



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ & ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑΣ

ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΝΕΟΚΛΑΣΙΚΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ  
ΣΤΟ ΕΠΙΣΚΟΠΕΙΟ ΤΗΣ ΣΥΡΟΥ  
«ΚΟΚΚΙΝΟΣΠΙΤΟ»



Διπλωματική Εργασία

Σταυρούλα Πιταούλη

Επιβλέπων : Ανδρέας Γεωργόπουλος, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2021



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ & ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑΣ

ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΝΕΟΚΛΑΣΙΚΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ  
ΣΤΟ ΕΠΙΣΚΟΠΕΙΟ ΤΗΣ ΣΥΡΟΥ  
«ΚΟΚΚΙΝΟΣΠΙΤΟ»

**Διπλωματική Εργασία**

Σταυρούλα Πιταούλη

**Επιβλέπων:**

Ανδρέας Γεωργόπουλος

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

**Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή:**

(Υπογραφή)

.....

(Υπογραφή)

.....

(Υπογραφή)

.....



## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

*Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που βοήθησαν άμεσα και έμμεσα στην επίτευξή της.*

*Αρχικά, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον επιβλέποντα καθηγητή, κ. Ανδρέα Γεωργόπουλο, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, αναθέτοντάς μου το θέμα αυτό, για τον χρόνο που αφιέρωσε για τη σύνθεση της εργασίας αυτής, καθώς και για την υπομονή του σε κάθε δυσκολία που αντιμετώπισα κατά τη διάρκεια, δίνοντάς μου πολύτιμες συμβουλές αλλά και καθοδήγηση στα προβλήματά μου. Ο τρόπος διδασκαλίας του στο πλαίσιο των μαθημάτων Φωτογραμμετρίας, υπήρξε ο κύριος λόγος στην επιλογή αυτής της διπλωματικής εργασίας.*

*Πολλές ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στον φίλο και συμφοιτητή μου Σπύρο Τσιμάρρα, καθώς από κοινού τέθηκαν οι βάσεις αυτής της διπλωματικής, αλλά και για την πολύτιμη βοήθεια και συνεργασία του, τόσο κατά τις εργασίες υπαίθρου, όσο και στα μετέπειτα επιμέρους στάδια επεξεργασίας της. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τη φίλη και συμφοιτητριά μου Ηρώ Βιέννα, καθώς οι συμβουλές της κατά την επεξεργασία των δεδομένων, ήταν πολύτιμες.*

*Ευχαριστώ ιδιαίτερα, τα μέλη του εργαστηρίου Φωτογραμμετρίας του Ε.Μ.Π. για τη συμβολή τους και κυρίως την κα Σεβαστή Ταπεινάκη, για την υπομονή της και την ουσιαστική βοήθειά της όσον αφορά στην εξοικείωση με τα προγράμματα λογισμικού που απαιτήθηκαν, κατά την επεξεργασία των δεδομένων.*

*Θερμές ευχαριστίες οφείλω στην εταιρεία «Metrica» για την παροχή τελευταίας τεχνολογίας εξοπλισμού κατά τη διάρκεια των εργασιών υπαίθρου, αλλά και για τη διάθεση του απαραίτητου λογισμικού για την επεξεργασία των δεδομένων.*

*Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, τους φίλους και συμφοιτητές μου για τη στήριξη που μου έδειξαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών, καθώς με την αμέριστη συμπαράστασή τους, ολοκληρώνεται αυτό το κεφάλαιο της ζωής μου.*

