



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

Σχολή κοινωνικών επιστημών

Τμήμα γεωγραφίας

## ΠΜΣ «Γεωγραφία και Εφαρμοσμένη Γεωπληροφορική»

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

«Διερεύνηση σύγχρονων μεθόδων γεω-οπτικοποίησης για την ανάδειξη πολιτιστικών μνημείων: Η περίπτωση του Σάρλιτσα Παλλάς, Λέσβος»



Επιμέλεια: Κυριακίδη Μαρία

Επιβλέπων Καθηγητής: Σουλακέλλης Νικόλαος

Μέλη Επιτροπής: Καβρουδάκης Δημήτριος, Ρούσσου Όλγα

Πανεπιστήμιο Αιγαίου - Σχολή Κοινωνικών Επιστημών-Τμήμα Γεωγραφίας

**ΠΜΣ «Γεωγραφία και Εφαρμοσμένη Γεωπληροφορική»**

Θέμα Μεταπτυχιακής Εργασίας:

Διερεύνηση σύγχρονων μεθόδων γεω-οπτικοποίησης για την ανάδειξη πολιτιστικών μνημείων: Η περίπτωση του Σάρλιτζα Παλλάς, Λέσβος

**Κυριακίδη Μαρία**

Εξεταστική επιτροπή:

Σουλακέλλης Νικόλαος – Καθηγητής, Τμήματος Γεωγραφίας, Πανεπιστημίου Αιγαίου (Επιβλέπων Καθηγητής)

Καβρουδάκης Δημήτριος – Επίκουρος καθηγητής, Τμήματος Γεωγραφίας, Πανεπιστημίου Αιγαίου

Ρούσσου Όλγα - Όλγα Ρούσσου, ΕΔΙΠ, Τμήματος Γεωγραφίας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

**Μυτιλήνη 2022**

## **Περιεχόμενα**

Λίστα Εικόνων .....	5
Λίστα Πινάκων.....	6
Περίληψη .....	7
Abstract.....	8
1. Σκοπός Εργασίας.....	9
1.2. Περιοχή μελέτης .....	9
1.3. Οικοδομικές φάσεις του κτιρίου .....	13
2. Θεωρητικό πλαίσιο .....	15
2.1. Συστήματα μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών (ΣμηΕΑ) - Unmanned Aerial Vehicles (UAV).....	15
2.2. Οπτικοποίηση .....	16
2.3. 3d Γεω-οπτικοποίηση .....	16
2.4. Η έννοια του μνημείου .....	17
2.5. Πολιτιστική κληρονομιά .....	18
2.6. Συστάσεις για την προστασία των ιστοριών μνημείων .....	18
2.7. Αρχές τεκμηρίωσης μνημείων .....	19
2.8. Εφαρμογές 3d γεω-οπτικοποίησης στην πολιτιστική κληρονομιά.....	19
3. Μεθοδολογία.....	22
3.1 Συλλογή δεδομένων .....	23
3.1.1. Ψηφιακές φωτογραφίες υψηλής ανάλυσης .....	23
3.1.2. Μετρήσεις στο πεδίο .....	25
3.1.3. Αρχιτεκτονικά σχέδια.....	25
3.2 Επεξεργασία Δεδομένων .....	26
3.2.1. Επιλογή φωτογραφιών.....	26
3.2.2. Συνταύτιση φωτογραφιών – Δημιουργία αραιού νέφους σημείων (Align – sparse point cloud).....	26
3.2.3. Δημιουργία πυκνού νέφους σημείων (Dense point cloud).....	27
3.2.4. Γεωαναφορά νέφους σημείων .....	28
3.2.5. Δημιουργία πολυγωνικού πλέγματος (Mesh) .....	29
3.2.6. Εφαρμογή υφής στο πολυγωνικό πλέγμα (Textured Mesh) .....	30
3.2.7. Ορθομωσαϊκό .....	31
3.2.8. Συνταύτιση σχεδίων– ορθομωσαϊκών κάτοψης στέγης και όψης και αποτύπωση παθολογίας.....	33
3.2.9. Ακρίβεια Μοντέλου.....	36
3.2.10. Δημιουργία κινούμενης τρισδιάστατης οπτικοποίησης .....	38
4. Αποτελέσματα.....	40
4.1. Ορθοφωτοχάρτης.....	40

4.2. Αρχιτεκτονικά σχέδια κάτοψης στέγης και όψης με παθολογία ιστορικού μνημείου .....	41
4.3. Κινούμενη τρισδιάστατη οπτικοποίηση ιστορικού μνημείου .....	42
5. Συζήτηση .....	42
5.1. Τρισδιάστατο ψηφιακό μοντέλο ιστορικού μνημείου.....	42
5.2. Ορθοφωτοχάρτης .....	44
5.3. Αρχιτεκτονική όψη και κάτοψη στέγης με παθολογία του ιστορικού μνημείου .....	44
6. Συμπεράσματα.....	45
Βιβλιογραφία .....	48

## Λίστα Εικόνων

Εικόνα 1: Απόψεις ευρύτερης περιοχής μελέτης «Σάρλιτζα Παλλάς» .....	10
Εικόνα 2: (α,β) Απόψεις του Σάρλιτζα Παλλάς στα πρώτα χρόνια λειτουργίας του .....	11
Εικόνα 3: Άποψη του «Σάρλιτζα Παλλάς» σήμερα.....	12
Εικόνα 4: Οικοδομικές φάσεις του ξενοδοχείου «Σάρλιτζα Παλλάς» .....	14
Εικόνα 5: Οι τέσσερις λειτουργίες της γεω-οπτικοποίησης .....	16
Εικόνα 6: Ερείπια εκκλησίας από την εποχή των Agrad (9ος – 10ος αιώνας), Ουγγαρία .....	20
Εικόνα 7: Μαυσωλείο στην Romaz, Ουγγαρία .....	20
Εικόνα 8: Τρισδιάστατο ψηφιακό μοντέλο της εκκλησίας του Τιμίου Προδρόμου στο χωριό Αράπακας, Κύπρος. Στην υφιστάμενη κατάσταση και με την ανακατασκευή στο ψηφιοποιημένο μοντέλο. ....	21
Εικόνα 9: Οπτικοποίηση της διαδρομής του flight plan για τις nadir φωτογραφίες.....	24
Εικόνα 10: Οπτικοποίηση της διαδρομής πτήσης για τις oblique φωτογραφίες .....	24
Εικόνα 11: Σχεδιάγραμμα μετρήσεων στο πεδίο .....	25
Εικόνα 12: Βορειοανατολική όψη «Σάρλιτζα Παλλάς» στην αρχική της κατάσταση.....	25
Εικόνα 13: Αραιό νέφος σημείων (sparse point cloud) .....	27
Εικόνα 14: Αραιό νέφος σημείων μαζί με τις θέσεις των φωτογραφιών πτήσης .....	27
Εικόνα 15: Το πυκνό νέφος σημείων του ιστορικού μνημείου .....	27
Εικόνα 16: Οι θέσεις των σημείων ελέγχου που χρησιμοποιήθηκαν για την γεωαναφορά ....	29
Εικόνα 17: Πολυγωνικό πλέγμα μετά την εφαρμογή της υψής.....	30
Εικόνα 18: Ορθομωσαϊκό κάτοψης ιστορικού μνημείου .....	31
Εικόνα 19: Ορθομωσαϊκό βορειοανατολικής όψης ιστορικού μνημείου.....	32
Εικόνα 20: Ορθομωσαϊκό νοτιοδυτικής όψης ιστορικού μνημείου .....	32
Εικόνα 21: (α,β) Ορθομωσαϊκά βορειοδυτικής και νοτιοανατολικής όψης ιστορικού μνημείου .....	32
Εικόνα 22: Στάδια συνταύτισης αρχιτεκτονικού σχεδίου – ορθομωσαϊκού στην κάτοψη στέγης .....	33
Εικόνα 23: Δημιουργία ρηγματώσεων στο λογισμικό Autocad.....	34
Εικόνα 24: Υπόμνημα υλικών όψεων και παθολογίας .....	34
Εικόνα 25: Στάδια συνταύτισης αρχιτεκτονικού σχεδίου – ορθομωσαϊκού στην βορειοανατολική όψη .....	35
Εικόνα 26: Μέτρηση βάσης κολώνας στην κεντρική είσοδο.....	36
Εικόνα 27: Μέτρηση ύψους στηθαιίου εισόδου .....	37
Εικόνα 28: Μέτρηση μήκους στηθαιίου εισόδου .....	37
Εικόνα 29: Μέτρηση απόστασης ανάμεσα σε δύο παράθυρα .....	37
Εικόνα 30: Μέτρηση ύψους παραθύρου στον όροφο .....	38
Εικόνα 31: Ελεξεργασία οπτικοακουστικού υλικού στο λογισμικό Da Vinci Resolve .....	39
Εικόνα 32: Ορθοφωτοχάρτης ιστορικού μνημείου Σάρλιτζα Παλλάς κλίμακας 1:100 .....	40
Εικόνα 33: Αρχιτεκτονικό σχέδιο κάτοψης στέγης με παθολογία σε συνδυασμό με ορθομωσαϊκό σε κλίμακα 1:50.....	41
Εικόνα 34: Αρχιτεκτονικό σχέδιο βορειοανατολικής όψης με παθολογία σε συνδυασμό με ορθομωσαϊκό σε κλίμακα 1:50.....	42
Εικόνα 35: Αλλοιώσεις στα μεταλλικά κιγκλιδώματα του ψηφιακού μοντέλου .....	43
Εικόνα 36: Αλλοιώσεις στα παράθυρα του πρώτου ορόφου και η βλάστηση σε άμεση επαφή με το κτίριο .....	43
Εικόνα 37: Σημείο όπου το δέντρο δεν επιτρέπει οπτική επαφή .....	44
Εικόνα 38: Αλλοιώσεις στο μοντέλο λόγω της βλάστησης .....	44

## **Λίστα Πινάκων**

Πίνακας 1: Μετρήσεις στο πεδίο.....	25
Πίνακας 2: Συντεταγμένες των σημείων RTK για την γεωαναφορά .....	28
Πίνακας 3: Πίνακας σφαλμάτων για τα σημεία ελέγχου γεωαναφοράς.....	29
Πίνακας 4: Μετρήσεις στο τρισδιάστατο ψηφιακό μοντέλο.....	36
Πίνακας 5: Σύγκριση μετρήσεων στο πεδίο και το τρισδιάστατο ψηφιακό μοντέλο.....	36

## **Περίληψη**

Κύριος σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση μεθόδων τρισδιάστατης γεω-οπτικοποίησης, με χρήση μεθόδων UAV και τεχνολογιών υπολογιστικής όρασης για την ανάδειξη των πολιτιστικών μνημείων.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται για την συλλογή των δεδομένων περιλαμβάνει εναέρια μέσα ΣμηΕΑ, μετρήσεις RTK για την εξασφάλιση της ακρίβειας της θέσης, αρχιτεκτονικά σχέδια (2D) και μετρήσεις πεδίου για να εξασφαλιστεί η ακρίβεια αποτύπωσης του ψηφιακού μοντέλου.

Στην επεξεργασία των δεδομένων ακολουθείται μια σειρά διαδικασιών, η οποία αποτελείται από τη δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου μέσω του αλγορίθμου Structure from Motion (SfM), την ταξινόμηση του νέφους σημείων που δημιουργείται, την γεωαναφορά αυτού, την παραγωγή ορθομωσαϊκών και την συνταύτιση των αρχιτεκτονικών σχεδίων με τα ορθομωσαϊκά για την αποτύπωση των φθορών του κτιρίου. Στην συνέχεια, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της οπτικοποίησης, τα οποία είναι ο ορθοφωτοχάρτης κλίμακας 1:100, τα αρχιτεκτονικά σχέδια κάτοψης στέγης και όψης με παθολογία σε κλίμακα 1:50 και η κινούμενη τρισδιάστατη οπτικοποίηση.

Τέλος, μέσω αυτής της μεθοδολογίας επιχειρείται η αποτύπωση ιστορικών μνημείων με έντονη παθολογία με γρήγορο, εύχρηστο και προσιτό τρόπο. Όστε τα παραγόμενα αποτελέσματα να μπορέσουν να αξιοποιηθούν μεταγενέστερα σε ενδεχόμενη συντήρηση ή αποκατάσταση αυτών των μνημείων.

## **Abstract**

The main purpose of this diploma thesis is to investigate 3D geo-visualization methods, using UAV methods and computational vision technologies to highlight cultural monuments.

The methodology followed for data collection includes the current UAV instruments, RTK control points to ensure the accuracy of the position, architectural plans (2D) and field measurements to ensure the accuracy of the digital 3D model.

The data processing follows a series of procedures, which contains the creation of the 3D model through the algorithm Structure from Motion (SfM), the classification of the created point cloud, its georeferencing, the production of orthomosaics and the identification of architectural plans with the orthomosaics to capture the damage of the historical building. Then, the results of the visualization are presented, which are the orthophotomap at a scale of 1:100, the architectural plans of the roof plan and the elevation with pathology at a scale of 1:50 and the animated 3D visualization.

Finally, this methodology attempts, the capture of historical monuments with intense pathology in a fast, easy to use and accessible way. So that the results can be used later in the event of maintenance or restoration of these cultural monuments.



## **1. Σκοπός Εργασίας**

Κύριο σκοπό της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η διερεύνηση μεθόδων τρισδιάστατης γεω-οπτικοποίησης, με χρήση μεθόδων UAV και τεχνολογιών υπολογιστικής όρασης για την ανάδειξη των πολιτιστικών μνημείων. Από την παραπάνω διερεύνηση αναπτύσσεται μεθοδολογία για την αποτύπωση, καταγραφή και αξιολόγηση της παθολογίας των ιστορικών μνημείων. Το αποτέλεσμα της συγκεκριμένης εργασίας αποσκοπεί να συμβάλλει στην διαφύλαξη και προστασία της πολιτισμικής κληρονομιάς, ώστε μεταγενέστερα να μπορέσουν να ακολουθήσουν οι απαραίτητες ενέργειες για την αποκατάσταση και συντήρηση αυτών των μνημείων. Αναλυτικότερα, θα αξιοποιηθούν οι κατάλληλες τεχνικές γεωπληροφορικής, που προέρχονται από την τρισδιάστατη γεω-οπτικοποίηση και την κλασική δισδιάστατη χαρτογράφηση για την ανάλυση ποιότητας και ακρίβειας των τελικών προϊόντων, που θα παραχθούν. Στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία επιλέχθηκε να αποτυπωθεί το κτίριο Σάρλιτζα Παλλάς στην Παραλία Θερμής, Λέσβου, στο οποίο με την πάροδο των ετών έχει παρουσιαστεί έντονη παθολογία.

