδυμου στο Αρχαίο Θέατρο Αιγείρας. 40	
5	Geographical Information Systems - G.I.S	42
5.1	Ορισμός GIS.....	42
5.1.1	GIS και πολιτιστική κληρονομιά.	43
5.2	Βασικά στοιχεία GIS.....	44
5.2.1	Δεδομένα GIS	44
5.2.2	Μοντέλα δεδομένων GIS.	44
5.2.3	Βάση δεδομένων.	46
5.3	Μεθοδολογία Υλοποίησης GIS με χρήση του QGIS, περίπτωση μελέτης χώρου Αρχαίου Θεάτρου Αιγείρας.....	46
5.3.1	Το λογισμικό QGIS.....	46
5.3.2	Εισαγωγή και επεξεργασία δεδομένων.	47
5.3.3	Ανάλυση δεδομένων.	50
5.4	Παραγόμενα αποτελέσματα και περαιτέρω αξιοποίηση των προϊόντων GIS	52
5.4.1	Θεματικοί χάρτες.	52
5.4.2	Βάση δεδομένων.	52

5.5 Συμπεράσματα	53
5.5.1 Σχετικά με τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS) στην πολιτιστική κληρονομιά.....	53
5.5.2 Σχετικά με την διαδικασία σχεδίασης.....	53
6 Σύγκριση BIM, GIS και Digital Twin.....	54
6.1 Πεδία εφαρμογής και παραδείγματα των μεθόδων στην πολιτισμική κληρονομιά..	54
6.1.1 HBIM	54
6.1.2 Digital Twin.	55
6.1.3 GIS	57
6.2 Κοινά στοιχεία.	61
6.3 Πλεονεκτήματα και Περιορισμοί.....	62
6.3.1 Δεδομένα και χωρική κλίμακα.....	62
6.3.2 Κόστος και δυσκολία εκμάθησης.	63
6.4 Συμπεράσματα	65
7 Συμπεράσματα.....	66
7.1 Συνολική αποτίμηση των τεχνολογιών HBIM, GIS και Digital Twin	66
7.2 Ανάγκη και σημασία εφαρμογής των μεθόδων στα κτήρια πολιτιστικής κληρονομιάς.	67
7.3 Μελλοντικές προοπτικές εξέλιξης των τεχνολογιών.	68
7.4 Προτεινόμενες μελλοντικές μελέτες, αποτυπώσεις και εφαρμογές στο Αρχαίο Θέατρο Αιγείρας.....	69
Βιβλιογραφία.....	71
Παράρτημα Α: Σχέδια HBIM	82
Παράρτημα Β: Θεματικοί χάρτες QGIS	96

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 2-1 Αρχαίο θέατρο Αιγείρας 2010 (πηγή : Προσωπικό αρχείο Άγγελου Σταύρου).	7
Εικόνα 2-2 Κάτοψη ελληνιστικής σκηνής ανακατασκευή (Πηγή: Gogos S., 1992).....	8
Εικόνα 2-3 Κεφαλή του Δία (Πηγή: Tanner A., 2024).....	9
Εικόνα 2-4 Τμήματα κολοσσιαίου αγάλματος του Δία από την Αιγείρα (Πηγή: Zde, 2019)	9
Εικόνα 3-1 : IFC από του BIM μοντέλου της εργασίας στο Open IFC Viewer (Πηγή: ίδια επεξεργασία)	13
Εικόνα 3-2 : Αναπαράσταση ελληνιστικής σκηνής (Πηγή: Gogos S., 1992).....	16
Εικόνα 3-3 : Τρισδιάστατο μοντέλο πλέγματος (mesh) 3DF Zephyr. (Πηγή: Ίδια επεξεργασία)	19
Εικόνα 3-4 : Τρισδιάστατο μοντέλο πλέγματος (mesh) με υφή 3DF Zephyr. (Πηγή: Ίδια επεξεργασία)	19
Εικόνα 3-5 Νέφος σημείων ναϊσκου F. Autodesk Recap Pro. (Πηγή: Ίδια επεξεργασία) .	19
Εικόνα 3-6: Τμηματοποίηση ενιαίου μοντέλου στο Rhino μέσω της εντολής Mesh- Booleen Split.....	22
Εικόνα 3-7 Τμηματοποιημένο μοντέλο στο Rhino (Πηγή: ίδια επεξεργασία).....	22
Εικόνα 3-8 BIM αντικείμενο στο Revit - Σκηνή. (Πηγή: ίδια επεξεργασία).....	23
Εικόνα 3-9 Οικογένεια ημι-κολόνας. α) Coarse Detail Level β) Medium Detail Level γ Fine Detail Level (Πηγή: ίδια επεξεργασία).....	25
Εικόνα 3-10 Παράμετροι που δημιουργήθηκαν, πάνελ ιδιοτήτων Revit. (Πηγή: ίδια επεξεργασία)	28
Εικόνα 4-1 Συσκευές – Αισθητήρες στο ThingsBoard (Πηγή: ίδια επεξεργασία)	37
Εικόνα 4-2 Πίνακας ελέγχου χρήστη «Φύλακα» στο ThingsBoard (Πηγή: ίδια επεξεργασία)	39
Εικόνα 4-3 Πίνακας ελέγχου χρήστη «Μηχανικός» στο ThingsBoard (Πηγή: ίδια επεξεργασία)	39
Εικόνα 5-1 Επίπεδα (Layers) που δημιουργήθηκαν στο QGIS (Πηγή: ίδια επεξεργασία) 48	
Εικόνα 5-2 Τμήμα πίνακα ιδιοτήτων (attribute table) διανυσματικού επιπέδου ΘΕΑΤΡΟ (Πηγή: ίδια επεξεργασία).....	50
Εικόνα 6-1 Google Maps, Αρχαίο Θέατρο Αιγείρας. (Πηγή: Google Maps).....	61

Κατάλογος Χαρτών

Χάρτης 2-1 Γεωγραφική θέση Αρχαίου Θεάτρου Αιγείρας (πηγή: Google Maps).....	15
Χάρτης 6-1: Αρχαίο Θέατρο Αιγείρας, Αρχαιολογικό Κτηματολόγιο (Πηγή: Αρχαιολογικό Κτηματολόγιο).....	59

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

BIM	Building Information Modelling	Μοντελοποίηση Πληροφοριών Κτιρίων
CDE	Common Data Environment	
DT	Digital Twin	Ψηφιακό Δίδυμο
GIS	Geographic Information System	Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών
HBIM	Historical BIM	Μοντελοποίηση Πληροφοριών Ιστορικών Κτιρίων
HDT	Heritage Digital Twin	Ψηφιακό Δίδυμο Πολιτιστικής Κληρονομιάς
IFC	Industry Foundation Classes	
IoCT	Internet of Cultural Things	Διαδίκτυο των Πολιτιστικών Πραγμάτων
MDCS	Massive Data Capture Systems	
AAI	Αυστριακό Αρχαιολογικό Ινστιτούτο	

1 Εισαγωγή.

1.1 Αντικείμενο και στόχοι της μελέτης.

Η πολιτιστική κληρονομιά, ως αναπόσπαστο κομμάτι της συλλογικής μνήμης και ταυτότητας κάθε κοινωνίας, ενσωματώνει αιώνες ιστορίας και πολιτισμού μέσα από μνημεία και αρχαιολογικούς χώρους. Η ανάγκη για αποτελεσματική διαχείριση και προστασία της οδηγεί σε αυξανόμενη αξιοποίηση ψηφιακών εργαλείων, τα οποία προσφέρουν νέες δυνατότητες τεκμηρίωσης και ανάλυσης. Μεταξύ αυτών, η Μοντελοποίηση Πληροφοριών Κτιρίων (*Building Information Modelling - BIM*), τα Ψηφιακά Διδύμα (*Digital Twins - DT*) και τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (*Geographic Information Systems - GIS*) διαδραματίζουν πλέον κεντρικό ρόλο, επαναπροσδιορίζοντας τον τρόπο με τον οποίο προσεγγίζουμε τα μνημεία της.

Το BIM, σχεδιασμένο εξ αρχής για τον αρχιτεκτονικό και κατασκευαστικό τομέα, συνιστά μια μέθοδο στην οποία συγκεντρώνονται γεωμετρικά, κατασκευαστικά και λειτουργικά δεδομένα ενός έργου. Η προσαρμογή του στον χώρο της πολιτιστικής κληρονομιάς έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη του *Heritage* ή *Historic Building Information Modelling (HBIM)*, το οποίο επιτρέπει τη λεπτομερή αποτύπωση και τεκμηρίωση ιστορικών κατασκευών με υψηλό βαθμό ακρίβειας. Το DT αποτελεί μια δυναμική λύση στη διαχείριση της κληρονομιάς, δημιουργώντας ένα ψηφιακό δίδυμο του μνημείου που τροφοδοτείται διαρκώς με δεδομένα πραγματικού χρόνου από αισθητήρες και συστήματα παρακολούθησης, ή μπορεί ακόμα και να αποτελεί μια βάση ψηφιακών πληροφοριών. Τέλος, τα GIS επεκτείνουν τα χωρικά όρια, επιτρέποντας τη μελέτη της σχέσης των μνημείων με το ευρύτερο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον τους.

Η παρούσα εργασία επιχειρεί μια σύγκριση των τεχνολογιών BIM, Digital Twin και GIS, εξετάζοντας τις δυνατότητες και τα όρια εφαρμογής τους στον τομέα της πολιτιστικής κληρονομιάς.

Ως περίπτωση μελέτης ορίστηκε το Αρχαίο Θέατρο Αιγείρας και οι παράπλευροι σε αυτό ναΐσκοι του, μνημεία που παρουσιάζουν ενδιαφέρον για την αρχιτεκτονική τους σύνθεση. Μέσα από αυτή τη μελέτη περίπτωσης αναδεικνύονται τα πλεονεκτήματα και οι

περιορισμοί κάθε τεχνολογίας, ενώ διερευνάται η προοπτική ενοποίησής τους σε ένα ενιαίο ψηφιακό σύστημα διαχείρισης της πολιτιστικής κληρονομιάς.

1.2 Μεθοδολογία σχεδίασης και έρευνας.

Η εργασία βασίζεται στη συνδυαστική χρήση τριών τεχνολογιών με στόχο τη δημιουργία ενός ψηφιακού οικοσυστήματος για το Αρχαίο Θέατρο Αιγείρας.

Για το μοντέλο HBIM του θεάτρου ακολουθήθηκε η προσέγγιση Scan-to-BIM, που βασίζεται στη συλλογή γεωμετρικών δεδομένων με την χρήση της μεθόδου της φωτογραμμετρίας ή σάρωσης με σχετικές συσκευές, καθώς και η μέθοδος Mesh-to-BIM, η οποία δημιουργεί αντικείμενα BIM μέσω της χρήσης και επεξεργασίας τρισδιάστατων μοντέλων με μορφή πλέγματος. Πραγματοποιήθηκε φωτογραμμετρική αποτύπωση του θεάτρου, ενώ αξιοποιήθηκαν νέφη σημείων και τρισδιάστατα μοντέλα από το Αυστριακό Αρχαιολογικό Ινστιτούτο. Το μοντέλο συμπληρώθηκε με στοιχεία από υπάρχουσες αρχαιολογικές και αρχιτεκτονικές μελέτες.

Στη συνέχεια, αναπτύχθηκε το Digital Twin του θεάτρου, ενσωματώνοντας εικονικούς αισθητήρες για την παραγωγή δυναμικών δεδομένα που προσομοιώνουν ένα σύστημα συνεχούς παρακολούθησης του μνημείου.

Τέλος, δημιουργήθηκε ένα έργο GIS στο οποίο ενσωματώθηκαν οι πληροφορίες του μοντέλου HBIM. Ως χαρτογραφικά υπόβαθρα χρησιμοποιήθηκαν ελεύθεροι διαδικτυακοί χάρτες, καθώς και ορθοφωτογραφία της περιοχής που παραχωρήθηκε από το Αυστριακό Αρχαιολογικό Ινστιτούτο.

Η βιβλιογραφική έρευνα βασίστηκε εξ ολοκλήρου σε διαδικτυακές ελεύθερες πηγές και σε ψηφιακές βιβλιοθήκες, στις οποίες παρέχόταν δωρεάν πρόσβαση μέσω του Ανοικτού Πανεπιστημίου. Επιπλέον, αξιοποιήθηκαν συστήματα και ιστοσελίδες τεχνητής νοημοσύνης για την υποστήριξη της αναλυτικότερης αναζήτησης βιβλιογραφίας, την παραγωγή κώδικα, καθώς και για τη μετάφραση κειμένων από τη γερμανική γλώσσα.

1.3 Δομή της εργασίας

Η εργασία είναι δομημένη σε επτά κεφάλαια. Τα δύο πρώτα κεφάλαια έχουν εισαγωγικό χαρακτήρα και περιλαμβάνουν την εισαγωγή, καθώς και γενικές πληροφορίες για την πόλη και το θέατρο της Αρχαίας Αιγείρας. Τα επόμενα τέσσερα κεφάλαια αποτελούν το κυρίως μέρος της εργασίας, όπου παρουσιάζονται τα στοιχεία των υπό μελέτη τεχνολογιών, πραγματοποιείται η μεταξύ τους σύγκριση, και περιγράφονται τα βήματα της μεθοδολογίας σχεδίασης που ακολουθήθηκαν. Τέλος, το έβδομο κεφάλαιο, το οποίο λειτουργεί ως επίλογος, παρουσιάζει τα συνολικά συμπεράσματα της εργασίας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα ιστορικά και γεωγραφικά στοιχεία της Αρχαίας Αιγείρας, με αναφορά στα γεωγραφικά όρια της περιοχής, μια σύντομη ιστορική αναδρομή, καθώς και περιγραφή του χώρου του αρχαίου θεάτρου, των επιμέρους μνημείων και των αρχαιολογικών ερευνών που έχουν πραγματοποιηθεί.

Στο τρίτο κεφάλαιο εξετάζονται οι έννοιες του BIM και του HBIM, καθώς και η μεθοδολογία ανάπτυξης ενός HBIM μοντέλου για τον χώρο του αρχαίου θεάτρου της Αιγείρας. Παρουσιάζονται τα στάδια συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων, η δημιουργία παραμετρικών αντικειμένων, καθώς και ο εμπλουτισμός τους με περιγραφικά στοιχεία, ενώ ολοκληρώνεται με την παρουσίαση των παραγόμενων αποτελεσμάτων και των συμπερασμάτων του κεφαλαίου.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύεται οι έννοιες των Digital Twin, Internet of Things και Heritage Digital Twin και πώς εφαρμόζονται στην πολιτιστική κληρονομιά. Παρουσιάζεται επίσης η ανάπτυξη μιας εφαρμογής ψηφιακού διδύμου για τον χώρο μελέτης, καθώς και τα βήματα υλοποίησης και τα σχετικά συμπεράσματα.

Στο πέμπτο κεφάλαιο εξετάζονται τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS), η θεωρητική τους βάση και τα βασικά στοιχεία τους, καθώς και η μεθοδολογία υλοποίησης GIS έργου με χρήση του λογισμικού QGIS για την περιοχή μελέτης, συμπεριλαμβανομένης της επεξεργασίας, ανάλυσης και αξιοποίησης των δεδομένων.

Στο έκτο κεφάλαιο πραγματοποιείται συγκριτική ανάλυση των τεχνολογιών, με έμφαση στα πεδία εφαρμογής τους στην πολιτιστική κληρονομιά, στα κοινά τους χαρακτηριστικά,

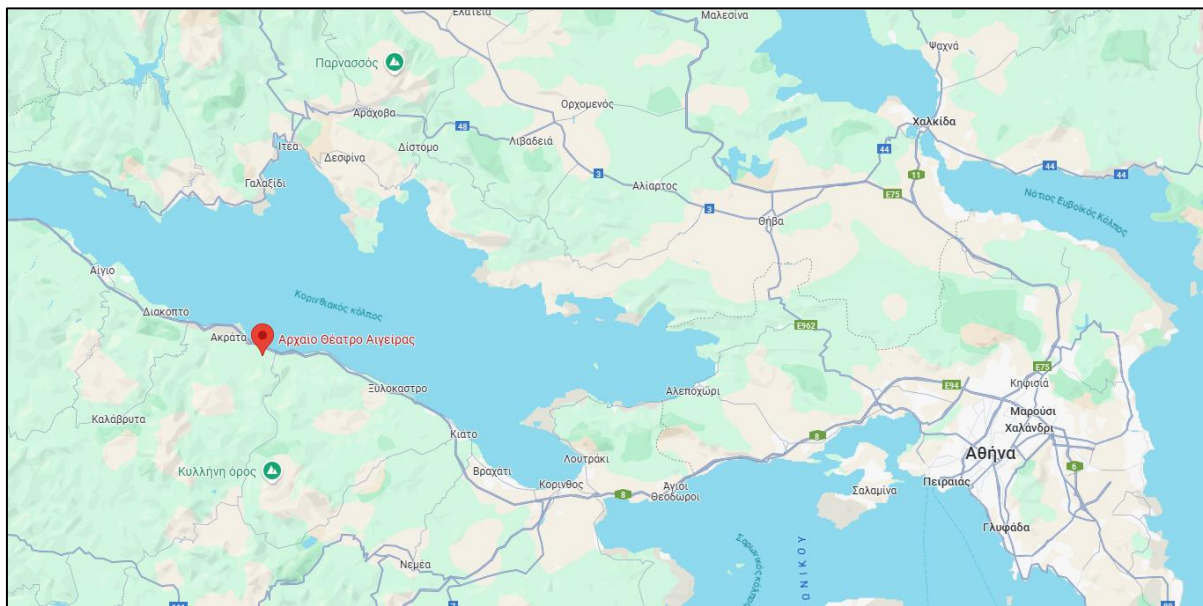
καθώς και στα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς τους ως προς τα δεδομένα, την κλίμακα εφαρμογής και τη δυσκολία υλοποίησης.

Τέλος, στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συνολικά συμπεράσματα της εργασίας, συνοψίζοντας τα αποτελέσματα της μελέτης και παρουσιάζοντας προοπτικές μελλοντικής ανάπτυξης και εφαρμογής των τεχνολογιών αυτών στον τομέα της πολιτιστικής κληρονομιάς και ιδιαίτερα στον χώρο του Αρχαίου Θεάτρου Αιγείρας.

2 Ιστορικά και γεωγραφικά στοιχεία της Αρχαίας Αιγείρας

2.1 Γεωγραφικά όρια.

Η περιοχή της αρχαίας Αιγείρας ή Αίγειρας ανήκει στον Δήμο Αιγιαλείας και αποτελεί το βορειοανατολικό σύνορο του δήμου και του νομού Αχαΐας, ενώ τμήμα των αρχαίων καταλοίπων εκτείνεται στη σημερινή Κορινθία. Η ακρόπολη και το θέατρο βρίσκονται σήμερα εντός της Τοπικής Κοινότητας Αιγών, στη θέση Παλιόκαστρο, απέχουν περίπου τέσσερα χιλιόμετρα από τις ακτές του Κορινθιακού κόλπου, όπου διατηρούνται κατάλοιπα του αρχαίου λιμανιού της πόλης. Όπως αναφέρει ο Alziger W., (1982) «*Τα ερείπια κείτονται ακριβώς απέναντι από τους Δελφούς. Όταν ο ουρανός είναι καθαρός μπορεί κανένας να ξεχωρίσει τον Παρνασσό στην αντικρινή περιοχή του κόλπου.*». Ο Χάρτης 2-1 δείχνει τη θέση του θεάτρου στον Κορινθιακό Κόλπο.



Χάρτης 2-1 Γεωγραφική θέση Αρχαίου Θεάτρου Αιγείρας (πηγή: Google Maps)

2.2 Σύντομη ιστορική αναδρομή.

Οι πρώτοι άνθρωποι εγκαταστάθηκαν στην ακρόπολη ήδη κατά την 3η χιλιετία π.Χ., στην Πρωτοελλαδική περίοδο. Την παρουσία τους μαρτυρούν ορισμένα θραύσματα κεραμικής. Πιθανόν οι πληθυσμοί αυτοί να προέρχονταν από τα Βαλκάνια. Κατά τον 12ο αιώνα π.Χ. εμφανίζονται οι Μυκηναίοι στην ακρόπολη και σταθεροποιούν την παρουσία τους δίπλα

στους προϋπάρχοντες κατοίκους, πιθανότατα ειρηνικά, καθώς δεν υπάρχουν ίχνη καταστροφών που να επιτρέπουν την υπόθεση πολεμικών επιχειρήσεων ή ένοπλης εισβολής (Alziger W., 1982). Κατά τον 8ο αιώνα π.Χ. η ακρόπολη εγκαταλείφθηκε ως οικιστικός χώρος και μετατράπηκε σε ιερό, με την ίδρυση ιερού στον χώρο. (Gauss W., 2023)

Ο Πausanίας αναφέρει ότι κατά την ομηρική εποχή η πόλη ονομαζόταν «Υπηρεσίη» και ότι άλλαξε το όνομά της εξαιτίας ενός επεισοδίου κατά τη διάρκεια πολιορκίας από τους Σικυώνιους. Σύμφωνα με την παράδοση, οι κάτοικοι της Αίγειρας σώθηκαν χάρη σε ένα τέχνασμα: ένα βράδυ έδεσαν αναμμένες δάδες στα κέρατα των κατσικιών τους και τα ανάγκασαν να κινηθούν προς το στρατόπεδο των πολιορκητών. Μπροστά στο πλήθος των δαδών που κινούνταν προς το μέρος τους, οι Σικυώνιοι πανικοβλήθηκαν, υποχώρησαν και τράπηκαν σε φυγή. Μετά το γεγονός αυτό, όπως σημειώνει ο Πausanίας, η πόλη μετονομάστηκε σε Αίγαιρα, σε ένδειξη ευγνωμοσύνης, από τις «αίγες», δηλαδή τις κατσίκες. (Alziger W., 1982)

Στη συνέχεια, η πόλη χάνει σταδιακά την αρχική της αίγλη, αλλά γνωρίζει μεγάλη ακμή κατά την ελληνιστική περίοδο, οπότε και συνδέεται στενά με την ιστορία της Αχαϊκής Συμπολιτείας, στην οποία η Αιγείρα προσχώρησε μεταξύ του 270 και 251 π.Χ. Την ίδια περίοδο παρατηρείται σημαντική επέκταση του αστικού χώρου και κατασκευάζονται πολυάριθμα δημόσια κτήρια, καθώς και υδραγωγείο. Καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη αυτή διαδραμάτισε και η στρατηγική θέση της πόλης, ιδιαίτερα σημαντική για τη συμμαχία. (Gauss W., 2023)

Την περίοδο αυτή δημιουργείται ένα νέο αστικό κέντρο με επίκεντρο το θέατρο, το οποίο καθίσταται πυρήνας της κοσμικής, θρησκευτικής και πολιτικής ζωής της πόλης. Πιθανόν τα κτήρια της περιοχής να διαδραμάτιζαν και διοικητικό ρόλο, ενώ το ίδιο το θέατρο φαίνεται ότι χρησιμοποιούνταν ως χώρος διεξαγωγής των συνελεύσεων της Αχαϊκής Συμπολιτείας, οι οποίες κατά τον 2ο αιώνα π.Χ. πραγματοποιούνταν εναλλάξ στις πόλεις-μέλη. (Gauss W., 2023)

Ο χώρος του θεάτρου παρέμεινε σημαντικό κέντρο της πόλης και μετά την πτώση της Αχαϊκής Συμπολιτείας. Κατά τον 2ο μ.Χ. αιώνα, πιθανότατα επί αυτοκρατορίας Αδριανού, πραγματοποιήθηκαν εκτεταμένες επισκευές στα κτήρια και το θέατρο μετατράπηκε σε ρωμαϊκό. Από τις αρχές της Ύστερης Αρχαιότητας, αν και η πόλη της Αιγείρας εξακολουθεί

να αποτελεί αστικό κέντρο, ο χώρος του θεάτρου αρχίζει σταδιακά να εγκαταλείπεται, έως τον 7ο αιώνα, οπότε εγκαταλείπονται τόσο ο χώρος του θεάτρου όσο και η ίδια η πόλη. (Gauss W., 2023)

2.3 Ο χώρος του αρχαίου Θεάτρου.

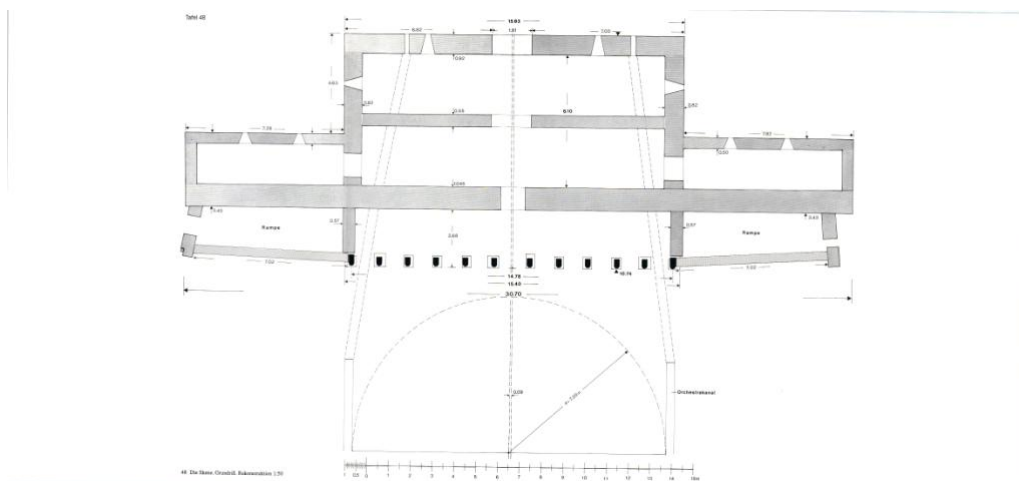
2.3.1 Το αρχαίο θέατρο.

Αν και αποτελεί σημαντικό μνημείο για την πόλη, εντύπωση προκαλεί το γεγονός ότι το αρχαίο θέατρο δεν μνημονεύεται από τον Πausanias, όταν πέρασε από την Αιγείρα τον 2ο αι. μ.Χ. Το θέατρο (εικ. 2-1) διαθέτει πεταλόσχημο κοίλο, με προσανατολισμό προς τον Κορινθιακό κόλπο και ένα διάζωμα το χωρίζει σε δύο τμήματα. Είναι κτισμένο σε υψόμετρο περίπου 350 μ. από την επιφάνεια της θάλασσας, στα βόρεια της ακρόπολης, ενώ η συνολική χωρητικότητα του υπολογίζεται σε περίπου 3.000 θεατές. Η κατασκευή του ελληνιστικού θεάτρου εκτιμάται μεταξύ του τέταρτου έτους της 24ης Ολυμπιάδας (281/280 π.Χ.) και της προσχώρησης της Αιγείρας λίγο αργότερα στην Αχαϊκή Συμπολιτεία. (Gogos S., 1992., Κόλια Ε., 2026.).



Εικόνα 2-1 Αρχαίο θέατρο Αιγείρας 2010 (πηγή : Προσωπικό αρχείο Άγγελου Σταύρου)

Με βάση τα σωζόμενα κατάλοιπα της σκηνής, είναι δυνατή η ανασύνθεση της κάτοψης της ελληνιστικής φάσης (εικ. 2-2), στην οποία διακρίνονται στοιχεία που διατηρήθηκαν κατά την μετατροπή του θεάτρου σε ρωμαϊκού τύπου (Gogos S., 1992). Η νέα σκηνική κατασκευή που προέκυψε από την μετατροπή, ακολούθησε τα ρωμαϊκά αρχιτεκτονικά πρότυπα, οδηγώντας στη διαμόρφωση μιας τριώροφης σκηνής, της οποίας η πρόσοψη διαρθρωνόταν σε τρεις διαφορετικούς αρχιτεκτονικούς ρυθμούς: το κατώτερο επίπεδο σε δωρικό, το μεσαίο σε ιωνικό και το ανώτερο σε κορινθιακό, ενώ σε όλο το οικοδόμημα υπήρχε σκεπή. Παράλληλα, τη θέση του προσκηνίου κατέλαβε ένα υπερυψωμένο λογείο (Alzinger W., 1982).



Εικόνα 2-2 Κάτοψη ελληνιστικής σκηνής ανακατασκευή (Πηγή: Gogos S., 1992)

2.3.2 Οι ναῖσκοι D, E και F

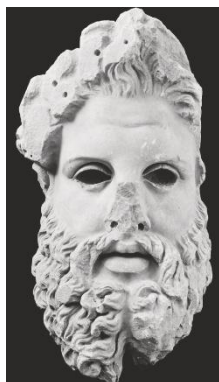
Οι ναῖσκοι D, E και F, μαζί με το θέατρο, ένα περιστυλικό κτήριο (το λεγόμενο Τυχείον) και τρία ακόμη μικρά κτήρια A, B και C, σήμερα θαμμένα, αποτελούσαν μέρος ενός ευρύτερου συγκροτήματος που οικοδομήθηκε κατά την Ελληνιστική περίοδο και παρέμεινε σε χρήση έως και τη Ρωμαϊκή αυτοκρατορική εποχή. Παρά τη σημασία του χώρου, εκτός από το θέατρο, τα επιμέρους κτήρια και η λειτουργία τους μέσα στο αρχιτεκτονικό σύνολο δεν έχουν ακόμη μελετηθεί επαρκώς. Επίσης, η συνολική ιστορία και ο χαρακτήρας του συγκροτήματος παραμένουν ασαφείς, καθώς δεν παρουσιάζει άμεσες αναλογίες με άλλους γνωστούς ελληνιστικούς πολεοδομικούς σχεδιασμούς. Ενώ οι φάσεις κατασκευής και ανακαίνισης των ναῖσκων D, E και F φαίνεται ότι συνδέονταν στενά με τις αντίστοιχες οικοδομικές φάσεις του θεάτρου. (Tanner A., 2024)

Μια ερμηνεία που πρότειναν οι Wilhelm Alzinger και Σάββας Γόγος βασίστηκε σε ορισμένα γλυπτικά ευρήματα και στη σύντομη περιγραφή της Αιγείρας από τον Πausanias. Σύμφωνα με την άποψή τους, ο Ναῖσκος D ταυτίζεται με ναό του Δία, ο Ναῖσκος E με ναό της Άρτεμης, ενώ ολόκληρο το συγκρότημα θεωρήθηκε ότι αντιστοιχεί στο ιερό του Δία που αναφέρει ο Πausanias. Παράλληλα, διατύπωσαν την υπόθεση ότι ένας χώρος λατρείας της Άρτεμης που βρίσκονται στην Ακρόπολη μεταφέρθηκε στην περιοχή του θεάτρου κατά τον 3ο αιώνα π.Χ. Ο Anton Bammer (διευθυντής ανασκαφών 1990-1997), προσέγγισε το συγκρότημα με μεγαλύτερη επιφύλαξη, ερμηνεύοντάς το γενικότερα ως «λατρευτικό κέντρο» και διατυπώνοντας το ερώτημα αν οι ναῖσκοι ενδέχεται να λειτουργούσαν ως θησαυροφυλάκια. (Tanner A., 2024)

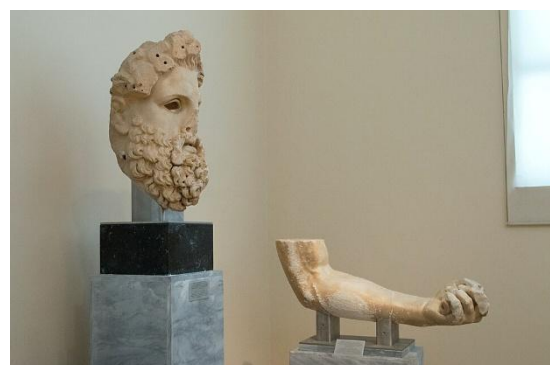
Οι ναῖσκοι D και E είναι χτισμένοι ο ένας δίπλα στον άλλο στη βόρεια πλαγιά του θεάτρου και έχουν ανατολικό προσανατολισμό, ενώ ο ναῖσκος F βρίσκεται νότια του κτηρίου της σκηνής και έχει βόρειο προσανατολισμό. Και οι τρεις ναῖσκοι είναι πρόστυλοι. Οι μέγιστες εξωτερικές διαστάσεις των θεμελίων του ναῖσκου E ανέρχονται σε $8,45 \times 12,50$ μ., του ναῖσκου D σε $9,70 \times 17,70$ μ. και του ναῖσκου F σε $7,70 \times 14,40$ μ. (Tanner A., 2024).

2.3.3 Αρχαιολογικές έρευνες και επεμβάσεις στο Αρχαίο Θέατρο και τους Ναῖσκους.

Οι πρώτες αρχαιολογικές έρευνες στον χώρο του Αρχαίου Θεάτρου Αιγείρας πραγματοποιήθηκαν το 1916 και το 1925 υπό τη διεύθυνση του Otto Walter, ο οποίος και ανακάλυψε το θέατρο. Από τα ευρήματα εκείνων των ανασκαφών διασώθηκαν κυρίως γλυπτά, όπως ένα κολοσσιαίο γενειοφόρο κεφάλι, το αποκαλούμενο «κεφάλι του Δία» (εικ. 2-3 και 2-4), τμήματα αγάλματος με θώρακα και άλλα θραύσματα. (Tanner A., 2024)



Εικόνα 2-3 Κεφαλή του Δία
(Πηγή: Tanner A., 2024)



Εικόνα 2-4 Τμήματα κολοσσιαίου αγάλματος
του Δία από την Αιγείρα (Πηγή: Zde, 2019)

Εκτεταμένες ανασκαφικές εργασίες διεξήχθησαν αργότερα, κυρίως μεταξύ 1972 και 1988, υπό τη διεύθυνση του Alzinger. Τότε αποκαλύφθηκαν πλήρως ή σε μεγάλο βαθμό το θέατρο, οι τρεις ναῖσκοι D, E και F, καθώς και ένα περιστυλικό οικοδόμημα που έχει χαρακτηριστεί ως «Τυχείον». Επιπλέον, κατά τα έτη 1992 και 1993 πραγματοποιήθηκαν σωστικές επεμβάσεις στους ναῖσκους D και E, απαραίτητες για την κατασκευή του προστατευτικού στεγάστρου που ανεγέρθηκε το 1996. (Gauß W., 2022)

Οι τελευταίες επεμβάσεις στο Αρχαίο Θέατρο Αιγείρας αφορούν εργασίες αποκατάστασης που ξεκίνησαν τον Αύγουστο του 2011 και ολοκληρώθηκαν τον Δεκέμβριο του 2015. Κατά τη διάρκειά τους πραγματοποιήθηκαν αρχαιολογικός καθαρισμός σε ολόκληρο το κοίλο και την ορχήστρα του μνημείου, επεμβάσεις στερέωσης, καθώς και εργασίες ανάπλασης του αρχαιολογικού χώρου (Διάζωμα, 2026). Επιπλέον, το 2019 πραγματοποιήθηκε φωτισμός του θεάτρου και των ναῖσκων D και E με σκοπό την ανάδειξη των κτηρίων, την ενίσχυση του χαρακτήρα του αρχαιολογικού χώρου ως τοπόσημου και τη λειτουργική αναβάθμιση του χώρου για τη διεξαγωγή μελλοντικών πολιτιστικών δραστηριοτήτων. (Κατσαρού Χ., 2019) .