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ & ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας, είναι η γεωμετρική τεκμηρίωση του νεοκλασικού κτηρίου του «Κοκκινόσπιτου», με χρήση σύγχρονων μεθόδων συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων. Το ερειπωμένο πλέον, διώροφο αρχοντικό, βρίσκεται στο Επισκοπεϊό της Σύρου, η κατασκευή του χρονολογείται στις αρχές του 19<sup>ου</sup> αιώνα ενώ παρουσιάζει ιδιαίτερα αρχιτεκτονικά στοιχεία της εποχής εκείνης. Παράλληλα είναι γνωστό ότι αποτέλεσε έμπνευση για τον Μ. Καραγάτση, για τη συγγραφή του μυθιστορήματος το 1953, «Η Μεγάλη Χίμαιρα». Για την εκπόνηση των παραγώγων της γεωμετρικής τεκμηρίωσης, υλοποιήθηκαν γεωδαιτικές μετρήσεις, σαρώσεις, επίγειες και εναέριες φωτογραφίες, με στόχο τη δημιουργία της τρισδιάστατης επιφάνειας του κτηρίου. Εν συνεχεία, έγινε σύνταξη 16 τεκμηριωτικών σχεδίων, τα οποία αξιολογούνται ως προς την ποιότητα, την ακρίβεια, την πληρότητα και την πιστότητά τους, λαμβάνοντας υπ' όψιν τις αναπόφευκτες παραλείψεις αλλά και τα εν γένει προβληματικά σημεία του αντικειμένου. Τα τελικά παράγωγα, αποτελούν το μετρητικό υπόβαθρο για τη μελλοντική αποκατάσταση του αρχοντικού, ενώ σε αυτά συγκαταλέγονται όψεις, οριζόντιες και κατακόρυφες τομές, συνοδευόμενα από τις αντίστοιχες ορθοεικόνες, προκειμένου τα προβαλλόμενα αντικείμενα του κάθε σχεδίου, να παρουσιάζονται με μεγαλύτερη λεπτομέρεια.

*Λέξεις Κλειδιά:* Γεωμετρική Τεκμηρίωση, Κοκκινόσπιτο, Η Μεγάλη Χίμαιρα, Επίγεια Σάρωση, Ψηφιακές Εικόνες, Νέφος σημείων, Αλγόριθμος Structure from Motion (SfM), Ορθοεικόνες

## ABSTRACT & KEYWORDS

The goal of the present diploma thesis, is the geometric documentation of the “Red House” neoclassical building, by using modern digital methods of data collection and processing. The ruined two storey manor house, is located at Episkopeio of Syros, dates back to the early 19<sup>th</sup> century and presents special architectural elements of that era. At the same time, it is well known that M. Karagatsis was inspired by, for the writing of the novel in 1953, "The Great Chimera". For the elaboration of the derivatives of the geometric documentation, geodetic measurements, laser scanning and acquisition of photographic data occurred, in order to construct the 3D model of the building. Subsequently, 16 drawings were drafted, which are evaluated in terms of quality, accuracy, completeness and fidelity, by taking into account the inevitable omissions and the problematic points of the building. The final derivatives will be the measuring background for the future restoration of the mansion, while they include exterior sections, horizontal and vertical sections, accompanied by the corresponding orthophotos, so that the projected objects of each drawing are presented in more detail.

*Keywords:* Geometric Documentation, Red House, The Great Chimera, Laser scanning, Digital Images, Point Cloud, Structure from Motion (SfM), Orthophotos

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ & ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ .....	5
ABSTRACT & KEYWORDS .....	6
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	9
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ .....	10
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	10
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΕΔΙΩΝ.....	10
<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>12</b>
1.1 ΓΕΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	12
1.2 ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ .....	13
<b>2. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ .....</b>	<b>15</b>
2.1 ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ.....	15
2.2 ΟΡΙΣΜΟΣ .....	16
2.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗΣ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ .....	17
2.4 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ .....	20
2.5 ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ.....	22
2.6 ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗΣ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ.....	24
2.7 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗΣ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ.....	26
<b>3. ΙΣΤΟΡΙΚΑ &amp; ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΤΗΡΙΟΥ .....</b>	<b>30</b>
3.1 ΘΕΣΗ ΚΤΗΡΙΟΥ .....	30
3.2 ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΚΤΗΡΙΟΥ .....	31
3.3 ΙΣΤΟΡΙΑ ΚΤΗΡΙΟΥ.....	32
3.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΤΗΡΙΟΥ .....	33
3.5 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ .....	36
<b>4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....</b>	<b>39</b>
4.1 ΠΡΟΕΡΓΑΣΙΑ .....	39
4.2 ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ.....	47