Τα πρωτογενή δεδομένα έχουν συλλεχθεί με εναέρια φωτογραμμετρία με πτήση μη επανδρωμένου αεροσκάφους (UAV) και τα δισδιάστατα αρχιτεκτονικά σχέδια θα επεξεργαστούν με κατάλληλα λογισμικά προγράμματα, ώστε να παραχθούν χρήσιμα γεωχωρικά δεδομένα, όπως πυκνά νέφη σημείων, τρισδιάστατα μοντέλα, ορθοφωτοχάρτες και να εξαχθούν μετρητικές πληροφορίες. Αυτή η μέθοδος, σε αντίθεση με τη συμβατική αποτύπωση μέσω του κλασσικού τρόπου φωτογράφισης, παρέχει τη δυνατότητα αναπαραγωγής του κτιρίου σε τρεις διαστάσεις και την πλήρη αποτύπωση της παθολογίας του. Τα παραγόμενα μοντέλα είναι γεωαναφερόμενα και χαρακτηρίζονται από υψηλή ανάλυση, μεγάλη ακρίβεια και διατηρούν το χρώμα και την υφή του πρωτότυπου.

### **1.2. Περιοχή μελέτης**

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στην ανατολική πλευρά της Λέσβου, βόρεια της πόλης της Μυτιλήνης στην περιοχή της Θερμής, όπου ανήκουν οι οικισμοί: Λουτρόπολη Θερμής και Πύργοι Θερμής. Από τα ανατολικά βρέχεται από το Αιγαίο πέλαγος και γειτονεύει με τα μικρασιάτικα παράλια, ενώ στα δυτικά οριοθετείται από βουνό. Επί τουρκοκρατίας, η περιοχή πήρε το όνομα της από τις «κίτρινες θερμές πηγές», που αναβλύζουν επί αιώνες εκεί και το βαθύ κίτρινο χρώμα, που αφήνει το νερό στις

δεξαμενές και τα αυλάκια. Αναλυτικά, η ονομασία «Σάρλιτζα» είναι σύνθετη λέξη στα τουρκικά και αποτελείται από το «Σαρή» που είναι το κίτρινο χρώμα και «Λήτζα», που είναι το υπόθερμο θεραπευτικό νερό, οι θερμοπηγές. Έτσι, από την ονομασία της περιοχής πήρε το όνομα του και το ξενοδοχείο Σάρλιτζα Παλλάς (Hotel Sarlidjé Palace). (Βουκλαρή, 2015)



Εικόνα 1: Απόψεις ευρύτερης περιοχή μελέτης «Σάρλιτζα Παλλάς»

Στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα, η ανάπτυξη των οικισμών της Θερμής, του οδικού δικτύου και η αύξηση λειτουργίας των λουτρικών εγκαταστάσεων ενίσχυσε την ανάγκη δημιουργίας καταλυμάτων. Έτσι, ξεκινάει η ανοικοδόμηση του επιβλητικού ξενοδοχείου «Σάρλιτζα Παλλάς» και το 1909, ολοκληρώνεται η πρώτη φάση κατασκευής του, με σχέδια Γάλλων αρχιτεκτόνων. Ιδιοκτήτης του ξενοδοχείου ήταν ο Χασάν εφέντη Μολλά Μουσταφά, αδερφός του Χιλμή Πασά και σημαντικός Οθωμανός αξιωματούχος, ο οποίος γεννήθηκε στη Λέσβο το 1855 και υπηρέτησε ως βεζίρης. Η κατασκευή του «Σάρλιτζα Παλλάς» την περίοδο του Χιλμή Πασά συμπίπτει με την ανάδυση του κινήματος των Νεότουρκων. Δεν είναι τυχαίο το γεγονός ότι στο εμβληματικό κτίριο, χρησιμοποιήθηκαν μορφολογικές αναφορές, που προβάλλουν τα οθωμανικά στοιχεία και η συνολική αρχιτεκτονική αντιμετώπιση προσπαθεί να προβάλλει την νέα τάξη πραγμάτων που επικρατούσε. (Βουκλαρή, 2015)

Το ξενοδοχείο «Σάρλιτσα Πάλλας» ξεκίνησε την επίσημη λειτουργία του την Πρωτομαγιά του 1910. Στην τοπική εφημερίδα "Σάλπιγξ" στις 29/4/1910 καταχωρείται η πρώτη διαφήμιση του ξενοδοχείου, η οποία ανέφερε: *"Την 1ην Μαΐου ανοίγει τας πύλας του εις το κοινόν το νεόδμητον Μέγα εν Θερμή ξενοδοχείον. Δωμάτια ευάερα και ευήλια, επίπλωσις τελειοτάτη, τροφή άφθονος καθαρά και υγιεινή, υπηρεσία πρόθυμος, τιμαί ακαταγόνισται. Θέα επί της θαλάσσης και των κατάφυτων βουνών. Τοποθεσία μαγευτική. Προσωπικόν ειδικόν μετακληθέν εκ Κων/λεως. Μαγειρική ανατολική και ελληνική. Θερμώς συνιστάται εις όλους. Το μέγα τούτο ξενοδοχείον θα καταστή βεβαίως το εντευκτήριον του καλού κόσμου της καθ' ημάς Ανατολής. Διότι κείται παρά τα θαυμάσια θερμά ύδατα της Θερμής τα από των αρχαίων χρόνων ονομαστά δι' ιαματικάς ιδιότητας. Τα ύδατα ταύτα θερμοκρασίας 500 εν τη πηγή και 430 εν τη δεξαμενή συνιστώνται υπό των ιατρών ως ιαματικά κατά των ρευματισμών, της αναιμίας, του χρόνιου κατάρρου της μήτρας, της λιθιάσεως του ήπατος και της κύστεως, της αρθρίτιδος κλπ."* Σε φύλλο της ίδιας εφημερίδας της 18/5/1910 συμπληρώνεται η διαφήμιση με τα εξής: *"Εν τω νέω περικαλλεί οικήματι παρέχεται κλίνη και τροφή άφθονος και υγιεινή, τρις της ημέρας αντί γρ. 40 κατ' άτομον και ημέραν. Τα δωμάτια των παλαιών οικημάτων ενοικιάζονται συμφώνως προς τους παλαιούς όρους"*. Από τον Ιούνιο του ίδιου έτους εντοπίζεται μια προσθήκη στο διαφημιστικό κείμενο που είναι η εξής: *"Καθ' εκάστην Κυριακή ωραία ορχήστρα παιανίζει εις τον μαγευτικόν κήπον του ξενοδοχείου. Ζύθος δε λαμπρός, παγωμένος πωλείται εις τιμάς λίαν συγκαταβατικάς. Ούτως ώστε οι θαμώνες του ξενοδοχείου ή οι εκδρομείς δεν ευρίσκουν λόγους να εξωτερικεύσωσι την πολλήν των ευχαρίστησιν"*.



Εικόνα 2: (α,β) Απόψεις του Σάρλιτσα Παλλάς στα πρώτα χρόνια λειτουργίας του

Στα ένδοξα έτη λειτουργίας του, φιλοξένησε πρίγκιπες, βασιλείς, πολιτικούς και ανθρώπους που υπηρετούσαν τα γράμματα και τις τέχνες. Είχε επιφανείς επισκέπτες

όπως ο Ελευθέριος Βενιζέλος, το βασιλικό ζεύγος Παύλος και Φρειδερίκη, ο Γεώργιος Παπανδρέου, ο Στρατής Μυριβήλης κ.α. Αυτό συνέβαινε λόγω του συνδυασμού των υπηρεσιών λουτροθεραπείας και της έντονης κοσμικής ζωής που προσέφερε στο κοινό.

Μετά τη Μικρασιατική Καταστροφή, το ξενοδοχείο και οι ιαματικές πηγές περνούν με συμβάσεις ανταλλαγής από τους κληρονόμους του Χασάν εφέντη, στο ελληνικό κράτος και στη συνέχεια στην Εθνική Τράπεζα το 1925. Στα επόμενα χρόνια που ακολουθούν παρά τους εκατοντάδες επισκέπτες και το υψηλό επίπεδο παροχής υπηρεσιών, ξεκινά για το κτιριακό συγκρότημα μια σταδιακή παραμέληση, λόγω έλλειψης συντήρησης από την Εθνική Τράπεζα. (Κοντής, 1978)

Τον Αύγουστο του 1933, το ξενοδοχείο βγαίνει σε δημοπρασία και αγοράζεται από το Ταμείο Σύνταξης και Αυτασφάλισης Υγειονομικών (ΤΣΑΥ). Από τότε η πορεία του υπήρξε σταθερά καθοδική καθώς το Ταμείο παρά την οικονομική επιφάνεια του, δεν ανταποκρίθηκε αντίστοιχα στις προσδοκίες και δεν επένδυσε για να διατηρήσει το υψηλό επίπεδο του ξενοδοχείου. Από το 1965 και μετά, το ξενοδοχείο λειτουργεί με διάφορους διαχειριστές που παρατείνουν τυπικά την λειτουργία του. Το 1982 σταματάει οριστικά να λειτουργεί και παραμένει σε αχρηστία μέχρι πρόσφατα.



Εικόνα 3: Άποψη του «Σάρλιτζα Παλλάς» σήμερα

Στην σημερινή εποχή, ο ΕΦΚΑ (πρώην ΕΤΑΑ-ΤΣΑΥ) που είναι πλέον ιδιοκτήτης, παραχωρεί για 25 έτη, τη χρήση και εκμετάλλευση των θερμοπηγών και του ξενοδοχείου «Σάρλιτζα» στην Περιφέρεια Βορείου Αιγαίου. Αυτό συμβαίνει, με στόχο τη διάσωση, την ανάδειξη, την αξιοποίηση και την εκμετάλλευση των εγκαταστάσεων των θερμοπηγών, του κτιρίου του «Σάρλιτζα» και του περιβάλλοντος χώρου αυτών, προκειμένου να υπάρξει ανάπτυξη της περιοχής. Πρόσφατα, η Περιφέρεια Βορείου Αιγαίου για την επίτευξη του παραπάνω στόχου, αποφάσισε την προκήρυξη ανοικτού αρχιτεκτονικού διαγωνισμού προσχεδίων μελέτης υλοποίησης για την αξιοποίηση οικοπέδου Σάρλιτζα με δημιουργία Θερμαλιστικού Κέντρου και Πολιτιστικού Συγκροτήματος, στη Λουτρόπολη Θερμής.

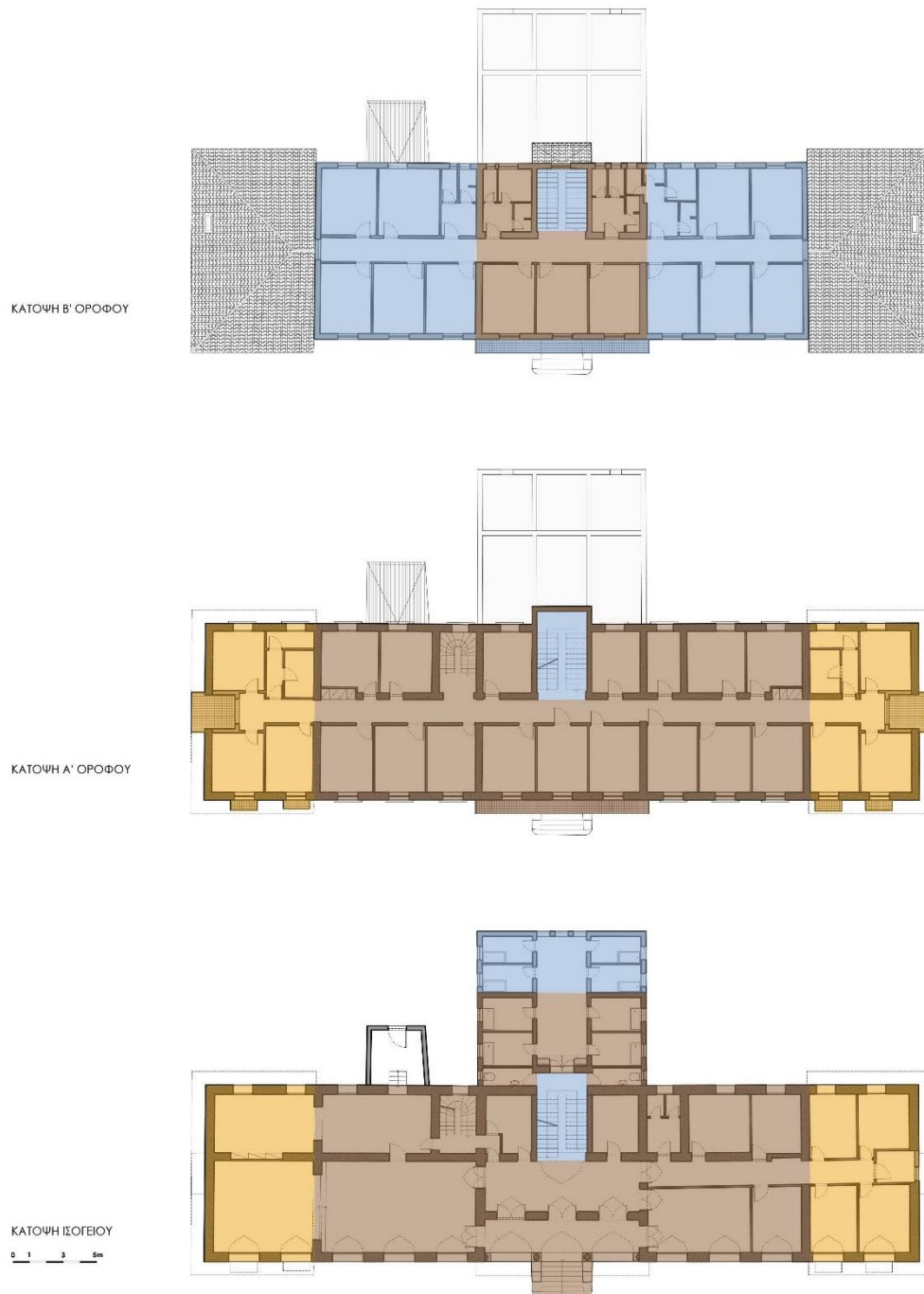
### **1.3. Οικοδομικές φάσεις του κτιρίου**

Το κτίριο περιλαμβάνει υπόγειο, ισόγειο, Α' όροφο και Β' όροφο και εξελίσσεται σε τρεις οικοδομικές φάσεις, οι οποίες περιλαμβάνουν:




- Την πρώτη το 1909, όπου το κτίριο είναι διώροφο κεραμοσκεπές, αναπτύσσεται συμμετρικά σε τρεις όγκους με το κεντρικό τμήμα υπερυψωμένο κατά ένα όροφο.
- Την δεύτερη το 1936 με την πρώτη επέκταση να περιλαμβάνει δύο προσθήκες κατ' επέκταση και καθ' ύψος σε επαφή με τους αρχικούς διώροφους όγκους.
- Την τρίτη το 1952-1965 όπου το κτίριο αποκτά την σημερινή του μορφή, με την καθ' ύψος προσθήκη στον τρίτο όροφο και την κατασκευή λουτρών στην πίσω πλευρά του ισογείου.

Το κεντρικό κτίριο κρίνεται διατηρητέο το 1987 (ΥΕΚ314/ΣΒ/22-6-1987), ενώ το 1995 κρίθηκαν εξίσου διατηρητέα και τα δύο βοηθητικά κτίρια (ΥΕΚ626/ΣΒ/95).