2.3.4 Βασικές μελέτες για τον χώρο του Αρχαίου Θεάτρου Αιγείρας.

Οι δύο από τις σημαντικότερες μελέτες των μνημείων, οι οποίες αποτέλεσαν τη βασική πηγή άντλησης δεδομένων και συνέβαλαν καθοριστικά στην ακριβέστερη τεκμηρίωση των μοντέλων της εργασίας, είναι οι ακόλουθες:

Das Theater von Aigeira: Ein Beitrag zum antiken Theaterbau (*Το Θέατρο της Αιγείρας: Μια συμβολή στην αρχαία θεατρική αρχιτεκτονική*), μελέτη του καθηγητή αρχαιολογίας Σάββα Γώγου, υπό την εποπτεία του Αυστριακού Αρχαιολογικού Ινστιτούτου, στην οποία περιλαμβάνονται τόσο η πλήρης σχεδιαστική αποτύπωση του θεάτρου όσο και η εκτενής ιστορική και μορφολογική ανάλυσή του.

Die Naiskoi D, E und F im Bereich des Theaters von Aigeira (*Οι ναῖσκοι D, E και F στον χώρο του θεάτρου της Αιγείρας*), της αρχιτέκτονος Alexandra Tanner. Στη μελέτη αυτή παρουσιάζεται η αναλυτική τεκμηρίωση και αποτύπωση των τριών ναῖσκων που βρίσκονται περιμετρικά του θεάτρου και οι οποίοι, σε συνδυασμό με το θέατρο, συγκροτούν τον βασικό πυρήνα της παρούσας εργασίας.

3 Building Information Modeling (BIM) και Heritage BIM (HBIM)

3.1 Ορισμός του BIM και του HBIM

3.1.1 Ορισμός του BIM

Το BIM (Building Information Modeling) δεν αποτελεί απλώς μια κατηγορία λογισμικού, αλλά συνιστά μια ολοκληρωμένη μεθοδολογία σχεδιασμού, διαχείρισης και οργάνωσης πληροφοριών που αφορούν τα κτίρια καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους. Είναι μια καινοτόμο διαδικασία, που έχει επιφέρει θεμελιώδεις αλλαγές στις παραδοσιακές μεθοδολογίες σχεδιασμού. Εισάγει ένα κοινό περιβάλλον δεδομένων στο οποίο αρχιτέκτονες, μηχανικοί, εργολάβοι και λοιποί εμπλεκόμενοι φορείς συνεργάζονται με μεγαλύτερη συνοχή και αποτελεσματικότητα. Σε αντίθεση με τις συμβατικές προσεγγίσεις, όπου κάθε ομάδα χρησιμοποιεί απομονωμένα και συχνά ασύμβατα εργαλεία, το BIM προάγει την ενοποίηση και ενισχύει την αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ των διαφορετικών ειδικοτήτων. (Ezgi, G. Ö., Ofluoglu, S., 2025)

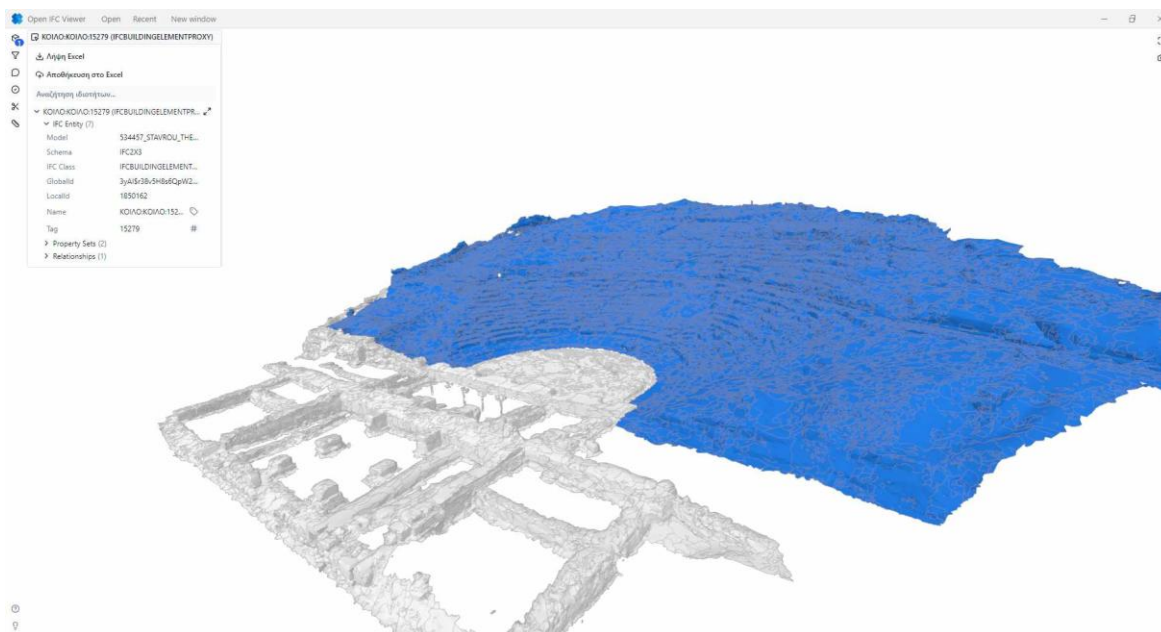
Επιτρέπει την ακριβή ποσοτικοποίηση και οπτικοποίηση του έργου πριν από τη φάση της υλοποίησης, την έγκαιρη αναγνώριση πιθανών προβλημάτων και τη βελτιστοποίηση της διαδικασίας παράδοσης σε όρους χρόνου και κόστους. Κατ' αυτόν τον τρόπο, συμβάλλει καθοριστικά στη βελτίωση της συνολικής ποιότητας, της αποδοτικότητας και της βιωσιμότητας των κατασκευαστικών έργων. Το πρότυπο ISO 19650-1 το αναφέρει ως μια «κοινή ψηφιακή αναπαράσταση που χρησιμοποιείται για τη διευκόλυνση ολόκληρου του κύκλου ζωής ενός κτιρίου». (Ezgi, G. Ö., Ofluoglu, S., 2025)

Μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής, το BIM μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παρέχει στον πελάτη και στους διαχειριστές τα κατάλληλα εργαλεία για τη λειτουργία των μηχανολογικών, ηλεκτρικών και άλλων συστημάτων, καθώς και για την αντιμετώπιση ζητημάτων συντήρησης μέσω ενός ψηφιακού δίδυμου, όπου μπορούν να αντληθούν πληροφορίες σχετικά με την ημερομηνία εγκατάστασης, τα υλικά, τη διάρκεια ζωής κ.λπ. (Cemex Ventures, 2023)

Το ψηφιακό μοντέλο που παράγεται μέσω του BIM είναι μια τρισδιάστατη (3D) αναπαράσταση του έργου, η οποία λειτουργεί ως ένα «έξυπνο μοντέλο». Ο όρος αυτός περιγράφει μια ενιαία ψηφιακή οντότητα, όπου όλα τα επιμέρους στοιχεία είναι συνδεδεμένα με μια βάση δεδομένων. Τα μοντέλα αυτά αποτελούνται από «έξυπνα» - παραμετρικά αντικείμενα, που δημιουργούνται μέσω τροποποιήσιμων παραμέτρων, όπως για παράδειγμα οι διαστάσεις τους. Επιπλέον, τα αντικείμενα αυτά μπορούν να ενσωματώνουν πρόσθετους τύπους πληροφοριών, όπως τα υλικά κατασκευής ή τεχνικά χαρακτηριστικά, καθιστώντας τα πιστή ψηφιακή αναπαράσταση των αντίστοιχων πραγματικών στοιχείων του έργου. (Pocobelli et al. 2018)

Οι εφαρμογές που χρησιμοποιούνται στην δημιουργία μοντέλων, ή αλλιώς εργαλεία BIM, σύμφωνα με τους Logothetis et al. (2017), υποδιαιρούνται σε τρεις διακριτούς τύπους:

1. **Εργαλεία για τη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων:** Αποτελούν τα βασικά εργαλεία BIM και λειτουργούν με παραμετρικά αντικείμενα που διαθέτουν επαρκή χαρακτηριστικά, προσφέροντας τη δυνατότητα να κατασκευαστεί εικονικά το κτίριο.
2. **Εργαλεία προβολής/οπτικοποίησης μοντέλων:** Περιλαμβάνουν εφαρμογές που μπορούν να οπτικοποιήσουν ένα μοντέλο για παρουσίαση ή αναθεώρησή του. Οι σύγχρονες εφαρμογές, που είναι διαθέσιμες και διαδικτυακά, όπως το Open Ifc Viewer (εικ. 3-1) μπορούν, πέραν της απλής οπτικοποίησης των επιφανειών, να προσφέρουν τη δυνατότητα παρουσίασης των σχετικών δισδιάστατων σχεδίων, παρουσίασης των παραμέτρων, περιήγησης στον χώρο και ακόμα σε εικονική πραγματικότητα.
3. **Εργαλεία υπολογιστικής ανάλυσης μοντέλων:** Πρόκειται για λογισμικά τρίτων κατασκευαστών που επικοινωνούν με το κύριο εργαλείο BIM και, για παράδειγμα, αναλύουν δεδομένα γεωμετρίας κ.ά., προκειμένου να προσδιοριστεί η ενεργειακή απόδοση του μοντέλου ή ο φυσικός φωτισμός.



Εικόνα 3-1 : IFC από του BIM μοντέλου της εργασίας στο Open IFC Viewer (Πηγή: ίδια επεξεργασία)

3.1.2 Ορισμός του HBIM

Το «Historic Building Information Modeling» (HBIM) (Μοντελοποίηση Πληροφοριών Ιστορικών Κτιρίων) συνιστά έναν αναδυόμενο επιστημονικό και τεχνολογικό τομέα, ο οποίος επεκτείνει τις αρχές και τις μεθοδολογίες του BIM στη συστηματική τεκμηρίωση, διαχείριση και ανάλυση κτιρίων πολιτιστικής κληρονομιάς. (Ávila et. al., 2024)

Ιστορικά η έννοια του HBIM, προτάθηκε για πρώτη φορά από τους Murphy et al. (2009), ως ένα καινοτόμο σύστημα για τη μοντελοποίηση ιστορικών κατασκευών. Το σύστημα αυτό περιελάμβανε τη συλλογή δεδομένων τεκμηρίωσης ενός κτηρίου μέσω επίγειας σάρωσης λέιζερ, σε συνδυασμό με τη χρήση ψηφιακών φωτογραφικών μηχανών, τη συσχέτιση και επεξεργασία των δεδομένων νέφους σημείων (point cloud) και σε τελικό στάδιο, την εφαρμογή υφών με σκοπό τη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου και υψηλής ακρίβειας τρισδιάστατου ψηφιακού μοντέλου. (Ávila et. al., 2024)

Γενικά, η διαδικασία υλοποίησης του HBIM μπορεί να θεωρηθεί ως μία μορφή μοντελοποίησης αντίστροφης μηχανικής, σύμφωνα με την οποία τα παραμετρικά αντικείμενα που δημιουργούνται αντιπροσωπεύουν υφιστάμενα αρχιτεκτονικά στοιχεία, τα οποία αποτυπώνονται μέσω δεδομένων σάρωσης λέιζερ ή φωτογραμμετρικής αποτύπωσης. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τη βασική εφαρμογή του BIM στον αρχιτεκτονικό και

κατασκευαστικό κλάδο, όπου τα αντικείμενα σχεδιάζονται από το μηδέν με σκοπό την κατασκευή τους. (Khodeir et. al., 2016)

Τα κτήρια πολιτιστικής κληρονομιάς απαιτούν συνήθως τη συνεργασία ειδικών από διαφορετικούς επιστημονικούς τομείς, οι οποίοι συλλέγουν, ανταλλάσσουν και ερμηνεύουν πληροφορίες και δεδομένα. Στο πλαίσιο αυτό, το BIM παρέχει ένα δομημένο περιβάλλον για συνεργασία και για την κοινή χρήση δεδομένων μεταξύ των πολυεπιστημονικών ομάδων, γεγονός που το καθιστά ιδιαίτερα κατάλληλο για τη διατήρηση, τη διαχείριση και την επιστημονική έρευνα της πολιτιστικής κληρονομιάς. (Antonopoulou S., & Bryan P., 2017).

Αποτελεί επίσης μια καινοτόμο βιβλιοθήκη πρωτοτύπων παραμετρικών αντικειμένων, που βασίζονται σε ιστορικά δεδομένα. Με τη χρήση των διαδικασιών HBIM είναι δυνατή επίσης η δημιουργία μιας αξιόπιστης βάσης πληροφοριών για ένα ιστορικό κτήριο. (Antonopoulou S., & Bryan P., 2017)

Το τελικό αποτέλεσμα και της διαδικασίας HBIM είναι η παραγωγή ολοκληρωμένων τρισδιάστατων ψηφιακών μοντέλων, τα οποία περιλαμβάνουν όχι μόνο τη γεωμετρική απεικόνιση, αλλά και πληροφορίες που αφορούν τις μεθόδους κατασκευής και τη σύσταση των υλικών, ακόμη και για στοιχεία που δεν είναι άμεσα ορατά. Επιπλέον, το HBIM, όπως και το BIM, επιτρέπει την αυτόματη παραγωγή τομών, λεπτομερειών και χρονοδιαγραμμάτων, καθώς και ορθογραφικών προβολών και τρισδιάστατων απεικονίσεων, υποστηρίζοντας τόσο την ανάλυση όσο και τη συντήρηση ιστορικών κτηρίων. (Murphy, M., et. al., 2014).

Ποιο συγκεκριμένα με την δημιουργία των μοντέλων πραγματοποιείται μέσω σύγχρονων εφαρμογών BIM, τα οποία πέραν της τρισδιάστατης σχεδίασης, μπορούν να ενσωματώνουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά, που είναι ιδιαίτερα χρήσιμα και για την πολιτιστική κληρονομιά, όπως: (Antonopoulou, S., & Bryan, P., 2017)

- Πολλαπλές σχεδιαστικές επιλογές, για την ανάλυση των προτεινόμενων παρεμβάσεων.
- Ανίχνευση συγκρούσεων, για εξαιρετικά ακριβή χωρικό συντονισμό των νέων παρεμβάσεων σε σχέση με τον υπάρχοντα δομικό ιστό.

- Μοντελοποίηση των ιστορικών φάσεων και 4D μοντελοποίηση¹, για την ανάλυση της εξέλιξης των κτιρίων.
- Ενσωμάτωση ετερογενών δεδομένων, όπως ιστορικά στοιχεία, φωτογραφίες και σχέδια, γεωχωρικά, γεωφυσικά δεδομένα και δεδομένα τηλεπισκόπησης.
- Ενσωμάτωση άυλων πληροφοριών, όπως η σημασία και οι αξίες πολιτιστικής κληρονομιάς, που συνδέονται με συγκεκριμένα μνημεία ή χώρους.
- Διαλειτουργικότητα, για την ανταλλαγή και επαναχρησιμοποίηση δεδομένων σε πολυεπιστημονικές ομάδες.
- Δυνατότητα διασύνδεσης με άλλα συστήματα, όπως τα GIS.

3.2 Ανάπτυξη HBIM μοντέλου μνημείων χώρου Αρχαίο Θεάτρου Αιγείρας.

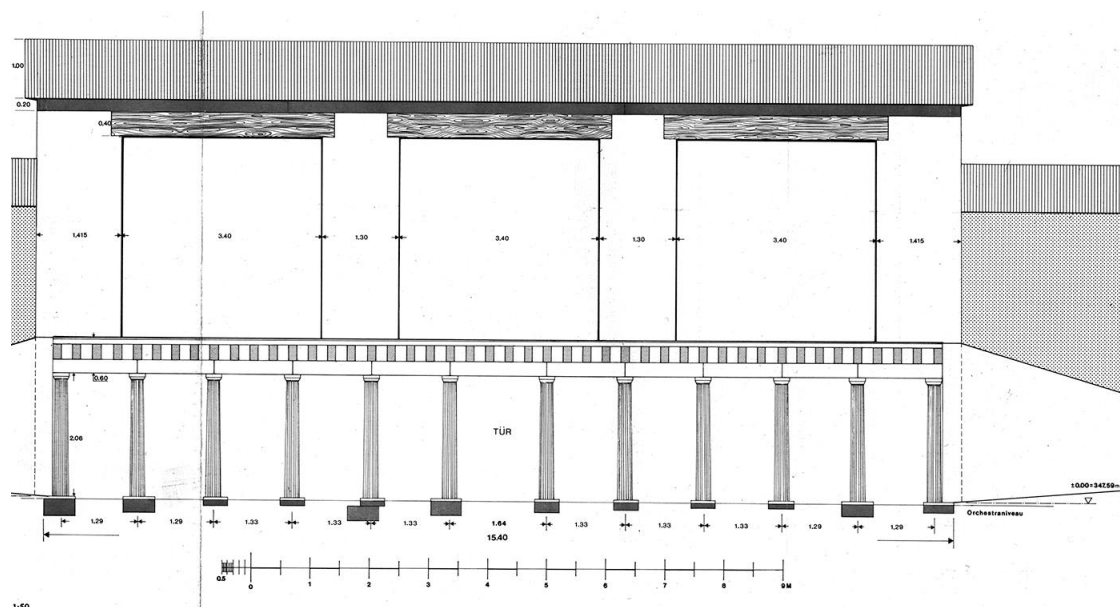
3.2.1 Μεθοδολογία δημιουργίας HBIM μοντέλου.

Κατά το αρχικό στάδιο της μοντελοποίησης πραγματοποιήθηκε ο καθορισμός των στόχων, η επιλογή των κατάλληλων τεχνολογιών και η διαμόρφωση στρατηγικής για τη συλλογή των δεδομένων.

Ως στόχος της μοντελοποίησης ορίστηκε η δημιουργία ενός μοντέλου HBIM για το Αρχαίο Θέατρο και των παρακείμενο ναϊσκών επιπέδου ωριμότητας 2, για τα οποία υπήρχαν ή παρήχθησαν νέφη σημείων και τρισδιάστατα αντικείμενα μέσω εφαρμογής της διαδικασίας Mesh-to-BIM.

¹ Οι διαστάσεις BIM αντιπροσωπεύουν ένα προκαθορισμένο σύνολο πληροφοριών, που προσθέτουν επιπλέον δεδομένα στο μοντέλο. Έως σήμερα έχουν αναφερθεί δέκα διαστάσεις: 1D Αρχικές διαδικασίες, 2D Δισδιάστατα σχέδια, 3D Τρισδιάστατο Μοντέλο, 4D Χρονικός Προγραμματισμός, 5D Κοστολόγηση, 6D Βιωσιμότητα και Ενεργειακή Απόδοση, 7D Διαχείριση Εγκατάστασης και Συντήρησης, 8D Αποφυγή ατυχημάτων, 9D Λιτή Κατασκευή, 10D Βιομηχανοποίηση των κατασκευών. Σε ορισμένες ακαδημαϊκές προσεγγίσεις έχει αναφερθεί και η έννοια των *nD* μοντέλων, χωρίς να έχει ακόμη επιτευχθεί ευρεία συναίνεση μεταξύ των ερευνητών σχετικά με την διαβάθμιση αυτή. (Sidani et al., 2023; Piaseckienė, G. 2022, Abanda et al., 2015)

Επιπλέον, δημιουργήθηκε ένα ψηφιακό μοντέλο αναπαράστασης της σκηνής του θεάτρου, βασισμένο στη σχέδια αναπαράστασης του Gogos S., (1992) για τη μορφή της κατά την ελληνιστική περίοδο. Ενδεικτικά, στην Εικόνα 3-2 παρουσιάζεται η αναπαράσταση της όψης της σκηνής.



Εικόνα 3-2 : Αναπαράσταση ελληνιστικής σκηνής (Πηγή: Gogos S., 1992)

Η όλη διαδικασία μπορεί να διαχωριστεί σε τρία στάδια: α) στη συλλογή δεδομένων, β) στην επεξεργασία των δεδομένων και τη δημιουργία παραμετρικών αντικειμένων και γ) στον εμπλουτισμό των παραμετρικών αντικειμένων με περιγραφικά δεδομένα.

3.2.2 Συλλογή δεδομένων.

Η συλλογή των γεωμετρικών και περιγραφικών δεδομένων μπορεί να διακριθεί σε τρεις κατηγορίες:

- Δεδομένα που συλλέχθηκαν μέσω φωτογραμμετρικής αποτύπωσης.
- Υφιστάμενα δεδομένα νέφη σημείων και μοντέλα, από επίγειες σαρώσεις με τρισδιάστατους σαρωτές λέιζερ (3D laser scanning), οι οποίες είχαν πραγματοποιηθεί από το ΑΑΙ.
- Δεδομένα που προέρχονται από βιβλιογραφικές πηγές που αφορούν το αρχαίο θέατρο της Αιγείρας.

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι, λόγω του γεγονότος ότι η περιοχή της μελέτης αποτελεί κηρυγμένο αρχαιολογικό χώρο, ήταν απαραίτητη η άδεια φωτογράφισης (αρ. πρωτ.

57416/10.02.2026) από την Εφορεία Αρχαιοτήτων Αχαΐας, στην οποία υπάγεται το μνημείο, καθώς και από το ΑΑΙ για τη χρήση του υλικού.

Μέθοδος Scan-to-BIM.

Η δημιουργία ενός ψηφιακού διδύμου για κτήρια πολιτιστικής κληρονομιάς είναι μια ιδιαίτερα απαιτητική διαδικασία, κυρίως λόγω της σχεδόν πάντοτε έλλειψης διαθέσιμων σχεδίων και τεκμηρίωσης από τη φάση της αρχικής κατασκευής, καθώς και από μεταγενέστερες επεμβάσεις και τροποποιήσεις. Στην προσπάθεια παραγωγής μιας ακριβούς και λεπτομερούς αναπαράστασης, αξιοποιούνται προηγμένες τεχνολογίες ψηφιακής αποτύπωσης που βασίζονται σε Συστήματα Μαζικής Συλλογής Δεδομένων (Massive Data Capture Systems, MDCS), όπως η επίγεια σάρωση με συσκευές λείζερ και επίγεια ή εναέρια φωτογραμμετρία. (Arico M., 2025)

Η διαδικασία δημιουργίας ενός BIM μοντέλου που βασίζεται σε τέτοιου είδους δεδομένα αποτύπωσης και βασίζεται στην σχεδίαση με βάση παραγόμενα νέφη σημείων (point clouds) είναι γνωστή ως Scan-to-BIM και αποτελεί μια ευρέως διαδεδομένη και ιδιαίτερα κατάλληλη προσέγγιση για εφαρμογές HBIM, που στοχεύουν στην παραγωγή ψηφιακών μοντέλων υψηλής ακρίβειας. (Arico M., 2025)

Η μέθοδος «scan-to-HBIM» αποτελείται κυρίως από δύο μεθόδους, τη μοντελοποίηση προς τα εμπρός (forward modeling) και την αντίστροφη μοντελοποίηση (reverse modeling), ανάλογα με το αν τα υποτιθέμενα αντικείμενα σχεδιάζονται με βάση ιστορικά έγγραφα ή όχι. (Yang, X., 2019)

Η μοντελοποίηση εκ των προτέρων (forward modeling) συνδυάζει στοιχεία που προέρχονται από την ιστορική τεκμηρίωση με δεδομένα που αποτυπώνουν την υφιστάμενη πραγματικότητα. Τα παραμετρικά αντικείμενα προσομοιώνονται αρχικά βάση της διαθέσιμης προγενέστερης γνώσης, με στόχο την πρόβλεψη της πιθανής μορφής του κτιρίου. Στη συνέχεια, τα προσομοιωμένα αντικείμενα εντάσσονται στο περιβάλλον του τρισδιάστατου νέφους σημείων, όπου πραγματοποιείται η προσαρμογή και βελτιστοποίηση των παραμέτρων τους, καθώς και η αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης του μνημείου (Yang, X., et al 2019). Η συγκεκριμένη διαδικασία ακολουθήθηκε και στην παρούσα μελέτη κατά τη μοντελοποίηση της αναπαράστασης της ελληνιστικής σκηνής.

Η αντίστροφη σχεδίαση (reverse modeling) βασίζεται στη δημιουργία παραμετρικών αντικειμένων απευθείας στην πλατφόρμα BIM, αξιοποιώντας δεδομένα από νέφη σημείων,

καθώς και άλλες γεωμετρικές αναπαραστάσεις που προκύπτουν από αυτά, όπως πλέγματα επιφανειών (meshes) και 3D στερεά (solid) μοντέλα. Η μέθοδος αυτή ενδείκνυται κυρίως για τη μοντελοποίηση μη σύνθετων αντικειμένων, όπως επίπεδοι τοίχοι, δάπεδα και άλλες απλές κατασκευαστικές δομές, όπως ορθογώνια ανοίγματα και κυλινδρικοί κίονες (Yang, X., 2019).

Τα νέφη σημείων (point clouds) και τα τρισδιάστατα πλέγματα (meshes), που αποτελούν τα βασικά παράγωγα της διαδικασίας αυτής, προήλθαν με δύο τρόπους: από προσωπική φωτογραμμετρική αποτύπωση του Αρχαίου Θεάτρου και από αποτύπωση των ναϊσκών με επίγεια συσκευή σάρωσης λέιζερ, η οποία πραγματοποιήθηκε το 2013 από τον τοπογράφο μηχανικό Christian Kurtze για λογαριασμό του ΑΑΙ.

Η φωτογραμμετρική αποτύπωση του Αρχαίου Θεάτρου Αιγείρας πραγματοποιήθηκε με τη τεχνολογία Structure from Motion (SfM), μέσω της οποίας μπορεί να δημιουργηθεί ένα τρισδιάστατο μοντέλο από μια σειρά αλληλοεπικαλυπτόμενων φωτογραφιών.

Για τη φωτογράφιση χρησιμοποιήθηκε ερασιτεχνική φωτογραφική μηχανή εναλλάξιμων φακών (DSLR) Nikon D5300, με φακό μεταβλητού εστιακού μήκους Tamron 18–200 mm, κλειδωμένο στο εστιακό μήκος των 18 mm, ενώ οι φωτογραφίες είχαν ελάχιστη επικάλυψη 60%.

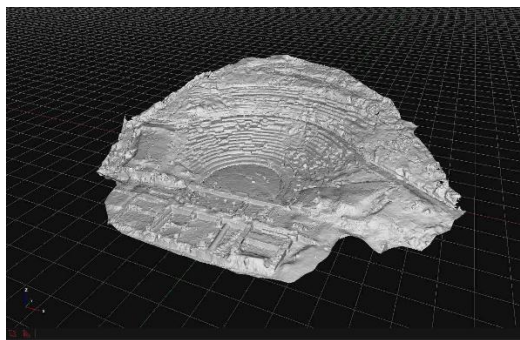
Στη συνέχεια, και πριν την εισαγωγή των φωτογραφιών σε λογισμικό φωτογραμμετρίας, πραγματοποιήθηκε βασική επεξεργασία τους (διόρθωση αντίθεσης, φωτεινών και σκοτεινών περιοχών) μέσω του λογισμικού Adobe Lightroom, ώστε να καταστεί ευκολότερη η εκτέλεση της διαδικασίας SfM από τον διαθέσιμο υπολογιστικό εξοπλισμό.

Το επόμενο βήμα αποτέλεσε η δημιουργία των ψηφιακών τρισδιάστατων αναπαραστάσεων μέσω του λογισμικού 3D Zephyr της εταιρείας 3Dflow.

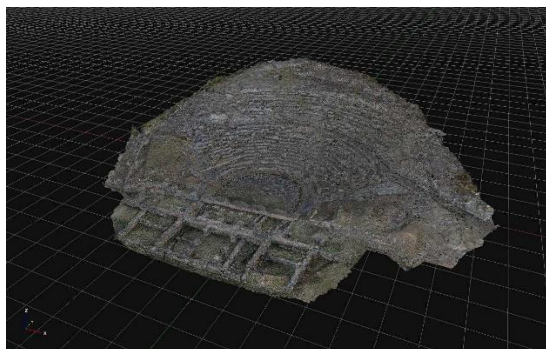
Κατά σειρά, εντός του λογισμικού πραγματοποιήθηκαν οι εξής διαδικασίες, ακολουθώντας το προκαθορισμένο πρότυπο επιφανειακής σάρωσης (surface scan) που παρέχει το πρόγραμμα:

- Εισαγωγή και ευθυγράμμιση φωτογραφιών, με αποτέλεσμα τη δημιουργία αραιού νέφους σημείων (sparse point cloud).
- Δημιουργία πυκνού νέφους σημείων (dense point cloud) και τρισδιάστατου πλέγματος (mesh). (εικ.3-3)

- Δημιουργία τρισδιάστατου πλέγματος με υφή (textured mesh), το οποίο αποτέλεσε το κύριο εξαγόμενο αντικείμενο και χρησιμοποιήθηκε ως βάση για το μοντέλο HBIM. (εικ.3-4)



Εικόνα 3-3 : Τρισδιάστατο μοντέλο πλέγματος (mesh) 3DF Zephyr. (Πηγή: Ίδια επεξεργασία)



Εικόνα 3-4 : Τρισδιάστατο μοντέλο πλέγματος (mesh) με υφή 3DF Zephyr. (Πηγή: Ίδια επεξεργασία)

Για τη δημιουργία του HBIM μοντέλου των ναΐσκων Ε και F χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Recap Pro (εικ.3-5) για την παραγωγή τρισδιάστατων αντικειμένων από νέφη σημείων, ενώ για τον ναΐσκο D χρησιμοποιήθηκε ήδη υπάρχον τρισδιάστατο μοντέλο.



Εικόνα 3-5 Νέφος σημείων ναΐσκου F. Autodesk Recap Pro. (Πηγή: Ίδια επεξεργασία)

3.2.3 Επεξεργασία των δεδομένων, δημιουργία BIM μοντέλου.

Επίπεδα ωριμότητας BIM και HBIM.

Το επίπεδο HBIM 2 που αναφέρθηκε ως κύριος στόχος της δημιουργίας του μοντέλου σχετίζεται με ένα βασικό στοιχείο στην εξέλιξη του BIM, τα επίπεδα ωριμότητάς του, τα οποία καθορίζουν την τεχνολογική πρόοδο που έχει επιτευχθεί στον τομέα της αρχιτεκτονικής, της μηχανικής και των κατασκευών (AEC), ανάλογα με τον βαθμό συνεργασίας και ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων ενός έργου. (Biblus, 2026)

Τα επίπεδα αυτά ξεκινούν από ένα βασικό στάδιο, στο οποίο η συνεργασία είναι περιορισμένη ή ανύπαρκτη, και φτάνουν έως το ανώτερο επίπεδο, το οποίο χαρακτηρίζεται από την πλήρη ενοποίηση των πληροφοριών, τη συνεχή συνεργασία και τη χρήση ψηφιακών πλατφορμών, όπως το cloud, καθώς και προηγμένων μοντέλων BIM. (Biblus, 2026)

Σχετικά με τα επίπεδα ωριμότητας υπάρχει εκτενής επιστημονική συζήτηση, ωστόσο οι Antonopoulou, S., Bryan, P., (2017) αναφέρουν ότι έχουν καθιερωθεί τέσσερα βασικά επίπεδα, τα οποία είναι ευρέως αποδεκτά (Antonopoulou, S., Bryan, P., 2017):

Επίπεδο 0: Αναφέρεται στη μη συνεργατική δημιουργία περιεχομένου, με χρήση κυρίως δισδιάστατου CAD. Το αποτέλεσμα αποτελείται από ανεξάρτητα σχέδια, είτε σε έντυπη είτε σε ψηφιακή μορφή.

Επίπεδο 1: Περιλαμβάνει τη δημιουργία περιεχομένου από κάθε ειδικότητα ξεχωριστά, με χρήση συνδυασμού δισδιάστατου CAD και τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Τα δεδομένα διακινούνται υπό τη μορφή ηλεκτρονικών αρχείων μέσω ενός κοινού περιβάλλοντος δεδομένων (Common Data Environment – CDE).

Επίπεδο 2: Χαρακτηρίζεται από συνεργατική διαδικασία, κατά την οποία δημιουργούνται επιμέρους τρισδιάστατα μοντέλα ανά ειδικότητα, τα οποία περιλαμβάνουν γεωμετρικά και μη γεωμετρικά δεδομένα, καθώς και σχετική τεκμηρίωση. Η ανταλλαγή δεδομένων πραγματοποιείται μέσω ανοικτών και διεθνών προτύπων, όπως το Industry Foundation Classes (IFC), ενώ όλες οι πληροφορίες είναι ψηφιακές και διαμοιράζονται μέσω CDE.

Επίπεδο 3: Γνωστό και ως «Open BIM», αποτελεί μια πλήρως ολοκληρωμένη μεθοδολογία, βασισμένη στη συνεργασία όλων των ειδικοτήτων για τη δημιουργία ενός

ενιαίου, κοινόχρηστου μοντέλου, το οποίο επιφέρει την ελαχιστοποίηση των ασυμβατοτήτων και των συγκρούσεων μεταξύ των μελετών.

Το Historic Scotland επιχείρησε να προσαρμόσει τα επίπεδα ωριμότητας του BIM σε ένα πλαίσιο που αφορά την πολιτιστική κληρονομιά, συσχετίζοντας τα παραπάνω επίπεδα με διαφορετικές προσεγγίσεις σχεδιασμού σε έργα πολιτιστικής κληρονομιάς, όπως παρουσιάζονται παρακάτω (Pocobelli et al., 2018):

Επίπεδο 0: Τα δεδομένα αποτύπωσης συλλέγονται χειροκίνητα, με τη χρήση εργαλείων όπως μετροταινίες και αλφάδια, αποτυπώνονται σε περιβάλλον CAD και διαμοιράζονται κυρίως μέσω έντυπων σχεδίων.