*Εικόνα 4: Οικοδομικές φάσεις του ξενοδοχείου «Σάρλιτσα Παλλάς» (πηγή: Παπαλέξη Κ, 2019)*

-  ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ | 1909
-  Α ΕΠΕΚΤΑΣΗ | 1936
-  Β ΕΠΕΚΤΑΣΗ | 1952 - 1965

## **2. Θεωρητικό πλαίσιο**

### **2.1. Συστήματα μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών (ΣμηΕΑ) - Unmanned Aerial Vehicles (UAV)**

Τα συστήματα μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών ή στα αγγλικά Unmanned Aerial Vehicles αποτελούνται από όλους τους τύπους μη επανδρωμένων αυτόνομων αεροσκαφών. Τα ΣμηΕΑ είναι εναέρια αεροσκάφη, που ελέγχονται από απόσταση και μπορούν να λειτουργήσουν ως αυτόνομα, ημιαυτόνομα ή σε συνδυασμό ανάλογα με τις εκάστοτε ρυθμίσεις. Δίνουν την δυνατότητα συλλογής δεδομένων σε περιοχές, που δεν είναι εφικτό μέσω δορυφορικών μέσων και ταυτόχρονα προσφέρουν δεδομένα υψηλότερης χωρικής και χρονικής ανάλυσης (Singh and Frazier, 2018).

Ένα σύστημα μη επανδρωμένου αεροσκάφους αποτελεί ένα σύνολο τεχνολογιών και περιλαμβάνει τρία κύρια μέρη. Αυτά είναι: το εναέριο μη επανδρωμένο όχημα, η κάμερα υψηλής ανάλυσης που φέρει το σκάφος και το επίγειο σύστημα ελέγχου που αποτελείται από τις κατάλληλες συσκευές (χειριστήριο, smartphone κτλ), για την προώθηση αυτοματοποιημένων εντολών, χειρισμού και ελέγχου του οχήματος και την προβολή του καταγεγραμμένου υλικού της κάμερας σε πραγματικό χρόνο (Χαϊδάς 2017).

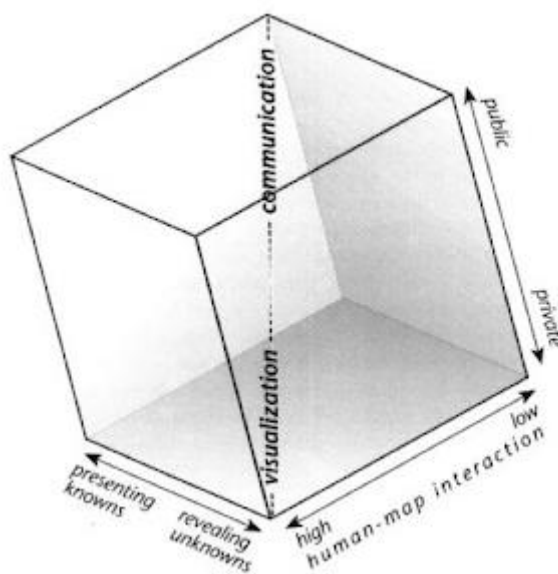
Στην δεκαετία του '70, τα ΣμηΕΑ ή UAV άρχισαν να χρησιμοποιούνται κυρίως για στρατιωτικούς σκοπούς. Τα τελευταία χρόνια όμως, αξιοποιούνται ευρέως από ποικίλους επιστημονικούς κλάδους όπως: τοπογραφία, φωτογραμμετρία, τηλεπισκόπηση, παρακολούθηση του κλίματος, χαρτογραφία, κτηματολόγιο, αρχαιολογικές εφαρμογές, παρακολούθηση κινδύνων και φυσικών καταστροφών, γεωργία, δασοκομία κ.α. (Χαϊδάς, 2017). Επιπλέον, εξαιτίας του ενσωματωμένου συστήματος GPS και της υψηλής ανάλυσης κάμερας, μπορεί να γίνει αξιοποίηση των αεροφωτογραφιών και επεξεργασία τους με τη χρήση τεχνικών φωτογραμμετρίας, με αποτέλεσμα την δημιουργία χαρτών και τρισδιάστατων ψηφιακών μοντέλων (Hatch, 2018).

## **2.2. Οπτικοποίηση**

Σύμφωνα με το U.S National Science Foundation on Visualisation in Scientific Computing με τον όρο οπτικοποίηση νοείται «η επιστημονική μέθοδος που ενσωματώνει την δύναμη των ηλεκτρονικών υπολογιστών και της ανθρώπινης οξυδέρκειας στο να κατευθύνουν τα αποτελέσματα της επιστημονικής έρευνας πέρα από τα όρια των μαθηματικοποιημένων και στατιστικών αναλύσεων» (MacEachren, A. M. et al., 2004).

## **2.3. 3d Γεω-οπτικοποίηση**

Στον κλάδο της Γεωπληροφορικής, η γεω-οπτικοποίηση εφαρμόζεται έχοντας τέσσερις βασικούς άξονες, την απεικόνιση των γεωχωρικών δεδομένων, την ανάλυση γνωστών δεδομένων, τη σύνθεση των αποτελεσμάτων από την ανάλυση και τέλος την παρουσίαση της γεωγραφικής πληροφορίας στο κοινό. Οι άξονες του κύβου απεικονίζουν την εργασία που πραγματοποιείται, το κοινό που την εκτελεί και τον βαθμό αλληλεξάρτησης με τα δεδομένα οπτικοποίησης (MacEachren, A. M. et al., 2004).



Εικόνα 5: Οι τέσσερις λειτουργίες της γεω-οπτικοποίησης

Η έννοια της τρισδιάστατης οπτικοποίησης αναφέρεται στην αναπαράσταση τρισδιάστατων αντικειμένων και επιφανειών. Για μεγάλη περίοδο, δεν παρατηρήθηκε διάκριση και αποτελεσματική χρήση της τρίτης διάστασης, ενώ χρησιμοποιούνταν σε διάφορα συστήματα οπτικοποίησης. Οι τρεις διαστάσεις δίνουν την δυνατότητα παρατήρησης του ψηφιακού μοντέλου από πολλές, διαφορετικές οπτικές γωνίες ενός



αντικειμένου ή και μιας ολόκληρης περιοχής. Η ικανότητα του ανθρώπου να βλέπει τρισδιάστατα συντελεί σημαντικά στην κατανόηση των πολύπλοκων γεωμετριών. (Dykes, et al,2005).

Η τρισδιάστατη γεω-οπτικοποίηση εφαρμόζεται σε επιστημονικά πεδία όπως: οι μηχανισμοί σχεδιασμού, περιβαλλοντικές αναλύσεις, εκπαίδευση, πηγές πληροφοριών (Dykes, et al,2005).

#### **2.4. Η έννοια του μνημείου**

Στο πέρασμα των χρόνων, η έννοια του μνημείου ως αντικείμενο προστασίας, πέρασε από πολλά στάδια. Η ετυμολογία της λέξης μνημείο, είναι από το ομηρικό ρήμα *μνάομαι – μνώμαι*, μεταγενέστερα από το *μιμνήσκω-μιμνήσκομαι*. Στα λατινικά, προέρχεται από το ρήμα *monere* και από εκεί προκύπτει και το *monumentum*, το οποίο σημαίνει οτιδήποτε ανακαλεί στη μνήμη ή υπενθυμίζει κάτι. Η κυριολεκτική έννοια του μνημείου, είναι ταυτόσημη με το μεμονωμένο κτίσμα-σήμα κατατεθέν της διαιώνισης μνήμης ενός προσώπου ή ενός ιστορικού γεγονότος, δίνοντας έμφαση στην μνημειακότητα (Μαλλούχου-Tuffano, 2011).

Η έννοια του αντικειμένου προστασίας έχει μεγάλο και ποικίλο φάσμα αξιών και αποτελεί αντικείμενο πολλών κειμένων των αρχών προστασίας. Το 1931, στο Χάρτη των Αθηνών, ως αντικείμενο προστασίας ορίζονται «*τα μνημεία με ιστορικό, καλλιτεχνικό ή επιστημονικό ενδιαφέρον και το άμεσο περιβάλλον τους*» (άρθρα I και II). Μετέπειτα, στον Χάρτη της Βενετίας το 1964, εισέρχεται η έννοια του ιστορικού μνημείου, η οποία «*δεν αναφέρεται μόνο σε μεμονωμένα αρχιτεκτονικά έργα αλλά και σε αστικούς ή αγροτικούς τόπους και μνημειακά σύνολα με πολιτιστική ή ιστορική σημασία*» (άρθρα 1 και 14). Τέλος, το 1968 στις συστάσεις της UNESCO εμφανίζεται η ευρύτερη έννοια του πολιτιστικού αγαθού (cultural property), η οποία περιλαμβάνει «*ιστάμενα και κινητά αγαθά, όπως αρχαιολογικούς, ιστορικούς ή επιστημονικούς χώρους, κτίσματα, ιστορικές συνοικίες, εθνολογικά κτίσματα του παρελθόντος, ακόμη και ερείπια με εμφανή ή αφανή με πολιτιστική σημασία*» (άρθρα 1 και 2) (Μαλλούχου-Tuffano, 2011).

## **2.5. Πολιτιστική κληρονομιά**

Στη Σύμβαση για την Προστασία της Παγκόσμιας Πολιτιστικής και Φυσικής Κληρονομιάς της UNESCO, το 1972 χρησιμοποιείται για πρώτη φορά ο όρος Πολιτιστική Κληρονομιά (Cultural Heritage). Η Πολιτιστική Κληρονομιά περιλαμβάνει μνημεία, κτιριακά σύνολα, τόπους οργανωμένους από τον άνθρωπο ή και δημιουργήματα του ανθρώπου και της φύσης με ιστορική, αισθητική, εθνολογική ή και ανθρωπολογική σημασία (Μαλλούχου-Tuffano, 2011).

## **2.6. Συστάσεις για την προστασίας των ιστοριών μνημείων**

Ενδεικτικά, μερικές συστάσεις-κείμενα με διεθνή αναγνώριση σε σχέση με την προστασία των ιστορικών μνημείων και της πολιτιστικής κληρονομιάς είναι:

- Συστάσεις για την Προστασία του Κάλλους και του Χαρακτήρα Τοπίων και Τόπων, UNESCO, 1962.
- Συστάσεις για την Προστασία των Πολιτιστικών Αγαθών από Δημόσια ή Ιδιωτικά Έργα, UNESCO, 1968.
- Συστάσεις για την Προστασία σε Εθνικό Επίπεδο της Πολιτιστικής και Φυσικής Κληρονομιάς, UNESCO, 1972.
- Συστάσεις για την Προστασία και τον Σύγχρονο Ρόλο των Ιστορικών Χώρων, UNESCO, 1976.
- Διακήρυξη της Δρέσδης για την Ανοικοδόμηση Μνημείων κατεστραμμένων από τον Πόλεμο, ICOMOS, 1982.
- Διακήρυξη της Nara για την Αυθεντικότητα, σε σχέση με τη Σύμβαση για την Προστασία της Παγκόσμιας Πολιτιστικής και Φυσικής Κληρονομιάς, ICOMOS-ICCROMUNESCO, 1994.
- Οικουμενική Διακήρυξη της Πολιτισμικής Ποικιλότητας, UNESCO, 2001.
- Σύσταση για το Ιστορικό Πολεοδομημένο Τοπίο, με γλωσσάριο ορισμών, UNESCO, 2011.
- Διακήρυξη Φλωρεντίας για την Πολιτιστική Κληρονομιά και το Τοπίο ως Ανθρώπινες Αξίες, ICOMOS, 2014.

## **2.7. Αρχές τεκμηρίωσης μνημείων**

Για την καλύτερη προστασία των ιστορικών μνημείων, ώστε να τεκμηριωθούν τα αναγκαία μέτρα που πρέπει να παρθούν για την αποκατάσταση και συντήρησή τους, απαιτείται συλλογή πληροφοριών, επεξεργασία, καταγραφή και αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασής τους. Πιο αναλυτικά, η αποτύπωση ενός ιστορικού μνημείου αποτελεί την καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης, μορφής και σχήματος του σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Αποτέλεσμα αυτής της καταγραφής είναι η παραγωγή σχεδίων, που θα αποτελέσουν βάση και αξιόπιστο υπόβαθρο για τα επόμενα στάδια της μελέτης προστασίας.

Κύριοι φορείς της ολοκληρωμένης προστασίας αποτελούν, η τοπική αυτοδιοίκηση όλων των βαθμών, αλλά και οι απλοί πολίτες, η ενεργή συμμετοχή των οποίων επιζητείται. Τέλος, εργαλεία για την εφαρμογή της ολοκληρωμένης προστασίας είναι η συστηματική ευρετηρίαση του μνημειακού πλούτου των χωρών, η δημιουργία του κατάλληλου νομοθετικού και διοικητικού πλαισίου, η εξασφάλιση των αναγκαίων χρηματικών πόρων και η δημιουργία οικονομικών κινήτρων, η διεπιστημονική συνεργασία μεταξύ επιστημόνων του τομέα της συντήρησης, των χωροτακτών και πολεοδόμων, η συστηματική εκπαίδευση και η ενημέρωση των πολιτών (Μαλλούχου-Tuffano, 2011).

## **2.8. Εφαρμογές 3d γεω-οπτικοποίησης στην πολιτιστική κληρονομιά**

Η αναγνώριση της ζωτικής σημασίας της πολιτιστικής κληρονομιάς, σε συνδυασμό με την ανάπτυξη της τεχνολογίας τις τελευταίες δεκαετίες οδήγησε στην ψηφιοποίηση της. Αυτό συνέβη, προκειμένου να υπάρχει η δυνατότητα τεκμηρίωσης και καταγραφής της κατάστασης των χώρων πολιτιστικής κληρονομιάς. Η ψηφιοποίηση αυτή αποτελεί μια διεπιστημονική διαδικασία διαχείρισης των μνημείων σε ένα τεχνολογικό περιβάλλον. Αρχικά, πολλά μνημεία βρίσκονται σε δύσβατες και απρόσιτες περιοχές, επηρεαζόμενα από διάφορους φυσικούς και ανθρωπογενείς παράγοντες. Επομένως, η ψηφιοποίηση χώρων πολιτιστικής κληρονομιάς μπορεί να συντελέσει σε περιπτώσεις συντήρησης και αποκατάστασης αυτών. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να υπάρξει πρόσβαση του κοινού στα ιστορικά μνημεία, μέσω βάσεων δεδομένων ψηφιακά. Παρόλα αυτά, υπάρχει μεγάλη έλλειψη τεκμηρίωσης στον συγκεκριμένο τομέα. Μόνο το 10% των ιστορικών τοποθεσιών του κόσμου είναι ψηφιοποιημένο (Themistocleous K, et al, 2019).

Υπάρχουν πολλοί οργανισμοί διεθνώς που έχουν ξεκινήσει ψηφιοποίηση ιστορικών μνημείων. Επίσης, έχει αναπτυχθεί και η ψηφιακή αναπαράσταση και μοντελοποίηση των έργων τέχνης, δημιουργώντας πολυδιάστατα μοντέλα του εκάστοτε αντικειμένου, βοηθώντας στην λεπτομερή και βαθύτερη κατανόηση και μελέτη τους (Themistocleous K, et al, 2019).

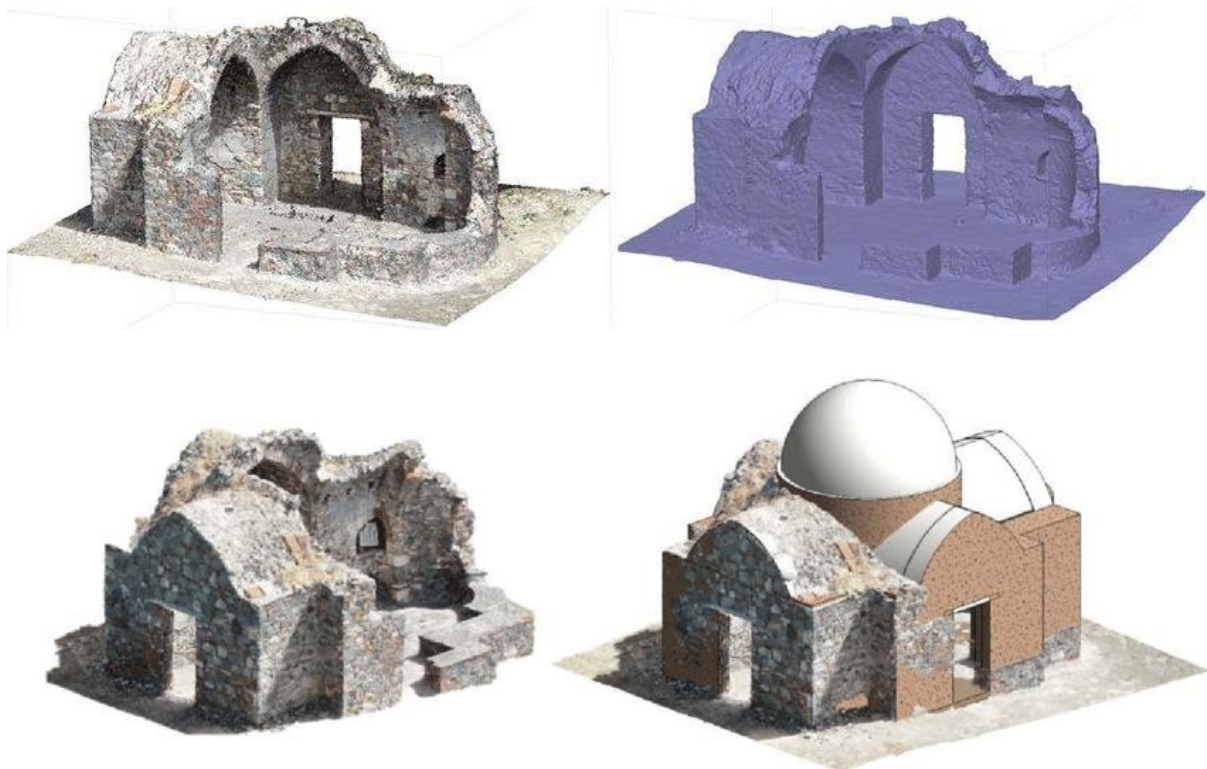


Εικόνα 7: Ερείπια εκκλησίας από την εποχή των Αγραδ (9ος – 10ος αιώνας), Ουγγαρία

Εικόνα 6: Μανσωλείο στην Romaz, Ουγγαρία

Σήμερα, αρκετές χώρες έχουν ήδη δημιουργήσει βάσεις δεδομένων για τη διαχείριση και τη διατήρηση της πολιτιστικής τους κληρονομιάς, όπως είναι η Ιταλία, η Σερβία και η Βοσνία-Ερζεγοβίνη. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή πρότεινε την ψηφιοποίηση των πολιτιστικών μνημείων, όπου το κοινό θα μπορεί να έχει πρόσβαση ηλεκτρονικά. Έτσι, δημιουργήθηκε το I2010 Digital Libraries με 465 συνολικά μνημεία (Themistocleous K, et al, 2019).

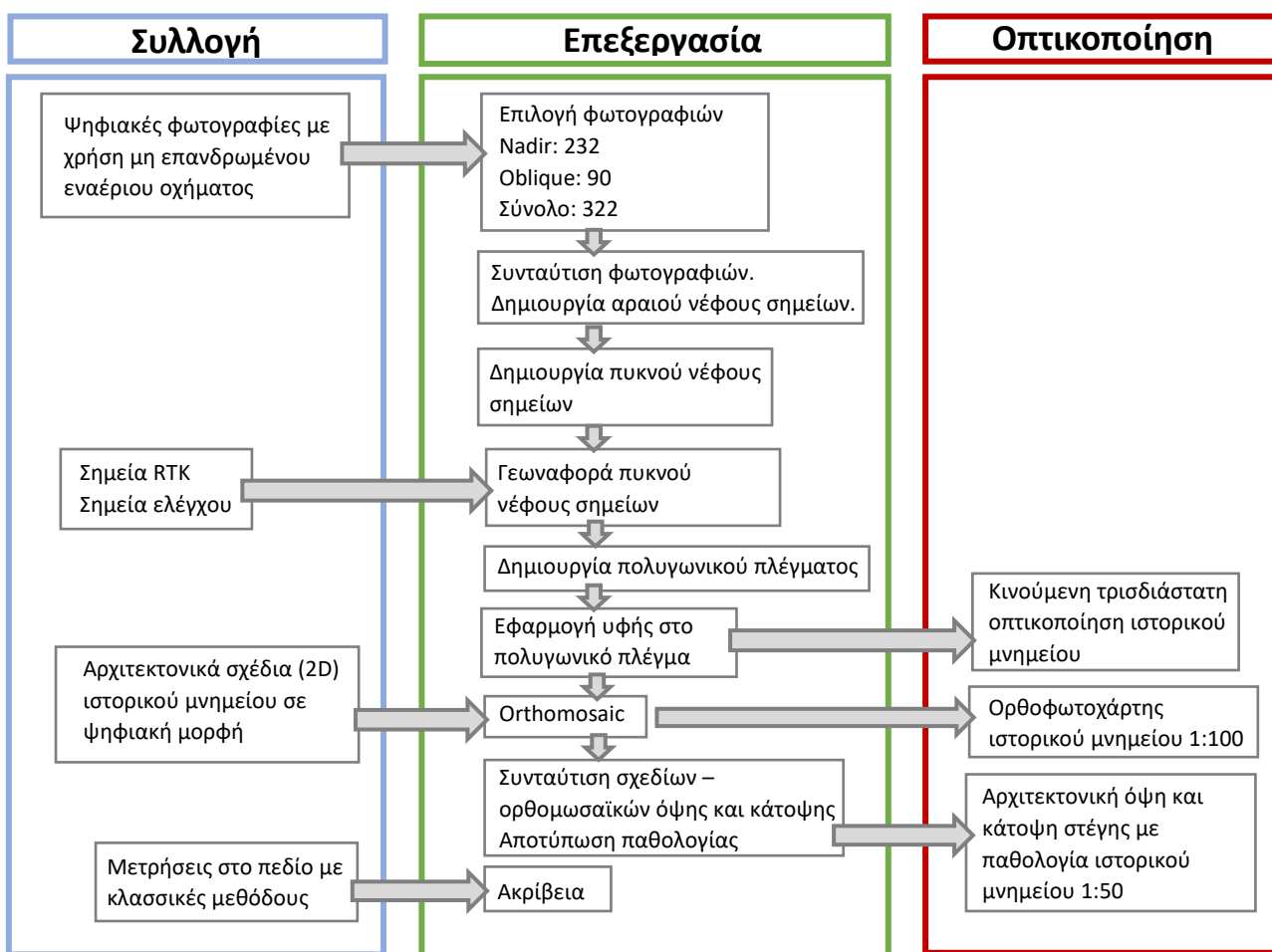
Σε εθνικό και κυπριακό επίπεδο, υπάρχει το ερευνητικό έργο «Digital unblocking of holy islands», το οποίο στοχεύει στην απόκτηση τρισδιάστατων ψηφιακών συνόλων δεδομένων σε ιστορικά, θρησκευτικά μνημεία και ευρήματα στις περιοχές της Αρχιεπισκοπής Κρήτης στην Ελλάδα και της Ιεράς Επισκοπής Λεμεσού Κύπρου. Τα δεδομένα του έργου διερευνήθηκαν, ώστε να δημιουργηθεί μια γεωβάση δεδομένων που θα συνδέεται με μια πλατφόρμα Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (GIS), που θα λειτουργεί ως ψηφιακός άτλαντας των θρησκευτικών μνημείων (Themistocleous K, et al, 2019).



*Εικόνα 8: Τρισδιάστατο ψηφιακό μοντέλο της εκκλησίας του Τίμιου Προδρόμου στο χωριό Αράπακας, Κύπρος. Στην υφιστάμενη κατάσταση και με την ανακατασκευή στο ψηφιοποιημένο μοντέλο.*

### 3. Μεθοδολογία

Η συγκεκριμένη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την επίτευξη του σκοπού πραγματοποιήθηκε σε τρία βασικά στάδια. Αυτά είναι η συλλογή δεδομένων, η επεξεργασία δεδομένων και η οπτικοποίηση. Στο πρώτο στάδιο είναι η συλλογή δεδομένων, η οποία περιλαμβάνει εναέρια μέσα ΣμηΕΑ, μετρήσεις RTK για την εξασφάλιση της ακρίβειας της θέσης, αρχιτεκτονικά σχέδια (2D) και μετρήσεις πεδίου για να εξασφαλιστεί η ακρίβεια αποτύπωσης του ψηφιακού μοντέλου. Η επεξεργασία των δεδομένων απαιτεί μια σειρά διαδικασιών, η οποία αποτελείται από τη δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου μέσω του αλγορίθμου Structure from Motion (SfM), την ταξινόμηση του νέφους σημείων που δημιουργείται, την γεωαναφορά του, την παραγωγή ορθομωσαϊκών και την συνταύτιση των αρχιτεκτονικών σχεδίων με τα ορθομωσαϊκά για την καταγραφή των φθορών του κτιρίου. Τέλος, στην οπτικοποίηση παρουσιάζονται τα παρακάτω χαρτογραφικά προϊόντα όπως ορθοφωτοχάρτης κλίμακας 1:00, κινούμενη τρισδιάστατη οπτικοποίηση και τα αρχιτεκτονικά σχέδια κάτοψης στέγης και όψης με παθολογία σε κλίμακα 1:50.



### **3.1 Συλλογή δεδομένων**

Η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε μετά από τις εγκρίσεις των αρμόδιων υπηρεσιών για το ιστορικό μνημείο και τον περιβάλλοντα χώρο του. Αναλυτικότερα, η Υπηρεσία Νεωτέρων Μνημείων με την υπ. αριθμ. 2866/29-10-2020 επέτρεψε την επίγεια και εναέρια φωτογράφιση του κτιρίου. Επίσης, η Εφορεία Αρχαιοτήτων Λέσβου με την υπ. αριθμ. 10780/02-11-2020 επέτρεψε την επίγεια και εναέρια φωτογράφιση του κτιρίου, αλλά όχι των αρχαίων οικοδομικών κατάλοιπων, που βρίσκονται στον αύλειο χώρο του μνημείου.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν, όπως φαίνεται και στο παραπάνω διάγραμμα είναι:

- η συλλογή των γεωαναφερμένων ψηφιακών φωτογραφιών υψηλής ανάλυσης με τη χρήση UAV
- οι μετρήσεις RTK για την ακρίβεια θέσης των δεδομένων
- οι μετρήσεις των αποστάσεων για τον έλεγχο της ακρίβειας του μοντέλου
- το ψηφιακό αρχείο των αρχιτεκτονικών σχεδίων.

#### **3.1.1. Ψηφιακές φωτογραφίες υψηλής ανάλυσης**

Τα δεδομένα συλλέχθηκαν με δύο τρόπους λήψης, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν συνδυαστικά για να επιτευχθεί η λήψη όσο περισσότερων επιφανειών του κτιρίου από διαφορετικές οπτικές γωνίες. Έγινε η λήψη 322 γεωαναφερμένων φωτογραφιών υψηλής ανάλυσης, εκ των οποίων ήταν 232 nadir και 90 oblique φωτογραφίες.

Ο τρόπος πτήσης που επιλέχθηκε για την συλλογή των φωτογραφιών είναι με τη χρήση flight plan, σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο, ώστε να επιτευχθεί η κάλυψη ολόκληρου του οικοπέδου, που βρίσκεται το κτίριο. Το ύψος της πτήσης ορίστηκε στα 35 μέτρα και λήφθηκαν 232 nadir γεωαναφερμένες φωτογραφίες υψηλής ανάλυσης.





Εικόνα 9: Οπτικοποίηση της διαδρομής του flight plan για τις nadir φωτογραφίες

Στην συνέχεια, για την λήψη των oblique γεωαναφερμένων φωτογραφιών υψηλής ανάλυσης έγινε χειροκίνητα, κάνοντας περιμετρική κίνηση γύρω από το κτίριο, όπως φαίνεται στην εικόνα. Ταυτόχρονα, με χειροκίνητο έλεγχο της κλίσης της κάμερας πραγματοποιήθηκε η λήψη 90 φωτογραφιών, ώστε να υπάρξει η απαιτούμενη αλληλοεπικάλυψη μεταξύ τους για το επιθυμητό αποτέλεσμα.



Εικόνα 10: Οπτικοποίηση της διαδρομής πτήσης για τις oblique φωτογραφίες



### 3.1.2. Μετρήσεις στο πεδίο

Οι μετρήσεις στο πεδίο πραγματοποιήθηκαν με κλασσικές μεθόδους. Έγιναν μετρήσεις αποστάσεων μεταξύ διακριτών σημείων στην βορειοανατολική όψη του κτιρίου «Σάρλιτza Παλλάς» με τη χρήση μετρητικής ταινίας.

Αντικείμενο μέτρησης	Πεδίο(m)
1. Βάση κολώνας κεντρικής εισόδου	0.50 m
2. Ύψος στηθαίου εισόδου	0.90 m
3. Μήκος στηθαίου εισόδου	2.47 m
4. Απόσταση ανάμεσα σε δύο παράθυρα	1.26 m
5. Ύψος παραθύρου στον όροφο	2.17 m

Πίνακας 1: Μετρήσεις στο πεδίο



Εικόνα 11: Σχεδιάγραμμα μετρήσεων στο πεδίο

### 3.1.3. Αρχιτεκτονικά σχέδια

Η αρχιτεκτονική μελέτη του ξενοδοχείου «Σάρλιτza Παλλάς» σε ψηφιακή μορφή παραχωρήθηκε από συνάδελφο που είχε αποτυπώσει το κτίριο αναλλοίωτο, χωρίς την παθολογία του, όπως ήταν στην αρχική κατάσταση.