Επίπεδο 1: Τα δεδομένα συλλέγονται ψηφιακά, για παράδειγμα με τη χρήση γεωδαιτικού σταθμού, και στη συνέχεια επεξεργάζονται σε περιβάλλον CAD (2D ή 3D).

Επίπεδο 2: Τα δεδομένα συλλέγονται σε τρισδιάστατη μορφή, μέσω τεχνολογιών όπως η σάρωση λέιζερ και μεταφέρονται σε λογισμικά παραμετρικής τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Παράλληλα, επιτυγχάνεται συνεργασία με άλλους κλάδους μέσω τυποποιημένων μορφών δεδομένων, όπως το IFC.

Σημειώνεται ότι στη μεθοδολογία HBIM δεν υφίσταται αντίστοιχο επίπεδο «open BIM», όπως το Επίπεδο 3 του BIM.

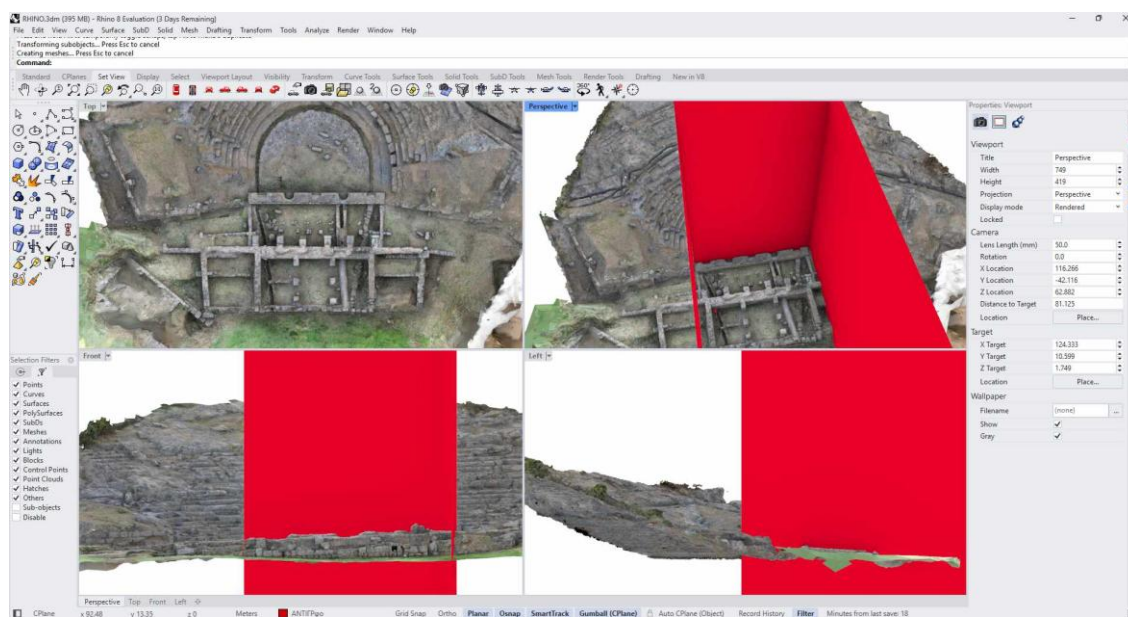
Λογισμικά BIM.

Ως εργαλείο ανάπτυξης του μοντέλου HBIM επιπέδου 2, επιλέχθηκε το λογισμικό Revit της εταιρείας Autodesk, επειδή αποτελεί το επικρατέστερο πρόγραμμα στον κλάδο και υποστηρίζεται από εκτενή βιβλιογραφία, καθώς και από μεγάλο αριθμό εκπαιδευτικών άρθρων και βίντεο, τα οποία αποδείχθηκαν ιδιαίτερα χρήσιμα κατά την πορεία της εργασίας. Επιπλέον, αν και αποτελεί μια εμπορική εφαρμογή κλειστού κώδικα, εντούτοις προσφέρει μια δωρεάν εκπαιδευτική άδεια, επιτρέποντας όλες τις σχεδιαστικές δυνατότητες, που ήταν απαραίτητες για την δημιουργία του μοντέλου.

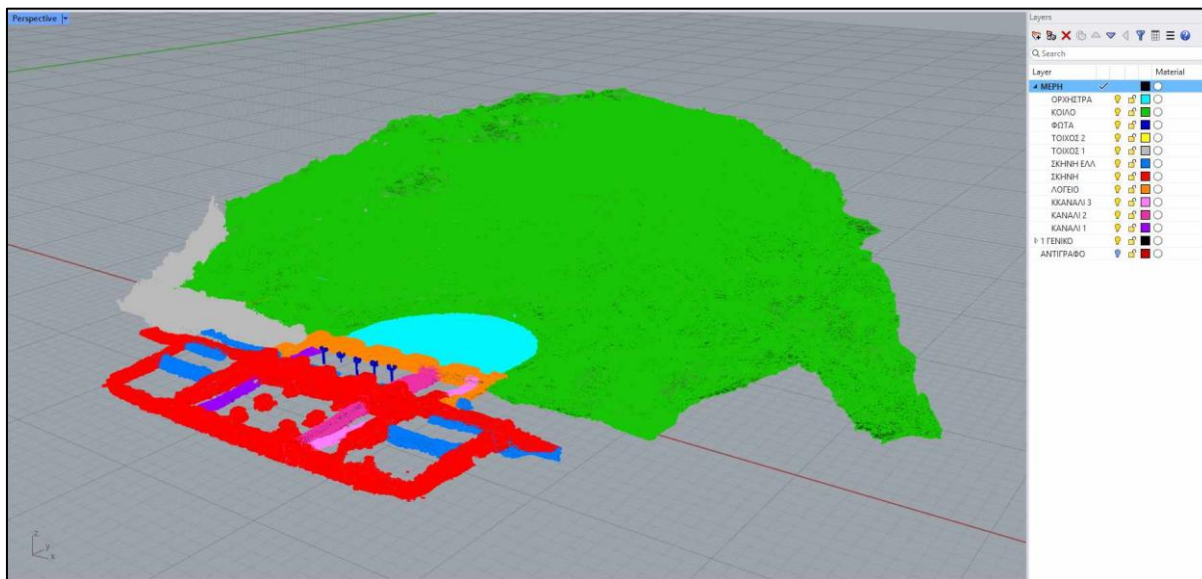
Η όλη διαδικασία σχεδίασης στο Revit ξεκίνησε με τη δημιουργία ενός πρότυπου αρχείου (template file), πάνω στο οποίο αναπτύχθηκαν τα επιμέρους μοντέλα. Στο αρχείο αυτό καθορίστηκαν τα πρότυπα εκτύπωσης για τα σχέδια, καθώς και οι λίστες ποσοτήτων και δεδομένων που επρόκειτο να παραχθούν. Επίσης στο αρχείο αυτό δημιουργήθηκαν και ορίστηκαν οι απαραίτητοι πρόσθετοι παράμετροι.

Mesh-to-BIM

Η πολυπλοκότητα των αντικειμένων που προέκυψαν από τις παραπάνω αποτυπώσεις δεν επέτρεψε την άμεση επεξεργασία τους στο λογισμικό Revit μέσω των νεφών σημείων (point clouds). Για τον λόγο αυτό ακολουθήθηκε η προσέγγιση Mesh-to-BIM, όπως περιγράφεται από τους Yang et al. (2019). Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, ένα ενιαίο φωτογραμμετρικό μοντέλο τμηματοποιείται σε επιμέρους αντικείμενα με τη χρήση εξειδικευμένου λογισμικού τρισδιάστατης μοντελοποίησης, στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Rhino. Η τμηματοποίηση πραγματοποιήθηκε με την εντολή Mesh Boolean Split, κατά την οποία σχεδιάστηκαν απλές επιφάνειες (εικ. 3-6) στα όρια κάθε τμήματος, οι οποίες λειτούργησαν ως επιφάνειες κοπής του ενιαίου μοντέλου. Το τελικό αποτέλεσμα παρουσιάζεται στην Εικόνα 3-7, όπου κάθε τμήμα του μοντέλου αντιστοιχεί σε ξεχωριστό επίπεδο, το οποίο μπορεί να υποβληθεί σε περαιτέρω μεμονωμένη επεξεργασία και εξαγωγή.

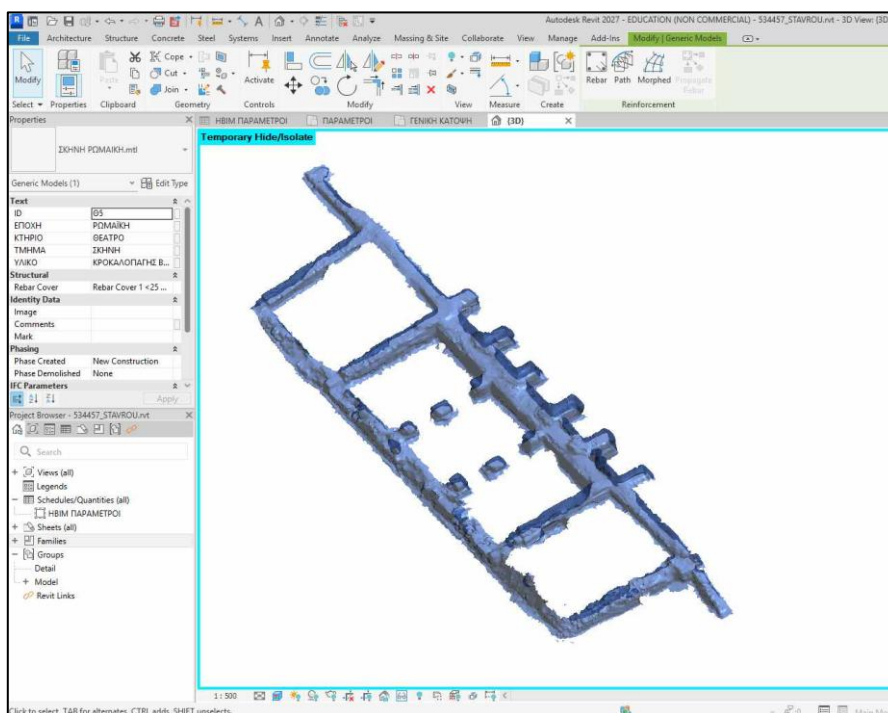


**Εικόνα 3-6: Τμηματοποίηση ενιαίου μοντέλου στο Rhino μέσω της εντολής Mesh-Boolean Split
(Πηγή: ίδια επεξεργασία)**



Εικόνα 3-7 Τμηματοποιημένο μοντέλο στο Rhino (Πηγή: ίδια επεξεργασία)

Στη συνέχεια, κάθε τμήμα εξήχθη ως ανεξάρτητο αρχείο και εισήχθη στο Revit μέσω της εντολής Import CAD, ως γενικό μοντέλο (Generic Model). Με τον τρόπο αυτό κατέστη δυνατός ο εμπλουτισμός των επιμέρους αντικειμένων με πρόσθετα πληροφοριακά δεδομένα, χωρίς ωστόσο να παρέχεται η δυνατότητα τροποποίησης της γεωμετρίας τους. Για παράδειγμα η εικόνα 3-8 παρουσιάζει το BIM αντικείμενο της σκηνής.



Εικόνα 3-8 BIM αντικείμενο στο Revit - Σκηνή. (Πηγή: ίδια επεξεργασία)

3.2.4 Δημιουργία παραμετρικών BIM αντικειμένων (οικογενειών Revit).

Επίπεδο λεπτομερειών.

Για την δημιουργία των παραμετρικών BIM αντικειμένων είναι απαραίτητο να διασαφηνιστεί η έννοια των διαφόρων επιπέδων γεωμετρίας και πληροφοριών που εμπεριέχουν. Μια βασική έννοια είναι αυτή του Επιπέδου Λεπτομέρειας, (Level of Detail – LOD), που αναφέρεται μόνο στην γεωμετρία και όχι στα πληροφοριακά δεδομένα (Antonopoulou S., Bryan P., 2017).

Οι Andrews et al. (2015) προτείνουν τέσσερα επίπεδα γεωμετρικής λεπτομέρειας για την αναπαράσταση κτιρίων και κατασκευών, τα οποία διαφοροποιούνται ως προς τον βαθμό ακρίβειας της γεωμετρίας (Antonopoulou S., & Bryan P., 2017):

Επίπεδο 1: Βασική αναπαράσταση του περιγράμματος του κτιρίου ή της κατασκευής, χωρίς την απεικόνιση αρχιτεκτονικών λεπτομερειών.

Επίπεδο 2: Αναπαράσταση του περιγράμματος του κτιρίου ή της κατασκευής, στην οποία αποδίδονται τα κύρια αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά μέσω γενικευμένων γεωμετριών.

Επίπεδο 3: Αναπαράσταση του περιγράμματος του κτιρίου ή της κατασκευής, με απόδοση όλων των αρχιτεκτονικών χαρακτηριστικών και των βασικών λεπτομερειών των εγκαταστάσεων, μέσω γενικευμένων γεωμετριών.

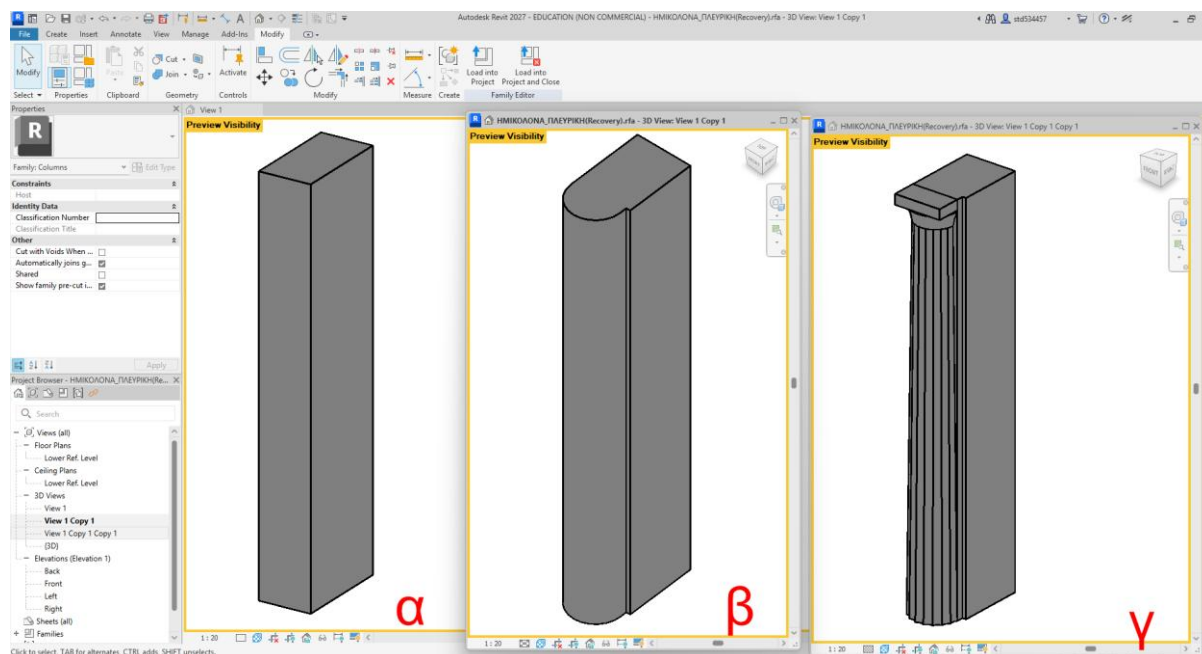
Επίπεδο 4: Λεπτομερής αποτύπωση του κτιρίου ή της κατασκευής, με πλήρη αναπαράσταση των αρχιτεκτονικών λεπτομερειών, των εγκαταστάσεων και των ειδικά σχεδιασμένων στοιχείων, ώστε να αποδίδεται με ακρίβεια η μορφή και ο τύπος της δομής.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η δημιουργία του παραμετρικού αντικειμένου της πλευρικής ημικολόνας για την αναπαράσταση της σκηνής. Το λογισμικό Revit παρέχει τη δυνατότητα απεικόνισης του ίδιου αντικειμένου σε διαφορετικά επίπεδα λεπτομέρειας (Detail Levels), επιτρέποντας την προσαρμογή της γεωμετρίας ανάλογα με τις ανάγκες της μελέτης.

Στο χονδροειδές επίπεδο απεικόνισης (Coarse Detail Level) (εικ. 3-9α,) η ημικολόνα αποδίδεται με απλουστευμένη γεωμετρία, η οποία μπορεί να αντιστοιχιστεί σε μοντέλο

Επιπέδου 1 σύμφωνα με την ταξινόμηση των Andrews et al. (2015). Στο μεσαίο επίπεδο λεπτομέρειας (Medium Detail Level) (εικ. 3-9β), αποδίδονται τα βασικά αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά του στοιχείου, προσεγγίζοντας ένα μοντέλο Επιπέδου 2. Τέλος, στο υψηλό επίπεδο λεπτομέρειας (Fine Detail Level) (εικ. 3-9γ), η ημικολόνα αναπαρίσταται με αυξημένη γεωμετρική ακρίβεια και πληρότητα, αντιστοιχώντας σε μοντέλο Επιπέδου 3.

Αντίστοιχα, αντικείμενα Επιπέδου 4 μπορούν να θεωρηθούν τα παραμετρικά στοιχεία που δημιουργήθηκαν μέσω της μεθοδολογίας Mesh-to-BIM, καθώς αποδίδουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τις γεωμετρίες των πραγματικών κατασκευών, βασιζόμενα στα δεδομένα της φωτογραμμετρικής αποτύπωσης.



Εικόνα 3-9 Οικογένεια ημι-κολόνας. α) Coarse Detail Level β) Medium Detail Level γ Fine Detail Level (Πηγή: ίδια επεξεργασία)

Επιπλέον, ένα μοντέλο HBIM που προκύπτει από τη διαδικασία Scan-to-BIM δεν αξιολογείται μόνο ως προς το επίπεδο γεωμετρικής λεπτομέρειας, αλλά και ως προς το επίπεδο ακρίβειας (Level of Accuracy – LOA), το οποίο εκφράζει τον βαθμό ακρίβειας των μετρήσεων για την παραγωγή των σημείων νεφών. Το επίπεδο ακρίβειας σχετίζεται άμεσα με την ποιότητα των δεδομένων αποτύπωσης και καθορίζει τον βαθμό στον οποίο το ψηφιακό μοντέλο ανταποκρίνεται στη γεωμετρία του πραγματικού αντικειμένου.

Παράλληλα, σημαντική παράμετρο αποτελεί και το επίπεδο πληροφορίας (Level of Information – LOI), το οποίο αναφέρεται στην ποσότητα και την ποιότητα των μη

γεωμετρικών πληροφοριών που συνοδεύουν τα επιμέρους στοιχεία του μοντέλου, όπως ιστορικά, κατασκευαστικά, ή δεδομένα τεκμηρίωσης.

Οικογένειες αντικειμένων.

Η παραμετρική μοντελοποίηση διαφοροποιείται ανάλογα με το εκάστοτε εργαλείο BIM. Ωστόσο, σε γενικές γραμμές περιλαμβάνει τον διαχωρισμό των αντικειμένων σε κατηγορίες ή «οικογένειας», στις οποίες ενσωματώνονται στοιχεία του μοντέλου με κοινά χαρακτηριστικά. Τα αντικείμενα αυτά αναπαρίστανται συνήθως μέσω ενός συνδυασμού σταθερής και παραμετρικής γεωμετρίας και συνοδεύονται από πληροφορίες και από ένα σύνολο παραμέτρων. Με βάση τις παραμέτρους αυτές καθίσταται δυνατή η δημιουργία επιμέρους εμφανίσεων τους (instances), δηλαδή μεμονωμένων αντικειμένων της οικογένειας εντός του μοντέλου. (Martinelli et al., 2022)

Το Revit διακρίνει τις οικογένειες σε δύο βασικές κατηγορίες:

- a) Οικογένειες συστήματος (System Families): Πρόκειται για προκαθορισμένες οικογένειες που είναι ενσωματωμένες στο λογισμικό και δεν μπορούν να δημιουργηθούν ή να διαγραφούν από τον χρήστη. Χρησιμοποιούνται για βασικά δομικά στοιχεία του μοντέλου, όπως τοίχοι, δάπεδα και οροφές.
- b) Οικογένειες κατασκευαστικών στοιχείων (Component Families): Δημιουργούνται σε ειδικό περιβάλλον επεξεργασίας οικογενειών, εκτός του αρχείου έργου, και μπορούν να εισαχθούν σε διαφορετικά μοντέλα. (Martinelli et al., 2022)

Στα μοντέλα της υφιστάμενης κατάστασης δεν κατέστη δυνατή η αξιοποίηση υφιστάμενων βιβλιοθηκών αντικειμένων με γεωμετρικούς παραμέτρους ή η δημιουργία βιβλιοθήκης αντικειμένων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αντίστοιχες μελέτες. Αντίθετα, για τη φάση της αναπαράστασης μπορεί να δημιουργηθεί ειδική βιβλιοθήκη παραμετρικών αντικειμένων, τα οποία επαναλαμβάνονται στο μοντέλο, όπως ημι-κίονες και δομικά στοιχεία τοιχοποιίας, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε άλλες παραπλήσιες μελέτες.

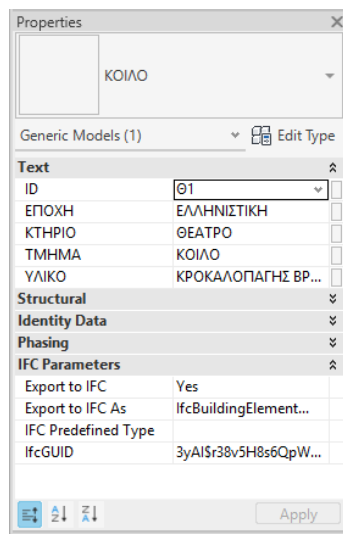
3.2.5 Εμπλουτισμό των παραμετρικών αντικειμένων με περιγραφικά δεδομένα.

Ο Εμπλουτισμός των δεδομένων. με εννοιολογικά χαρακτηριστικά και ενσωμάτωση πρόσθετων πληροφοριών, αποτελεί το τελικό στάδιο της δημιουργίας του μοντέλου HBIM. Στο σημείο αυτό πραγματοποιήθηκε η προσθήκη σχετικών πληροφοριών, ιδιοτήτων και σχέσεων μεταξύ των αντικειμένων, με στόχο την πληρέστερη ανάλυση και ερμηνεία του μοντέλου (Aricò, 2025).

Οι εφαρμογές BIM που βασίζονται σε ολοκληρωμένες βάσεις δεδομένων, είναι σε θέση να συλλέγουν και να διαχειρίζονται πληροφορίες που αφορούν κάθε επιμέρους στοιχείο ενός κτιρίου. Η ανταλλαγή αυτών των πληροφοριών μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων επιτυγχάνεται κυρίως μέσω της χρήσης ανοικτών προτύπων και μορφών δεδομένων. Όσον αφορά τα ανοικτά πρότυπα και πρωτόκολλα, η μορφή IFC (Industry Foundation Classes) διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ διαφορετικών εργαλείων BIM. (Diara, F., Rinaudo, F. 2020)

Το Autodesk Revit και τα άλλα λογισμικά BIM, δεν περιλαμβάνουν όμως προκαθορισμένες παραμέτρους ειδικά προσαρμοσμένες στις ανάγκες ιστορικών κτιρίων. Παράλληλα, το πρότυπο IFC, το οποίο έχει αναπτυχθεί κυρίως για τον κλάδο της αρχιτεκτονικής, της μηχανικής και των κατασκευών, δεν ενσωματώνει επαρκώς στοιχεία που αφορούν την ιστορική αρχιτεκτονική, όπως ειδικές περιγραφές, χαρακτηριστικά και πολιτισμικά δεδομένα. (Diara, F., Rinaudo, F. 2020)

Για τον λόγο αυτό, δημιουργήθηκαν εντός του λογισμικού πρόσθετες παράμετροι, οι οποίες στη συνέχεια ενσωματώθηκαν σε ένα μοντέλο πρότυπου IFC. Στην εικόνα 3-10 απεικονίζονται στο πάνελ παραμέτρων του λογισμικού οι επιπλέον παράμετροι που δημιουργήθηκαν.



Εικόνα 3-10 Παράμετροι που δημιουργήθηκαν, πάνελ ιδιοτήτων Revit. (Πηγή: ίδια επεξεργασία)

3.3 Παραγόμενα αποτελέσματα και περεταίρω χρήση τους.

Με την ολοκλήρωση της μοντελοποίησης και της εισαγωγής των σχετικών γεωμετρικών και μη πληροφοριών στο μοντέλο HBIM, οι εφαρμογές BIM, όπως το Revit, μας δίνουν τη δυνατότητα, πέρα από την δημιουργία IFC μοντέλων που αποτελεί την κύρια μορφή επικοινωνίας με άλλα εργαλεία BIM, να παράγουμε αυτόματα και γρήγορα μια σειρά από αρχεία διαφόρων μορφών, όπως:

1. **Δισδιάστατα σχέδια σε ψηφιακή μορφή (CAD ή PDF) ή έντυπη μορφή.** Τα οποία μπορούν να αποσταλούν σε συνεργάτες που χρησιμοποιούν απλούστερες μορφές δισδιάστατης σχεδίασης ή να εκτυπωθούν σε χαρτί, ώστε να είναι προσβάσιμα σε όλους.
2. **Τρισδιάστατες απεικονίσεις:** Απλές τρισδιάστατες απόψεις (3D Views) του μοντέλου, οι οποίες μπορεί να είναι σε μορφή γραμμικού σχεδίου, σκίτσου ή φωτορεαλιστικής απεικόνισης και μπορούν να εξαχθούν σε ψηφιακή ή έντυπη μορφή.
3. **Τρισδιάστατα μοντέλα:** Πρόκειται για μοντέλα σε διάφορες ψηφιακές μορφές, όπως η μορφή OBJ, η οποία μεταφέρει τη γεωμετρία και τις υφές των αντικειμένων, ή η μορφή STL, που είναι ειδική για εκτύπωση σε τρισδιάστατους εκτυπωτές.

Το πρόγραμμα εστιάζει επίσης στη μορφή FBX, η οποία, εκτός από τα γεωμετρικά δεδομένα και τις υφές, μεταφέρει επιπλέον δεδομένα, δημιουργώντας μια

ολοκληρωμένη τρισδιάστατη σκηνή. Στο Revit, τα δεδομένα αυτά μεταφράζονται σε γεωμετρία, υλικά, φωτισμό και κάμερες.

Τα εξαγόμενα τρισδιάστατα μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εξειδικευμένα προγράμματα φωτορεαλισμού, για την παραγωγή υψηλότερης ποιότητας απεικονίσεων.

Επιπλέον, μπορούν να αξιοποιηθούν σε σύγχρονες μηχανές δημιουργίας παιχνιδιών (game engines), οι οποίες αποτελούν μια εξαιρετική πλατφόρμα για τη δημιουργία εικονικών περιβαλλόντων. (Bille, R., et al., 2014)

4. **Πίνακες ποσοτήτων, αναλύσεις και βάσεις δεδομένων:** Μέσα από την κατηγοριοποίηση σε οικογένειες και τη χρήση παραμέτρων, δημιουργούνται αυτόματα πίνακες ποσοτήτων και κατάλογοι, όπως για παράδειγμα πίνακες υλικών ή κατάλογοι παραθύρων, οι οποίοι διευκολύνουν τις προσμετρήσεις και την κοστολόγηση.

Επιπλέον, μπορούν να εξαχθούν δεδομένα για τη δημιουργία περαιτέρω αναλύσεων σε άλλες εφαρμογές, όπως για παράδειγμα σε στατικές μελέτες. Παράλληλα, είναι δυνατή η εκτέλεση διαφόρων αναλύσεων και εντός των ίδιων των εφαρμογών, όπως η ηλιακή ανάλυση, κατά την οποία μελετάται ο φυσικός φωτισμός του κτιρίου με βάση την τοποθεσία του.

Τα σχέδια που δημιουργήθηκαν για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας και παρατίθενται στο παράρτημα Α.

3.4 Συμπεράσματα Κεφαλαίου.

3.4.1 Όσο αναφορά το BIM/HBIM

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάστηκε ο ολοένα και πιο καθοριστικός ρόλος του Building Information Modelling (BIM) ως μιας σύγχρονης, ολοκληρωμένης μεθοδολογίας σχεδιασμού και διαχείρισης ενός κτιρίου καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του.

Η επέκταση της μεθοδολογίας αυτής στον τομέα της πολιτιστικής κληρονομιάς, μέσω του HBIM, αποδεικνύεται ιδιαίτερα σημαντική, καθώς επιτρέπει τη συστηματική τεκμηρίωση, ανάλυση και διαχείριση ιστορικών κατασκευών. Το HBIM δεν περιορίζεται μόνο στη γεωμετρική αποτύπωση, αλλά ενσωματώνει πολύπλευρες πληροφορίες, όπως ιστορικά δεδομένα, υλικά και φάσεις εξέλιξης, συμβάλλοντας έτσι στην επιστημονική έρευνα και στη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων για τη διατήρηση, περαιτέρω χρήση και αποκατάσταση των μνημείων.

Το BIM και το HBIM αποτελούν ένα σχετικά νέο και εξελισσόμενο πεδίο, με σημαντικές προοπτικές για το μέλλον της διαχείρισης της πολιτιστικής κληρονομιάς. Η περαιτέρω ανάπτυξη προτύπων, εργαλείων και μεθοδολογιών προσαρμοσμένων στις ανάγκες των ιστορικών κατασκευών, ενδεχομένως και μέσω της δημιουργίας εφαρμογών αποκλειστικά προσανατολισμένων στη μοντελοποίηση HBIM, αναμένεται να ενισχύσει ακόμη περισσότερο τη συμβολή του στην προστασία και ανάδειξη της πολιτιστικής κληρονομιάς.

3.4.2 Όσο αναφορά την ανάπτυξη μοντέλου HBIM στον χώρο του Αρχαίου Θεάτρου της Αιγείρας.

Η εφαρμογή της μεθοδολογίας HBIM στον χώρο του Αρχαίου Θεάτρου της Αιγείρας κατέδειξε τις δυνατότητες, αλλά και τις προκλήσεις της διαδικασίας. Η χρήση τεχνολογιών φωτογραμμετρίας και της προσέγγισης Scan-to-BIM επέτρεψε τη δημιουργία ενός ψηφιακού διδύμου, το οποίο αποτέλεσε τη βάση για την ανάπτυξη του μοντέλου.

Η ακρίβεια του παραγόμενου μοντέλου θα μπορούσε να βελτιωθεί περαιτέρω μέσω της αξιοποίησης εξειδικευμένου εξοπλισμού, όπως drones για την εναέρια φωτογραμμετρική αποτύπωση, σαρωτών λέιζερ, δεκτών GPS και γεωδαιτικών σταθμών, εξασφαλίζοντας την ορθή γεωαναφορά και την ακριβέστερη μοντελοποίηση του μνημείου. Παράλληλα, η χρήση

συντεταγμένων με ακρίβεια θα ενίσχυε σημαντικά τη διαλειτουργικότητα του μοντέλου, διευκολύνοντας την ανταλλαγή και την αξιοποίηση των δεδομένων.

Τα παραγόμενα σχέδια και μοντέλα επίσης αποδεικνύουν ότι τα μοντέλα HBIM μπορούν να αποτελέσουν πολύτιμα εργαλεία όχι μόνο για την τεκμηρίωση και ανάλυση, αλλά και για την εκπαίδευση, την οπτικοποίηση και τη διάχυση της γνώσης στο ευρύ κοινό, μέσω της αξιοποίησής τους σε διαδραστικές εφαρμογές, σε περιβάλλοντα εικονικής πραγματικότητας και σε εφαρμογές ΓΣΠ.

4 Digital Twin (Ψηφιακό Δίδυμο)

4.1 Τί είναι Digital Twin και Internet of Things.

4.1.1 Digital Twin.

Η βασική έννοια ενός Ψηφιακού Διδύμου (Digital Twin – DT) στηρίζεται στην δημιουργία ενός ψηφιακού πληροφοριακού μοντέλου ενός φυσικού συστήματος, το οποίο λειτουργεί ως ανεξάρτητη οντότητα. Οι πληροφορίες του ψηφιακού μοντέλου αποτελούν ένα «δίδυμο» των δεδομένων που υπάρχουν στο ίδιο το φυσικό σύστημα και διατηρούν συνεχή σύνδεση με αυτό σε όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του, δημιουργώντας έτσι μια αντιστοίχιση ή αλληλοσύνδεση των συστημάτων μεταξύ όσων υπάρχουν στον πραγματικό χώρο και όσων υπάρχουν στον εικονικό χώρο και το αντίστροφο. (Grieves, M., & Vickers, J., 2017).

Σύμφωνα με τους Grieves και Vickers (2017), διακρίνονται δύο βασικοί τύποι ψηφιακών διδύμων, οι οποίοι λειτουργούν μέσα σε ένα Περιβάλλον Ψηφιακών Διδύμων (Digital Twin Environment - DTE), το οποίο αποτελεί ένα σύνολο εφαρμογών, που επιτρέπει την επεξεργασία και αξιοποίηση των ψηφιακών διδύμων για διαφορετικούς σκοπούς, όπως η πρόβλεψη μελλοντικής συμπεριφοράς ή η ανάλυση της παρούσας και παλαιότερης κατάστασης.

Ο πρώτος τύπος ψηφιακού διδύμου είναι το Πρωτότυπο Ψηφιακό Δίδυμο (Digital Twin Prototype - DTP), το περιγράφει ένα πρωτότυπο τεχνούργημα και περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα δεδομένα για τον σχεδιασμό και την κατασκευή μιας φυσικής εκδοχής που αντιστοιχεί στην ψηφιακή. . (Grieves, M., & Vickers, J., 2017).

Ο δεύτερος τύπος είναι το Στιγμιότυπο Ψηφιακού Διδύμου (Digital Twin Instance - DTI). Αυτό αφορά ένα συγκεκριμένο φυσικό αντικείμενο/σύστημα και παραμένει συνδεδεμένο με αυτό καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του, επιτρέποντας τη συνεχή παρακολούθηση και ανάλυση της κατάστασής του. . (Grieves, M., & Vickers, J., 2017).