Εικόνα 12: Βορειοανατολική όψη «Σάρλιτza Παλλάς» στην αρχική της κατάσταση

### **3.2 Επεξεργασία Δεδομένων**

Η επεξεργασία των πρωτογενών δεδομένων αναφέρεται στα παρακάτω βήματα:

- Η επιλογή των φωτογραφιών που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία του μοντέλου.
- Η συνταύτιση των φωτογραφιών που επιλέχθηκαν και η δημιουργία αραιού νέφους σημείων.
- Η δημιουργία πυκνού νέφους σημείων, το οποίο είναι αποτέλεσμα της επεξεργασίας του αραιού νέφους.
- Η γεωναφορά του νέφους σημείων με την χρήση των σημείων RTK.
- Η δημιουργία πολυγωνικού πλέγματος, που αναπαριστά την επιφάνεια του κτιρίου.
- Η εφαρμογή υψής στο πολυγωνικό πλέγμα, η οποία εξάγεται από τις ψηφιακές φωτογραφίες που χρησιμοποιήθηκαν.
- Η δημιουργία orthomosaic, η επεξεργασία του οποίου θα μας δώσει όλες τις όψεις του κτιρίου σε υψηλή ανάλυση για άντληση πληροφοριών.
- Η συνταύτιση των αρχιτεκτονικών σχεδίων με τα ορθομωσαϊκά και η αποτύπωση της παθολογίας του κτιρίου.
- Η ακρίβεια του μοντέλου θα εξακριβωθεί, κάνοντας σύγκριση των μετρήσεων στο πεδίο με εκείνες του πολυγωνικού πλέγματος.
- Η δημιουργία τρισδιάστατης κινούμενης οπτικοποίησης.

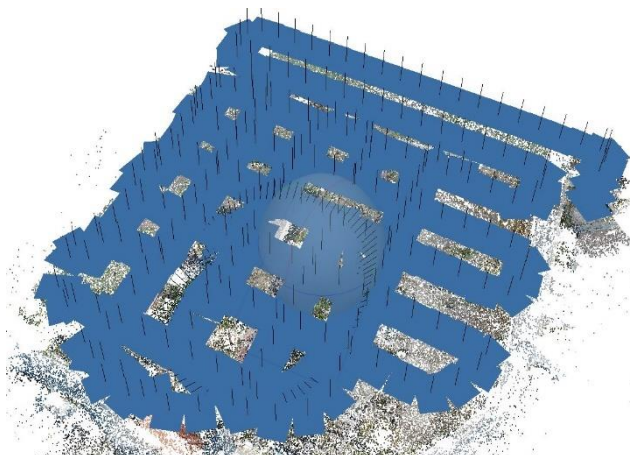
#### **3.2.1. Επιλογή φωτογραφιών**

Στο σύνολο των 322 ψηφιακών φωτογραφιών υψηλής ανάλυσης έγινε ποιοτική αξιολόγηση. Το αποτέλεσμα αυτής έδειξε ότι δεν υπήρχαν φωτογραφίες με σημαντικές αλλοιώσεις. Μετά την αξιολόγηση ακολούθησε ποιοτικός έλεγχος, όπου στις 90 oblique φωτογραφίες και τις 232 nadir φωτογραφίες δεν απορρίφθηκε καμία. Δεν υπήρχαν πολλές επαναλαμβανόμενες φωτογραφίες από κοινά σημεία, οπότε δεν κρίθηκε απαραίτητο.

#### **3.2.2. Συνταύτιση φωτογραφιών – Δημιουργία αραιού νέφους σημείων (Align – sparse point cloud)**

Το επόμενο βήμα είναι η συνταύτιση των φωτογραφιών μέσω κοινών διακριτών σημείων, που εξήχθησαν από τις γεωαναφερμένες ψηφιακές φωτογραφίες μέσω του

λογισμικού Agisoft Metashape (Haghighattalab, 2016). Αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι να βρεθεί η θέση και ο προσανατολισμός της κάμερας για την κάθε φωτογραφία και η δημιουργία αραιού νέφους σημείων (sparse point cloud) από τα διακριτά σημεία που εξήχθησαν από τις φωτογραφίες. Το αραιό νέφος σημείων που δημιουργήθηκε αποτελείται από 210.991 σημεία. Λόγω των γεωαναφερμένων ψηφιακών φωτογραφιών, το αραιό νέφος σημείων είναι γεωαναφερμένο. Μετά την δημιουργία του αραιού νέφους σημείων, επιλέχθηκαν τα σημεία που αναπαριστούν το κτίριο με μια μικρή περιοχή περιμετρικά αυτού και τα υπόλοιπα σημεία του περιβάλλοντος χώρου διαγράφηκαν.



Εικόνα 14: Αραιό νέφος σημείων μαζί με τις θέσεις των φωτογραφιών πτήσης



Εικόνα 13: Αραιό νέφος σημείων (sparse point cloud)

### **3.2.3. Δημιουργία πυκνού νέφους σημείων (Dense point cloud)**

Στην συνέχεια, δημιουργήθηκε το πυκνό νέφος σημείων (dense point cloud), μέσω εφαρμογής των τεχνικών multi view stereo στο αραιό νέφος των 210.991 σημείων. Το πυκνό νέφος σημείων που δημιουργήθηκε σε υψηλή ποιότητα αποτελείται από 15.443.681 σημεία



Εικόνα 15: Το πυκνό νέφος σημείων του ιστορικού μνημείου

### **3.2.4. Γεωαναφορά νέφους σημείων**

Στο στάδιο της γεωαναφοράς, χρησιμοποιήθηκαν τα σημεία ελέγχου που πάρθηκαν με το RTK και το πυκνό νέφος σημείων που δημιουργήθηκε σε προηγούμενο στάδιο για το κτίριο. Τα σημεία ελέγχου που επιλέχθηκαν στο περιβάλλον χώρο του κτιρίου είναι χαρακτηριστικά και εύκολα αναγνωρίσιμα, μέσω των ψηφιακών φωτογραφιών. Στην συνέχεια, γίνεται αναζήτηση αυτών των σημείων, ώστε να γίνει συνταύτιση των εικόνων και το τρισδιάστατο νέφος σημείων και όλα τα παράγωγα του να είναι γεωαναφερμένα.

Για να επιτευχθεί αυτό, αναζητήθηκαν 6 κοινά, ευδιάκριτα και σταθερά σημεία που επιλέχθηκαν στο πεδίο έρευνας. Κατά την επιλογή των σημείων, εξαιρέθηκαν σημεία σε βλάστηση, νερό και σκιές εξαιτίας της μεταβολής τους. Επιλέχθηκαν πέντε σημεία περιμετρικά του οικοπέδου και ένα σημείο κεντρικά του οικοπέδου, μπροστά από την βορειανατολική όψη του κτιρίου. Οι συντεταγμένες αυτών των σημείων φαίνονται στο παρακάτω πίνακα:

A/A	X	Y	Z
Σημείο 1	715633.546	4339766.261	1.272
Σημείο 2	715513.216	4339745.682	3.023
Σημείο 3	715545.293	4339587.449	9.408
Σημείο 4	715640.605	4339619.021	2.503
Σημείο 5	715657.566	4339677.521	1.781
Σημείο 6	715602.851	4339641.388	3.815

*Πίνακας 2: Συντεταγμένες των σημείων RTK για την γεωαναφορά*

Το σημείο 1 είναι η βορειανατολική γωνία του οικοπέδου πάνω στην περίφραξη του, το οποίο μένει σταθερό και ευδιάκριτο σε όλες τις λήψεις. Το σημείο 2 βρίσκεται στο βορειοδυτικό άκρο του οικοπέδου στο τέλος της πέτρινης περίφραξης. Το σημείο 3 βρίσκεται εκτός οικοπέδου, νοτιοδυτικά στην γύρω περιοχή του οικοπέδου, δίπλα στην είσοδο των λουτρικών εγκαταστάσεων επί της δημοτικής οδού. Τα σημεία 4 και 5 βρίσκονται και αυτά πάνω στην περιμετρική πέτρινη περίφραξη του οικοπέδου νοτιοανατολικά και ανατολικά, αντίστοιχα. Τέλος, το σημείο 6 είναι στο κέντρο του οικοπέδου μπροστά από την βορειοανατολική όψη του κτιρίου στα σκαλοπάτια που βρίσκονται εκεί. Όλα τα σημεία είναι φωτοσταθερά και εύκολα εντοπίσιμα στις ψηφιακές φωτογραφίες.





Εικόνα 16: Οι θέσεις των σημείων ελέγχου που χρησιμοποιήθηκαν για την γεωαναφορά

Στη συνέχεια, μαρκαρίστηκαν τα σημεία σε κάθε μια από τις φωτογραφίες που εμφανίζονταν και προστέθηκαν οι αντίστοιχες διορθωμένες γεωγραφικές πληροφορίες. Τέλος, εφόσον είναι γεωαναφερόμενα, παράγουν προϊόντα με σωστό γεωγραφικό προσδιορισμό. Το συνολικό σφάλμα του δείκτη RMSE από τα σημεία ελέγχου είναι 9,92731 cm, το οποίο είναι αποδεκτό, αφού δεν έχει απόκλιση μεγαλύτερη του 2%. Παρακάτω παρατίθεται ο πίνακας σφάλματος για το πυκνό νέφος σημείων.

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
point 1	-1.37011	0.858077	-1.31639	2.0848	1.603 (18)
point 2	-0.30706	-0.383744	-1.22907	1.32369	2.054 (28)
point 3	-2.04754	-1.55118	0.576593	2.63268	0.509 (25)
point 4	-9.05006	-8.24486	-7.08816	14.1465	1.771 (33)
point 5	-3.68507	2.51953	4.43539	6.29289	1.136 (21)
point 6	16.4598	6.80218	4.62163	18.3999	1.576 (103)
<b>Total</b>	<b>7.88007</b>	<b>4.54395</b>	<b>3.97597</b>	<b>9.92731</b>	<b>1.563</b>

Πίνακας 3: Πίνακας σφαλμάτων για τα σημεία ελέγχου γεωαναφοράς

### **3.2.5. Δημιουργία πολυγωνικού πλέγματος (Mesh)**

Στο πέμπτο στάδιο επεξεργασίας, γίνεται η δημιουργία του πολυγωνικού (τριγωνικού) πλέγματος, το οποίο είναι προϊόν επεξεργασίας του πυκνού νέφους σημείων. Μεταξύ τριών ή τεσσάρων σημείων του πυκνού νέφους δημιουργούνται τρίγωνα ή τετράεδρες

επιφάνειες (faces), με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός πλέγματος επιφανειών το οποίο υπόκειται σε περιορισμούς, όπως το μέγεθος της κάθε επιφάνειας και οι πλευρές των επιφανειών του να μην τέμνονται. Το mesh που παράχθηκε αποτελείται από 999.999 επιφάνειες.

### **3.2.6. Εφαρμογή υφής στο πολυγωνικό πλέγμα (Textured Mesh)**

Αυτό το στάδιο αναφέρεται στην εφαρμογή υφής (texture) στο πολυγωνικό πλέγμα (mesh) που δημιουργήθηκε στο προηγούμενο στάδιο, για την δημιουργία ενός φωτορεαλιστικού μοντέλου. Για την εφαρμογή της υφής οι φωτογραφίες υψηλής ανάλυσης χαρτογραφούνται πάνω σε μία γεωμετρική τρισδιάστατη επιφάνεια, γνωρίζοντας τον προσανατολισμό της κάθε εικόνας. Υπολογίζονται οι συντεταγμένες της κορυφής του τριγώνου και στη συνέχεια η εφαρμογή επιτυγχάνεται δίνοντας τιμές RGB στην επιφάνεια του κάθε τριγώνου.



*Εικόνα 17: Πολυγωνικό πλέγμα μετά την εφαρμογή της υφής*

### **3.2.7. Ορθομωσαϊκό**

Για την δημιουργία των ορθομωσαϊκών, έγινε η επιλογή σύνθεσης σε ελληνικό γεωδαιτικό σύστημα ΕΓΣΑ87. Σε αυτό το βήμα επεξεργασίας, αξιοποιείται η επιλεγμένη επιφάνεια προβολής του ψηφιακού μοντέλου και δημιουργούνται ραφές, οι λεγόμενες seamlines, όπου εφαρμόζονται οι κατάλληλες φωτογραφίες σε κάθετη προβολή. Δημιουργήθηκαν πέντε διαφορετικά ορθομωσαϊκά, τα οποία αναπαριστούν την κάτοψη και τις τέσσερις όψεις του κτιρίου αντίστοιχα.

Αρχικά, ως επιφάνεια προβολής του ορθομωσαϊκού ορίστηκε η επιφάνεια του πολυγωνικού πλέγματος που αναπαριστά την κάτοψη του κτιρίου. Η χωρική ανάλυση είναι 1.05cm/pix.

Στο επόμενο στάδιο, για να μπορέσει να επιτευχθεί η δημιουργία ορθομωσαϊκού της κάθε όψης ξεχωριστά, απαιτείται η αλλαγή προσανατολισμού του μοντέλου, έτσι ώστε προβάλλεται η οριζόντια θέαση της εκάστοτε όψης. Αφού επιτευχθεί, ο επιθυμητός προσανατολισμός, επιλέγεται η δημιουργία ορθομωσαϊκού, ως σύνθεση επίπεδου ορθομωσαϊκού και ως επιφάνεια προβολής, επιλέγεται η τρέχουσα προβολή, που ορίσαμε προηγουμένως. Πιο αναλυτικά build orthomosaic>type: planar>projection: current view. Ταυτόχρονα ορίστηκε και η χωρική ανάλυση στα 1.05cm/pix.

Η συγκεκριμένη διαδικασία επαναλαμβάνεται ομοίως για τις υπόλοιπες όψεις του κτιρίου. Η μόνη διαφορά είναι η αλλαγή θέασης, όπου προσανατολίζεται στην ανάλογη επιλεγμένη όψη.