4.1.2 Internet of Things

Για το τι είναι το IoT έχουν διατυπωθεί αρκετές βιβλιογραφικές απόψεις. Για παράδειγμα, οι Vermesan et al. (2011) ορίζουν το IoT ως μια αλληλεπίδραση μεταξύ του φυσικού και του ψηφιακού κόσμου, όπου ο ψηφιακός κόσμος επηρεάζει και αλληλοεπιδρά με τον

φυσικό μέσω μιας πληθώρας αισθητήρων και ενεργοποιητών. Οι Sethi P. & Sarangi S. (2017) αναφέρουν ότι το Διαδίκτυο των Πραγμάτων αναφέρεται σε έναν νέο τύπο κόσμου, όπου σχεδόν όλες οι συσκευές και οι εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούμε είναι συνδεδεμένες σε ένα δίκτυο. Μέσω αυτής της διασύνδεσης, μπορούν να συνεργάζονται για την εκτέλεση σύνθετων εργασιών που απαιτούν υψηλό βαθμό ευφυΐας.

Για την εκτέλεση αυτών των εργασιών και τη διασύνδεση, οι συσκευές IoT είναι εξοπλισμένες με ενσωματωμένους αισθητήρες, ενεργοποιητές, επεξεργαστές και πομποδέκτες. Οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές αποτελούν βασικά στοιχεία που επιτρέπουν την αλληλεπίδραση με το φυσικό περιβάλλον. Τα δεδομένα που συλλέγονται από τους αισθητήρες πρέπει να αποθηκεύονται και να υποβάλλονται σε κατάλληλη επεξεργασία, ώστε να εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα. Η αποθήκευση και η επεξεργασία των δεδομένων μπορούν να πραγματοποιηθούν είτε εντός του ίδιου του δικτύου είτε σε απομακρυσμένους διακομιστές (Sethi P. & Sarangi S., 2017).

Οι αισθητήρες, συλλέγουν ακριβή δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από το περιβάλλον, μετρώντας διάφορους παράγοντες όπως τη θερμοκρασία, την υγρασία, το φως (UV) και τα αέρια. Ενώ οι ενεργοποιητές ανταποκρίνονται σε σήματα ή εντολές εκτελώντας ενέργειες, για παράδειγμα, μπορούν να ελέγχουν τη θέρμανση και την ψύξη, όπως ένα έξυπνο κλιματιστικό που σταματά όταν οι αισθητήρες δεν ανιχνεύουν κανέναν στο δωμάτιο, όπως φαίνεται στην. (Aml Abd El-Wareth M., 2024)

Επιπλέον σημαντικό ρόλο στην επικοινωνία των στοιχείων και χρηστών ενός περιβάλλοντος IoT διαδραματίζουν οι πύλες (gateways) και οι πλατφόρμες. Οι πύλες λειτουργούν ως ενδιάμεσοι κόμβοι που επιτρέπουν τη μεταφορά των δεδομένων από τους αισθητήρες προς τις πλατφόρμες, μεταφράζοντας διαφορετικά πρωτόκολλα επικοινωνίας και διασφαλίζοντας την ασφαλή και αποδοτική διαχείριση της κυκλοφορίας των δεδομένων. (Aml Abd El-Wareth M., 2024)

Οι πλατφόρμες διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στη λειτουργία και την αποδοτικότητα των συστημάτων IoT, καθώς είναι υπεύθυνες για μια σειρά από κρίσιμες διεργασίες. Συγκεκριμένα, εξασφαλίζουν τη συνδεσιμότητα και τη σωστή διαχείριση των συσκευών, επιτρέποντας την απρόσκοπτη επικοινωνία μεταξύ τους. Παράλληλα, αναλαμβάνουν τη συλλογή και αποθήκευση μεγάλου όγκου δεδομένων, τα οποία στη συνέχεια επεξεργάζονται σε πραγματικό χρόνο για την άμεση εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων.

Επιπλέον, μέσω της ανάλυσης δεδομένων και της ενσωμάτωσης τεχνικών μηχανικής μάθησης, οι πλατφόρμες μπορούν να υποστηρίξουν έξυπνες αποφάσεις και αυτοματοποιημένες λειτουργίες. Τέλος, παρέχουν κατάλληλες διεπαφές για την ανάπτυξη εφαρμογών και τη διευκόλυνση της αλληλεπίδρασης με τον χρήστη, καθιστώντας τα συστήματα πιο φιλικά και λειτουργικά. (Pourqasem, J., 2018)

Οι πλατφόρμες IoT μπορούν να κατηγοριοποιηθούν με βάση τον τρόπο διαχείρισης και αποθήκευσης των δεδομένων που χρησιμοποιούν. Μια βασική κατηγορία είναι οι cloud πλατφόρμες, οι οποίες επιτρέπουν την ανάπτυξη, εγκατάσταση, εκτέλεση και διαχείριση εφαρμογών μέσω του διαδικτύου, προσφέροντας ευελιξία και απομακρυσμένη πρόσβαση. Αντίθετα, οι πλατφόρμες που λειτουργούν με βάση το Edge / Fog computing μεταφέρουν τη διαχείριση και την επεξεργασία των δεδομένων σε τοπικό επίπεδο, κοντά στις ίδιες τις συσκευές, μειώνοντας την καθυστέρηση και βελτιώνοντας την απόδοση σε κρίσιμες εφαρμογές. (Panagou et al., 2025, Prasad et al., 2019)

Η σωστή επικοινωνία μεταξύ των συσκευών IoT διασφαλίζεται μέσω ειδικών πρωτοκόλλων επικοινωνίας (πρωτόκολλα IoT), που αποτελούν ένα σύνολο κανόνων και προτύπων. Ο κύριος σκοπός τους είναι να εξασφαλίσουν την ομαλή επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών συσκευών IoT, ανεξάρτητα από τον κατασκευαστή ή την πλατφόρμα. Αποτελούν τη βάση της μετάδοσης δεδομένων και είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχή υλοποίηση έργων IoT. Χωρίς αυτά τα κατάλληλα πρωτόκολλα, οι εφαρμογές IoT δεν θα μπορούσαν να επικοινωνούν σωστά μεταξύ τους. (AI digital, 2026)

4.2 Digital Twin στην πολιτιστική κληρονομιά.

4.2.1 Διαδίκτυο των Πολιτιστικών Πραγμάτων (Internet of Cultural Things - IoCT)

Η εφαρμογή του IoT στην πολιτιστική κληρονομιά έχει αναδείξει μια νέα πρόκληση, η οποία είναι γνωστή ως «Διαδίκτυο των Πολιτιστικών Πραγμάτων» (Internet of Cultural Things – IoCT). Το IoCT αξιοποιεί το διαδίκτυο, το IoT και άλλες γενικές πλατφόρμες, διαμορφώνοντας ένα τεχνολογικό πλαίσιο που μπορεί να εφαρμοστεί στην προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς, στη βελτίωση των δημόσιων πολιτιστικών υπηρεσιών, στην προώθηση του τοπικού πολιτιστικού τουρισμού, στην εκπαίδευση μέσω ψηφιακών

αιθουσών διδασκαλίας, στη βιομηχανία ψυχαγωγίας (όπως τα θεματικά πάρκα), καθώς και στην αναζήτηση πληροφοριών και στις εξατομικευμένες προτάσεις. (Liang et al., 2023).

Τα κύρια συστατικά στοιχεία του IoCT μπορούν να αναλυθούν ως εξής (Liang et al., 2023):

Συλλογή δεδομένων: Περιλαμβάνει την εγκατάσταση και χρήση διαφόρων αισθητήρων και συσκευών για τη συλλογή δεδομένων που σχετίζονται με ανθρώπους, αντικείμενα και το περιβάλλον.

Μετάδοση δεδομένων: Αναφέρεται στη σύνδεση των αισθητήρων και των τερματικών συσκευών με τις υπηρεσίες IoT μέσω δικτύων.

Επεξεργασία δεδομένων: Περιλαμβάνει τη συλλογή, αποθήκευση, ανάκτηση, επεξεργασία, μετατροπή και διαχείριση των δεδομένων.

Εφαρμογή δεδομένων: Αφορά την ανάπτυξη σχετικών πλατφορμών και εφαρμογών σύμφωνα με τις συγκεκριμένες απαιτήσεις της εκάστοτε περίπτωσης μελέτης.

4.2.2 Heritage Digital Twin ως σύνολο πληροφοριών.

Οι Niccolucci F. et al., (2023) επισημαίνουν ότι ένα DT που αφορά την πολιτιστική κληρονομιά απαιτεί πολύ μεγαλύτερη προσοχή στον τρόπο οργάνωσης των πληροφοριών. Η οργάνωση αυτή θεωρείται ιδιαίτερα σημαντικό στάδιο πριν από τη μοντελοποίηση που προσομοιώνει διαδικασίες του πραγματικού κόσμου, η οποία αποτελεί το κύριο αντικείμενο των περισσότερων βιομηχανικών εφαρμογών DT. Οι συγγραφείς ορίζουν το DT της μελέτης τους ως ένα σύνολο πληροφοριών που αφορά ψηφιακά αντίγραφα αντικειμένων πολιτιστικής κληρονομιάς του πραγματικού κόσμου, τόσο υλικών όσο και άυλων.

Με βάση αυτόν τον ορισμό, αναλύουν την έννοια του Ψηφιακού Διδύμου Πολιτιστικής Κληρονομιάς (Heritage Digital Twin – HDT) ως ένα στατικό εικονικό μοντέλο, το οποίο βασίζεται αποκλειστικά στις πληροφορίες που προέρχονται από φυσικές οντότητες, χωρίς ακόμη να λαμβάνει υπόψη διαδραστικές επιρροές ή δυναμικές ενημερώσεις από το φυσικό περιβάλλον. Έτσι, το HDT αποτελείται από τις πληροφορίες που σχετίζονται με τις οντότητες του πραγματικού κόσμου και αποθηκεύονται σε ψηφιακή μορφή στο εικονικό μοντέλο, καθώς και από τις διαδικασίες ενσωμάτωσης και εξαγωγής αυτών των πληροφοριών (Niccolucci F. et al., 2023).

Οι ερευνητές προτείνουν τη δημιουργία ενός HDT βασισμένου στην κατηγοριοποίηση CIDOC CRM, με κύρια κλάση τη Heritage Entity (Πολιτιστική Οντότητα). Η κλάση αυτή

περιλαμβάνει υλικά και άυλα στοιχεία του πραγματικού κόσμου που θεωρούνται σημαντικά λόγω της συμβολής τους στην κοινωνία, τη γνώση ή/και τον πολιτισμό. Οι υλικές και άυλες πτυχές της ίδιας Πολιτιστικής Οντότητας καταγράφονται αντίστοιχα ως Tangible Aspect και Intangible Aspect. Παρότι όλες οι Πολιτιστικές Οντότητες διαθέτουν άυλη πτυχή, ορισμένες ενδέχεται να μην διαθέτουν υλική υπόσταση. (Niccolucci F. et al., 2023).

Οι πληροφορίες που σχετίζονται με μία Πολιτιστική Οντότητα συγκροτούν το ίδιο το Ψηφιακό Δίδυμο και μπορούν να περιλαμβάνουν ψηφιακές αναπαραστάσεις, όπως τρισδιάστατα μοντέλα, φωτογραφίες, αλλά και αφηγηματικό περιεχόμενο, όπως ιστορίες και αφηγήσεις που σχετίζονται με την οντότητα (Niccolucci F. et al., 2023).

4.3 Ανάπτυξη IoT εφαρμογής για τον χώρο του Αρχαίου Θεάτρου Αιγείρας.

4.3.1 Στόχος εργασίας, λογισμικό.

Το ψηφιακό δίδυμο IoT που υλοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας ακολούθησε την έννοια του IoCT, αναπαριστώντας μία ψηφιακή πλατφόρμα προσανατολισμένη στον χώρο του Αρχαίου Θεάτρου Αιγείρας, με σκοπό την εικονική διαχείριση, παρακολούθηση και τη συντήρησή του.

Ως λογισμικό επιλέχθηκε η πλατφόρμα ανοικτού κώδικα, IoT ThingsBoard, της οποίας οι λειτουργίες στη δωρεάν έκδοσή της επέτρεψαν την εκπόνηση του IoT μοντέλου του θεάτρου της Αρχαίας Αιγείρας. Η πλατφόρμα αυτή επιτρέπει τη σύνδεση συσκευών μέσω πρωτοκόλλων IoT που αποτελούν βασικά πρότυπα, όπως τα MQTT, CoAP και HTTP, και υποστηρίζει τόσο εφαρμογές στο cloud όσο και τοπικές εγκαταστάσεις.

Η υλοποίηση του ψηφιακού διδύμου για το θέατρο πραγματοποιήθηκε στην cloud έκδοση της πλατφόρμας, καθώς προσφέρει μεγαλύτερη ευελιξία στην εγκατάσταση και δεν περιορίζεται από τις δυνατότητες του εκάστοτε τοπικού υπολογιστικού συστήματος.

4.3.2 Βήματα υλοποίησης DT.

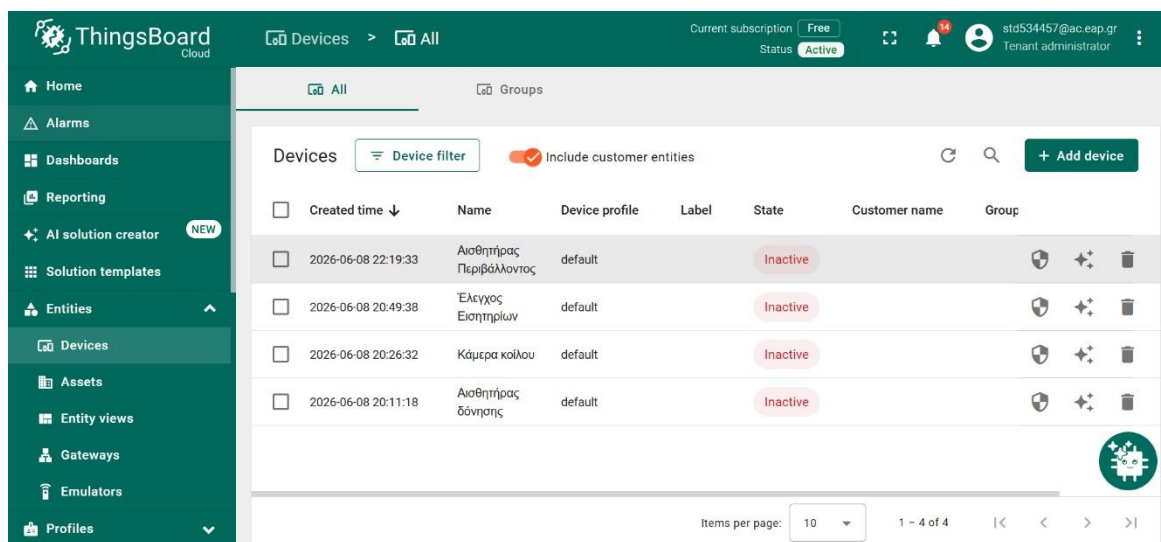
Εισαγωγή εικονικών συσκευών.

Οι συσκευές αποτελούν θεμελιώδη στοιχεία σε μια εφαρμογή IoT και μπορούν να παράγουν δεδομένα τηλεμετρίας (όπως θερμοκρασία, υγρασία, συντεταγμένες GPS κ.λπ.) και να τα

μεταδίδουν στην πλατφόρμα, όπως το ThingsBoard, καθώς και να ανταποκρίνονται σε εντολές Κλήσης Απομακρυσμένης Διαδικασίας (Remote Procedure Call – RPC). Κάθε συσκευή αποθηκεύεται ως ξεχωριστή οντότητα και διαθέτει ένα προφίλ συσκευής, το οποίο ορίζει τον τύπο της, τις ρυθμίσεις μεταφοράς, το λογισμικό, τους κανόνες συναγερμού κ.λπ., ενώ επιπλέον μπορεί να ανατεθεί η χρήση και παρακολούθησή της σε έναν μοναδικό χρήστη (ThingsBoard, Documentation, Devices, 2026).

Στα πλαίσια της δημιουργίας του ψηφιακού διδύμου, δημιουργήθηκαν εντός της πλατφόρμας εικονικές τέσσερεις διαφορετικές συσκευές (εικ. 4-1):

- α) Αισθητήρας περιβάλλοντος, οι οποίος συλλέγει δεδομένα που σχετίζονται με το φυσικό περιβάλλον του χώρου, όπως θερμοκρασία, υγρασία, ηλιοφάνεια κ.λπ.
- β) Αισθητήρας παρακολούθησης στατικότητας, ο οποίος συλλέγει δεδομένα που σχετίζονται με τη δομική κατάσταση του μνημείου, ελέγχοντας τα τμήματα του θεάτρου για τυχόν ρωγμές κ.λπ.
- γ) Αισθητήρες και εικονικές συσκευές που παρακολουθούν τον αριθμό των επισκεπτών.
- δ) Κάμερα που ελέγχει και προειδοποιεί για τυχόν κίνηση στο κοίλο.



Εικόνα 4-1 Συσκευές – Αισθητήρες στο ThingsBoard (Πηγή: ίδια επεξεργασία)

Δημιουργία κανόνων και χρηστών.

Η δημιουργία κανόνων και συναγερμών για τις εικονικές συσκευές και η απόδοση της διαχείρισης τους σε εξειδικευμένους χρήστες αποτελούν κρίσιμα στοιχεία για την

αποτελεσματική διαχείριση και προστασία του χώρου. (ThingsBoard , Multi-Tenancy & Hierarchy, 2026)

Οι συναγερμοί ορίζονται βάση συγκεκριμένων ορίων ή συνθηκών στα δεδομένα τηλεμετρίας, για παράδειγμα απότομες μεταβολές θερμοκρασίας, αυξημένη υγρασία, ενδείξεις καπνού ή εμφάνιση ρωγμών, ενεργοποιώντας ειδοποιήσεις όταν παραβιάζονται προκαθορισμένα κατώφλια.

Παράλληλα, οι χρήστες της πλατφόρμας κατηγοριοποιούνται με διαφορετικά επίπεδα πρόσβασης, επιτρέποντας την ανάθεση αρμοδιοτήτων, όπως παρακολούθηση, διαχείριση ή συντήρηση σε εξειδικευμένο προσωπικό. Με αυτόν τον τρόπο, διασφαλίζεται τόσο η έγκαιρη αντίδραση σε πιθανούς κινδύνους όσο και η οργανωμένη εποπτεία των συσκευών.

Το ThingsBoard ιεραρχεί τους χρήστες σε τρία επίπεδα ανάλογα με την πρόσβαση και τα δικαιώματα χρήσης. (ThingsBoard Documentation, Multi-Tenancy & Hierarchy, 2026):

1. Διαχειριστής Συστήματος (System administrator.): Έχει πλήρη πρόσβαση σε όλες τις λειτουργίες της πλατφόρμας. Μπορεί να δημιουργεί χρήστες και να διαχειρίζεται τα δικαιώματά τους. Στην περίπτωση του Αρχαίου Θεάτρου Αιγείρας, ο ρόλος του διαχειριστή μπορεί να ανατεθεί σε υπηρεσία του Υπουργείου Πολιτισμού.
2. Διαχειριστής τομέα (Tenant administrator.): Έχει πλήρη έλεγχο σε έναν συγκεκριμένο τομέα. Μπορεί να δημιουργεί και να διαχειρίζεται χρήστες εντός του τομέα αυτού. Είναι υπεύθυνος για την εκχώρηση πρόσβασης σε πίνακες ελέγχου, συσκευές και άλλους πόρους. Διαχειριστής, αλλά και τελικοί χρήστες για την Αιγείρα μπορεί να είναι οι αρμόδιοι μηχανικοί της Εφορείας Αρχαιοτήτων Αχαΐας.
3. Πελάτης (Customer user): Στο ThingsBoard, ένας «Πελάτης» (Customer) αποτελεί μια λογική οντότητα, όπως ένα τμήμα, ένα υποκατάστημα μιας εταιρείας ή έναν εξωτερικό πελάτη, η οποία χρησιμοποιείται για τον διαχωρισμό των δεδομένων και την παροχή ελεγχόμενης πρόσβασης στους πόρους IoT εντός ενός τομέα. Οι Πελάτες επιτρέπουν στον διαχειριστή του τομέα να εκχωρεί δικαιώματα πρόσβασης σε συσκευές, περιουσιακά στοιχεία (assets), πίνακες ελέγχου και άλλες οντότητες, διατηρώντας παράλληλα σαφή όρια ιδιοκτησίας και εφαρμόζοντας πολιτικές ελέγχου πρόσβασης.
4. Τελικοί χρήστες, που μπορούν μόνο να ελέγχουν τα δεδομένα και να λαμβάνουν συναγερμούς, μπορεί να ανήκουν σε έναν τομέα ή πελάτη. Στο παράδειγμα της

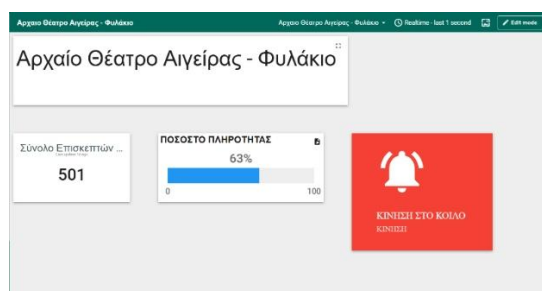
εργασίας μπορεί να είναι οι φύλακες του Αρχαιολογικού Μουσείου Αιγίου, υπεύθυνος φορέας για τη λειτουργία του χώρου, καθώς και ο εκάστοτε φύλακας στην Αιγείρα.

Οπτικοποίηση Δεδομένων.

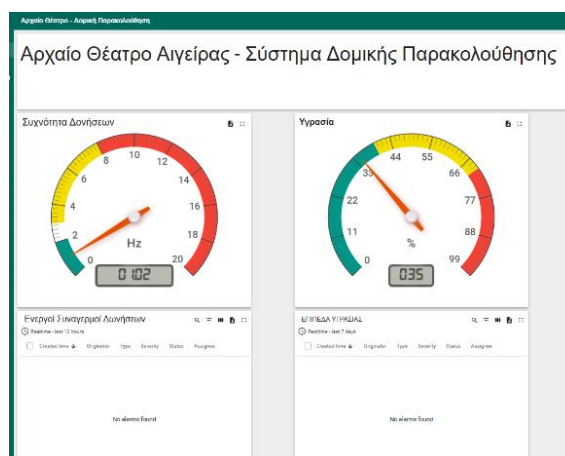
Η οπτικοποίηση των παραγόμενων δεδομένων του ψηφιακού διδύμου εντός της πλατφόρμας γίνεται μέσω δημιουργίας πινάκων ελέγχων (dashboards). Οι πίνακες ελέγχου αποτελούν εργαλεία για την αποτελεσματική παρακολούθηση και διαχείριση των δεδομένων και των συσκευών σας (Avantec, 2026)

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι κάθε dashboard μπορεί να περιλαμβάνει πολλαπλές καρτέλες (widgets), προσφέροντας ευελιξία και δυνατότητες προσαρμογής. Τα dashboards δεν περιορίζονται σε μία μόνο πηγή δεδομένων, αλλά μπορούν να προβάλλουν δεδομένα από διάφορες συσκευές και συνδεδεμένες εφαρμογές. Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα ανάθεσης dashboards σε συγκεκριμένους χρήστες, διασφαλίζοντας ότι τα κατάλληλα άτομα ή ομάδες έχουν πρόσβαση στα δεδομένα που χρειάζονται. (Avantec, 2026)

Για τις ανάγκες της εργασίας δημιουργήθηκαν πίνακες ελέγχου για τους εικονικούς τελικούς χρήστες «Φύλακας» και «Μηχανικός». Στην Εικόνα 4-2 παρουσιάζεται ο πίνακας ελέγχου του χρήστη «Φύλακας», ο οποίος ελέγχει τα εισιτήρια και την κίνηση στο κοίλο, ενώ στην Εικόνα 4-3 απεικονίζεται ο πίνακας ελέγχου του χρήστη «Μηχανικός», ο οποίος παρακολουθεί τους αισθητήρες δονήσεων και υγρασίας.



Εικόνα 4-2 Πίνακας ελέγχου χρήστη «Φύλακας» στο ThingsBoard (Πηγή: ίδια επεξεργασία)



Εικόνα 4-3 Πίνακας ελέγχου χρήστη «Μηχανικός» στο ThingsBoard (Πηγή: ίδια επεξεργασία)

4.4 Συμπεράσματα Κεφαλαίου.

4.4.1 Σχετικά με το Ψηφιακό Δίδυμο (Digital Twin) στην πολιτιστική κληρονομιά.

Η έννοια του Digital Twin, ως δυναμικού ψηφιακού μοντέλου που αντιστοιχεί σε κάποιο φυσικό σύστημα, σε συνδυασμό με τις δυνατότητες συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων του IoT, δημιουργεί ένα ισχυρό εργαλείο πρόληψης και διαχείρισης. Η αξιοποίηση αισθητήρων για την καταγραφή περιβαλλοντικών και δομικών δεδομένων επιτρέπει την έγκαιρη ανίχνευση προβλημάτων και την υποστήριξη τεκμηριωμένων αποφάσεων για τη συντήρηση των μνημείων.

Η ενσωμάτωση των τεχνολογιών Digital Twin και IoT στον τομέα της πολιτιστικής κληρονομιάς αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη προσέγγιση, η οποία μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά τόσο στη διατήρηση όσο και στην ανάδειξη των μνημείων, διασφαλίζοντας τη βιωσιμότητά τους για τις μελλοντικές γενιές. Επιπλέον η έννοια του IoCT αναδεικνύει τη δυνατότητα εφαρμογής αυτών των τεχνολογιών σε ένα ευρύτερο πολιτιστικό πλαίσιο.

Τέλος η ανάπτυξη ενός HDT, ως ενός ολοκληρωμένου συνόλου ψηφιακών δεδομένων και πληροφοριών, αποτελεί ένα πολύτιμο εργαλείο για τη διατήρηση και τη διαχείριση της πολιτιστικής κληρονομιάς στο σύνολό της, επεκτείνοντας την εφαρμογή του πέρα από τα ακίνητα μνημεία.

4.4.2 Σχετικά με την δημιουργία Ψηφιακού Δίδυμου στο Αρχαίο Θέατρο Αιγείρας.

Η ανάπτυξη μιας εφαρμογής IoT για τον χώρο του Αρχαίου Θεάτρου Αιγείρας, μέσω της πλατφόρμας ThingsBoard, αποτέλεσε ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα πρακτικής υλοποίησης των παραπάνω τεχνολογιών.

Μέσα από τη δημιουργία εικονικών συσκευών και την οπτικοποίηση δεδομένων μέσω dashboards, καταδείχθηκε πώς ένα ψηφιακό δίδυμο μπορεί να λειτουργήσει ως εργαλείο συνεχούς επιτήρησης και διαχείρισης ενός αρχαιολογικού χώρου.

Η ενσωμάτωση των τεχνολογιών Digital Twin και IoT, στον τομέα της πολιτιστικής κληρονομιάς που μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά τόσο στη διατήρηση όσο και στην

ανάδειξη των μνημείων, διασφαλίζοντας τη βιωσιμότητά τους για τις μελλοντικές γενιές, έχει ειδικότερη σχέση για την περίπτωση του θεάτρου της Αρχαίας Αιγείρας, του οποίου η ίδια η φύση και τα υλικά κατασκευής το καθιστούν ένα ευπαθές μνημείο, που φθείρεται με την πάροδο του χρόνου. Για τον λόγο αυτό η δημιουργία ενός ψηφιακού διδύμου, θα αποτελέσει ένα βασικό εργαλείο για τη διάσωση του μνημείου, ώστε να διατηρηθεί και να παραδοθεί στις επόμενες γενιές, τουλάχιστον στην παρούσα του κατάσταση.

5 Geographical Information Systems - G.I.S

5.1 Ορισμός GIS.

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών ή GIS (Geographic Information System), όπως είναι παγκοσμίως γνωστά, αποτελούν συστήματα με τα οποία έχουμε την δυνατότητα να επεξεργαστούμε γεωαναφερόμενες πληροφορίες. Σε γενική ανάλυση, μπορούμε να πούμε ότι ο τίτλος αυτός εμπεριέχει τους όρους (Ευελπίδου, Ν., & Αντωνίου, Β. 2015):

- **Γεωγραφία:** Διότι τόσο η χρήση τους όσο και τα δεδομένα που αξιοποιούν έχουν άμεση σχέση με τη γεωγραφία και συνδέονται με κάποιο σύστημα συντεταγμένων.
- **Σύστημα:** Διότι αποτελούν ένα σύστημα εργασίας μέσα στο οποίο ο χρήστης μπορεί να διαχειριστεί, να αναλύσει και να παρουσιάσει γεωγραφικά και περιγραφικά δεδομένα.
- **Πληροφορία:** Διότι η διαχείριση των δεδομένων γίνεται μέσω λογισμικού.

Για την επίτευξη του σκοπού τους, που είναι η συλλογή, ανάλυση, αποθήκευση, επεξεργασία και οπτικοποίηση γεωαναφερόμενων δεδομένων, τα GIS συνδυάζουν την τεχνολογία, την πληροφορική, τους ανθρώπους και τις γεωγραφικές πληροφορίες με τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορούμε να θεωρήσουμε ότι αποτελούνται από πέντε βασικά στοιχεία (Ευελπίδου, Ν., et. al, 2023, Olaya V., 2018) :

1. Την διαχείριση. Δηλαδή την ανάγνωση, την επεξεργασία, την αποθήκευση και γενικά την διαχείριση χωρικών δεδομένων
2. Την ανάλυση. Αυτό περιλαμβάνει τα πάντα, από απλά ερωτήματα έως σύνθετα μοντέλα, τα οποία μπορούν να πραγματοποιηθούν χρησιμοποιώντας γεωγραφικά ή περιγραφικά δεδομένα, ή και τα δύο.
3. Την οπτικοποίηση, μέσω της δημιουργίας εγγράφων, όπως χάρτες, εκθέσεις, διαγράμματα κ.λπ.
4. Την τεχνολογία, η οποία περιλαμβάνει τόσο το λογισμικό GIS όσο και το υλικό στο οποίο αυτό εκτελείται. Σε αυτήν εντάσσονται και πρόσθετα εργαλεία που χρησιμοποιούνται κατά την επεξεργασία, όπως περιφερειακές συσκευές για την εισαγωγή δεδομένων ή τη δημιουργία έντυπων χαρτών.

5. Την οργάνωση, η οποία περιλαμβάνει τα στοιχεία που εξασφαλίζουν τον σωστό συντονισμό των συστατικών μελών ενός GIS, δηλαδή τον εξοπλισμό, το λογισμικό, τα δεδομένα και τον χρήστη. Για να εξασφαλιστεί η αποδοτική και σωστή λειτουργία του συστήματος, τα επιμέρους στοιχεία πρέπει να συνεργάζονται αρμονικά και αμφίδρομα μεταξύ τους.

5.1.1 GIS και πολιτιστική κληρονομιά.

Στον τομέα της πολιτιστικής κληρονομιάς, τα GIS άρχισαν να εφαρμόζονται πιο σημαντικά στις αρχαιολογικές μελέτες κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του '90 και χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο ως εργαλείο για τον εντοπισμό, την τεκμηρίωση και την καταγραφή, την αξιολόγηση, την παρέμβαση και τη διατήρηση, καθώς και για τη διάδοση της γνώσης και τη διαχείριση της πολιτιστικής κληρονομιάς. Όταν τα δεδομένα της πολιτιστικής κληρονομιάς ενσωματώνονται και επεξεργάζονται σε ένα GIS, δημιουργείται μια εξαιρετική ευκαιρία για την κατανόηση των μεταβολών ενός πολιτιστικού αγαθού στον χρόνο, καθώς και των αλληλεπιδράσεών του με άλλα στοιχεία, υλικά ή άυλα. (Ferreira-Lopes P., 2018)

Η χρήση των GIS στην πολιτιστική κληρονομιά έχει αυξηθεί σημαντικά, καθώς η καταγραφή, η τεκμηρίωση και η διαχείριση των πληροφοριών, αποτελούν θεμελιώδεις δραστηριότητες σε όλες τις φάσεις των εργασιών. Παράλληλα, τα τελευταία χρόνια, η ανάπτυξη διαδικτυακών εφαρμογών έχει προσφέρει ευρύτερη πρόσβαση και ενισχύσει την αλληλεπίδραση μεταξύ των χρηστών και των GIS, επιτρέποντας τη μεγαλύτερη διάδοση της χρήσης τους, καθώς και τη μείωση του κόστους συντήρησης και των επενδύσεων σε λογισμικό. (Ferreira-Lopes P., 2018)

Τα GIS μπορούν επίσης να θεωρηθούν βασικό εργαλείο υποστήριξης στο έργο των συμβαλλόμενων μερών της Σύμβασης για την Παγκόσμια Κληρονομιά, η οποία θέσπισε τον Κατάλογο Παγκόσμιας Κληρονομιάς, αναγνωρίζοντας τη σημασία της καταγραφής και προστασίας των πολιτιστικών πόρων. Ποιο συγκεκριμένα στο άρθρο 5 ορίζει ότι τα συμβαλλόμενα μέρη οφείλουν να καταβάλλουν κάθε δυνατή προσπάθεια για να «λάβουν τα κατάλληλα νομικά, επιστημονικά, τεχνικά, διοικητικά και οικονομικά μέτρα που είναι απαραίτητα για τον εντοπισμό, την προστασία, τη διατήρηση, την ανάδειξη και την αποκατάσταση αυτής της κληρονομιάς». Τα παραπάνω μέτρα καλύπτουν όλο το φάσμα ενεργειών, από την αρχική αναγνώριση έως την προστασία, την αποκατάσταση και την

παρουσίαση και αποτελούν βασικές πρακτικές που εφαρμόζονται στη διαχείριση όλων των μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς και τα GIS βρίσκουν εφαρμογή σε πολλά από αυτά. (Box P., 1999)

5.2 Βασικά στοιχεία GIS.