Εικόνα 18: Ορθομωσαϊκό κάτοψης ιστορικού μνημείου





Εικόνα 19: Ορθομωσαϊκό βορειοανατολικής όψης ιστορικού μνημείου



Εικόνα 20: Ορθομωσαϊκό νοτιοδυτικής όψης ιστορικού μνημείου



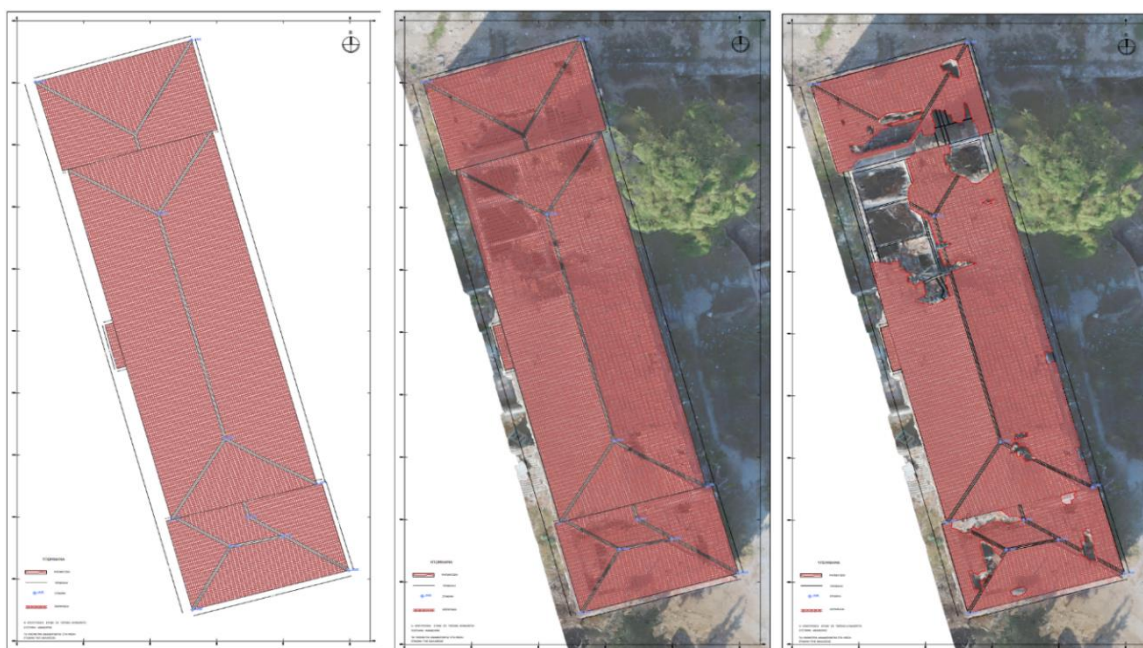
Εικόνα 21: (α,β) Ορθομωσαϊκά βορειοδυτικής και νοτιοανατολικής όψης ιστορικού μνημείου



### **3.2.8. Συνταύτιση σχεδίων– ορθομωσαϊκών κάτοψης στέγης και όψης και αποτύπωση παθολογίας**

Σε αυτό το στάδιο επεξεργασίας, θα επιχειρηθεί να γίνει αποτύπωση της παθολογίας του ιστορικού μνημείου στην στέγη και σε μια από τις όψεις του, πιο συγκεκριμένα στην βορειοανατολική όψη. Η στέγη επιλέγεται να αποτυπωθεί, εξαιτίας των πολύ σοβαρών βλαβών της. Το βόρεια τμήμα της στέγης του κεντρικού όγκου του ιστορικού μνημείου έχει καταρρεύσει, χωρίς να μπορεί να αποτυπωθεί με ακρίβεια το μέγεθος και η έκταση της ζημιάς, λόγω της δυσκολίας στην πρόσβαση. Επίσης, η επιλογή της πρόσοψης γίνεται για δύο λόγους. Πρώτον, είναι η όψη που παρουσιάζει τις πιο έντονες και εκτεταμένες φθορές, λόγω της άμεση επαφής με την θάλασσα. Δεύτερον, επιλέγεται λόγω των ιδιαίτερων αρχιτεκτονικών και μορφολογικών χαρακτηριστικών που παρουσιάζονται σε αυτήν.

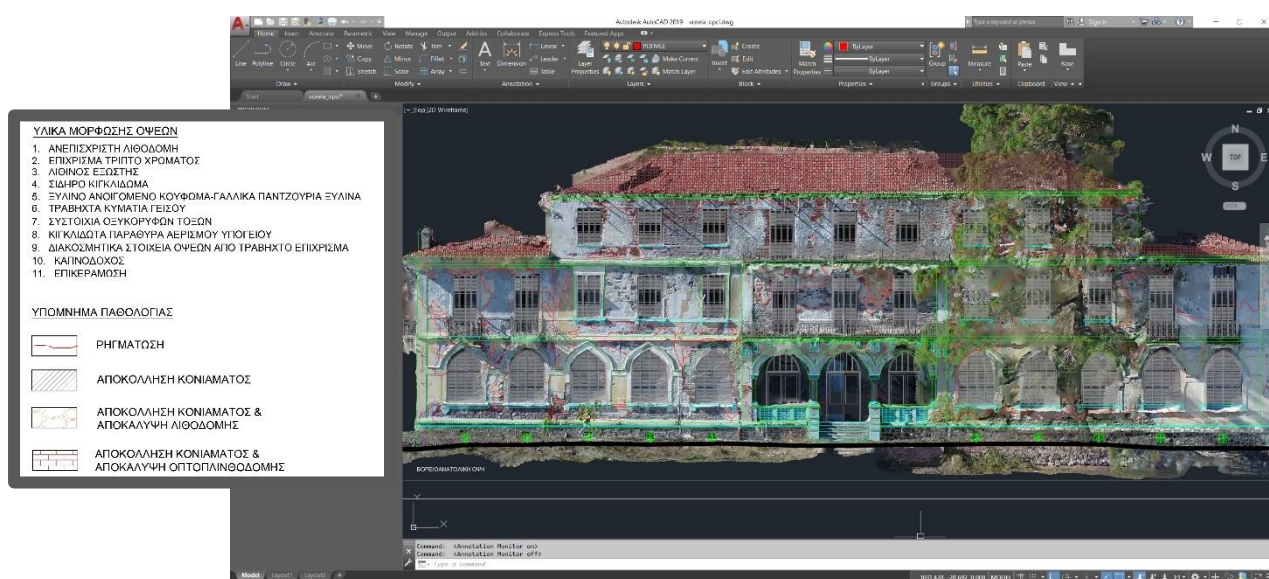
Για την αποτύπωση της παθολογίας θα χρησιμοποιηθούν τα αρχιτεκτονικά σχέδια του ιστορικού μνημείου, που υπάρχουν ως δεδομένα και τα ορθομωσαϊκά της κάτοψης και της όψης, που δημιουργήθηκαν σε προηγούμενο βήμα. Η παρακάτω διαδικασία θα πραγματοποιηθεί στο λογισμικό του Autocad, επειδή τα αρχιτεκτονικά σχέδια της αρχικής αποτύπωσης είναι ήδη σε αυτή τη μορφή. Επιπλέον, μέσω αυτού του λογισμικού δίνεται η δυνατότητα λεπτομερούς αποτύπωσης και διάκρισης με τον ανάλογο συμβολισμό και χρώμα του είδους της παθολογίας. Χρησιμοποιώντας την κάτοψη στέγης, χωρίς τις αλλοιώσεις επιχειρείται η συνταύτιση του σχεδίου με το



Εικόνα 22: Στάδια συνταύτισης αρχιτεκτονικού σχεδίου – ορθομωσαϊκού στην κάτοψη στέγης

αντίστοιχο ορθομωσαϊκό. Στην συνέχεια, αφού ολοκληρωθεί η συνταύτιση με όσο το δυνατόν περισσότερη ακρίβεια επιχειρείται η πλήρης αποτύπωση της παθολογίας της στέγης. Διαχωρίζονται τα σημεία, όπου η στέγη έχει καταρρεύσει και σηματοδοτούνται με την περισσότερη δυνατή ακρίβεια.

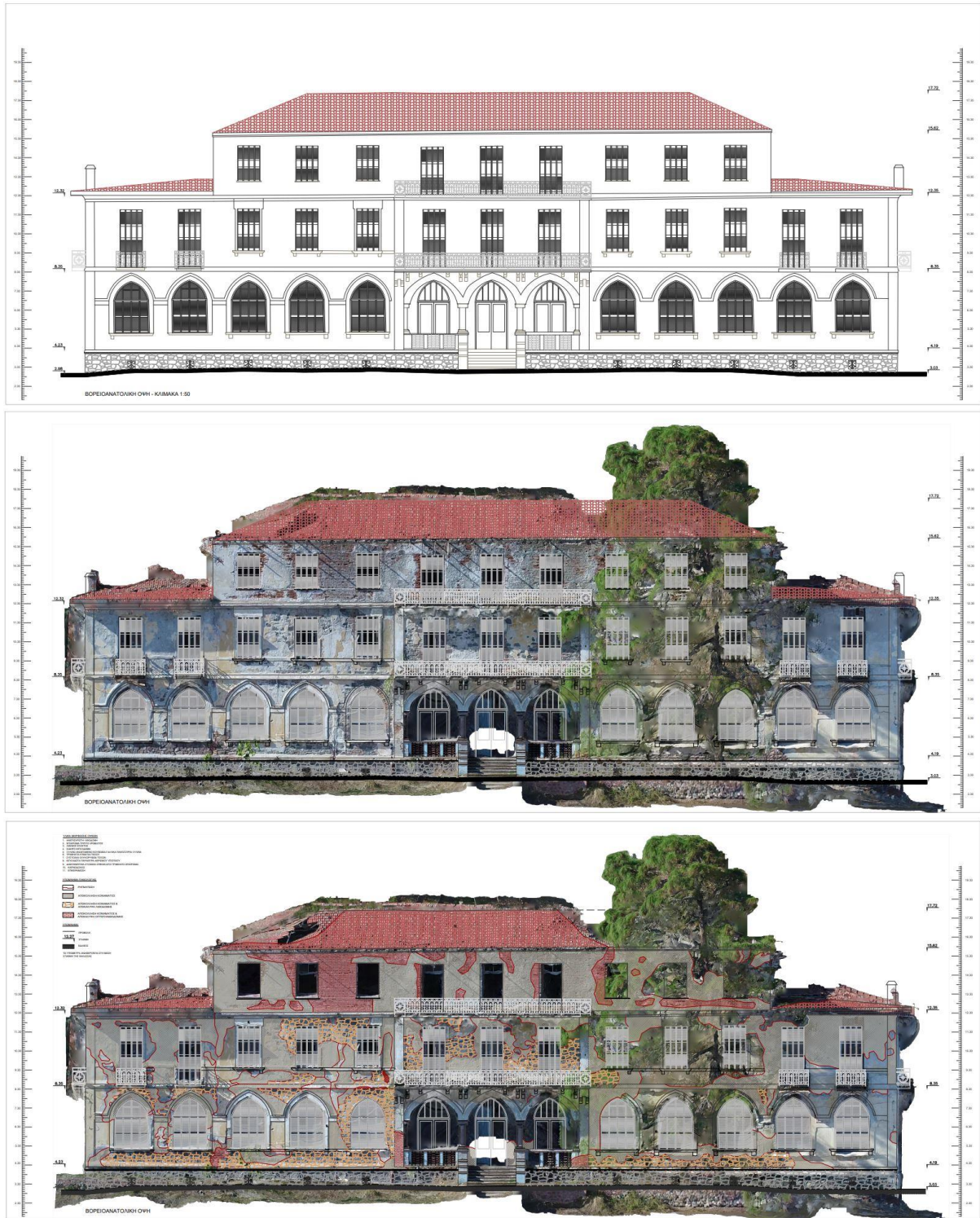
Αντίστοιχη διαδικασία ακολουθείται και για την βορειοανατολική όψη του ιστορικού μνημείου. Η μεθοδολογία που ακολουθείται στην όψη διαφέρει ως προς τα είδη της παθολογίας. Αφού γίνει η συνταύτιση αρχιτεκτονικού σχεδίου και ορθομωσαϊκού, το επόμενο στάδιο είναι να καταγραφούν όλες οι ρηγματώσεις στην όψη, ώστε να μπορέσουν με αυτό το τρόπο να οριοθετηθούν οι άθικτες περιοχές με αυτές που φέρουν φθορές. Μετά, από αυτό δημιουργήθηκε υπόμνημα με τα είδη παθολογίας που παρουσιάζονται στην όψη και ο αντίστοιχος συμβολισμός για την κάθε περίπτωση φθοράς. Οι συμβολισμοί αυτοί, διαφέρουν και στο μοτίβο και στο χρώμα τους για την καλύτερη κατανόηση του σχεδίου. Τα είδη παθολογίας που εντοπίστηκαν στο κτίριο είναι τα εξής: **η ρηγμάτωση, η αποκόλληση κονιάματος, η αποκόλληση κονιάματος και η αποκάλυψη λιθοδομής και η αποκόλληση κονιάματος και η αποκάλυψη οπτοπλινθοδομής.** Παρατηρείται ότι υπάρχει αποκόλληση κονιάματος και αποκάλυψη λιθοδομής, αλλά και αποκόλληση κονιάματος και αποκάλυψη οπτοπλινθοδομής, αυτό συμβαίνει εξαιτίας των διαφορετικών οικοδομικών φάσεων του κτιρίου. Ο δεύτερος όροφος αποτελεί μεταγενέστερη προσθήκη καθ' ύψος με οπτοπλινθοδομή, ενώ το υπόλοιπο κτίριο είναι με λιθοδομή. Επίσης, δημιουργήθηκε υπόμνημα με τα υλικά των όψεων αναλυτικά.



Εικόνα 24: Υπόμνημα υλικών όψεων και παθολογίας

Εικόνα 23: Δημιουργία ρηγματώσεων στο λογισμικό Autocad





Εικόνα 25: Στάδια συντάξης αρχιτεκτονικού σχεδίου – ορθομωσαϊκού στην βορειοανατολική όψη

### **3.2.9. Ακρίβεια Μοντέλου**

Προκειμένου να γίνει έλεγχος της ακρίβειας του μοντέλου γίνεται σύγκριση ορισμένων ενδεικτικών μετρήσεων που λήφθηκαν στο πεδίο, με τις αντίστοιχες μετρήσεις των ίδιων αποστάσεων στο ψηφιακό τρισδιάστατο μοντέλο (Πίνακας 4). Όπως παρατηρείται από αυτή την σύγκριση στον Πίνακα 5 και τις εικόνες που ακολουθούν οι διαφορές ανάμεσα στο μοντέλο και το πεδίο είναι ελάχιστες και υπάρχει ακόμη μέτρηση που ταυτίζεται απόλυτα. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το μοντέλο είναι ακριβές και αναπαριστά πιστά το κτίριο.

Αντικείμενο μέτρησης	Μοντέλο (m)
Βάση κολώνας κεντρικής εισόδου	0.505 m
Ύψος στηθαιού εισόδου	0.902 m
Μήκος στηθαιού εισόδου	2.47 m
Απόσταση ανάμεσα σε δύο παράθυρα	1.27 m
Ύψος παραθύρου στον όροφο	2.16 m

*Πίνακας 4: Μετρήσεις στο τρισδιάστατο ψηφιακό μοντέλο*

Αντικείμενο μέτρησης	Πεδίο(m)	Μοντέλο(m)	Διαφορά (m)
Βάση κολώνας κεντρικής εισόδου	0.50 m	0.505 m	0.005 m
Ύψος στηθαιού εισόδου	0.90 m	0.902 m	0.002 m
Μήκος στηθαιού εισόδου	2.47 m	2.47 m	0.000 m
Απόσταση ανάμεσα σε δύο παράθυρα	1.26 m	1.27 m	0.010 m
Ύψος παραθύρου στον όροφο	2.17 m	2.16 m	0.010 m

*Πίνακας 5: Σύγκριση μετρήσεων στο πεδίο και το τρισδιάστατο ψηφιακό μοντέλο*



*Εικόνα 26: Μέτρηση βάσης κολώνας στην κεντρική είσοδο*





Εικόνα 27: Μέτρηση ύψους στηθαίου εισόδου



Εικόνα 28: Μέτρηση μήκους στηθαίου εισόδου



Εικόνα 29: Μέτρηση απόστασης ανάμεσα σε δύο παράθυρα



Εικόνα 30: Μέτρηση ύψους παραθύρου στον όροφο

### **3.2.10. Δημιουργία κινούμενης τρισδιάστατης οπτικοποίησης**

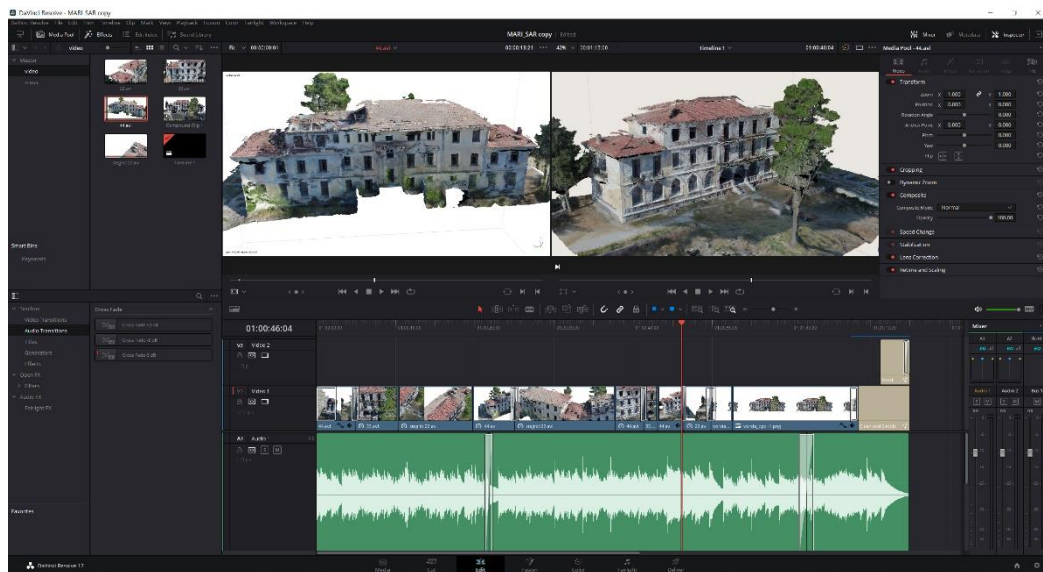
Η δημιουργία της κινούμενης τρισδιάστατης απεικόνισης έγινε με την χρήση του λογισμικού Agisoft Metashape Professional και στην συνέχεια στο λογισμικό Da Vinci Resolve. Το σενάριο, που επιλέχθηκε είναι αρχικά μια θέαση περιμετρικά του κτιρίου για μια συνολική άποψη του. Μετέπειτα, μερικά περάσματα πάνω από την στέγη, με ιδιαίτερη έμφαση στο τμήμα που έχει καταρρεύσει και κάποια κοντινά πλάνα στις όψεις και ειδικά την βορειοανατολική (εμπρόσθια) όψη, που έχει τις περισσότερες φθορές, λόγω του προσανατολισμού της. Με την επιλογή του συγκεκριμένου σεναρίου, γίνεται μια προσπάθεια, εκτενέστερης αποτύπωσης και καλύτερης παρατήρησης της παθολογίας του κτιρίου, που επικρατεί.

Για τον σκοπό αυτό, δημιουργήθηκαν τρεις διαφορετικές διαδρομές (paths), αποτελούμενες από 90 σημεία keypoints, όπου το καθένα φέρει τις δικές του συντεταγμένες (x,y,z), δείκτη ταχύτητας και προσανατολισμό ως προς το μοντέλο. Η πορεία της διαδρομής επιτυγχάνεται με την μετακίνηση και περιστροφή του ψηφιακού μοντέλου, ορίζοντας το σημείο keypoint, όταν βρίσκεται στην επιθυμητή θέση θέασης.

Η δημιουργία του πρώτου σημείου keypoint πραγματοποιήθηκε, επιλέγοντας την επιθυμητή οπτική γωνία και απόσταση από το ψηφιακό μοντέλο και εισάχθηκε ως το εναρκτήριο σημείο της διαδρομής για την κινούμενη τρισδιάστατη οπτικοποίηση. Με την αντίστοιχη τεχνική, επιλέχθηκε και το επόμενο σημείο keypoint με την επιθυμητή οπτική γωνία και απόσταση, σε κοντινή απόσταση από το προηγούμενο για την

ομαλότερη κίνηση του πλάνου. Παρομοίως, δημιουργήθηκαν και τα επόμενα 88 σημεία keypoints. Αντίστοιχα, δημιουργήθηκαν και οι άλλες δύο διαδρομές.

Στην συνέχεια, έγινε επεξεργασία των τριών αρχείων βίντεο, που εξήχθησαν από την κάθε διαδρομή ξεχωριστά στο λογισμικό Da Vinci Resolve. Το συγκεκριμένο λογισμικό, δίνει την δυνατότητα επεξεργασίας και σύνθεσης των αρχείων (μοντάζ), ώστε να μουν στην επιθυμητή σειρά τα πλάνα και να οριστεί η ταχύτητα ξανά, ανάλογα με τις ανάγκες του σεναρίου. Επίσης, επιλέχθηκε και μουσική για την πιο ολοκληρωμένη εμπειρία του θεατή. Η συνολική διάρκεια της κινούμενης τρισδιάστατης οπτικοποίησης είναι 1,15 λεπτά.



Εικόνα 31: Επεξεργασία οπτικοακουστικού υλικού στο λογισμικό Da Vinci Resolve



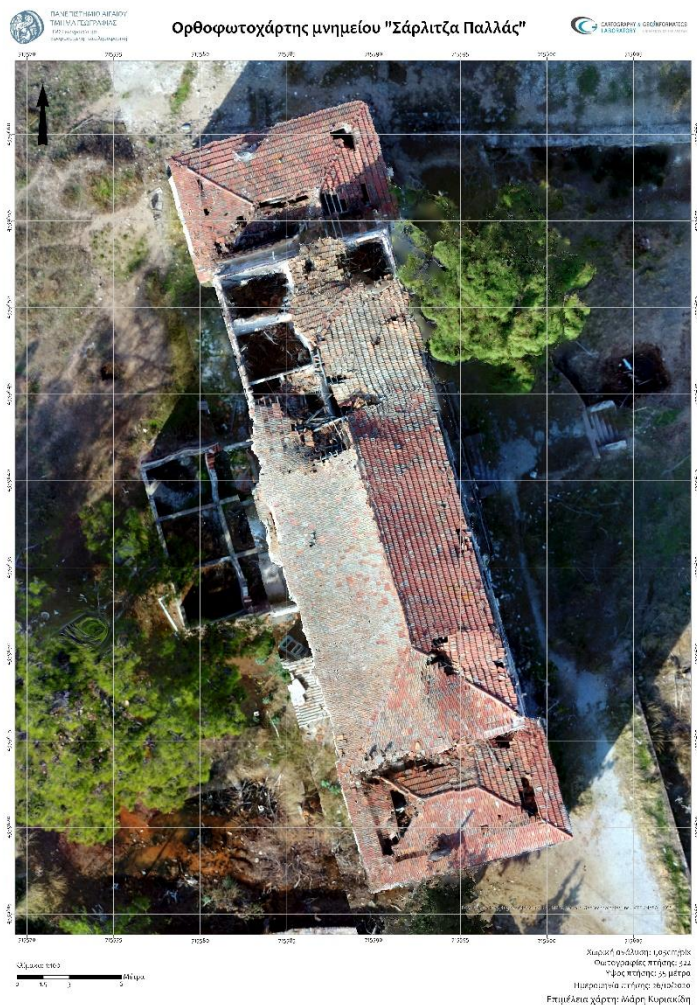
#### **4. Αποτελέσματα**

Σε αυτό το στάδιο, θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε, τα οποία είναι τα παρακάτω:

- Ορθοφωτοχάρτης του κτιρίου με κλίμακα 1:100
- Συνταύτιση σχεδίων (με παθολογία) – ορθομωσαϊκών όψεων και κάτοψης στέγης σε κλίμακα 1:50
- Κινούμενη τρισδιάστατη οπτικοποίηση

#### **4.1. Ορθοφωτοχάρτης**

Δημιουργήθηκε ένας ορθοφωτοχάρτης για το ιστορικό μνημείο από την πτήση, στις 26/10/2020 με χαρτογραφική κλίμακα 1:100. Η χωρική ανάλυση είναι 1,05 cm/pix. Το ύψος πτήσης ήταν στα 35 μέτρα.

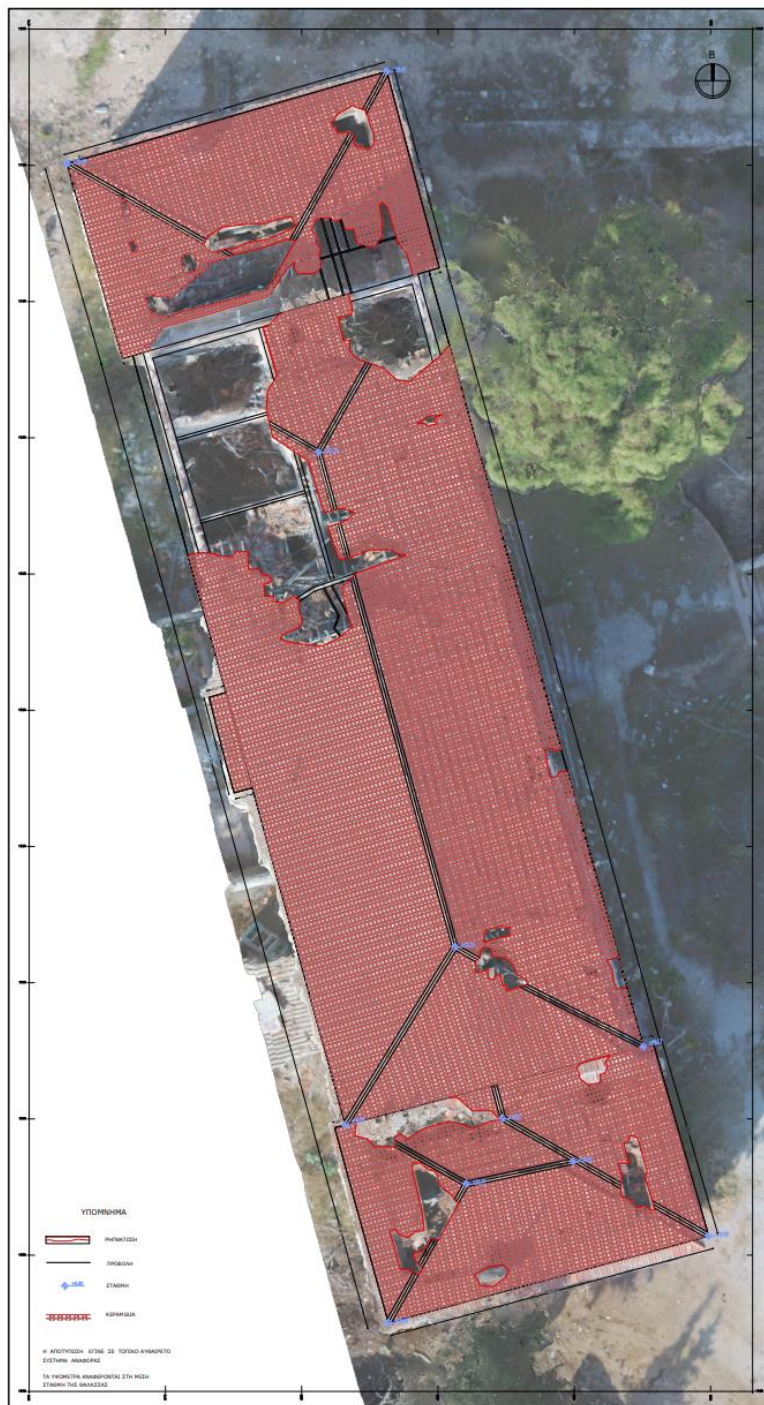


*Εικόνα 32: Ορθοφωτοχάρτης ιστορικού μνημείου Σάρλιτζα Παλλάς κλίμακας 1:100*

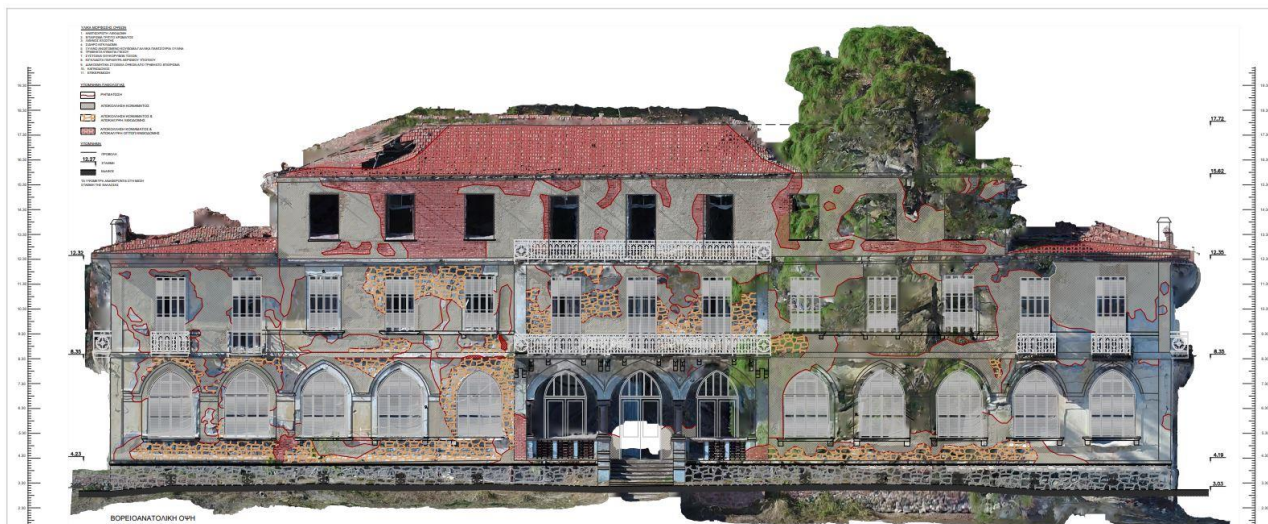


#### **4.2. Αρχιτεκτονικά σχέδια κάτοψης στέγης και όψης με παθολογία ιστορικού μνημείου**

Τα αρχιτεκτονικά σχέδια του ιστορικού μνημείου με αποτυπωμένη την παθολογία σε συνδυασμό με τα ορθομωσαϊκά, που χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να ολοκληρωθεί η αποτύπωση με ακρίβεια. Η κλίμακα που επιλέχθηκε είναι 1:50, όπου μπορεί να φανεί με ευκρίνεια η λεπτομερής καταγραφή και τα όρια των φθορών. Επίσης, στο σχέδιο της βορειοανατολικής όψης υπάρχει υπόμνημα με τα είδη της παθολογίας που εντοπίζονται στο ιστορικό μνημείο και τους συμβολισμούς τους.