5.2.1 Δεδομένα GIS

Τα δεδομένα που εισάγουμε, αποτελούν τον πυρήνα των GIS και η λεπτομερής γνώση των χαρακτηριστικών τους, της ποιότητά τους και της προέλευσής τους, καθώς και ο τρόπος διαχείρισης και αποθήκευσής τους, είναι ζωτικής σημασίας για την ορθή κατανόηση των ιδίων των GIS. (Olaya V., 2018)

- a) Τα δεδομένα αυτά μπορούν να διακριθούν αρχικά σε δύο κύριες κατηγορίες: στα χωρικά δεδομένα, τα οποία αφορούν αντικείμενα που απεικονίζονται σε χάρτη, δηλαδή προσδιορίζουν πού βρίσκεται κάτι και πώς αποτυπώνεται στον χάρτη.
- b) Στα ποιοτικά ή περιγραφικά δεδομένα, τα οποία σχετίζονται με τιμές και χαρακτηριστικά που αποθηκεύονται σε μια βάση δεδομένων. (Ευελπίδου, Ν., & Τζουξανιώτη, Μ., 2015)

Ανάλογα με τη φύση τους, τα δεδομένα σε ένα GIS διακρίνονται επίσης σε διακριτά και συνεχή. Τα διακριτά δεδομένα αναφέρονται σε περιπτώσεις όπου η πληροφορία δεν καλύπτει κάθε επιμέρους σημείο της περιοχής μελέτης, όπως για παράδειγμα τα κτήρια μιας πόλης, ενώ τα συνεχή δεδομένα χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη πληροφορίας για κάθε σημείο του χάρτη, όπως για παράδειγμα το υψόμετρο. (Ευελπίδου, Ν., et.al, 2023)

5.2.2 Μοντέλα δεδομένων GIS.

Η διαδικασία καθορισμού και οργάνωσης των δεδομένων του πραγματικού κόσμου σε ένα ενιαίο ψηφιακό σύνολο δεδομένων είναι γνωστή ως μοντελοποίηση δεδομένων. Τα χωρικά δεδομένα οργανώνονται σε ένα από τα δύο βασικά μοντέλα: το διανυσματικό και το ψηφιδωτό (raster). Η επιλογή μεταξύ του διανυσματικού και του raster μοντέλου πραγματοποιείται με βάση την πηγή, τον τύπο και την προβλεπόμενη χρήση των δεδομένων. (Singh, S. P., 2022).

Διανυσματικά Μοντέλα.

Η λειτουργία του διανυσματικού μοντέλου βασίζεται στην αναπαράσταση των γεωγραφικών δεδομένων μέσω σημείων, γραμμών και πολύγωνων, τα οποία τοποθετούνται σε ένα ή περισσότερα επίπεδα πληροφορίας. Η βάση του μοντέλου διανυσμάτων είναι το σημείο, από το οποίο προκύπτουν διάφορες χωρικές οντότητες. Ένα σημείο αναπαρίσταται από ένα ζεύγος συντεταγμένων (x, y). Μια ακολουθία σημείων σχηματίζει μια γραμμή, ενώ γραμμές που ενώνονται σε ένα κλειστό σχήμα, δημιουργούν ένα πολύγωνο.

Για να εισαχθεί ένα διανυσματικό αντικείμενο σε ένα GIS, είναι απαραίτητο αρχικά να καθοριστεί η φύση του (σημείο, γραμμή ή πολύγωνο). Στη συνέχεια, προσδιορίζεται η θέση του στον χώρο μέσω των χαρακτηριστικών συντεταγμένων, καθώς, για τις γραμμές και τα πολύγωνα, και των ενδιαμεσων σημείων αλλαγής κατεύθυνσης, που ονομάζονται κόμβοι. (Ευελπίδου, Ν., & Τζουξανιώτη, Μ., 2015, Singh, S. P., 2022)

Τα διανυσματικά μοντέλα προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα, όπως είναι η συμπαγή και οργανωμένη δομή δεδομένων, η διατήρηση της αρχικής ανάλυσης και μορφής των αντικειμένων, καθώς και η αισθητικά ευχάριστη χαρτογραφική απεικόνιση. Στόχος του είναι να απεικονίζει τα αντικείμενα με τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια, επιτρέποντας σε κάθε θέση, μήκος, σχήμα ή διάσταση να καθοριστεί με ακρίβεια, επιτρέποντας αποτελεσματικές λειτουργίες που βασίζονται σε τοπολογικές σχέσεις. (Ευελπίδου, Ν., al. 2023, Singh, S. P., 2022)

Ψηφιδωτά (raster) μοντέλα δεδομένων.

Το μοντέλο δεδομένων raster αποτελεί μια ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδο αποθήκευσης γεωγραφικών δεδομένων. Συνήθως έχει τη μορφή καννάβου, στο οποίο κάθε κελί περιέχει δεδομένα. Τα raster είναι ιδιαίτερα κατάλληλα για την αναπαράσταση συνεχών δεδομένων, όπως η θερμοκρασία και το υψόμετρο, αλλά μπορούν να αποθηκεύσουν και διακριτά ή κατηγοριοποιημένα δεδομένα, όπως οι χρήσεις γης. Η ανάλυση ενός raster εκφράζεται σε γραμμικές (π.χ. μέτρα) ή γωνιακές μονάδες (π.χ. δευτερόλεπτα τόξου) και καθορίζει το μέγεθος της πλευράς κάθε κελιού του καννάβου. (Pingel, T., 2018)

Τα ψηφιδωτά μοντέλα μπορούν να περιλαμβάνουν δορυφορικές εικόνες, ψηφιακές αεροφωτογραφίες, σαρωμένους χάρτες, ψηφιακά μοντέλα υψομέτρου (DEM) και άλλα. Ένα ψηφιακό μοντέλο υψομέτρου, για παράδειγμα, είναι ένα σύνολο δεδομένων στο οποίο κάθε κελί του καννάβου αποθηκεύει την τιμή του υψομέτρου για τη συγκεκριμένη θέση.

Με αυτόν τον τρόπο αναπαρίσταται η μορφολογία του εδάφους και καθίσταται δυνατή η ανάλυση φαινομένων όπως οι κλίσεις, η απορροή των υδάτων και η μορφή του ανάγλυφου. Προσφέρουν επίσης σημαντικά πλεονεκτήματα ως προς την αποδοτικότητα αποθήκευσης και διαχείρισης, χάρη ομοιόμορφο πλέγμα που τα χαρακτηρίζει. Η δομή αυτή επιταχύνει τους υπολογισμούς μεταξύ πολλαπλών στρωμάτων raster και μειώνει τον χρόνο που απαιτείται για διαδικασίες, όπως ο εκ νέου υπολογισμός των τιμών σε νέο πλέγμα. Επιπλέον, επειδή τα στρώματα raster μπορούν να θεωρηθούν ως δυαδικές ή γκρι εικόνες, μπορούν να εφαρμοστούν εύκολα πολλές τεχνικές της υπολογιστικής όρασης (Computer Vision) σε θέματα ταξινόμησης των δεδομένων. (Pingel, T., 2018)

5.2.3 Βάση δεδομένων.

Μια βάση δεδομένων αποτελεί μια οργανωμένη συλλογή δεδομένων, η οποία αποθηκεύεται και δομείται με συστηματικό τρόπο, διευκολύνοντας τη διαχείριση και αξιοποίησή των δεδομένων, καθώς η δομή αυτή επιτρέπει την αποτελεσματική αποθήκευση, αναζήτηση και ανάλυση τους. Μεταξύ των διαφόρων μοντέλων που έχουν αναπτυχθεί για τη δημιουργία βάσεων δεδομένων, το πλέον διαδεδομένο, στα GIS όσο και ευρύτερα, είναι το σχεσιακό μοντέλο, το οποίο βασίζεται στην οργάνωση των δεδομένων σε πίνακες, προσφέροντας ευκολία στην κατανόηση και υψηλή λειτουργικότητα στην ανάλυση και αναζήτηση. (Olaya V., 2018)

Κάθε πίνακας αποτελείται από συγκεκριμένο αριθμό εγγραφών (γραμμών) και πεδίων (στηλών) και αναφέρεται ως «σχέση», καθώς αποτυπώνει τις σχέσεις μεταξύ των δεδομένων που περιέχει, με τις στήλες να αντιπροσωπεύουν τα χαρακτηριστικά των οντοτήτων και τις γραμμές να αντιστοιχούν στις επιμέρους εγγραφές. (Olaya V., 2018)

5.3 Μεθοδολογία Υλοποίησης GIS με χρήση του QGIS, περίπτωση μελέτης χώρου Αρχαίου Θεάτρου Αιγείρας.

5.3.1 Το λογισμικό QGIS.

Για τις ανάγκες της εργασίας επιλέχθηκε το λογισμικό QGIS, το οποίο είναι το πιο δημοφιλές ελεύθερο λογισμικό γεωχωρικών εφαρμογών στον κόσμο. Ανήκει στο Ίδρυμα

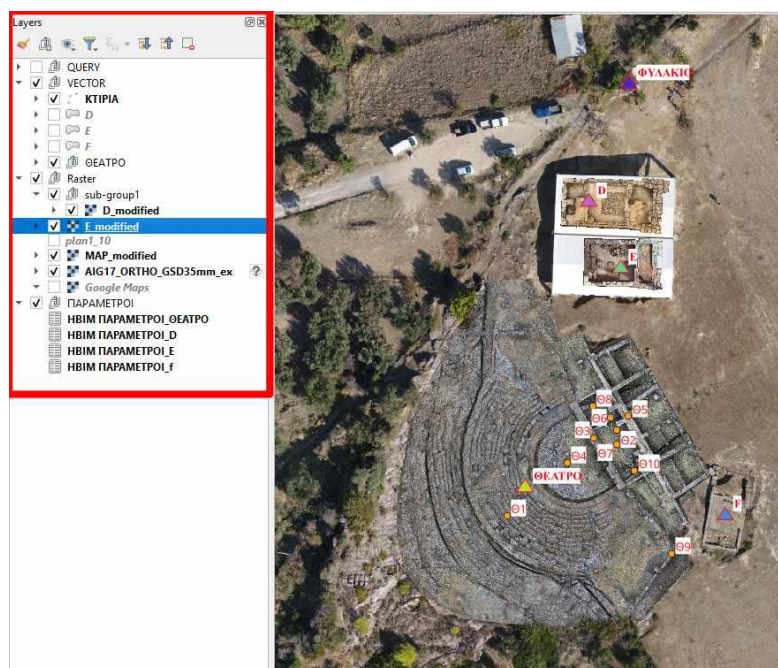
Ανοιχτού Κώδικα Geospatial Foundation (OSGeo). Μεταξύ των κύριων πλεονεκτημάτων του είναι η ενσωμάτωση εργαλείων μέσω προσθηκών, καθώς και η κοινότητα χρηστών και προγραμματιστών, η οποία βρίσκεται σε συνεχή ανάπτυξη. Η συνεργασία μέσω της κοινότητας και η ελεύθερη ενσωμάτωση κώδικα έχουν επιτρέψει στο QGIS να εξελιχθεί από ένα απλό πρόγραμμα προβολής χωρικών πληροφοριών σε ένα ισχυρό εργαλείο GIS. Πλέον, χρησιμοποιείται από ένα ευρύ φάσμα χρηστών, όχι μόνο για την προβολή δεδομένων, αλλά και για την επεξεργασία τους και τη διεξαγωγή σύνθετων χωρικών αναλύσεων. (Rosas-Chavoya M., et,al., 2022)

5.3.2 Εισαγωγή και επεξεργασία δεδομένων.

Επίπεδα (Layers)

Στο QGIS οποίο όπως και σε κάθε GIS, οι πληροφορίες που αφορούν μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή οργανώνονται σε διακριτά επίπεδα (layers). Παρόλο που επίπεδα αναφέρονται στην ίδια τοποθεσία, οι πληροφορίες που σχετίζονται με διαφορετικές μεταβλητές αποθηκεύονται ξεχωριστά. Με άλλα λόγια, για την ίδια περιοχή υπάρχει ένα σύνολο επιμέρους πληροφοριών, καθεμία από τις οποίες λαμβάνει μια συγκεκριμένη μεταβλητή ή ένα σύνολο στοιχείων, κάθε ένα από αυτά τα σύνολα ονομάζεται επίπεδο (Layer). (Olaya V., 2018)

Στην Εικόνα 5-1, εντός του κόκκινου πλαισίου, απεικονίζεται η δομή των επιπέδων που δημιουργήθηκαν για τις ανάγκες του έργου GIS της παρούσας μελέτης. Τα επίπεδα έχουν ταξινομηθεί σε επιμέρους ομάδες, όπως raster και vector, σύμφωνα με τον τύπο και τη μορφή των δεδομένων που περιέχουν.



Εικόνα 5-1 Επίπεδα (Layers) που δημιουργήθηκαν στο QGIS (Πηγή: ιδία επεξεργασία)

Εισαγωγή ψηφιδωτών (Raster) δεδομένων, γεωαναφορά.

Όταν ένα αρχείο εικόνας γεωαναφερθεί, χαρακτηρίζεται ως ψηφιδωτό ή εικονοστοιχειακό (raster). Τα raster δεδομένα προέρχονται από την εισαγωγή αρχείων εικόνας, όπως αεροφωτογραφίες, σαρωμένοι χάρτες και δορυφορικές εικόνες. Ωστόσο, η εισαγωγή τους σε ένα GIS προϋποθέτει τη γεωαναφορά τους, δηλαδή την τοποθέτησή τους στη σωστή θέση στον πραγματικό χώρο. Η γεωαναφορά είναι το πρώτο βήμα που απαιτείται στη σχεδιαστική πορεία. (Ευελπίδου et al., 2023).

Για να συνδυαστούν διαφορετικά γεωγραφικά δεδομένα (π.χ. χάρτες, δορυφορικές εικόνες) και να αξιοποιηθούν σε ένα GIS, πρέπει όλα να εκφράζονται στο ίδιο σύστημα συντεταγμένων, δηλαδή να έχουν ένα κοινό σύστημα αναφοράς για τη θέση τους πάνω στη Γη. (Ευελπίδου et al., 2023).

Τα raster δεδομένα που προέκυψαν από το μοντέλο HBIM της παρούσας εργασίας δεν διέθεταν προκαθορισμένο σύστημα αναφοράς. Ως σύστημα αναφοράς επιλέχθηκε το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 (ΕΓΣΑ87), καθώς το ίδιο είχε χρησιμοποιηθεί για τη γεωαναφορά του ορθοχάρτη που δημιουργήθηκε από το Αυστριακό Αρχαιολογικό Ινστιτούτο (AAI) και αποτέλεσε το κύριο χαρτογραφικό υπόβαθρο της εργασίας.

Δημιουργία και εισαγωγή διανυσματικών (Vector) δεδομένων

Η εισαγωγή διανυσματικών δεδομένων στο QGIS πραγματοποιείται με δύο τρόπους:

1. Ο πρώτος τρόπος είναι η δημιουργία οποιουδήποτε είδους αντικειμένου με την μορφή σημείου, γραμμής ή πολυγώνου, που μπορεί να συσχετιστεί με μια γεωγραφική θέση, απευθείας μέσα στο λογισμικό (ψηφιοποίηση δεδομένων), κυρίως με βάση γεωαναφερόμενους ψηφιακούς χάρτες. Κατά τη διάρκεια, αλλά και μετά την ολοκλήρωση της ψηφιοποίησης, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι η ποιότητα των δεδομένων εξαρτάται κυρίως από (Ευελπίδου, Ν., et.al, 2023):
 - Τη γεωαναφορά του χάρτη, η οποία πρέπει να είναι ακριβής.
 - Την κλίμακα στην οποία πραγματοποιείται η ψηφιοποίηση, η οποία θα πρέπει να είναι μεγάλη. Επισημαίνεται ότι όταν μια κλίμακα χαρακτηρίζεται ως μεγάλη, σημαίνει ότι διαθέτει υψηλή ανάλυση, κάτι που έχει ως αποτέλεσμα πιο λεπτομερή απεικόνιση.
2. Η εισαγωγή διανυσματικών αντικειμένων που έχουν δημιουργηθεί σε άλλα λογισμικά, όπως για παράδειγμα αρχεία CAD. Όπου και εδώ απαιτείται συχνά η σχετική γεωαναφορά, καθώς τα δεδομένα αυτά πολλές φορές δεν είναι γεωαναφερόμενα ή είναι ορισμένα σε διαφορετικό σύστημα αναφοράς.

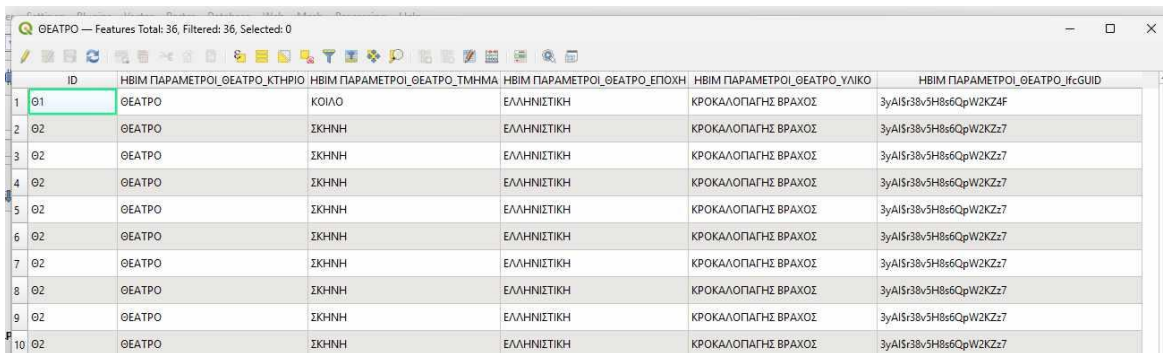
Τα σύγχρονα λογισμικά GIS επίσης επιτρέπουν την εισαγωγή τρισδιάστατων δεδομένων, ενσωματώνοντας έτσι και την τρίτη διάσταση. Με τον τρόπο αυτό, η ανάλυση των δεδομένων αποκτά πιο ολοκληρωμένη μορφή και προσεγγίζει περισσότερο την πραγματικότητα του φυσικού κόσμου.

Η παραγωγή των διανυσματικών δεδομένων της παρούσας μελέτης πραγματοποιήθηκε μέσω της δημιουργίας πολυγωνικών και σημειακών οντοτήτων στα αντίστοιχα επίπεδα, ακολουθώντας την τμηματοποίηση του μοντέλου HBIM και τις πληροφορίες που αντλήθηκαν από τη σχετική βιβλιογραφία.

Εισαγωγή μη γεωμετρικών δεδομένων.

Τα μη γεωμετρικά δεδομένα της παρούσας μελέτης προέκυψαν κυρίως από την εισαγωγή των βάσεων δεδομένων που εξήχθησαν από τα μοντέλα HBIM. Οι βάσεις δεδομένων οργανώθηκαν σε επιμέρους επίπεδα (γκρούπ επιπέδων ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ) και οι πίνακες ιδιοτήτων τους συσχετίστηκαν με τους αντίστοιχους πίνακες ιδιοτήτων των διανυσματικών

οντοτήτων, επιτρέποντας την ενοποίηση γεωμετρικών και περιγραφικών πληροφοριών. Στην Εικόνα 5-2 απεικονίζεται ο πίνακας ιδιοτήτων (attribute table) του διανυσματικού επιπέδου που αντιστοιχεί στο θέατρο.



ID	HBIM ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ_ΘΕΑΤΡΟ_ΚΤΗΡΙΟ	HBIM ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ_ΘΕΑΤΡΟ_ΤΜΗΜΑ	HBIM ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ_ΘΕΑΤΡΟ_ΕΠΟΧΗ	HBIM ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ_ΘΕΑΤΡΟ_ΥΛΙΚΟ	HBIM ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ_ΘΕΑΤΡΟ_ifcGUID
1	ΘΕΑΤΡΟ	ΚΟΙΛΟ	ΕΛΛΗΝΙΣΤΙΚΗ	ΚΡΟΚΑΛΟΠΑΓΗΣ ΒΡΑΧΟΣ	3yAIsr38v5H8s6QpW2KZz7
2	ΘΕΑΤΡΟ	ΣΚΗΝΗ	ΕΛΛΗΝΙΣΤΙΚΗ	ΚΡΟΚΑΛΟΠΑΓΗΣ ΒΡΑΧΟΣ	3yAIsr38v5H8s6QpW2KZz7
3	ΘΕΑΤΡΟ	ΣΚΗΝΗ	ΕΛΛΗΝΙΣΤΙΚΗ	ΚΡΟΚΑΛΟΠΑΓΗΣ ΒΡΑΧΟΣ	3yAIsr38v5H8s6QpW2KZz7
4	ΘΕΑΤΡΟ	ΣΚΗΝΗ	ΕΛΛΗΝΙΣΤΙΚΗ	ΚΡΟΚΑΛΟΠΑΓΗΣ ΒΡΑΧΟΣ	3yAIsr38v5H8s6QpW2KZz7
5	ΘΕΑΤΡΟ	ΣΚΗΝΗ	ΕΛΛΗΝΙΣΤΙΚΗ	ΚΡΟΚΑΛΟΠΑΓΗΣ ΒΡΑΧΟΣ	3yAIsr38v5H8s6QpW2KZz7
6	ΘΕΑΤΡΟ	ΣΚΗΝΗ	ΕΛΛΗΝΙΣΤΙΚΗ	ΚΡΟΚΑΛΟΠΑΓΗΣ ΒΡΑΧΟΣ	3yAIsr38v5H8s6QpW2KZz7
7	ΘΕΑΤΡΟ	ΣΚΗΝΗ	ΕΛΛΗΝΙΣΤΙΚΗ	ΚΡΟΚΑΛΟΠΑΓΗΣ ΒΡΑΧΟΣ	3yAIsr38v5H8s6QpW2KZz7
8	ΘΕΑΤΡΟ	ΣΚΗΝΗ	ΕΛΛΗΝΙΣΤΙΚΗ	ΚΡΟΚΑΛΟΠΑΓΗΣ ΒΡΑΧΟΣ	3yAIsr38v5H8s6QpW2KZz7
9	ΘΕΑΤΡΟ	ΣΚΗΝΗ	ΕΛΛΗΝΙΣΤΙΚΗ	ΚΡΟΚΑΛΟΠΑΓΗΣ ΒΡΑΧΟΣ	3yAIsr38v5H8s6QpW2KZz7
10	ΘΕΑΤΡΟ	ΣΚΗΝΗ	ΕΛΛΗΝΙΣΤΙΚΗ	ΚΡΟΚΑΛΟΠΑΓΗΣ ΒΡΑΧΟΣ	3yAIsr38v5H8s6QpW2KZz7

Εικόνα 5-2 Τμήμα πίνακα ιδιοτήτων (attribute table) διανυσματικού επιπέδου ΘΕΑΤΡΟ

(Πηγή: ίδια επεξεργασία)

5.3.3 Ανάλυση δεδομένων.

Οι μέθοδοι ανάλυσης των γεωγραφικών και περιγραφικών δεδομένων διαφοροποιούνται ανάλογα με το αντικείμενο, τη διαδικασία που επιλέγεται και τον επιδιωκόμενο στόχο. Το αντικείμενο επηρεάζεται από επιμέρους χαρακτηριστικά, όπως οι ιδιότητές του, η χωρική του θέση, οι τοπολογικές του σχέσεις και ο τύπος του επιπέδου πληροφορίας στο οποίο εντάσσεται (διανυσματικό ή ψηφιδωτό). Αντίστοιχα, η διαδικασία ανάλυσης καθορίζεται από τον αριθμό και το είδος των επιπέδων πληροφορίας που συνδυάζονται για την εξαγωγή αποτελεσμάτων, ενώ σημαντικό ρόλο διαδραματίζει και ο σκοπός της ανάλυσης, δηλαδή αν αποσκοπεί στην επιλογή, την τροποποίηση ή τη δημιουργία νέων, δευτερογενών δεδομένων. (Ευελπίδου, Ν., et.al, 2023)

Η επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα λειτουργιών, όπως η αναταξινόμηση και η ομαδοποίηση ποιοτικών χαρακτηριστικών, οι γεωμετρικές επεξεργασίες (π.χ. μετασχηματισμοί κλίμακας) και οι μετρήσεις, όπως αποστάσεις και εμβαδά. Συνολικά, σε ένα GIS μπορούν να εφαρμοστούν πολλαπλά είδη αναλύσεων, τα οποία εστιάζουν είτε στην περιγραφική πληροφορία είτε στη χωρική πληροφορία, είτε σε συνδυασμό και των δύο, επιτρέποντας μια ολοκληρωμένη προσέγγιση στην ερμηνεία των δεδομένων. (Ευελπίδου, Ν., et.al, 2023)

Οι αναλύσεις αυτές βασίζονται σε «ερωτήματα» (queries), μέσω των οποίων ανακτώνται πληροφορίες από τα γεωγραφικά οριζόμενα αντικείμενα. Μέσα από αυτή τη διαδικασία, ο χρήστης μπορεί να διερευνήσει τόσο τη χωρική όσο και την περιγραφική πληροφορία που συνδέεται με τα δεδομένα. Για παράδειγμα, ένα ερώτημα χωρικού χαρακτήρα μπορεί να είναι αντίστοιχο με αυτό που πραγματοποιείται κατά τη χρήση ενός συμβατικού έντυπου χάρτη, όπως ο εντοπισμός του πλησιέστερου ποταμού σε μια πόλη ή η αναγνώριση των ποταμών που διασχίζουν μια συγκεκριμένη περιοχή. Παράλληλα, είναι δυνατή η διατύπωση ερωτημάτων που αφορούν την περιγραφική πληροφορία, όπως, για παράδειγμα, το υλικό κατασκευής ενός αντικειμένου. (Olaya V., 2018)

Στο πλαίσιο της ανάλυσης των δεδομένων του Αρχαίου Θεάτρου Αιγείρας πραγματοποιήθηκε ταξινόμηση των αντικειμένων ως προς τη χρονολογική τους περίοδο, μέσω ερωτήματος που βασίστηκε στη γλώσσα SQL. Συγκεκριμένα, το ερώτημα αναζητούσε εγγραφές στις οποίες το πεδίο «Εποχή» λαμβάνει τις τιμές «Ελληνιστική» ή «Ρωμαϊκή». Ο αντίστοιχος κώδικας που αφορά την ελληνιστική εποχή για το θέατρο και τον ναΐσκο D παρουσιάζεται παρακάτω.

Κώδικας SQL:

```
SELECT
```

```
    g."ID", g."geometry", d."ΕΠΟΧΗ"
```

```
FROM "ΘΕΑΤΡΟ" AS g
```

```
INNER JOIN "HBIM ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ_ΘΕΑΤΡΟ" AS d
```

```
    ON g."ID" = d."ID"
```

```
WHERE d."ΕΠΟΧΗ" = 'ΕΛΛΗΝΙΣΤΙΚΗ'
```

```
UNION ALL
```

```
SELECT
```

```
    g2."ID", g2."geometry", d2."ΕΠΟΧΗ"
```

```
FROM "D" AS g2
```

```
INNER JOIN "HBIM ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ_D" AS d2
```

```
    ON g2."ID" = d2."ID"
```

```
WHERE d2."ΕΠΟΧΗ" = 'ΕΛΛΗΝΙΣΤΙΚΗ'
```

5.4 Παραγόμενα αποτελέσματα και περαιτέρω αξιοποίηση των προϊόντων GIS

5.4.1 Θεματικοί χάρτες.

Ένας χάρτης είναι μια συμβολική απεικόνιση ενός φαινομένου του πραγματικού κόσμου, πράγμα που σημαίνει ότι περιλαμβάνει κάποιο βαθμό απλοποίησης και γενίκευσης. Ανάλογα με τον σκοπό του χάρτη και το κοινό στο οποίο απευθύνεται, ο χαρτογράφος, μεταξύ άλλων, αποφασίζει την κλίμακα, τον τύπο του χάρτη και τα σύμβολα που θα χρησιμοποιηθούν. (Olaya V., 2018)

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι χαρτογραφίας: η βασική χαρτογραφία (που ονομάζεται επίσης θεμελιώδης ή τοπογραφική) και η θεματική χαρτογραφία. Ιστορικά, η βασική χαρτογραφία αντιπροσωπεύει τους κλασικούς χάρτες που έχουν δημιουργηθεί από χαρτογράφους, περιγράφοντας ό,τι υπάρχει στην επιφάνεια της Γης. Η θεματική χαρτογραφία, από την άλλη, επικεντρώνεται στην απεικόνιση πληροφοριών σχετικά με ένα συγκεκριμένο φαινόμενο σε έναν γεωγραφικό χώρο, το οποίο μπορεί να είναι οποιουδήποτε τύπου: φυσικό, κοινωνικό, πολιτικό, πολιτιστικό κ.λπ., εξαιρουμένων των καθαρά τοπογραφικών φαινομένων, τα οποία αποτελούν αντικείμενο της βασικής χαρτογραφίας. (Olaya V., 2018)

Θεματικοί χάρτες της εργασίας παρουσιάζονται στο Παράρτημα Β.

5.4.2 Βάση δεδομένων.

Κάθε επίπεδο δημιουργεί αυτόματα έναν πίνακα ιδιοτήτων (βάση δεδομένων) που περιέχει όλες τις μη γεωμετρικές πληροφορίες, ενώ μπορεί να περιλαμβάνει και δεδομένα που σχετίζονται με τη γεωμετρία, όπως συντεταγμένες, εμβαδά και μήκος κ.ά. Οι πίνακες αυτοί μπορούν να εξαχθούν σε διάφορες μορφές αρχείων, ώστε να είναι δυνατή η αξιοποίησή τους σε εφαρμογές που διαχειρίζονται γεωχωρικά δεδομένα, όπως εφαρμογές BIM και IoT. Η εξαγωγή των πινάκων της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκε σε μορφή αρχείου κειμένου διαχωρισμένου με κόμμα (CSV, Comma-Separated Values), λόγω της ευκολίας που προσφέρει στη διαλειτουργικότητα και την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ διαφορετικών λογισμικών.

5.5 Συμπεράσματα

5.5.1 Σχετικά με τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS) στην πολιτιστική κληρονομιά.

Τα GIS, αποτελώντας ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης γεωγραφικά ορισμένων δεδομένων και συνδυάζοντας άρρηκτα την τεχνολογία με τον ανθρώπινο παράγοντα, έχουν ξεπεράσει τα στενά όρια της γεωγραφίας. Συμβάλλουν ουσιαστικά σε πεδία όπως η αρχαιολογία, η ιστορία και γενικότερα η πολιτιστική κληρονομιά, αποτελώντας πλέον βασικό εργαλείο για τον εντοπισμό, την τεκμηρίωση, την καταγραφή, τη διαχείριση και την προστασία πολιτιστικών αγαθών.

Καθοριστικό ρόλο στη σωστή εφαρμογή των GIS διαδραματίζουν τα δεδομένα που εισάγονται, καθώς η ποιότητα και η οργάνωσή τους είναι κρίσιμης σημασίας για την αξιόπιστη λειτουργία των συστημάτων. Μέσω αυτών καθίσταται δυνατή η βαθύτερη ανάλυση της εξέλιξης των μνημείων στον χρόνο, καθώς και των σχέσεών τους με το περιβάλλον. Παράλληλα, μέσω σύνθετων αναλύσεων που πραγματοποιούνται με τη μορφή ερωτημάτων, τα GIS μπορούν να παράγουν νέα δεδομένα και να οδηγούν σε τεκμηριωμένα συμπεράσματα.

Η συνεχής ανάπτυξη των GIS και ιδιαίτερα των διαδικτυακών εφαρμογών τους, έχει αυξήσει σημαντικά την προσβασιμότητα, μειώνοντας το κόστος και ενισχύοντας τη διάδοση τους. Έτσι, τα GIS έχουν πλέον καταστεί ένα απαραίτητο και δυναμικό εργαλείο για τη σύγχρονη διαχείριση της πολιτιστικής κληρονομιάς, ενισχύοντας τόσο την επιστημονική έρευνα όσο και τη διαδικασία λήψης αποφάσεων.

5.5.2 Σχετικά με την διαδικασία σχεδίασης.

Η διαδικασία σχεδίασης μιας εφαρμογής GIS, εφαρμοσμένης στον αρχαιολογικό χώρο του Αρχαίου Θεάτρου Αιγείρας, αποτέλεσε μια ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα και δημιουργική εμπειρία. Το εγχείρημα βασίστηκε στην ορθή οργάνωση τόσο της σχεδίασης και της δημιουργίας των επιπέδων (layers) εντός της εφαρμογής όσο και της συνολικής ερευνητικής διαδικασίας, που αφορούσε την ψηφιοποίηση των δεδομένων που προήλθαν από βιβλιογραφικές αναφορές και περιλάμβαναν τόσο γεωγραφικές όσο και περιγραφικές πληροφορίες,

6 Σύγκριση BIM, GIS και Digital Twin.

6.1 Πεδία εφαρμογής και παραδείγματα των μεθόδων στην πολιτισμική κληρονομιά.

6.1.1 HBIM

Η Μοντελοποίηση Πληροφοριών Ιστορικών Κτιρίων (HBIM) αποκτά σταδιακά ολοένα και σημαντικότερο ρόλο στον τομέα της πολιτιστικής κληρονομιάς. Ένα βασικό πεδίο εφαρμογής της μεθοδολογίας, όπως αναδείχθηκε και μέσα από την πορεία της μοντελοποίησης που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, αποτελεί η ψηφιακή τεκμηρίωση μνημείων, μέσω παραμετρικών μοντέλων και της ευκολίας που προσφέρει στη δημιουργία δισδιάστατων σχεδίων και τρισδιάστατων αναπαραστάσεων.