*Εικόνα 33: Αρχιτεκτονικό σχέδιο κάτοψης στέγης με παθολογία σε συνδυασμό με ορθομωσαϊκό σε κλίμακα 1:50*



Εικόνα 34: Αρχιτεκτονικό σχέδιο βορειοανατολικής όψης με παθολογία σε συνδυασμό με ορθομωσαϊκό σε κλίμακα 1:50

### **4.3. Κινούμενη τρισδιάστατη οπτικοποίηση ιστορικού μνημείου**

*(Το αποτέλεσμα της κινούμενης τρισδιάστατης οπτικοποίησης είναι το βίντεο που θα παρουσιαστεί.)*

## **5. Συζήτηση**

### **5.1. Τρισδιάστατο ψηφιακό μοντέλο ιστορικού μνημείου**

Κατά την διάρκεια εκπόνησης της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, παρατηρήθηκαν ποικίλα προβλήματα και τρόποι αντιμετώπισης, ως πιθανές λύσεις τους.

Όσον αφορά το τρισδιάστατο ψηφιακό μοντέλο του ιστορικού μνημείου παρατηρούνται έντονες αλλοιώσεις και θόρυβος στα λεπτά και περίτεχνα στοιχεία των όψεων, όπως είναι τα μεταλλικά κιγκλιδώματα και ο ημιυπαίθριος χώρος της εισόδου. Ένα ακόμη σημείο που συναντώνται παραμορφώσεις στο ψηφιακό μοντέλο είναι αρκετά παράθυρα του πρώτου και δεύτερου ορόφου. Πιθανός τρόπος αντιμετώπισης αυτού του ζητήματος είναι η λήψη περισσότερων oblique ψηφιακών φωτογραφιών από διαφορετική γωνιά λήψης.

Αντίστοιχα, η απεικόνιση της στέγης στο τρισδιάστατο ψηφιακό μοντέλο έχει πλήρη ευκρίνεια και ελάχιστες αλλοιώσεις. Αυτό οφείλεται κυρίως στις nadir φωτογραφίες, που συντελούν και στο αποτέλεσμα του ορθοφωτοχάρτη. Τα μόνα σημεία που



εμφανίζεται θόρυβος είναι εκεί που υπάρχουν μικρές υποχωρήσεις στην στέγη από την φθορά, εξαιτίας της έλλειψης συντήρησης τις τελευταίες δεκαετίες.



Εικόνα 35: Αλλοιώσεις στα μεταλλικά κιγκλιδώματα του ψηφιακού μοντέλου

Ένα άλλο πρόβλημα που εντοπίζεται είναι η ύπαρξη υψηλής βλάστησης σε κοντινή απόσταση από το κτίριο, που εμποδίζει την εμπεριστατωμένη απεικόνισή του. Στην προσπάθεια να περιοριστεί η περιοχή απεικόνισης, αποκλειστικά στον κτιριακό όγκο, αφαιρώντας τα δέντρα, το μοντέλο θολώνει και χάνει την υφή του σε αυτά τα σημεία, λόγω της έλλειψης λήψεων. Αυτό συμβαίνει, γιατί κατά την διάρκεια των πτήσεων δεν υπήρχε εφικτός τρόπος αποφυγής καταγραφής των δέντρων, εξαιτίας του ύψους και της άμεσης επαφής τους με το ιστορικό μνημείο.



Εικόνα 36: Αλλοιώσεις στα παράθυρα του πρώτου ορόφου και η βλάστηση σε άμεση επαφή με το κτίριο

## 5.2. Ορθοφωτοχάρτης

Η οπτικοποίηση του ορθοφωτοχάρτη είναι άρτια και επιτυχημένη. Στην κλίμακα 1:100 η οποία επιλέχθηκε με βάση το ύψος της πτήσης στα 35 μέτρα, υπάρχει ευκρίνεια και καλή ποιότητα εικόνας. Επίσης, έχει επιτευχθεί απόλυτη ακρίβεια της θέσης, με ελάχιστη απόκλιση, εξαιτίας της γεωαναφοράς που επιτεύχθηκε με τα έξι σημεία RTK. Το συνολικό σφάλμα περιορίζεται στα 9,92731 cm, το οποίο υπόκειται στα όρια του αποδεκτού.

## 5.3. Αρχιτεκτονική όψη και κάτοψη στέγης με παθολογία του ιστορικού μνημείου

Στα αρχιτεκτονικά σχέδια, όπου πραγματοποιήθηκε εκτενής αποτύπωση της παθολογίας του ιστορικού μνημείου, παρατηρείται ότι υπάρχει σχεδόν απόλυτη συνταύτιση με τα ορθομωσαϊκά του κτιρίου, με μικρές αποκλίσεις. Αυτές οι αποκλίσεις εντοπίζονται για δύο κυρίως λόγους. Αρχικά, λόγω των αλλοιώσεων που υπάρχουν στο ψηφιακό μοντέλο, όπως προαναφέρθηκε και δεύτερον, εξαιτίας των δύο υψηλών δέντρων, τα οποία έχουν άμεση επαφή με το κτίριο. Αναλυτικότερα, το δέντρο που βρίσκεται μπροστά στην βορειοανατολική όψη, που αποτυπώθηκε και ξεπερνάει ακόμη και το τριώροφο κτίριο σε ύψος δεν επιτρέπει την ολοκληρωμένη αποτύπωση της παθολογίας σε εκείνα τα σημεία, λόγω έλλειψης ορατότητας. Για αυτό το λόγο, πιθανόν να υπάρχουν ελλείψεις, ιδιαίτερα στο ύψος του πρώτου ορόφου, που το φύλλωμα του δέντρου είναι πιο πυκνό.



Εικόνα 37: Σημείο όπου το δέντρο δεν επιτρέπει οπτική επαφή



Εικόνα 38: Αλλοιώσεις στο μοντέλο λόγω της βλάστησης

Αντιθέτως, στην κάτοψη στέγης δεν παρουσιάζονται αντίστοιχα προβλήματα. Υπάρχει πλήρη καταγραφή των φθορών και των σημείων που η στέγη έχει καταρρεύσει. Δεν υπάρχουν αλλοιώσεις ή θολά τμήματα και αυτό συντελεί στην ολοκλήρωση της αποτύπωσης.

## **6. Συμπεράσματα**

Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η διερεύνηση μεθόδων τρισδιάστατης γεω-οπτικοποίησης, με χρήση μεθόδων UAV και τεχνολογιών υπολογιστικής όρασης για την ανάδειξη των πολιτιστικών μνημείων. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού αναπτύχθηκε μεθοδολογία για την αποτύπωση, καταγραφή και αξιολόγηση της παθολογίας των ιστορικών μνημείων. Μετά την εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθοδολογίας, που αναπτύχθηκε στην παρούσα εργασία προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα για το κάθε στάδιο αντίστοιχα.

Πιο συγκεκριμένα, τα συμπεράσματα που προέκυψαν από το πρώτο στάδιο της συλλογής δεδομένων, είναι:

- Τα σχέδια πτήσης, που σχεδιάστηκαν ήταν αποδοτικά και υπήρξε η απαιτούμενη αλληλοεπικάλυψη για ολόκληρη την περιοχή μελέτης. Πραγματοποιήθηκε η αποτύπωση φωτοσταθέρων σημείων, ώστε να χρησιμοποιηθούν και αργότερα στην γεωναφορά του μοντέλου.
- Για την καλύτερη ευκρίνεια και εφαρμογή στα κάθετα στοιχεία του κτιρίου, θα μπορούσε να γίνει λήψη επιπλέον oblique φωτογραφιών. Στις επιπλέον λήψεις προτείνεται η κάμερα να είναι όσο το δυνατόν πιο κάθετη προς τις όψεις του κτιρίου. Επίσης, σημαντική παράμετρος είναι και η απόσταση για την λήψη των φωτογραφιών, ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή χωρική ανάλυση.

Στο στάδιο της μεθοδολογίας που αναπτύχθηκε η επεξεργασία των δεδομένων προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Από την επεξεργασία των δεδομένων προκύπτει ότι δεν υπήρξαν πολλές δυσκολίες, ως προς την επίτευξη του σκοπού. Μέσω των σημείων RTK, που πάρθηκαν δίνεται η δυνατότητα της γεωναφοράς και της ακριβούς γεωγραφικής θέσης του μοντέλου που δημιουργήθηκε. Το συνολικό σφάλμα που προέκυψε

είναι **9,92731 cm**, το οποίο είναι εντός των ορίων του αποδεκτού, μη ξεπερνώντας το 2% της απόκλισης.

- Κάποια προβλήματα και παραμορφώσεις που αναφέρονται, σε σχέση με τα μεταλλικά κιγκλιδώματα και τα παράθυρα του πρώτου και του δεύτερου ορόφου μπορούν να αντιμετωπιστούν, χωρίς να εμποδίσουν την εξαγωγή των αποτελεσμάτων. Αξίζει να σημειωθεί ότι ανάλογα με την μορφολογία της επιλεγμένης περιοχής μελέτης διαφέρουν οι δυσκολίες που αντιμετωπίζονται.

Σε σχέση με τα αποτελέσματα της οπτικοποίησης που εξάχθηκαν, συμπεραίνονται τα παρακάτω:

- Όλα τα αποτελέσματα που παράχθηκαν, εξυπηρετούν με διαφορετικό τρόπο το καθένα τον σκοπό της παρούσας εργασίας. Ο ορθοφωτοχάρτης σε κλίμακα 1:100 αποτελεί μια άρτια και επιτυχημένη οπτικοποίηση, αποτυπώνοντας την ακριβή γεωγραφική θέση του ιστορικού μνημείου, λόγω της γεωαναφοράς που πραγματοποιήθηκε, με την εμφάνιση του ελάχιστου σφάλματος.
- Όσον αφορά τα αρχιτεκτονικά σχέδια με την παθολογία του ιστορικού μνημείου σε συνδυασμό με τα ορθομωσαϊκά που δημιουργήθηκαν, πάρα τις δυσκολίες σε σχέση με την βλάστηση και την έλλειψη οπτικής επαφής σε ορισμένα σημεία, αποτελούν μια καλή και ακριβή αποτύπωση και καταγραφή των φθορών. Πιο αναλυτικά, διαπιστώνεται ότι μόνο η έλλειψη ορατότητας του ιστορικού μνημείου στις ψηφιακές φωτογραφίες, λόγω βλάστησης ή άλλων εμποδίων θα μπορούσαν να αποτελέσουν πρόβλημα σε αυτή τη διαδικασία. Με την συγκεκριμένη μέθοδο δημιουργείται ένα εργαλείο καταγραφής του είδους, της έκτασης και της υφής των φθορών που παρατηρούνται στο κτίριο.
- Επιπλέον, σε σχέση με την κινούμενη τρισδιάστατη οπτικοποίηση παρατηρείται ότι μπορεί εύκολα κάποιος θεατής να κάνει περιήγηση στο χώρο του ιστορικού μνημείου και να αντιληφθεί το μέγεθος, την μορφολογία και την παθολογία του κτιρίου. Πραγματοποιείται αποτελεσματική παρατήρηση της στέγης και των φθορών της, που υπό διαφορετικές συνθήκες δεν θα ήταν εφικτή, καθώς δεν είναι εύκολη η πρόσβαση. Επίσης, δίνεται η δυνατότητα παρατήρησης λεπτομερειών σε ολόκληρο τον όγκο του κτιρίου.

Από όσα αναφέρθηκαν, το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι η συγκεκριμένη μεθοδολογία εξυπηρετεί τον κύριο σκοπό της παρούσας εργασίας. Μέσω αυτής της μεθοδολογίας δίνεται η δυνατότητα να αποτυπωθούν κτίρια με εκτεταμένες φθορές



χρόνων, όπως στην περίπτωση που εξετάστηκε, με γρήγορο, εύχρηστο και προσιτό τρόπο. Το γεγονός ότι δεν υπάρχει πρόσβαση στις όψεις του κτιρίου δεν εμποδίζει την αποτύπωση και διευκολύνει την διαδικασία, χωρίς να χρειάζεται συμπληρωματικά η χρήση της κλασσικής φωτογραφίας, όπως στο παρελθόν. Συντελεί στην πλήρη αποτύπωση και αξιολόγηση της παθολογίας του, ώστε το αποτέλεσμα να μπορέσει να αξιοποιηθεί μεταγενέστερα σε ενδεχόμενη συντήρηση ή αποκατάσταση του εκάστοτε ιστορικού μνημείου.

Τέλος, θα αποτελούσε ενδιαφέρον αυτή η μεθοδολογία να χρησιμοποιηθεί στο μέλλον και στις τρεις διαστάσεις, στο επίπεδο των σχεδίων αποτύπωσης της παθολογίας, μέσω του λογισμικού Autocad 3d ή Autodesk Revit. Έτσι, θα δινόταν η ευκαιρία για ακόμα πιο συνολική αντιμετώπιση στην αποκατάσταση των ιστορικών μνημείων.

## **Βιβλιογραφία**

- Andras, Molnar. (2018). 3D Reconstruction of Monuments from Drone Photographs Based on The Spatial Reconstruction of The Photogrammetric Method. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*. 3. 10.25046/aj030633.
- Βουκλαρή Ευαγγελία (2015). Διπλωματική εργασία: Αποκατάσταση και επανάχρηση του «Σάρλιτζα Παλλάς» στη Θερμή Μυτιλήνης. Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών.
- Dykes J, MacEachren, A. M. and Kraak M. J, (2005). *Exploring Geovisualization*, Elsevier Ltd.
- Haghighattalab Atena (2016). High-Throughput Phenotyping Of Large Wheat Breeding Nurseries Using Unmanned Aerial System, Remote Sensing And GIS Tequiniques.
- Hatch, M. (2018) 'Environmental geophysics', *Preview*, 2018(192), pp. 35–38. doi: 10.1071/PVv2018n192p35.
- Karachaliou, Eleni & Georgiou, Efthymios-Spyridon & Psaltis, Dimitrios & Stylianidis, E.. (2019). Uav for Mapping Historic Buildings: from 3d modelling to bim. *isprs - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*.
- Κοντής Ι. Δ. (1978): Η Λέσβος και η Μικρασιατική της περιοχή. Αθήνα: Αθηναϊκός Τεχνολογικός
- MacEachren, A. M. et al., 2004 Geovisualization for knowledge constuction and decision. In: *Computer Graphics and Applications s.I:s.n.*, p. 13-17
- Μαλλούχου-Tuffano Φανή (2011). Σημειώσεις – Ιστορία, Θεωρία, Κριτική Αποκατάστασης μνημείων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών.
- Singh, K. and Frazier, A. (2018) 'A meta-analysis and review of unmanned aircraft system (UAS) imagery for terrestrial applications', *International Journal of Remote Sensing*, 39, pp. 1–21.
- Παπαλέξη Κωνσταντίνα (2019). Διπλωματική εργασία: Σάρλιτζα: μια σύγχρονη προσέγγιση στον θερμαλισμό. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών.
- Themistocleous, Kyriacos & Mettas, Christodoulos & Evagorou, Evagoras & Hadjimitsis, Diofantos. (2019). The use of UAVs and photogrammetry for the documentation of cultural heritage monuments: the case study of the churches in Cyprus. 18. 10.1117/12.2533056.
- Χαϊδάς Κωνσταντίνος (2017). Διερεύνηση μεθόδων γεωπληροφορικής με έμφαση στη χρήση UAV για την παρακολούθηση ΧΥΤΑ. Η περίπτωση της Λέσβου.