Σύμφωνα όμως με την έννοια του BIM, ο γενικός σκοπός των μοντέλων HBIM είναι η συστηματική αποθήκευση όλων των σχετικών και διαθέσιμων δεδομένων για ένα συγκεκριμένο ιστορικό κτίριο με βάση ένα τρισδιάστατο μοντέλο. Γενικά, όπως έχει παρατηρηθεί σε σχετικές βιβλιογραφικές ανασκοπήσεις, οι μελέτες HBIM επικεντρώνονται σε τρεις κύριους τομείς: α) στη διαδικασία συλλογής δεδομένων και στις τεχνικές μοντελοποίησης, β) στη χρήση του HBIM για τη διαχείριση κτιρίων πολιτιστικής κληρονομιάς και γ) στη διεξαγωγή κυρίως δομικών αναλύσεων. (Ávila, F., et. al., 2024)

Από τις πρώτες βιβλιογραφικές μελέτες, το κυρίαρχο αντικείμενο του HBIM υπήρξε η διαχείριση μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς και η ανάπτυξη στρατηγικών για την προληπτική διατήρηση, συντήρηση και αποκατάστασή τους. Στο πλαίσιο αυτό, από τα μέσα της δεκαετίας του 2010, οι ερευνητές έδωσαν ιδιαίτερη έμφαση στην ανάπτυξη ροών εργασίας και πρωτοκόλλων που αποσκοπούν στην τυποποίηση της διαχείρισης κτιρίων πολιτιστικής κληρονομιάς σε περιβάλλοντα BIM. Επιπλέον, αρκετές σύγχρονες μελέτες επικεντρώνονται στη διεξαγωγή αναλύσεων για την αξιολόγηση της δομικής κατάστασης κτιρίων πολιτιστικής κληρονομιάς σε περιβάλλοντα BIM, εξετάζοντας ζητήματα όπως οι διαδικασίες ανταλλαγής δεδομένων, η διαλειτουργικότητα μεταξύ BIM και εφαρμογών στατικής ανάλυσης, καθώς και η δυνατότητα συνεχούς ενημέρωσης της δομικής κατάστασης των κτιρίων. (Ávila, F., et. al., 2024)

Τα τελευταία χρόνια επίσης έχει παρατηρηθεί σημαντική αύξηση των ερευνητικών μελετών που εξετάζουν την ενσωμάτωση μοντέλων HBIM με τεχνολογίες εικονικής, επαυξημένης και εκτεταμένης πραγματικότητας, κυρίως λόγω των δυνατοτήτων που αυτές προσφέρουν ως εργαλεία εκπαίδευσης, προβολής και διάδοσης της πολιτιστικής κληρονομιάς. (Ávila, F., et. al., 2024)

Ένα σημαντικό παράδειγμα εφαρμογής της μεθοδολογίας HBIM αποτελεί η υλοποίηση της scan-to-BIM μεθοδολογίας και μοντελοποίηση σε HBIM του Κολοσσαίου στην Ρώμη, όπου μια διεπιστημονική ομάδα εργάστηκε για περίπου δύο χρόνια (2023-2025) με σκοπό τη δημιουργία της πρώτης πλήρους γεωμετρικής και μορφολογικής βάσης δεδομένων του μνημείου. Όπως δήλωσε η διευθύντρια του αρχαιολογικού πάρκου του Κολοσσαίου (*Parco archeologico del Colosseo*) Alfonsina Russo, η ύπαρξη ενός μοντέλου HBIM σημαίνει «διατήρηση και ανάλυση του παρελθόντος με τα εργαλεία του μέλλοντος». Σύμφωνα επίσης με άρθρο του ArchaeoReport (2025), το εργαλείο αυτό επιτρέπει την ολοκληρωμένη και διεπιστημονική διαχείριση του μνημείου, συμπεριλαμβανομένης της δομικής ανάλυσης, της παρακολούθησης της κατάστασης και του σχεδιασμού επεμβάσεων. Μια μελλοντική πρόκληση που παρουσιάζεται αφορά την ανάπτυξη εξειδικευμένης εκπαίδευσης και τη διατήρηση του συντονισμού μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων, ώστε το ψηφιακό αυτό εργαλείο να μετατραπεί σε ουσιαστική αξία για τη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς. (ArchaeoReporter, 2025)

Ορισμένα στοιχεία που παρουσιάστηκαν στο παραπάνω άρθρο αναδεικνύουν το μέγεθος της μελέτης. Για παράδειγμα, ελήφθησαν 208.530 φωτογραφίες, από τις οποίες οι 15.169 προήλθαν από drone, ενώ μόνο η σάρωση των υπογείων δημιούργησε νέφη σημείων με συνολικό αριθμό 14.860.000.000 σημείων. Μεταξύ άλλων παρήχθησαν 8.704 αρχεία CAD και δέκα μοντέλα HBIM με συνολικό αριθμό αντικειμένων 27.664. (ArchaeoReporter, 2025)

6.1.2 Digital Twin.

Διαχείριση μνημείων και πολιτιστικών χώρων.

Ένα DT, για παράδειγμα, όπως αυτό που δημιουργήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, μπορεί και αυτό να αναδειχθεί σε ένα ιδιαίτερα σημαντικό εργαλείο στον τομέα της διαχείρισης και συντήρησης μνημείων. Αποτελεί σημαντικό βοήθημα στη λήψη ορθών αποφάσεων, παρέχοντας τα απαραίτητα δεδομένα τόσο για την παρελθοντική όσο και για

την παρούσα κατάσταση του μνημείου, ώστε να επιλέγονται οι κατάλληλες εργασίες συντήρησης ή αποκατάστασης, με στόχο την προώθηση μιας πιο ορθολογικής προσέγγισης στη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς, καθώς και τη μείωση του κόστους που συνδέεται με τις εργασίες συντήρησης. (Jouan P. & Hallot P., 2019).

Διαχείριση κινητών πολιτιστικών αγαθών.

Η ενσωμάτωση του IoT στην πολιτιστική κληρονομιά, πέρα από την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο, τη δυνατότητα διαχείρισης και λήψης αποφάσεων, καθώς και τη διατήρηση πληροφοριών για άυλα πολιτιστικά αγαθά, μπορεί να προσφέρει χρήσιμες λειτουργίες και στη διατήρηση κινητών πολιτιστικών αγαθών, όπως η διαχείριση και ο εντοπισμός τους. (Ozata S., 2023)

Για παράδειγμα, οι Xiao C., et al. (2017) παρουσίασαν μια μελέτη που διεξήχθη στην επαρχία Φουτζιάν της Κίνας, στην οποία αναπτύχθηκε ένα εξελιγμένο σύστημα διαχείρισης πολιτιστικών κειμηλίων βασισμένο στην τεχνολογία αναγνώρισης μέσω ραδιοσυχνοτήτων (RFID) και στα Δίκτυα Αισθητήρων. Συνδυάζοντας την τεχνολογία RFID για αναγνώριση χωρίς επαφή μεγάλης εμβέλειας με περιβαλλοντικούς αισθητήρες, όπως αισθητήρες θερμοκρασίας, υγρασίας και δόνησης, καθώς και βιντεοκάμερες, το σύστημα εξασφαλίζει ολοκληρωμένη διαχείριση του κύκλου ζωής, παρακολούθηση και έλεγχο των πολιτιστικών αντικειμένων κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης και της μετακίνησής τους. (Ozata S., 2023)

Εκπαίδευση, διάχυση πολιτιστικής κληρονομιάς.

Εφαρμογές IoCT συνεισφέρουν επίσης στην αλληλεπίδραση των επισκεπτών σε μουσεία και πολιτιστικούς χώρους, καθώς και γενικότερα στην εκπαίδευση. Επιτρέπουν την παρουσίαση των διαθέσιμων δεδομένων στους επισκεπτες, ανοίγοντας έτσι πολλές δυνατότητες αλληλεπίδρασης, για παράδειγμα οι επισκεπτες μουσείων, μπορούν να έχουν στην διάθεσή τους φορητές συσκευές περιγραφής των διαφόρων απαιτούμενων πληροφοριών, οδηγώντας έτσι στις έννοιες των «έξυπνων υπηρεσιών» και των «έξυπνων μουσείων». (Korzun D., 2016).

Οι προτάσεις και οι παρεχόμενες πληροφορίες λαμβάνουν υπόψη τα ενδιαφέροντα, την τρέχουσα τοποθεσία και την κατάσταση του επισκέπτη. Παράλληλα, οι ενσωματωμένες συσκευές και τα συστήματα πολυμέσων που βρίσκονται στον χώρο χρησιμοποιούνται για

την ενίσχυση της εμπειρίας των εκθεμάτων μέσω της παρουσίασης σχετικών πληροφοριών. (Korzun D., 2016).

Παράδειγμα εφαρμογής έξυπνων υπηρεσιών αποτελεί η εφαρμογή Cosmote Chronos (Cosmote Telecom, Υπουργείο Πολιτισμού και Αθλητισμού), η οποία, αξιοποιώντας σύγχρονες τεχνολογίες, όπως η εικονική πραγματικότητα και η τεχνητή νοημοσύνη, προσφέρει τη δυνατότητα ψηφιακών αναπαραστάσεων των μνημείων της Ακρόπολης, με ταυτόχρονη παροχή σχετικών πληροφοριών. (COSMOTE CHRONOS, 2026)

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η χρήση της εφαρμογής στον Ιερό Βράχο, όπου αξιοποιείται η τεχνολογία επαυξημένης πραγματικότητας (AR) για κινητές συσκευές, δημιουργώντας αναπαραστάσεις των μνημείων στην ακριβή γεωγραφική τους θέση. Παράλληλα, προσφέρεται η δυνατότητα χρήσης ενός εξατομικευμένου ψηφιακού ξεναγού, βασισμένου στην Τεχνητή Νοημοσύνη (TN), ο οποίος είναι ικανός να απαντά σε σχετικές προφορικές ερωτήσεις των επισκεπτών. (COSMOTE CHRONOS, 2026)

6.1.3 GIS

Τα GIS βρίσκουν σήμερα εφαρμογή σε πολλούς και διαφορετικούς τομείς, όπως η πολεοδομία, η περιβαλλοντική διαχείριση, η γεωργία, η δημόσια υγεία και πολλοί άλλοι. Όπως παρουσιάστηκε στο σχετικό κεφάλαιο αποτελούν επίσης ένα πολύτιμο εργαλείο για τη διαχείριση, προστασία και ανάδειξη της πολιτιστικής κληρονομιάς, βρίσκοντας εφαρμογή σε διάφορους πολιτιστικούς τομείς, με κύριους τους:

Αρχαιολογική έρευνα.

Ο Verhagen P. (2018) αναφέρει από ότι από την εισαγωγή του όρου στην αρχαιολογία, που πραγματοποιήθηκε από τον Hasenstab το 1983 έως σήμερα τα GIS έχουν τεράστια ανοδική πορεία που πλέον έχουν καταστεί τόσο απαραίτητα, ώστε είναι δύσκολο να φανταστεί κανείς πώς οι αρχαιολόγοι κατάφερναν να διεξάγουν έρευνα χωρίς αυτά. (Verhagen P., 2018)

Τα GIS θεωρούνται πλέον από τους περισσότερους αρχαιολόγους απαραίτητα εργαλεία για την εξερεύνηση, ανάλυση και ερμηνεία χωρικών δεδομένων, καθώς οι δυνατότητες χωρικής ανάλυσης που προσφέρουν αποτελούν ιδιαίτερα χρήσιμες τεχνικές για την αποτελεσματικότερη διεξαγωγή της παραδοσιακής αρχαιολογικής έρευνας. (Verhagen P., 2018)

Η συμβολή τους καθίσταται ιδιαίτερα σημαντική σε ένα ευρύ φάσμα αρχαιολογικών εφαρμογών, όπως η καταγραφή και επεξεργασία μεγάλου όγκου δεδομένων από ανασκαφικές και επιφανειακές έρευνες, η μελέτη της χωρικής κατανομής ευρημάτων, η οπτικοποίηση τοπιογραφικών δεδομένων, καθώς και η ανάπτυξη αναλύσεων και προβλεπτικών μοντέλων για μελλοντικές έρευνες. (Evangelidis, V., & Tsiafaki, D., 2024)

Μια ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα εφαρμογή των GIS στην αρχαιολογία αφορά τη μελέτη των Apostolou G., et al. (2018), όπου οι ερευνητές αξιοποίησαν τα GIS για την ψηφιοποίηση και τη γεωαναφορά δεδομένων από το λεγόμενο «Grevena Project» (1986–1994), τα οποία παρέμεναν σε μεγάλο βαθμό ανέκδοτα. Οι παλαιότερες ανασκαφικές έρευνες βασίζονταν κυρίως σε αναλογικές μεθόδους, όπως χειρόγραφες σημειώσεις, έντυπες φόρμες και χάρτες, με αποτέλεσμα τα δεδομένα να παρουσιάζουν χαμηλή χωρική ακρίβεια και περιορισμένη προσβασιμότητα. (Apostolou G., et al. 2023)

Στόχος των μελετητών ήταν η πρόταση μιας τυποποιημένης ροής εργασιών για την ψηφιοποίηση και γεωαναφορά αρχειακών εγγράφων που προέρχονται από μη καταστροφικές, επίγειες αρχαιολογικές έρευνες, με βάση το παράδειγμα του Προγράμματος Γρεβενών, η οποία θα μπορούσε να εφαρμοστεί και σε άλλες περιπτώσεις. (Apostolou G., et al. 2023)

Η διαδικασία γεωαναφοράς των πλέον ψηφιοποιημένων αρχείων σε μια γεωχωρική βάση δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω της αξιοποίησης αρχειακών εναέριων φωτογραφιών, σύγχρονων δορυφορικών εικόνων, τοπικών χαρτών, καθώς και τη διεξαγωγή επίγειων και εναέριων ερευνών με σύγχρονα μέσα, όπως κινητές συσκευές (κινητά τηλέφωνα και tablets, μέσω της εφαρμογής QField για φορητές συσκευές του QGIS) και drones .

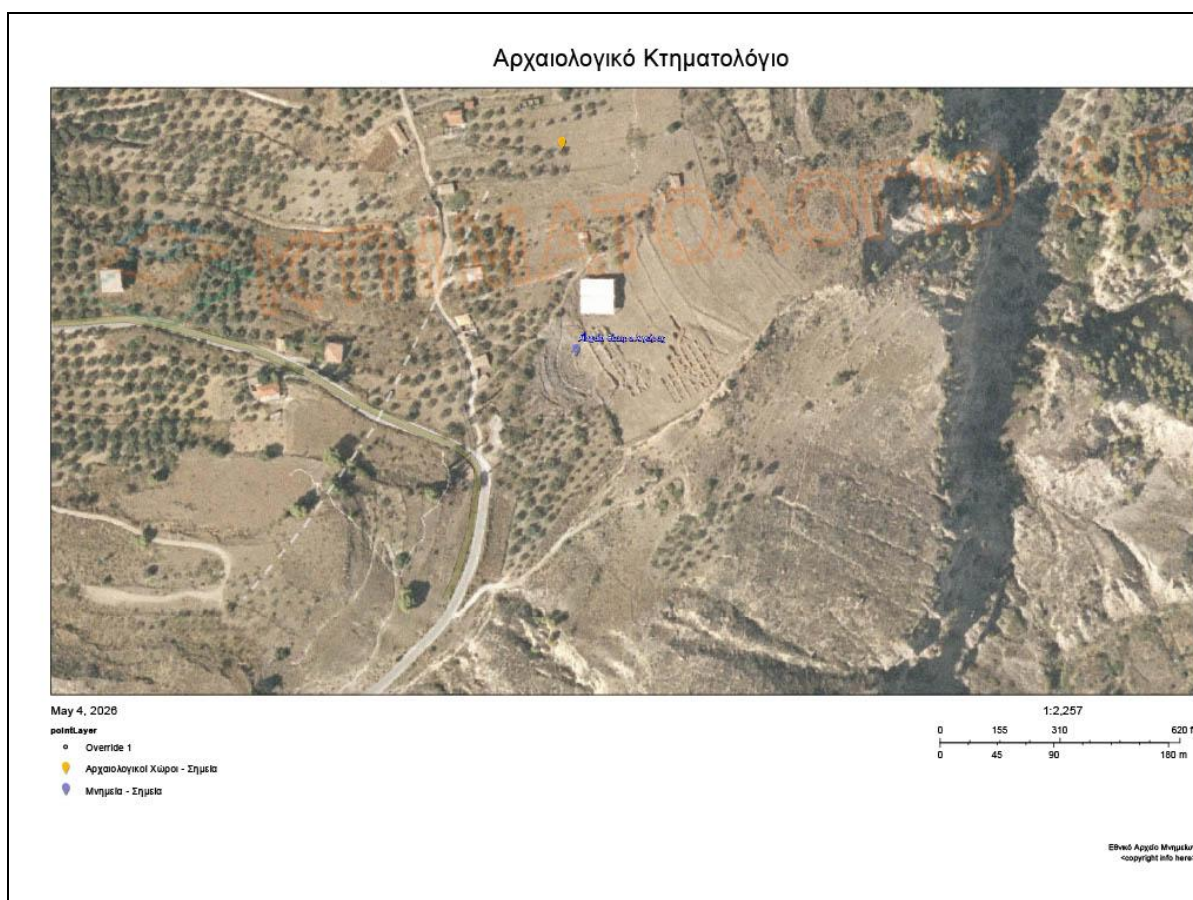
Τεκμηρίωση και διαχείριση μνημείων και πολιτιστικών χώρων.

Η εφαρμογή των μεθόδων GIS στον χώρο του αρχαίου θεάτρου της Αιγείρας ανέδειξε τη δυνατότητα και τη σημασία των GIS στην τεκμηρίωση μνημείων. Θεματικοί χάρτες, όπως για παράδειγμα οι χάρτες υλικών, οι οποίοι μπορούν να παρουσιάζουν την τρέχουσα κατάσταση του μνημείου σε πολλαπλά επίπεδα πληροφορίας, προσφέρουν τη δυνατότητα ανάλυσης της δομής του μνημείου, μέσω της οποίας μπορούν να ληφθούν οι κατάλληλες αποφάσεις για τη συντήρηση και την αποκατάστασή του.

Επιπλέον, η δυνατότητά τους να μην περιορίζονται σε στενά γεωγραφικά όρια επιτρέπει την ευρύτερη διαχείριση των μνημείων, μέσω της ένταξής τους στο γενικότερο περιβάλλον

τους, υποστηρίζοντας αναλύσεις και εργασίες που υπερβαίνουν τα όρια του εκάστοτε μνημείου ή αρχαιολογικού χώρου.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα διαχείρισης πολιτιστικών μνημείων και χώρων μεγάλης κλίμακας και όγκου δεδομένων αποτελεί το Αρχαιολογικό Κτηματολόγιο. Ο χάρτης 6-1 παρουσιάζει την μορφή εκτύπωσης που προσφέρει η εφαρμογή στους απλούς χρήστες για το αρχαίο θέατρο της Αιγείρας.



Χάρτης 6-1 Αρχαίο Θέατρο Αιγείρας, Αρχαιολογικό Κτηματολόγιο

(Πηγή: Αρχαιολογικό Κτηματολόγιο)

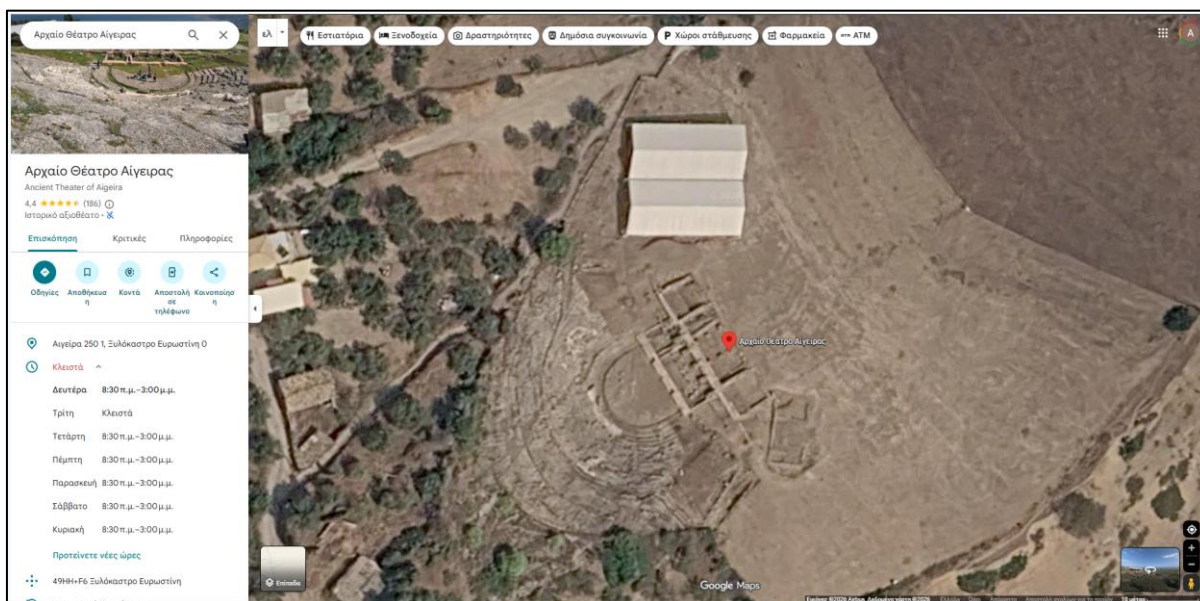
Εκπαίδευση, πολιτιστικός τουρισμός

Η αξιοποίηση των σύγχρονων επιστημονικών και τεχνολογικών επιτευγμάτων στην εκπαίδευση συμβάλλει ουσιαστικά στη βελτίωση της ποιότητας της διδακτικής διαδικασίας. Ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία προς αυτή την κατεύθυνση είναι και τα GIS, η χρήση των οποίων έχει καταστεί πλέον αναπόφευκτη σε επιστημονικούς κλάδους που σχετίζονται με τη διαχείριση και ανάλυση γεωχωρικών δεδομένων. Η ενσωμάτωση των

GIS στην εκπαιδευτική διαδικασία ενισχύει σημαντικά τόσο την ποιότητα της διδασκαλίας όσο και το ενδιαφέρον των μαθητών για επιστήμες που συνδέονται με τη γεωχωρική πληροφορία, καθώς προσφέρει στους μαθητές τη δυνατότητα να εντοπίζουν με ευκολότερο και ακριβέστερο τρόπο απαντήσεις σε χωρικά ερωτήματα, ενώ ταυτόχρονα τους επιτρέπει να οπτικοποιούν τα αποτελέσματα της έρευνάς τους με εξατομικευμένο και διαδραστικό τρόπο (Stojanović et al., 2018).

Στον τομέα του τουρισμού, και ιδιαίτερα του πολιτιστικού τουρισμού, η ενσωμάτωση των GIS προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα ως προς τη βελτιστοποίηση και την αποτελεσματική διαχείριση των τουριστικών δραστηριοτήτων. Η αξιοποίησή τους συμβάλλει στη μεγιστοποίηση των οικονομικών οφελών, στην ελαχιστοποίηση των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων και στην προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης των τουριστικών προορισμών. Παρέχουν πολύτιμες γεωχωρικές πληροφορίες που μπορούν να αξιοποιηθούν σε διαδικασίες σχεδιασμού και λήψης αποφάσεων, με στόχο τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος του τουρισμού και τη διασφάλιση ότι η τουριστική ανάπτυξη συμβαδίζει με τις αρχές του βιώσιμου τουρισμού (Šoltésóná et al., 2025).

Κύριες εφαρμογές GIS στους τομείς της εκπαίδευσης και του τουρισμού αποτελούν οι εφαρμογές της Google, Google Earth και Google Maps, οι οποίες διατίθενται δωρεάν και πλέον αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της καθημερινότητας δισεκατομμυρίων χρηστών παγκοσμίως. Οι εφαρμογές αυτές προσφέρουν πληροφορίες σχετικά με διαδρομές, ιστορικά στοιχεία, ώρες λειτουργίας, καθώς και δυνατότητες εικονικής περιήγησης σε τοποθεσίες πολιτιστικού ενδιαφέροντος. Στην Εικόνα 6-1 παρουσιάζονται οι σχετικές πληροφορίες που είναι διαθέσιμες στο Google Maps για το Αρχαίο Θέατρο Αιγείρας.



Εικόνα 6-1 Google Maps, Αρχαίο Θέατρο Αιγείρας. (Πηγή: Google Maps)

6.2 Κοινά στοιχεία.

Το HBIM, τα GIS και τα Digital Twins (DT), όπως προκύπτει από τα παραπάνω παραδείγματα αλλά και από την εφαρμογή τους στο Αρχαίο Θέατρο Αιγείρας, διαθέτουν κοινό πεδίο εφαρμογής στη διαχείριση, προστασία και ανάδειξη της πολιτιστικής κληρονομιάς. Πολύ συχνά αξιοποιούνται συνδυαστικά, υποστηρίζοντας τους αρμόδιους φορείς στη λήψη ορθών αποφάσεων και στην αποφυγή λαθών, καθώς και οι τρεις τεχνολογικές προσεγγίσεις παρέχουν ψηφιακές αναπαραστάσεις, εμπλουτισμένες με γεωχωρικά και πληροφοριακά δεδομένα απαραίτητα για την τεκμηρίωση και παρακολούθηση των μνημείων.

Οι κοινές λύσεις υποστηρίζονται επίσης από τη δυνατότητα των τριών μεθόδων να εισάγουν και να παράγουν γεωμετρικά και πληροφοριακά δεδομένα βασισμένα σε ανοικτά πρότυπα, προσφέροντας τη δυνατότητα δημιουργίας μιας ολοκληρωμένης ψηφιακής βάσης για την εκάστοτε περίπτωση μελέτης.

Μια επιστημονική προσέγγιση και στις τρεις μεθόδους απαιτεί τη συνέργεια επιστημόνων από διαφορετικά επιστημονικά πεδία. Συγκεκριμένα, προϋποθέτει τη συνεργασία αρχιτεκτόνων, τοπογράφων μηχανικών, αρχαιολόγων, πολιτικών μηχανικών, συντηρητών μνημείων, καθώς και ειδικών της πληροφορικής, ιδιαίτερα σε θέματα διαχείρισης και ανάπτυξης βάσεων δεδομένων.

6.3 Πλεονεκτήματα και Περιορισμοί.

Κάθε μία από τις τεχνολογική προσέγγιση παρουσιάζει διαφορετικές δυνατότητες και περιορισμούς, οι οποίοι σχετίζονται με τη φύση και οργάνωση των δεδομένων, τη χωρική κλίμακα, το κόστος εφαρμογής και τη διαλειτουργικότητα.

6.3.1 Δεδομένα και χωρική κλίμακα.

Η φύση των δεδομένων αποτελεί μία από τις θεμελιώδεις διαφοροποιήσεις μεταξύ των συστημάτων HBIM, GIS και Digital Twin στην πολιτιστική κληρονομιά, καθώς κάθε τεχνολογία οργανώνει, ερμηνεύει και διαχειρίζεται την πληροφορία με διαφορετικό τρόπο. Τα έξυπνα αντικείμενα των HBIM, αν και παρουσιάζουν λεπτομερή αναπαράσταση της κατάστασης και της μορφής κυρίως κτηριακών μνημείων, χαρακτηρίζονται από σχετική στατικότητα, καθώς αποτυπώνουν κυρίως μία συγκεκριμένη χρονική φάση του μνημείου. Επιπλέον, όσον αφορά τη σύνδεση με συστήματα IoT, προς το παρόν δεν υπάρχει ένα κοινό πρότυπο ενοποίησης των δύο τεχνολογιών (Liang, W., et al., 2024).

Η δομή των δεδομένων GIS βασίζεται περισσότερο στην οργάνωση της πληροφορίας σε σχέση με τον χώρο και λιγότερο στη σημασιολογική συσχέτιση, όπως συμβαίνει στο HBIM, καθώς η πληροφορία οργανώνεται κυρίως μέσω γνωρισμάτων (attribute) και χωρικών συσχετίσεων. Έτσι, ενώ το GIS υπερέχει στη διαχείριση μεγάλης κλίμακας χωρικών δεδομένων και στην ανάλυση πολιτιστικών τοπίων, παρουσιάζει περιορισμούς στη λεπτομερή δομική και κατασκευαστική τεκμηρίωση ιστορικών κτιρίων.

Το IoT από πλευράς του έχει επηρεάσει σημαντικά αρκετές πτυχές του φυσικού και πραγματικού κόσμου, δημιουργώντας λύσεις που εκτείνονται από έξυπνες συσκευές έως έξυπνες πόλεις. (Liang X., et al., 2023)

Το Digital Twin διαφοροποιείται ριζικά ως προς τη φύση των δεδομένων, καθώς βασίζεται σε δυναμικά και πραγματικού χρόνου δεδομένα. Για παράδειγμα, όταν εφαρμόζεται σε ένα κτήριο, επιτρέπει την κατανόηση, σε πραγματικό χρόνο, της πραγματικής δομικής συμπεριφοράς του, της εξέλιξής του, καθώς και της πιθανής μελλοντικής του κατάστασης, συμβάλλοντας έτσι στη διασφάλιση της συνολικής δομικής ασφάλειας με τις ελάχιστες δυνατές τεχνικές παρεμβάσεις (Massafra, A., et al., 2022).

6.3.2 Κόστος και δυσκολία εκμάθησης.

Το κόστος εφαρμογής κάθε μεθόδου είναι ανάλογο με το μέγεθος και τις απαιτήσεις της εκάστοτε μελέτης. Για παράδειγμα, στην περίπτωση της παρούσας εργασίας, το κόστος ήταν μηδαμινό, καθώς χρησιμοποιήθηκε υπάρχων εξοπλισμός και λογισμικά εκπαιδευτικών ή δοκιμαστικών εκδόσεων. Ωστόσο, σε περιπτώσεις πιο εξειδικευμένης επιστημονικής έρευνας, το κόστος αυξάνεται αισθητά, ανάλογα με την τεχνολογία που χρησιμοποιείται, καθώς και με τον βαθμό ακρίβειας και λεπτομέρειας των δεδομένων που απαιτούνται.

Το HBIM παρουσιάζει σχετικά υψηλό κόστος εφαρμογής, αλλά και αυξημένη δυσκολία εκμάθησης. Στη διαδικασία Scan-to-BIM, προκειμένου να παραχθούν λεπτομερή δεδομένα με σωστή γεωμετρική αναφορά, είναι αναγκαία η χρήση τόσο εργαλείων απόκτησης γεωμετρικών δεδομένων (φωτογραφικές κάμερες, drones, laser scanners), όσο και τοπογραφικών οργάνων (γεωδαιτικοί σταθμοί, δέκτες GPS).

Επιπλέον, παρότι υπάρχουν και δωρεάν λύσεις, όπως προκύπτει και από τη σχετική βιβλιογραφία, τα λογισμικά που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο είναι εμπορικά, όπως το Autodesk Revit και το Archicad. Τα προγράμματα αυτά απαιτούν υψηλό επίπεδο εξειδίκευσης, καθώς προϋποθέτουν τόσο καλή γνώση του κλασικού σχεδιασμού CAD όσο και εξοικείωση με τη διαφορετική σχεδιαστική λογική πάνω στην οποία βασίζεται η μεθοδολογία BIM.

Τα DT από πλευρά τους αποτελούν την τεχνολογία με τις υψηλότερες απαιτήσεις σε κόστος και εξειδίκευση. Συστήματα DT που βασίζονται σε εμπορικές λύσεις, παρά την αξιοπιστία και την υψηλή τους απόδοση, συνοδεύονται από σημαντικούς περιορισμούς. Οι αισθητήρες υψηλής ακρίβειας, όπως για παράδειγμα εκείνοι που χρησιμοποιούνται στις συλλογές των μουσείων της Γένοβας, παρέχουν ιδιαίτερα ακριβή δεδομένα, ωστόσο το υψηλό κόστος τους περιορίζει τη δυνατότητα ποιο ευρείας χρήσης τους. Παράλληλα, πολλά εμπορικά συστήματα εμφανίζουν περιορισμένη διαλειτουργικότητα, με αποτέλεσμα οι διαδικασίες αναβάθμισης ή επέκτασης να καθίστανται σύνθετες και απαιτητικές. (Palomeque González, J., 2025)

Αντίθετα, προσπάθειες για ανάπτυξη συστημάτων ανοιχτού κώδικα και χαμηλού κόστους συσκευών, προσφέρουν σημαντικές δυνατότητες, ωστόσο συχνά υστερούν σε κρίσιμες λειτουργίες του IoT, όπως η λειτουργία σε νέφος και η επεξεργασία δεδομένων σε

πραγματικό χρόνο. Η απόσταση αυτή μεταξύ οικονομικής λύσης και σωστής λειτουργίας δημιουργεί περιορισμούς στην εφαρμογή τους, ιδιαίτερα σε έργα πολιτιστικής κληρονομιάς, όπου απαιτούνται ολοκληρωμένα και αξιόπιστα συστήματα παρακολούθησης. (Palomeque González, J., 2025)

Η διαχείριση και δημιουργία DT συστημάτων συνδυάζει γνώσεις από δίκτυα υπολογιστών, αισθητήρες, προγραμματισμό και ανάλυση δεδομένων και η πολυπλοκότητα που παρουσιάζουν τα συστήματα αυτά καθιστά τη χρήση τους ιδιαίτερα απαιτητική, καθώς απαιτείται ταυτόχρονη εξοικείωση με διαφορετικές τεχνολογίες, συσκευές, πρωτόκολλα επικοινωνίας και λογισμικά.

Επίσης για τα παραγόμενα δεδομένα, τα οποία συνήθως είναι τεράστιου όγκου, δημιουργείται η ανάγκη ανάπτυξης τεχνικών που θα μετατρέπουν τα ακατέργαστα δεδομένα σε χρήσιμες πληροφορίες (Stankovic, J. A., 2014).

Τα GIS ακολουθούν και αυτά το ίδιο μοτίβο κόστους. Για παράδειγμα, μια εφαρμογή επιφανειακής έρευνας στην Αρχαία Αιγείρα μπορεί να πραγματοποιηθεί με υψηλή γεωγραφική ακρίβεια, γεγονός που θα αυξήσει σημαντικά το κόστος, καθώς θα απαιτηθούν, για παράδειγμα, τοπογραφικά όργανα και drones για τη δημιουργία χαρτών υψηλής ανάλυσης. Αν όμως η ακρίβεια των συντεταγμένων δεν αποτελεί ύψιστη προτεραιότητα, τότε ένα έργο GIS μπορεί να υλοποιηθεί με ελάχιστο κόστος, χρησιμοποιώντας απλές κινητές συσκευές (smartphones, tablets), ελεύθερους χάρτες και λογισμικό ανοιχτού κώδικα, όπου σημαντικό ρόλο διαδραματίζει το QGIS, το οποίο προσφέρει μια ισχυρή δωρεάν λύση ανοιχτού κώδικα.

Η δυσκολία εκμάθησης των GIS κυρίως, για την δημιουργία έργων και εφαρμογών συλλογής δεδομένων, θεωρείται σχετικά απαιτητική, καθώς και εδώ χρειάζονται γνώσεις από διαφορετικά επιστημονικά πεδία και η εκπαίδευση μπορεί να απαιτεί αρκετές ώρες εξάσκησης και εξοικείωσης με εξειδικευμένες λειτουργίες. Όμως η ανάπτυξη διαδικτυακών μαθημάτων, ακαδημαϊκών προγραμμάτων και κοινοτήτων ανοιχτού λογισμικού έχει καταστήσει την εκμάθηση πιο προσιτή.

Ωμος ένας τελικός χρήστης εφαρμογής παραγωγής GIS γεωχωρικών δεδομένων, όπως για παράδειγμα ένας αρχαιολόγος σε μια επιφανειακή έρευνα, είναι πλέον εξοικειωμένος με τις έννοιες των GIS, των συντεταγμένων και της χρήσης κινητών συσκευών, καθώς αυτές αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της σύγχρονης καθημερινότητας.

6.4 Συμπεράσματα

Στο παρόν κεφάλαιο εξετάστηκαν συγκριτικά οι τεχνολογικές προσεγγίσεις HBIM, GIS και Digital Twin, με έμφαση στις εφαρμογές τους στον τομέα της πολιτιστικής κληρονομιάς. Μέσα από χαρακτηριστικά παραδείγματα αναδείχθηκε ο ρόλος του HBIM στην τεκμηρίωση, διαχείριση και ανάλυση ιστορικών μνημείων, η συμβολή των Digital Twins στη δυναμική παρακολούθηση, τη συντήρηση και την εμπλουτισμένη εμπειρία των επισκεπτών, καθώς και η σημασία των GIS στην αρχαιολογική έρευνα, τη χωρική ανάλυση, τη διαχείριση πολιτιστικών χώρων και την υποστήριξη εκπαιδευτικών και τουριστικών εφαρμογών.

Παρά τις επιμέρους διαφορές τους, διαπιστώθηκε ότι οι τρεις προσεγγίσεις διαθέτουν κοινό πεδίο εφαρμογής στη διαχείριση, προστασία και ανάδειξη της πολιτιστικής κληρονομιάς, ενώ η αξιοποίησή τους γίνεται συχνά συμπληρωματικά, μέσω της ανταλλαγής γεωμετρικών, γεωχωρικών και πληροφοριακών δεδομένων. Η εφαρμογή τους προϋποθέτει διεπιστημονική συνεργασία και αξιοποίηση κοινών προτύπων, με στόχο τη δημιουργία ολοκληρωμένων ψηφιακών υποδομών για τα μνημεία και τους πολιτιστικούς χώρους.

Τέλος, παρουσιάστηκαν τα βασικά πλεονεκτήματα και οι περιορισμοί κάθε τεχνολογίας, ως προς τη φύση των δεδομένων, τη χωρική κλίμακα, το κόστος εφαρμογής και τη δυσκολία εκμάθησης. Το HBIM υπερέχει στη λεπτομερή τεκμηρίωση και τη σημασιολογική οργάνωση των πληροφοριών, τα GIS στη διαχείριση και ανάλυση γεωχωρικών δεδομένων μεγάλης κλίμακας, ενώ τα Digital Twins εισάγουν τη διάσταση της δυναμικής παρακολούθησης μέσω δεδομένων πραγματικού χρόνου. Συνεπώς, η επιλογή ή ο συνδυασμός των τριών μεθόδων εξαρτάται από τις απαιτήσεις, την κλίμακα και τους στόχους κάθε ερευνητικής ή διαχειριστικής εφαρμογής στον χώρο της πολιτιστικής κληρονομιάς.

7 Συμπεράσματα.

7.1 Συνολική αποτίμηση των τεχνολογιών HBIM, GIS και Digital Twin

Η σύγκριση των τεχνολογιών HBIM, GIS και Digital Twin αναδεικνύει ότι πρόκειται για τρεις διαφορετικές αλλά συμπληρωματικές προσεγγίσεις, οι οποίες συμβάλλουν ουσιαστικά στη διαχείριση, προστασία και ανάδειξη της πολιτιστικής κληρονομιάς. Παρότι κάθε μέθοδος στηρίζεται σε διαφορετικό θεωρητικό και τεχνολογικό υπόβαθρο, η σύγχρονη εφαρμογή τους καταδεικνύει ότι η αποτελεσματικότερη αξιοποίησή τους επιτυγχάνεται μέσα από τη συνδυαστική χρήση τους και τη διαλειτουργικότητα των δεδομένων τους.

Το HBIM επικεντρώνεται κυρίως στη λεπτομερή τεκμηρίωση και στη οργάνωση των πληροφοριών ιστορικών κτιρίων και μνημείων. Μέσω της παραμετρικής μοντελοποίησης και της δυνατότητας ενσωμάτωσης τεχνικών, ιστορικών και κατασκευαστικών δεδομένων, αποτελεί ιδιαίτερα σημαντικό εργαλείο για την αποτύπωση, τη συντήρηση και τη διαχείριση της δομικής κατάστασης των μνημείων. Παράλληλα, η αυξανόμενη ενσωμάτωσή του με τεχνολογίες εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας ενισχύει τη διάχυση της πολιτιστικής γνώσης και τη βιωματική εμπειρία των χρηστών. Ωστόσο, η εφαρμογή του συνοδεύεται από αυξημένο κόστος, υψηλές απαιτήσεις εξειδίκευσης και περιορισμούς ως προς τη δυναμική ενημέρωση των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

Αντίστοιχα, τα GIS υπερέχουν στη διαχείριση και ανάλυση γεωχωρικών δεδομένων μεγάλης κλίμακας. Η δυνατότητά τους να εντάσσουν τα μνημεία και τους αρχαιολογικούς χώρους στο ευρύτερο πολιτιστικό και φυσικό τους περιβάλλον τα καθιστά ιδιαίτερα χρήσιμα για την αρχαιολογική έρευνα, τη χαρτογράφηση, τη διαχείριση πολιτιστικών τοπίων, καθώς και στην εκπαίδευση και τον πολιτιστικό τουρισμό. Παρουσιάζουν περιορισμούς στη λεπτομερή δομική τεκμηρίωση σε σχέση με το HBIM, προσφέρουν όμως μεγαλύτερη ευελιξία και χαμηλότερο κόστος υλοποίησης.

Τα DT αποτελούν την πλέον δυναμική και εξελιγμένη μορφή ψηφιακής διαχείρισης, καθώς συνδυάζουν τρισδιάστατα μοντέλα, αισθητήρες IoT και δεδομένα πραγματικού χρόνου. Η δυνατότητα συνεχούς παρακολούθησης της κατάστασης ενός μνημείου, πρόβλεψης φθορών και υποστήριξης διαδικασιών λήψης αποφάσεων δημιουργεί σημαντικές

προοπτικές για την προληπτική συντήρηση και τη βιώσιμη διαχείριση της πολιτιστικής κληρονομιάς. Παράλληλα, οι εφαρμογές τους σε «έξυπνα» μουσεία και διαδραστικές πολιτιστικές εμπειρίες αναδεικνύουν τον αυξανόμενο ρόλο των DT στην εκπαίδευση και στην επικοινωνία της πολιτιστικής πληροφορίας προς το κοινό. Ωστόσο, η πολυπλοκότητα των συστημάτων αυτών, η ανάγκη συνεχούς ροής δεδομένων, η εξάρτηση από αισθητήρες και υπολογιστικές υποδομές, καθώς και το υψηλό κόστος ανάπτυξης και συντήρησης, αποτελούν σημαντικούς περιορισμούς για την ευρεία εφαρμογή τους.

Συνολικά, προκύπτει ότι καμία από τις τρεις τεχνολογίες δεν μπορεί να καλύψει από μόνη της όλες τις ανάγκες της πολιτιστικής κληρονομιάς. Συνδυαστικές λύσεις μπορεί να οδηγήσουν στη δημιουργία ολοκληρωμένων ψηφιακών συστημάτων πολιτιστικής κληρονομιάς, ικανών να υποστηρίξουν τόσο την επιστημονική έρευνα όσο και τη διατήρηση, εκπαίδευση και ανάδειξη των μνημείων στο μέλλον.

7.2 Ανάγκη και σημασία εφαρμογής των μεθόδων στα κτήρια πολιτιστικής κληρονομιάς.

Η προστασία και διατήρηση των κτηρίων πολιτιστικής κληρονομιάς αποτελεί σήμερα μία από τις σημαντικότερες προκλήσεις για την επιστημονική κοινότητα και τους αρμόδιους φορείς διαχείρισης. Τα ιστορικά μνημεία και οι πολιτιστικοί χώροι βρίσκονται διαρκώς αντιμέτωποι με φυσικές φθορές, περιβαλλοντικές επιδράσεις, σεισμικούς κινδύνους, πολέμους, αλλά και με τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής και της αυξανόμενης τουριστικής πίεσης. (Correia, L. F. R., 2023)

Όπως καταδείχθηκε μέσα από την ψηφιακή αποτύπωση του αρχαίου θεάτρου της Αιγείρας, οι τρεις τεχνολογίες που εξετάστηκαν συμβάλλουν στη δημιουργία ολοκληρωμένων βάσεων ψηφιακών αρχείων, διασφαλίζοντας οι πληροφορίες που σχετίζονται με ένα πολιτιστικό αγαθό μπορούν να παραμείνουν διαθέσιμες ακόμη και στην περίπτωση που το ίδιο το μνημείο υποστεί φθορά, αλλοίωση ή ακόμη και ολοκληρωτική απώλεια. Με τον τρόπο αυτό καθίσταται δυνατή η διατήρηση και συνέχιση της ιστορικής μνήμης, καθώς και η μεταφορά της γνώσης στις επόμενες γενιές.

Κατά συνέπεια, η αξιοποίηση των BIM, GIS και DT στο πεδίο της πολιτιστικής κληρονομιάς δεν συνιστά πλέον απλή τεχνολογική πρόοδο, αλλά μια επιτακτική ανάγκη για την προστασία, τη διατήρηση και τη βιώσιμη αξιοποίησή της.

7.3 Μελλοντικές προοπτικές εξέλιξης των τεχνολογιών.

Η σύνδεση των τεχνολογιών που εξετάστηκαν στα πλαίσια της εργασίας, με της τεχνολογίες της Εικονικής (Virtual Reality – VR) και Επαυξημένης Πραγματικότητας (Augmented Reality – AR) αναμένεται να διαμορφώσουν ριζικά το μέλλον της διαχείρισης και ανάδειξης της πολιτιστικής κληρονομιάς. Η εξέλιξη αυτών των τεχνολογιών οδηγεί σε πιο ολοκληρωμένα, διαδραστικά και όπως αναφέρονται «έξυπνα» συστήματα τεκμηρίωσης και εμπειρίας μνημείων, μετασχηματίζοντας τόσο την επιστημονική έρευνα όσο και την εμπειρία του κοινού.

Οι τεχνολογίες αυτές αποτελούν πλέον επαναστατικά εργαλεία που αναδιαμορφώνουν ριζικά τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι βιώνουν και αλληλοεπιδρούν με την πολιτιστική κληρονομιά. Μέσα από εμπυθιστικές και διαδραστικές εμπειρίες, οι δύο αυτές τεχνολογίες γεφυρώνουν τον φυσικό με τον ψηφιακό κόσμο, προσφέροντας μια πρωτόγνωρη και αναβαθμισμένη δυνατότητα εξερεύνησης ιστορικών τόπων, εκθεμάτων και πολιτιστικών μνημείων. Ειδικότερα, η AR εμπλουτίζει την τουριστική εμπειρία στον χώρο της πολιτιστικής κληρονομιάς προβάλλοντας ψηφιακό περιεχόμενο, όπως ιστορικά δεδομένα, τρισδιάστατες ανακατασκευές ή υλικό πολυμέσων, πάνω στο πραγματικό περιβάλλον. (Basheer, S., et al. 2023).

Η Τεχνητή Νοημοσύνη από πλευρά της επίσης αναμένεται να αποτελέσει βασικό εργαλείο στην αυτοματοποίηση της ανάλυσης και κατασκευής δεδομένων που αφορούν πολιτιστικά αγαθά. Σύγχρονες προσεγγίσεις δείχνουν ότι τεχνικές μηχανικής μάθησης και βαθιάς μάθησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επεξεργασία 3D δεδομένων και την παραγωγή τμηματοποιημένων νεφών σημείων, από τα οποία δημιουργούνται αρχιτεκτονικά στοιχεία που φέρουν τις αντίστοιχες ταυτότητες και χαρακτηριστικά του, αποτελώντας ουσιαστικό ένα προπαρασκευαστικό στάδιο για τη διαδικασία HBIM. (Cotella V. A., 2023) Έχει επίσης τη δυνατότητα να ενισχύσει και να βελτιστοποιήσει τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων και αξιολόγησης για ένα ευρύ φάσμα επαγγελματιών, όπως διαχειριστές μνημείων και χώρων, πολιτικοί μηχανικοί, ειδικοί αποκατάστασης και υπεύθυνοι συντηρήσεως. (Battina S., & Jaganathan S., 2023)

Συμπερασματικά, οι εξελίξεις στην τεχνητή νοημοσύνη, την εικονική πραγματικότητα και τα ψηφιακά δίδυμα αλλάζουν ριζικά τον τρόπο που διαχειριζόμαστε την πολιτιστική κληρονομιά. Πλέον δεν αρκούμαστε στην απλή καταγραφή και αρχειοθέτηση, υπάρχει η δυνατότητα πλέον να αναλύουμε, να προσομοιώνουμε και να προβλέπουμε. Για να αξιοποιηθεί όμως πλήρως αυτή η δυναμική, χρειάζεται τα συστήματα να συνεργάζονται, το κόστος εφαρμογής να μειωθεί και τα εργαλεία να γίνουν πιο εύχρηστα για ερευνητές και φορείς του πολιτισμού.

7.4 Προτεινόμενες μελλοντικές μελέτες, αποτυπώσεις και εφαρμογές στο Αρχαίο Θέατρο Αιγείρας.

Για την περιοχή του Αρχαίου Θεάτρου Αιγείρας υπάρχει μια ικανοποιητική αποτύπωση, η οποία εκτείνεται σε χρονικό βάθος μεγαλύτερο των εκατό ετών, από τα πρώτα σχέδια των αρχικών ανασκαφών στις αρχές του 20ού αιώνα έως την τρισδιάστατη χαρτογράφηση του ευρύτερου αρχαιολογικού χώρου το 2021, η τελευταία αυτή αποτύπωση παρήγαγε ορθοχάρτες και ορθομωσαϊκά υψηλής ανάλυσης, συμβάλλοντας σημαντικά στην τεκμηρίωση και μελέτη του χώρου. (GeoSystems Hellas, 2021)

Τα τελευταία χρόνια, ο χώρος αρχίζει να αποκτά μεγαλύτερη αναγνωρισιμότητα και επισκεψιμότητα, καθώς κατά την τελευταία δεκαετία πραγματοποιούνται πολυάριθμες καλλιτεχνικές εκδηλώσεις στον περιβάλλοντα χώρο του θεάτρου. Η σημερινή κατάσταση διατήρησης του μνημείου, αλλά και το υλικό κατασκευής του, δεν επιτρέπουν ακόμη τη χρήση των κερκίδων. Παρ' όλα αυτά, τόσο οι καλλιτέχνες όσο και το κοινό εκφράζουν έντονα την επιθυμία για την επαναλειτουργία του αρχαίου θεάτρου, ένα αίτημα που απασχολεί διαχρονικά και την τοπική κοινωνία ήδη από την πλήρη αποκάλυψη του μνημείου.

Ένα εγχείρημα αποκατάστασης θα πρέπει να βασιστεί στην πλήρη αποτύπωση κάθε στοιχείου του με σύγχρονες τεχνολογίες και υψηλή ακρίβεια, ώστε να δημιουργηθεί μια αξιόπιστη βάση για μελλοντικές εργασίες αποκατάστασης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το Αρχαίο Θέατρο Α' της Λάρισας, όπου η τρισδιάστατη ψηφιακή απεικόνιση του χώρου επέτρεψε την πραγματοποίηση βαθύτερων αναλύσεων από κάθε οπτική γωνία, χωρίς την ανάγκη φυσικής παρουσίας και τις δυσκολίες πρόσβασης που μπορεί να εμφανιστούν. Μέσω της διαδικασίας αυτής κατέστη δυνατή η ανάπτυξη διαφορετικών σεναρίων

αποκατάστασης της σκηνής, η διερεύνηση της πιθανής θέσης νέων ειδωλίων, καθώς και ο σχεδιασμός νέων επεμβάσεων (Karagkounis D., Tsanaktsidou S., 2022).

Τέλος, η δημιουργία ενός ψηφιακού μοντέλου ακριβείας, είτε ως HBIM είτε ως απλής τρισδιάστατης αναπαράστασης του χώρου του θεάτρου, μπορεί να αποτελέσει τη βάση για περαιτέρω τουριστική και πολιτιστική ανάπτυξη. Για παράδειγμα, μπορεί να αξιοποιηθεί η χρήση πλατφορμών ανοικτής πρόσβασης, όπως το Sketchfab, για τη διάθεση του μοντέλου σε κάθε ενδιαφερόμενο. Με αυτόν τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα τόσο σε εκπαιδευτικούς φορείς όσο και σε απλούς χρήστες από όλο τον κόσμο να γνωρίσουν και να «επισκεφθούν» ψηφιακά τον χώρο, ενισχύοντας το ενδιαφέρον τους ώστε να γνωρίσουν περαιτέρω την ιστορία του και τη πολιτιστική του σημασία.

Βιβλιογραφία

Ευελπίδου Ν., Τζουξανιώτη Μ. Καρκάνη Α., (2023). Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών από τη Θεωρία στην Πράξη: Χρήση του ArcGIS Pro [Προπτυχιακό εγχειρίδιο]. Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις.

<http://dx.doi.org/10.57713/kallipos-367>

Ευελπίδου, Ν., & Αντωνίου, Β. (2015). Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών [Προπτυχιακό εγχειρίδιο]. Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις.

<https://dx.doi.org/10.57713/kallipos-942>

Διάζωμα (2026), Αρχαίο Θέατρο Αιγείρας. Ανακτήθηκε 2/6/2026 από <https://diazoma.gr/theaters/αρχαίο-θέατρο-αιγείρας/>

Κατσαρού Χ., 2019, ΔΗΜΟΣΙΑ ΈΡΓΑ ΚΑΙ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΕΣ: Προστασία, Ανάδειξη και Διαχείριση των αρχαιολογικών ανασκαφών και των υφιστάμενων αρχαίων μνημείων της ανατολικής Αχαΐας. (Μεταπτυχιακή εργασία) Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα.

Κόλια, Ε. (2026.). Αρχαίο Θέατρο στην Αιγείρα. Οδυσσεύς: Πύλη του Ελληνικού Πολιτισμού, Υπουργείο Πολιτισμού και Αθλητισμού. Ανακτήθηκε 23/5/2026, από http://odysseus.culture.gr/h/2/gh251.jsp?obj_id=18961

A1.digital, IoT Protocols: A comprehensive guide for enterprises, Ανακτήθηκε 25/4/2026 από <https://www.a1.digital/knowledge-hub/iot-protocols-a-comprehensive-guide/>

Abanda, F. H., Kamsu-Foguem, B., & Tah, J. H. M. (2015). BIM – new rules of measurement ontology for construction cost estimation. Engineering, Construction and Architectural Management, 22(6), <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2017.01.007>

Altziger W., (1982). Αρχαία Αιγείρα – Βλωβωκά – Αιγαί, Η ιστορία μιας θαμμένης πολιτείας, Αθήνα: Εκδοτική Εστία

Aml Abd El-Wareth M., (2024) Proposed methodology for using Internet of Cultural Things (IoCT) στο conservation on cultural heritage sites. Sohag Engineering Journal (SEJ), 4(1). <https://www.eng.sohag.edu.eg>

Andrews, D, Bedford, J and Bryan, P 2015 Metric Survey Specifications for Cultural Heritage, 3rd edn. Swindon: Historic England., UK.

Antonopoulou, S., Bryan, P., (2017). Historic England 2017 BIM for Heritage: Developing a Historic Building Information, Historic England: Swindon, UK.

Apostolou, G., Venieri, K., Mayoral A., Dimaki, S., Garcia-Molsosa, A., Georgiadis M., & Orengo H., (2024). Integrating legacy survey data into GIS-based analysis: The rediscovery of the archaeological landscapes in Grevena (Western Macedonia, Greece). Archaeological Prospection. 31. 10.1002/arp.1926.

Archaeoreporter (2025), Il Colosseo in 3D: completata in due anni la digitalizzazione e la modellazione HBIM del monumento, Ανακτήθηκε 23/4/2026 από <https://www.archaeoreporter.com/it/2025/05/07/il-colosseo-in-3d-completata-in-due-anni-la-digitalizzazione-e-la-modellazione-hbim-del-monumento/>

Aricò, M. (2025). Application of Scan-to-BIM approaches to HBIM digitisations in Architectural Heritage environment for documentation, management and conservation purposes [Doctoral dissertation, Università degli Studi di Palermo]. IRIS Unipa. <https://iris.unipa.it/handle/10447/685764>

Avantec, ThingsBoard, read the docs, Working with IoT dashboards, Ανακτήθηκε 2/5/2026 από <https://avantec-thingsboard.readthedocs.io/en/2.2/thingsboard/thingsboard-dashboards.html>

Ávila, F., Blanca-Hoyos, Á., Puertas, E., Gallego, R. (2024). HBIM: Background, Current Trends, and Future Prospects. *Applied Sciences*, 14(23), 11191. <https://doi.org/10.3390/app142311191>

Basheer, S., Farooq, S., Hassan, V., Malik, Y. M., & Reshi, M. A. (2023). Augmented Reality and Virtual Reality in Cultural Heritage Tourism Enhancing Visitor Experiences. Στο Y. S. Rawal, R. Sinha, S. K. Mukherjee, & D. Batabyal (Επιμ.), *Exploring Culture and Heritage Through Experience Tourism* (σσ. 13–34). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-9957-3.ch002>

Battina, S., & Jaganathan, S. (2023). AI and digital twin applications in 3D information models for heritage buildings: A systematic review. *International Journal of Engineering Technology and Management Sciences*, 7(3), 122–131 DOI: 10.46647/ijetms.2023.v07i03.017

Biblus, 2026, BIM maturity Levels: from stage 0 to stage 3. Ανακτήθηκε 20/4/2026 από <https://biblus.accasoftware.com/en/bim-maturity-levels-from-stage-0-to-stage-3/>

Bille, R., Smith, S. P., Maund, K., & Brewer, G. (2014). Extending Building Information Models into Game Engines. In K. Nesbitt, S. P. Smith, & K. Blackmore (Eds.), *Proceedings of the 2014 Conference on Interactive Entertainment (IE2014)* (pp. 1–8). Association for Computing Machinery (ACM). <https://doi.org/10.1145/2677758.2677764>

Box Paul, (1999) UNESCO Principal Regional Office for Asia and the Pacific Geographic Information Systems and Cultural Resource Management: A manual for heritage site managers. Bangkok, UNESCO

Cemex Ventures. (2023). Discover how BIM is implemented in each step of the construction value chain. Cemex Ventures. Ανακτήθηκε 23/3/2026 από <https://www.cemexventures.com/discover-how-bim-is-implemented-in-each-phase-of-the-construction-industry/>

Correia, L. F. R., dos Santos Bartholo, R., Brufato, A. W., & Thomé Sanchez, E. C. (2023). Toward a digital twin for cultural heritage. In J. V. Carvalho, A. Abreu, P. Liberato, & A. Peña (Eds.), *Advances in tourism, technology and systems (Smart Innovation, Systems and Technologies, Vol. 345, pp. –)*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-99-0337-5_35

Cosmote Chronos, Ανακτήθηκε 3/5/2026, από https://www.cosmote.gr/static/cosmote/el/cosmote-chronos-akropoli-virtual-tour?gad_source=1&gad_campaignid=20124419456&gbraid=0AAAAAo_TeI0mD8mEy4VsmrsFwi766-Kem&gclid=Cj0KCQjw3K7RBhDJARIsAKRtP5QFcQQ5zW6mIu_casrUjQOwSxQSN9GWWwscV9ANmU-Lr-NyUPVjM4aAiu5EALw_wcB

Cotella V. A., (2023) From 3D point clouds to HBIM: Application of Artificial Intelligence in Cultural Heritage, *Automation in Construction*, Volume 152, 104936, ISSN 0926-5805, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104936>.

Diara, F., & Rinaudo, F. (2020). IFC Classification for FOSS HBIM: Open Issues and a Schema Proposal for Cultural Heritage Assets. *Applied Sciences*, 10(23), 8320. <https://doi.org/10.3390/app10238320>

Evangelidis, V., & Tsiafaki, D. (2024). From GIS to Game engines: case studies in archaeology from North Greece. *Athens University Review of Archaeology (AURA)*, 7, 85–97. <https://doi.org/10.26247/aura7.3>

Ezgi, G. Ö., & Ofluoglu, S. (2025). Assessing the knowledge of BIM professionals and the need for theoretical BIM education. στο 4th International Civil Engineering and Architecture Conference (ICEARC'25), Trabzon, Türkiye. https://doi.org/10.31462/icearc2025_a_arc_391

Ferreira-Lopes, P. (2018): ACHIEVING THE STATE OF RESEARCH PERTAINING TO GIS APPLICATIONS FOR CULTURAL HERITAGE BY A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-4, 169–175, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-169-2018>,.

Gauß, W. (2022). Forschungen im Bereich des Theaters von Aigeira 2011 bis 2018. Wien, Αυστρία: Arete – Publikationen des Österreichischen Archäologischen Instituts in Athen.

Gauß, W. (2023) Αίγεια: Μια ανακάλυψη στα ίχνη του Πausανία στο Μία άλλη Ελλάδα (χαρτόδετη έκδοση) στο 125 χρόνια έρευνας του αυστριακού αρχαιολογικού ινστιτούτου Αθηνών (δίγλωσση έκδοση, ελληνικά-γερμανικά) Επιμέλεια Eder B., Baier C., Gauss W. Αθήνα: Εκδόσης ΚΑΠION

GeoSystems Hellas, (2021), Austrian Archaeological Institute, Ανακτήθηκε 4/6/2026 από <https://geosystems-hellas.gr/solution/austrian-archaeological-institute/>

Gogos, S. (1992). Das Theater von Aigeira: Ein Beitrag zum antiken Theaterbau (Sonderschriften des Österreichischen Archäologischen Institutes, Bd. 21). Österreichischen Archäologischen Instituts, Wien

Grieves, Michael & Vickers, John. (2017). Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior στο Complex Systems. 10.1007/978-3-319-38756-7_4.

Jae Hyuk Park & Ghang Lee (2017) Design coordination strategies in a 2D and BIM mixed-project environment: social dynamics and productivity, *Building Research & Information*, 45:6, 631-648, DOI: 10.1080/09613218.2017.1288998

Jouan P., Hallot, P., (2019). DIGITAL TWIN: A HBIM-BASED METHODOLOGY TO SUPPORT PREVENTIVE CONSERVATION OF HISTORIC ASSETS THROUGH HERITAGE SIGNIFICANCE AWARENESS. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. XLII-2/W15. 609-615. 10.5194/isprs-archives-XLII-2-W15-609-2019.

Karagkounis, D., Tsanaktsidou, S.. (2022). Digital Documentation and 3D Modelling in the Restoration of the First Ancient Theatre of Larissa, Greece. *Στο Protection of Historical Constructions* (pp.586-593) DOI:10.1007/978-3-030-90788-4_46

Karaçar, P., Benli, G., & Güner, A. F. (2022). Heritage Building Information System (HBIM) in project management of cultural heritage buildings. Στο C. Budayan, S. Kivrak & S. Ulubeyli (Eds.), *Proceedings of the 7th International Project and Construction Management Conference* (pp. 288–296). Yildiz Technical University. Κωνσταντινούπολη, Τουρκία

Khodeir, L., Aly, D., Tarek, S. (2016). Integrating HBIM (Heritage Building Information Modeling) Tools στο The Application of Sustainable Retrofitting of Heritage Buildings in Egypt. *Procedia Environmental Sciences* 34, σελ. 258 – 270.

Korzun, D., Marchenkov S., Vdovenko A., Petrina, O., (2016). A Semantic Approach to Designing Information Services for Smart Museums. *International Journal of Embedded and Real-Time Communication Systems*. 7. 15-34. 10.4018/IJERTCS.2016070102.

Liang, W., Qiang, G., Fan, L., Zhang, H., Ye, Z., & Tang, S. (2024). Automatic Indoor Thermal Comfort Monitoring Based on BIM and IoT Technology. *Buildings*, 14(11), 3361. <https://doi.org/10.3390/buildings14113361>

Liang, X., Liu, F., Wang, L., Zheng, B., & Sun, Y. (2023). Internet of Cultural Things: Current research, challenges and opportunities. *Computers, Materials & Continua*, 74(1). <https://doi.org/10.32604/cmc.2023.029641>

Logothetis, S., Karachaliou, E., and Stylianidis, E.: FROM OSS CAD TO BIM FOR CULTURAL HERITAGE DIGITAL REPRESENTATION, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-2/W3, 439–445, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W3-439-2017>, 2017.

Martinelli, L., Calcerano, F., & Gigliarelli, E. (2022). Methodology for an HBIM workflow focused on the representation of construction systems of built heritage. *Journal of Cultural Heritage*, *55*, 277–289. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2022.03.016>

Massafra, A., Predari, G., & Gulli R., (2022). TOWARDS DIGITAL TWIN DRIVEN CULTURAL HERITAGE MANAGEMENT: A HBIM-BASED WORKFLOW FOR ENERGY IMPROVEMENT OF MODERN BUILDINGS. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLVI-5/W1-2022, 149–157. doi:10.5194/isprs-archives-XLVI-5-W1-2022-149-2022

Murphy M, McGovern E, Pavia S (2009), "Historic building information modelling (HBIM)". *Structural Survey*, Vol. 27 No. 4 pp. 311–327, doi: <https://doi.org/10.1108/02630800910985108>

Murphy M., McGovern E., Pavia S., (2013) Historic Building Information Modelling – Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture , *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 76 (2013) 89–102.

Niccolucci F, Markhoff B, Theodoridou M et al. (2023). The Heritage Digital Twin: a bicycle made for two. The integration of digital methodologies into cultural heritage research [version 1; peer review: awaiting peer review] Open Research Europe, 3:64 <https://doi.org/10.12688/openreseurope.15496.1>

Olaya, V. (2018). Introduction to GIS. Foreword by Gretchen Peterson, Olaya, V.

Ozata, S. (2023). Revealing the practical dynamics: Internet of Things (IoT) applications in cultural heritage preservation στο Ankara International Congress on Scientific Research-IX.

Palomeque-González, J., (2025). A Modular, Low-Cost IoT System for Environmental and Behavioural Monitoring in Cultural Heritage Sites. 10.48550/arXiv.2508.00849.

Panagou, I. C., Katsoulis, S., Nannos, E., Zantalis, F., & Koulouras, G. (2025). A Comprehensive Evaluation of IoT Cloud Platforms: A Feature-Driven Review with a Decision-Making Tool. Sensors, 25(16), 5124. <https://doi.org/10.3390/s25165124>

Piaseckienė, G. (2022). Dimensions of BIM in literature: review and analysis. Mokslas - Lietuvos ateitis / Science – Future of Lithuania, 14. <https://doi.org/10.3846/mla.2022.16071>

Pingel, T. (2018). The Raster Data Model. Στο The Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge (3rd Quarter 2018 Edition), John P. Wilson (Ed.). DOI: 10.22224/gistbok/2018.3.11

Pocobelli, D.P., Boehm, J., Bryan, P. Still J., Grau-Bové J.,. (2018). BIM for heritage science: a review. Herit Sci 6, 30 (2018). <https://doi.org/10.1186/s40494-018-0191-4>

Pourqasem, J. (2018). Cloud-based IoT: Integration cloud computing with internet of things. στο *International Journal of Research in Industrial Engineering*, 7(4), σελ. 482–494. <https://doi.org/10.22105/riej.2018.88380>

Prasad, V. K., Bhavsar, M., και Tanwar, S. (2019). Influence of monitoring: Fog and edge computing. στο *Scalable Computing: Practice and Experience*, 20(2), σελ. 365–376. <https://doi.org/10.12694/scpe.v20i2.1533>

Rodrigues, F., Estrada, J., Antunes, F., & Swuste, P. (2018). Safety through design: A BIM-based framework. Στο *Sustainable civil infrastructures: Innovative infrastructure geotechnology*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-61645-2_9

Rosas-Chavoya M., José Luis Gallardo-Salazar, Pablito M. López Serrano, . (2022). QGIS a constantly growing free and open-source geospatial software contributing to scientific development. *Cuadernos de Investigación Geográfica*. 48. 197-213. 10.18172/cig.5143.

Sacks, R., Eastman, C. M., Lee, G., & Teicholz, P. (2018). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers* (3rd ed.). John Wiley & Sons. Hoboken, NJ.

Sethi P., & Sarangi S., (2017). Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications. *Journal of Electrical and Computer Engineering*. 2017. 1-25. Doi:10.1155/2017/9324035.

Sidani A., Martinez, K., Soeiro A., (2023). BIM best practices for construction health and safety: A systematic review. SSRN. <https://ssrn.com/abstract=4595455>

Singh, S. P. (2022). Spatial data models στο *Geographic Information System*. CSI Communications, May 2022, σελ. 42–43.

Šoltéssová, M., Iannaccone, B., Štrba, Ľ., & Sidor, C. (2025). Application of GIS Technologies in Tourism Planning and Sustainable Development: A Case Study of Gelnica. στο ISPRS International Journal of Geo-Information, 14(3), 120. <https://doi.org/10.3390/ijgi14030120>

Stankovic, J., (2014). Research Directions for the Internet of Things. Internet of Things Journal, IEEE. 1. 3-9. 10.1109/JIOT.2014.2312291.

Stojanović, Marko & Marković, Viktor & Kričković, Zoran & Banković, Radoje. (2018). Potential usage of gis in education. 255-260. 10.15308/Sinteza-2018-255-260.

Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation στο Construction, 18(3), σελ. 357–375. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>

Tanner A., (2024) Die Naiskoi D, E und F im Bereich des Theaters von Aigeira, Die Naiskoi D, E und F im Bereich des Theaters von Aigeira - Gesamt PDF. Βιέννη, Αυστρία: Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften

ThingsBoard Documentation, Devices, Ανακτήθηκε 2/5/2026 από <https://thingsboard.io/docs/user-guide/devices/>

ThingsBoard, Documentation, Multi-Tenancy & Hierarchy Ανακτήθηκε 2/5/2026 από <https://thingsboard.io/docs/concepts/multi-tenancy/>

Vermesan O., Friess P., Guillemin P., et al., (2011) “Internet of things strategic research roadmap,” Internet of Things: Global Technological and Societal Trends, vol. 1, σελ. 9–52.

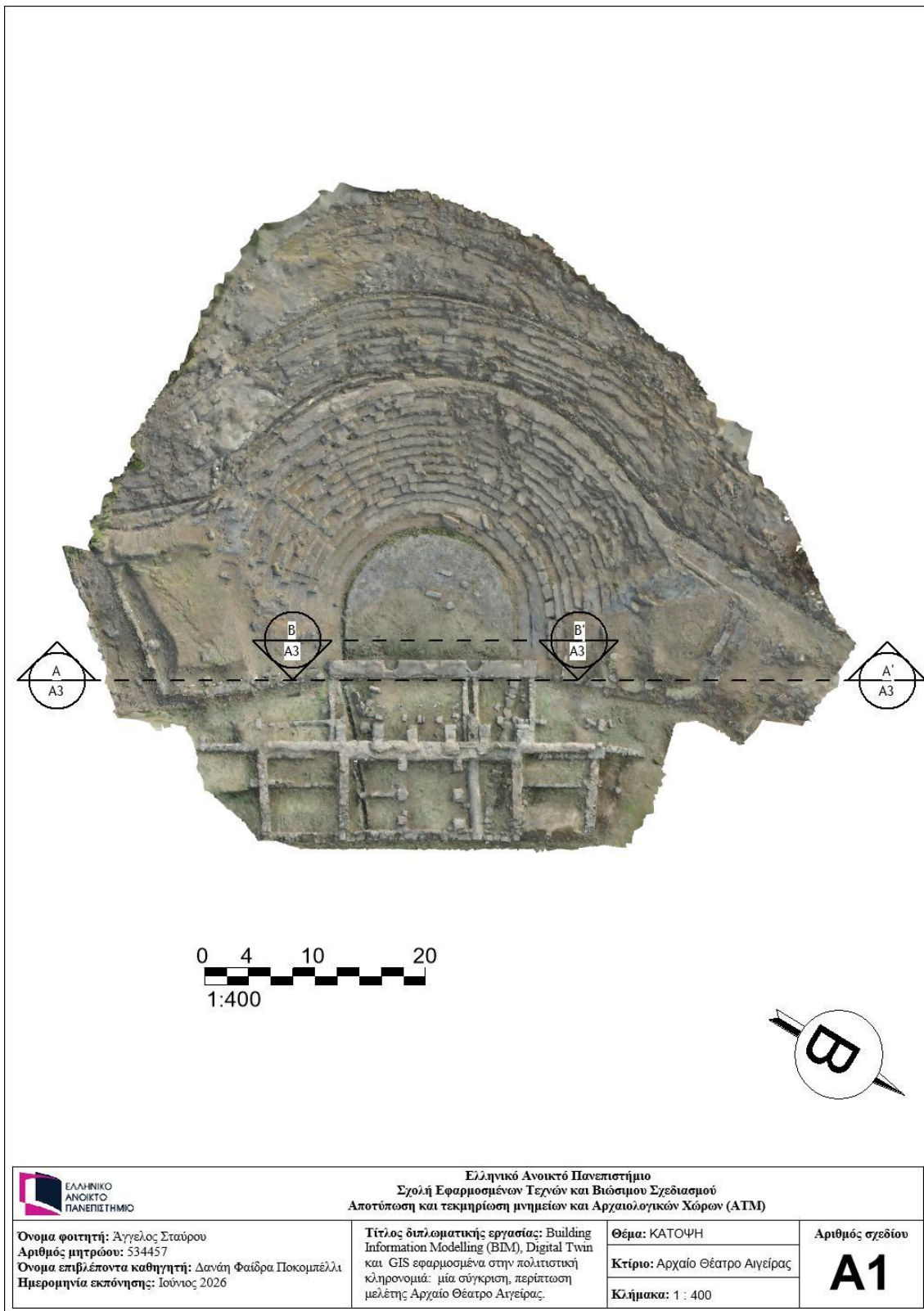
Verhagen, P.. (2018). Spatial Analysis in Archaeology: Moving into New Territories. 10.1007/978-3-319-25316-9_2.

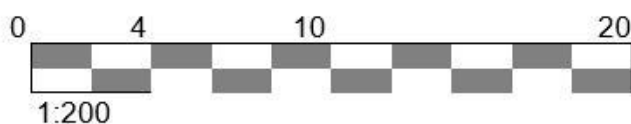
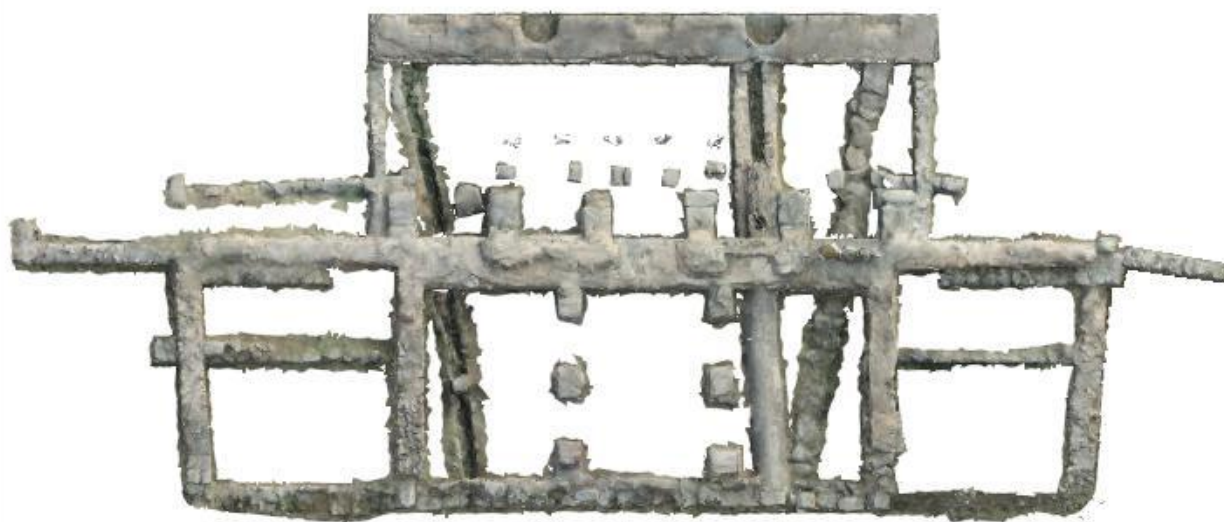
Xiao, C., Chen, N., Li, D., Lv, Y., & Gong, J. (2017). SCRMS: An RFID and sensor web-enabled smart cultural relics management system. *Sensors*, 17(60), 1–21. <https://doi.org/10.3390/s17010060>

Yang, X., Lu, Y.-C., Murtiyoso, A., Koehl, M., & Grussenmeyer, P. (2019). HBIM Modeling from the Surface Mesh and Its Extended Capability of Knowledge Representation. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(7), 301. <https://doi.org/10.3390/ijgi8070301>

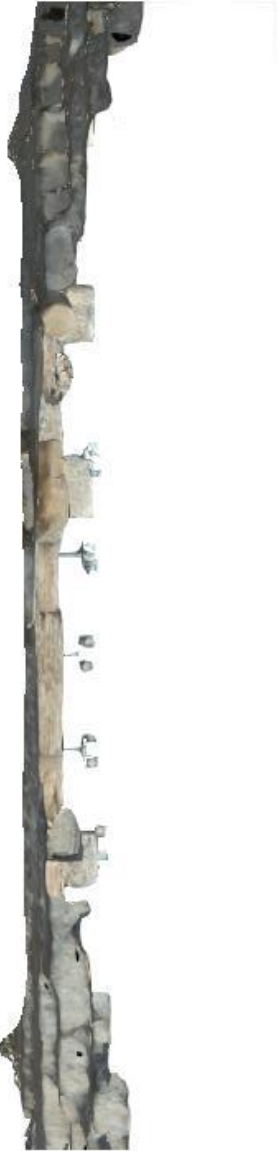
Zde. (2019). Colossal Zeus fragments, NAMA 3377 and 3481, 190900 [φωτογραφία]. Colossal arm of a statue of Zeus. Marble. Found at Aigeira, Achaia, along with the head inv. no. 3377, by Athenian sculptor Eukleides, according Pausanias. 200-150 BC. National Archaeological Museum of Athens, inv. no. 3481 Wikimedia Commons. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Colossal_Zeus_fragments,_NAMA_3377_and_3481,_190900.jpg

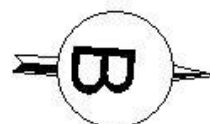
Παράρτημα Α: Σχέδια HBIM





Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών και Βιώσιμου Σχεδιασμού Αποτύπωση και τεκμηρίωση μνημείων και Αρχαιολογικών Χώρων (ΑΤΜ)			
Όνομα φοιτητή: Άγγελος Σταύρου Αριθμός μητρώου: 534457 Όνομα επιβλέποντα καθηγητή: Δανάη Φαίδρα Ποκομπέλλι Ημερομηνία εκπόνησης: Ιούνιος 2026	Τίτλος διπλωματικής εργασίας: Building Information Modelling (BIM), Digital Twin και GIS εφαρμοσμένα στην πολιτιστική κληρονομιά: μία σύγκριση, περίπτωση μελέτης Αρχαίο Θέατρο Αιγείρας.	Θέμα: ΚΑΤΩΦΗ ΣΚΗΝΗΣ	Αριθμός σχεδίου A2
		Κτίριο: Αρχαίο Θέατρο Αιγείρας	
		Κλίμακα: 1 : 200	

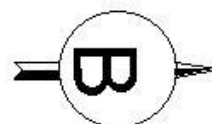
TOMH A-A'  Κλίμακα: 1:300	TOMH B-B'  Κλίμακα: 1:100  ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών και Βιομηχανικών Σχεδιασμού Αποτίτωση και τεκμηρίωση μνημείων και Αρχαιολογικών Χώρων (ΑΤΧ) Όνομα φοιτητή: Άγγελος Σταύρου Αριθμός μητρώου: 534457 Όνομα επιβλέποντα καθηγήτρια: Δανάη Φωτιάδου Πικουμένη Ημερομηνία εκπόνησης: Ιούνιος 2026 Τίτλος διπλωματικής εργασίας: Building Information Modelling (BIM), Digital Twin και GIS εφαρμοσμένα στην πολιτιστική κληρονομιά: μία σύγκριση, περίπτωση μελέτης Αρχαίο Θέατρο Αιγείρας. Θέμα: TOMES A-A' & B-B' Κύριος: Αρχαίο Θέατρο Αιγείρας Κλίμακα: As indicated Αριθμός σχεδίου A3
--	--



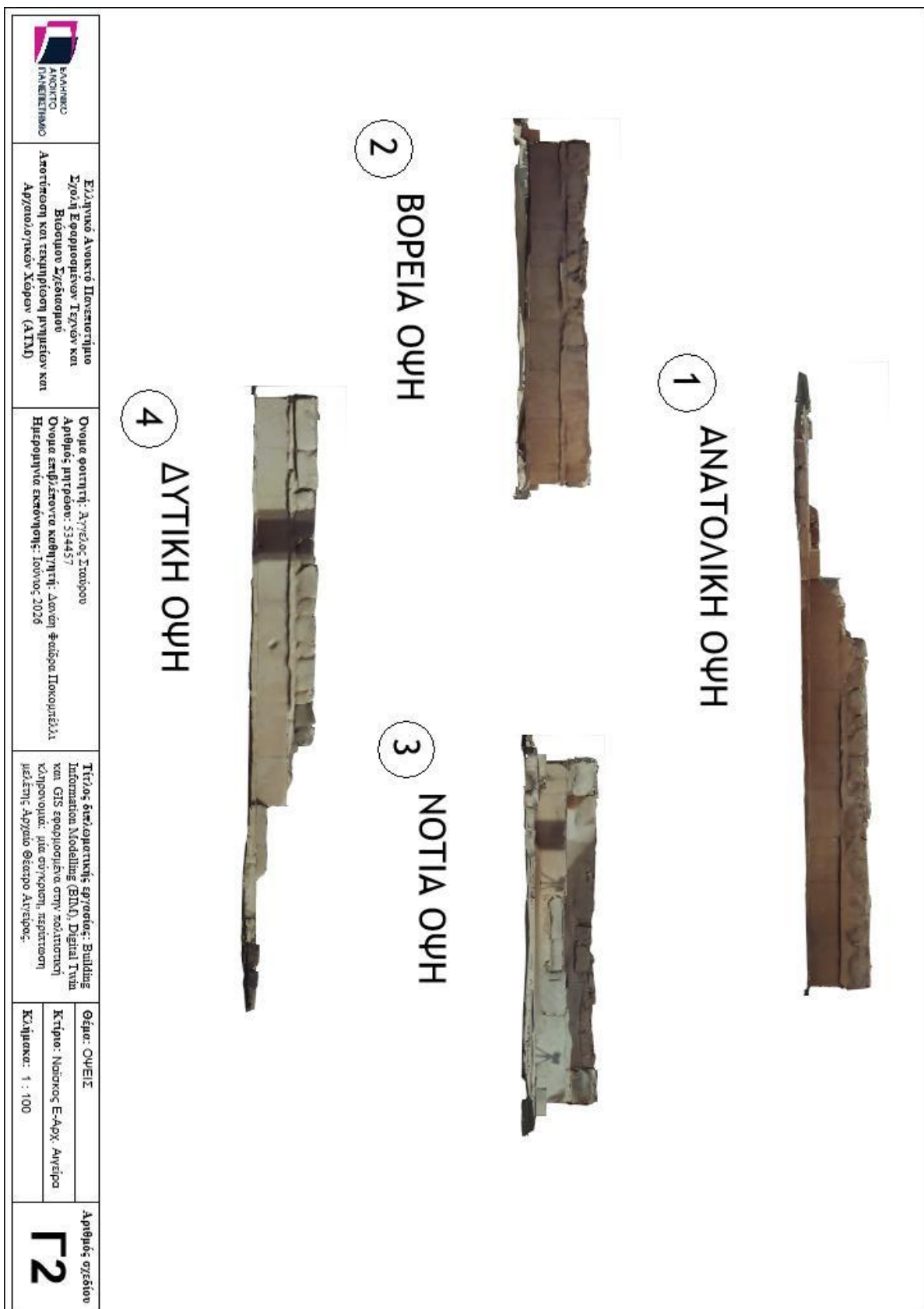
ΕΛΛΗΝΙΚΟ Ανοικτό Πανεπιστήμιο Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών και Βιώσιμου Σχεδιασμού Αποτύπωση και τεκμηρίωση μνημείων και Αρχαιολογικών Χώρων (ΑΤΜ)			
Όνομα φοιτητή: Άγγελος Σταύρου Αριθμός μητρώου: 534457 Όνομα επιβλέποντα καθηγητή: Δανάη Φαίδρα Ποκομπέλλι Ημερομηνία εκπόνησης: Ιούνιος 2026	Τίτλος διπλωματικής εργασίας: Building Information Modelling (BIM), Digital Twin και GIS εφαρμοσμένα στην πολιτιστική κληρονομιά: μία σύγκριση, περίπτωση μελέτης Αρχαίο Θέατρο Αιγείρας.	Θέμα: ΚΑΤΟΨΗ	Αριθμός σχεδίου B1
		Κτίριο: Ναϊσκος D-Αρχ. Αιγείρα	
		Κλίμακα: 1 : 100	

 ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ	Εξελγμένο Ανοικτό Πανεπιστήμιο Σύγχρονη Εφαρμοσμένη Τεχνολογία και Βιόσφαιρα Σχεδιασμού Αποτύπωση και τεκμηρίωση μνημείων και Αρχαιο/οικτικών Χώρων (ΑΤΧ)	Όνομα φοιτητή: Άγγελος Σταύρου Αριθμός μητρώου: 534457 Όνομα επιβλέποντα καθηγητή: Δανάη Φαίδρα Πικουπέλλα Ημερομηνία εκπόνησης: Ιούνιος 2026	Τίτλος διπλωματικής εργασίας: Building Information Modelling (BIM), Digital Twin και GIS εφαρμοσμένα στην πολιτιστική κληρονομιά: μία σύγκριση, περίπτωση μελέτης Αρχαίο Θέατρο Αιγείρας.	Θέμα: ΟΥΕΙΣ Κτίριο: Νοίκος D-Αρχ. Ανείρα Κλίμακα: 1 : 100	Αριθμός σχεδίου B2
1 ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΟΨΗ  2 ΒΟΡΕΙΑ ΟΨΗ  3 ΝΟΤΙΑ ΟΨΗ  4 ΔΥΤΙΚΗ ΟΨΗ 					

 ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ	Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών και Βιοσχημικών Σχεδιασμού Αποτύπωση και τεκμηρίωση μνημείων και Αρχαιολογικών Χώρων (ΑΤΧ)	Όνομα φοιτητή: Άγγελος Σταύρου Αριθμός μητρώου: 334437 Όνομα επιβλέποντα καθηγήτρια: Δανάη Φαίδρα Ποκουπέζι Ημερομηνία εκπόνησης: Ιούνιος 2026	Τίτλος διπλωματικής εργασίας: Building Information Modelling (BIM), Digital Twin και GIS εφαρμοσμένα στην πολιτιστική κληρονομιά: μία σύγκριση, περίπτωση μελέτης Αρχαίο Θέατρο Αιγείρας.	Θέμα: ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΕΙΣ ΑΠΕΙΚ. Κτίριο: Ναός D-ARCH. Αιγείρα Καθήκοντα:	Αριθμός σχεδίου B3
					



Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών και Βιότισμου Σχεδιασμού Αποτύπωση και τεκμηρίωση μνημείων και Αρχαιολογικών Χώρων (ΑΤΜ)			
Όνομα φοιτητή: Άγγελος Σταύρου Αριθμός μητρώου: 534457 Όνομα επιβλέποντα καθηγητή: Δανάη Φαίδρα Ποκομπέλλι Ημερομηνία εκπόνησης: Ιούνιος 2026	Τίτλος διπλωματικής εργασίας: Building Information Modelling (BIM), Digital Twin και GIS εφαρμοσμένα στην πολιτιστική κληρονομιά: μία σύγκριση, περίπτωση μελέτης Αρχαίο Θέατρο Αιγείρας.	Θέμα: ΚΑΤΟΨΗ	Αριθμός σχεδίου Γ1
		Κτίριο: Ναΐσκος Ε-Αρχ. Αιγείρα	
		Κλίμακα: 1 : 100	

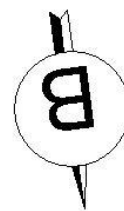


 ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ	Ελλάγνικό Άνοικτό Πανεπιστήμιο Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών και Βιόσφαιρας Σχεδιασμού Αποτίμηση και τεκμηρίωση μνημείων και Αρχαιολογικών Χώρων (ΑΤΜ)	Όνομα φοιτητή: Άγγελος Σταύρου Αριθμός μητρώου: 534437 Όνομα επιβλέποντα καθηγήτη: Δανάη Φαίδρα Ποκουπέλλα Ημερομηνία εκπόνησης: Ιούνιος 2026	Τίτλος διπλωματικής εργασίας: Building Information Modelling (BIM), Digital Twin και GIS εφαρμοσμένα στην πολιτιστική κληρονομιά: μία σύγκριση, περίπτωση μελέτης Αρχαίο Θέατρο Αιγείρας.	Θέμα: ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΕΣ ΑΠΕΙΚ. Κείμενο: Νόστος Ε-Αρχ. Αιγείρας Κάλεσμα:	Αριθμός σχεδίου T3
--	---	--	--	--	--------------------------------------





0 4 8 10
1:50



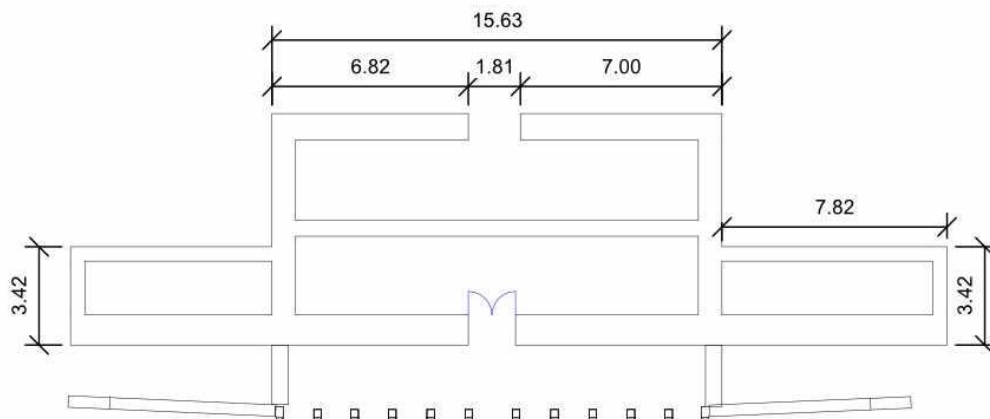


ΔΥΤΙΚΗ ΟΥΣΗ

 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ	ΕΛΛΗΝΙΚΟ Ανοικτό Πανεπιστήμιο Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών και Βιοτεχνολογίας Ανοικτότητα και τεχνολογία για όλους και Απρόσβλητους Χώρους (ΑΙΤΑΔ)	Όνομα φοιτητή: Αγγελός Σταύρου Αριθμός μητρώου: 54457 Όνομα επιβλέποντα καθηγήτρια: Δανάη Φωφόρη Τοκουρέλλα Ημερομηνία έκδοσης: Ιούλιος 2026	Τίτλος: Ανάπτυξη της εφαρμογής: Building Information Modelling (BIM), Digital Twin και GIS εφαρμογές, στην αστική ανάπτυξη, για την αειανάπτυξη, ανάπτυξη μελέτης, Αρχαιο @εαπο Αιγάλεω.	Όνομα: ΟΥΛΙΣ	Αριθμός φύλλου A2
				Κριτής: Νικόλαος Φ. Αρχ. Αιγάλεω	

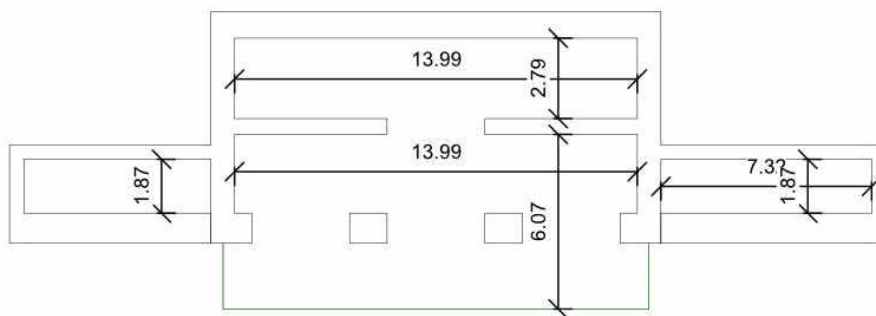
 ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ	Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών και Βιοσφαιρικού Σχεδιασμού Αποτύπωση και τεκμηρίωση μνημείων και Αρχαιολογικών Χώρων (ΑΤΜ)	Όνομα φοιτητή: Άγγελος Σταύρου Αριθμός μητρώου: 534457 Όνομα επιβλέποντα καθηγήτη: Δανάη Φωφόρα Πιλοκομιάλη Ημερομηνία εκπόνησης: Ιούνιος 2026	Τίτλος διπλωματικής εργασίας: Building Information Modelling (BIM), Digital Twin και GIS εφαρμοσμένα στην πολιτιστική κληρονομιά: μία σύγκριση, περίπτωση μελέτης Αρχαίο Θέατρο Αιγείρας.	Θέμα: ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΕΣ ΑΠΕΙΚ. Κτήριο: Νοίκος F-Αρχ. Αιγείρα Καθήκοντα:	Αριθμός σχεδίου Δ3
--	---	---	---	---	-----------------------





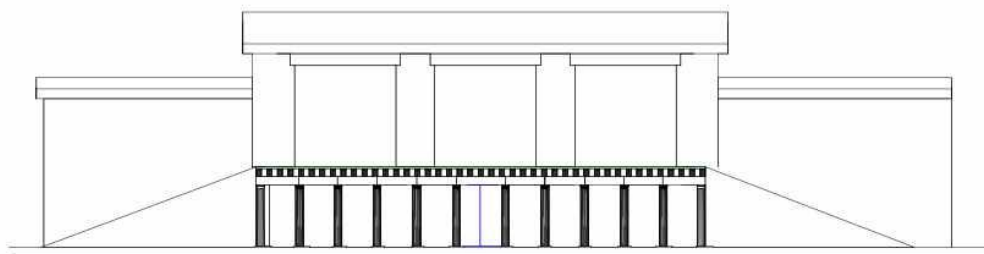
1 ΣΤΑΘΜΗ 0-ΕΔΑΦΟΣ

1 : 200



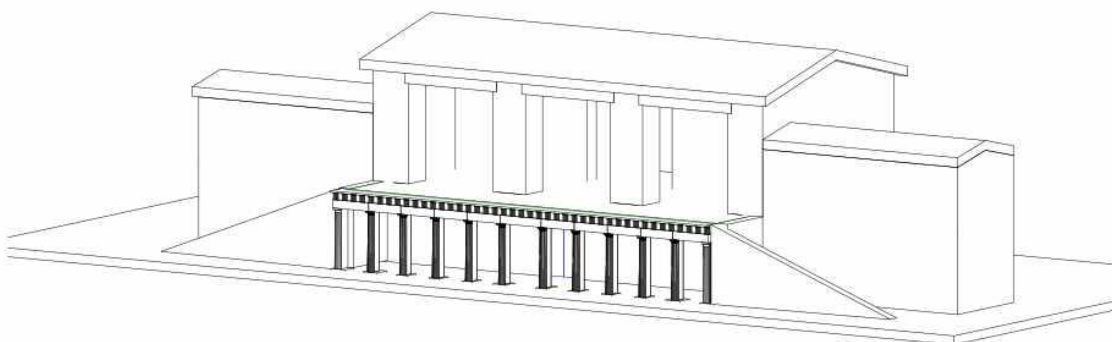
2 ΣΤΑΘΜΗ 1- +2,66

1 : 200



1 ΠΡΟΣΟΨΗ

1 : 200



2 ΑΞΟΝΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ

Παράρτημα Β: Θεματικοί χάρτες QGIS

ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ ΑΡΧΑΙΑΟΥ ΘΕΑΤΡΟΥ ΑΙΓΕΙΡΑΣ



Εποχές Κατασκευής και οικοδομικές φάσεις του θεάτρου και των ναϊσκών.

-  ΕΛΛΗΝΙΣΤΙΚΗ ΕΠΟΧΗ περ. 281 π.Χ.
-  ΡΩΜΑΪΚΗ ΕΠΟΧΗ (2ος αιώνας μ.Χ.)

ΕΜΦΑΝΗ ΚΤΙΡΙΑ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ ΑΡΧΑΙΟΥ ΘΕΑΤΡΟΥ ΑΙΓΕΙΡΑΣ



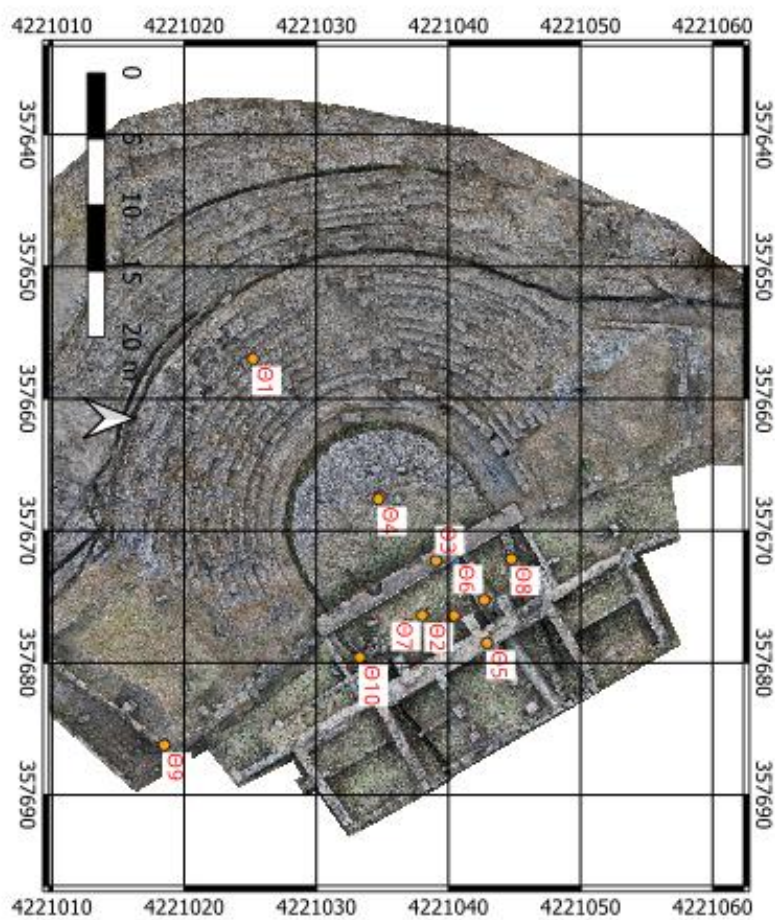
▲ ΘΕΑΤΡΟ

Αν και αποτελεί σημαντικό μνημείο για την πόλη, εντύπωση προκαλεί το γεγονός ότι το αρχαίο θέατρο δεν μνημονεύεται από τον Πausανία, όταν πέρασε από την Αιγείρα τον 2ο αι. μ.Χ. Το θέατρο διαθέτει πεταλόσχημο κοίλο, με προσανατολισμό προς τον Κορινθιακό κόλπο και ένα διάζωμα το χωρίζει το κοίλο σε δύο τμήματα. Είναι κτισμένο σε υψόμετρο περίπου 350 μ. από την επιφάνεια της θάλασσας, στα βόρεια της ακρόπολης, ενώ η συνολική χωρητικότητα του υπολογίζεται σε περίπου 3.000 θεατές (Κόλλια Ε.). Η κατασκευή του ελληνιστικού θεάτρου εκτιμάται μεταξύ του τέταρτου έτους της 24ης Ολυμπιάδας (281/280 π.Χ.) και της προσχώρησης της Αιγείρας λίγο αργότερα στην Αχαϊκή Συμπολιτεία. (Gogos, S., 1992).

▲ D ▲ E ▲ F

Οι ναῖσκοι D, E και F, μαζί με το θέατρο, ένα περιστυλικό κτήριο και τρία ακόμη μικρά κτήρια αποτελούσαν μέρος ενός ευρύτερου συγκροτήματος που οικοδομήθηκε κατά την Ελληνιστική περίοδο και παρέμεινε σε χρήση έως και τη Ρωμαϊκή αυτοκρατορική εποχή (περίπου 31/27 π.Χ. – 476 μ.Χ.). Παρά τη σημασία του χώρου, εκτός από το θέατρο, τα επιμέρους κτήρια και η λειτουργία τους μέσα στο αρχιτεκτονικό σύνολο δεν έχουν ακόμη μελετηθεί επαρκώς. Μια ερμηνεία που πρότειναν οι Wilhelm Alzinger και Σάββας Γόγος βασίστηκε σε ορισμένα γλυπτικά ευρήματα και στη σύντομη περιγραφή της Αιγείρας από τον Πausανία. Σύμφωνα με την άποψή τους, ο Ναῖσκος D ταυτίζεται με ναό του Δία, ο Ναῖσκος E με ναό της Αρτέμις, ενώ ολόκληρο το συγκρότημα θεωρήθηκε ότι αντιστοιχεί στο ιερό του Δία που αναφέρει ο Πausανίας. (Tanner A., 2024)

ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΑΡΧΑΙΟΥ ΘΕΑΤΡΟΥ ΑΙΓΕΙΡΑΣ QGIS & HBIM



ID	HBIM ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ_ΘΕΑΤΡΟ_ΚΤΗΡΙΟ	HBIM ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ_ΘΕΑΤΡΟ_ΤΜΗΜΑ	HBIM ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ_ΘΕΑΤΡΟ_ΕΠΟΧΗ	HBIM ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ_ΘΕΑΤΡΟ_ΥΛΙΚΟ	HBIM ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ_ΘΕΑΤΡΟ_IfcGUID
Θ1	ΘΕΑΤΡΟ	ΚΟΙΛΟ	ΕΛΛΗΝΙΣΤΙΚΗ	ΚΡΟΚΑΝΟΠΑΓΗΣ ΒΡΑΧΟΣ	39a5f738v5h856Qpw2KZ4f
Θ2	ΘΕΑΤΡΟ	ΣΚΗΝΗ	ΕΛΛΗΝΙΣΤΙΚΗ	ΚΡΟΚΑΝΟΠΑΓΗΣ ΒΡΑΧΟΣ	39a5f738v5h856Qpw2KZ47
Θ3	ΘΕΑΤΡΟ	ΛΟΓΕΙΟ	ΡΩΜΑΙΚΗ	ΤΟΥΒΑΔ - ΚΡΟΚΑΝΟΠΑΓΗΣ ΒΡΑΧΟΣ	39a5f738v5h856Qpw2KZ4i
Θ4	ΘΕΑΤΡΟ	ΟΡΧΗΣΤΡΑ	ΕΛΛΗΝΙΣΤΙΚΗ	ΚΡΟΚΑΝΟΠΑΓΗΣ ΒΡΑΧΟΣ	39a5f738v5h856Qpw2KZ05
Θ5	ΘΕΑΤΡΟ	ΣΚΗΝΗ	ΡΩΜΑΙΚΗ	ΚΡΟΚΑΝΟΠΑΓΗΣ ΒΡΑΧΟΣ	39a5f738v5h856Qpw2KZ45
Θ6	ΘΕΑΤΡΟ	ΚΑΝΑΛΙ	ΡΩΜΑΙΚΗ	ΤΣΙΜΕΝΤΟ	39a5f738v5h856Qpw2KZpD
Θ7	ΘΕΑΤΡΟ	ΦΕΣΤΑ	2020	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	39a5f738v5h856Qpw2KZ5f
Θ8	ΘΕΑΤΡΟ	ΚΑΝΑΛΙ	ΕΛΛΗΝΙΣΤΙΚΗ	ΚΡΟΚΑΝΟΠΑΓΗΣ ΒΡΑΧΟΣ	39a5f738v5h856Qpw2KZ5z
Θ9	ΘΕΑΤΡΟ	ΑΝΑΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΤΟΙΧΟΣ	ΕΛΛΗΝΙΣΤΙΚΗ	ΚΡΟΚΑΝΟΠΑΓΗΣ ΒΡΑΧΟΣ	39a5f738v5h856Qpw2KZln
Θ10	ΘΕΑΤΡΟ	ΚΑΝΑΛΙ	ΕΛΛΗΝΙΣΤΙΚΗ	ΚΡΟΚΑΝΟΠΑΓΗΣ ΒΡΑΧΟΣ	39a5f738v5h856Qpw2KZpI

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

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