4.3 ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΛΗΨΕΙΣ .....	52
4.4 ΕΠΙΓΕΙΟΣ ΣΑΡΩΤΗΣ LASER .....	58
4.5 ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΣΤΙΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ .....	61
<b>5. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ .....</b>	<b>64</b>
5.1 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ .....	64
5.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΚΟΝΩΝ .....	66
5.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΑΡΩΣΗΣ .....	69
5.3.1 CYCLONE REGISTER 360 .....	69
5.3.2 GEOMAGIC WRAP .....	73
5.4 ΑΠΟΔΟΣΗ ΥΦΗΣ .....	77
<b>6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ, ΕΛΕΓΧΟΣ &amp; ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ .....</b>	<b>78</b>
6.1 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΕΛΙΚΩΝ ΤΕΚΜΗΡΙΩΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ .....	78
6.1.1 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΨΕΩΝ & ΤΟΜΩΝ .....	78
6.1.2 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΟΡΘΟΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ .....	81
6.1.3 ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΕΛΙΚΩΝ ΣΧΕΔΙΩΝ .....	86
6.2 ΕΛΕΓΧΟΣ .....	98
6.2.1 ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ .....	98
6.2.2 ΠΙΣΤΟΤΗΤΑ .....	101
6.2.3 ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ .....	103
6.3 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ .....	107
<b>7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΑ ΣΧΟΛΙΑ .....</b>	<b>111</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>114</b>



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 3. 1: Θέση «Κοκκινόσπιτου» στο νησί της Σύρου (πηγή: Google Maps).....	30
Εικόνα 3. 2: Περιοχή Επισκοπείου.....	31
Εικόνα 3. 3: «Κοκκινόσπιτο» (Frizot Μ.,Γιακουμής Χ.,Πολίτης Ν.,Φουστάνος Γ.,Δράκου Μ., 1998) .....	32
Εικόνα 3. 4: Αεροφωτογραφία περιοχής Επισκοπείου (1999) .....	33
Εικόνα 3. 5: Τζάκι.....	34
Εικόνα 3. 6: Ξύλινη εσωτερική σκάλα .....	35
Εικόνα 3. 7: Σχέδιο πεταλούδας .....	35
Εικόνα 3. 8: Τμήμα οροφωγραφίας ορόφου .....	37
Εικόνα 3. 9: Οροφωγραφία σε δωμάτιο ορόφου .....	37
Εικόνα 3. 10: Οροφωγραφία στην είσοδο του κτηρίου .....	38
Εικόνα 4. 1: Γεωδαιτικός Σταθμός « TOPCON GPT 3003» .....	40
Εικόνα 4. 2: Μη επανδρωμένο αεροσκάφος «DJI PHANTOM 4» .....	41
Εικόνα 4. 3: Σαρωτής Laser «RTC 360 LEICA» .....	42
Εικόνα 4. 4: Σαρωτής «Zeb-Revo» .....	43
Εικόνα 4. 5: Σύνταξη αυτοσχέδιου σκαριφήματος υπαίθρου-ισογείου .....	50
Εικόνα 4. 6: Σύνταξη αυτοσχέδιου σκαριφήματος υπαίθρου-ορόφου .....	50
Εικόνα 4. 7: Θέση στάσης S9 .....	51
Εικόνα 4. 8: Τοποθέτηση στόχων στο εσωτερικό τμήμα του κτηρίου .....	52
Εικόνα 4. 9: Σχετικά προσανατολισμένο μπλοκ εικόνων (επίγειες λήψεις-εξωτερικά του κτηρίου) .....	56
Εικόνα 4. 10: Σχετικά προσανατολισμένο μπλοκ εικόνων (εναέριες λήψεις) .....	56
Εικόνα 4. 11: Σχετικά προσανατολισμένο μπλοκ εικόνων (εσωτερικά του κτηρίου).....	57
Εικόνα 4. 12: Τρόποι λήψης εικόνων .....	58
Εικόνα 4. 13: Σαρωτής «RTC 360 Leica».....	59
Εικόνα 4. 14: Θέσεις στάσεων σαρωτή Laser .....	60
Εικόνα 4. 15: Φυσικά εμπόδια στην ανατολική & βόρεια όψη του κτηρίου .....	63
Εικόνα 5. 1: Οριζοντιογραφική μετατόπιση & στροφή .....	71
Εικόνα 5. 2: Εισαγωγή συντεταγμένων στόχων .....	71
Εικόνα 5. 3: Υψομετρική μετατόπιση .....	72
Εικόνα 5. 4: Νέφος σημείων από σαρωτή .....	72
Εικόνα 5. 5: Εργαλείο καθαρισμού "select outliers" .....	75
Εικόνα 6. 1: Επίπεδα τομών στο τρισδιάστατο μοντέλο .....	79
Εικόνα 6. 2: Διαχωρισμός & επιλογή επιφάνειας.....	82
Εικόνα 6. 3: Ορθοφωτογραφία δυτικής όψης H-H' .....	83

Εικόνα 6. 4: Ορθοφωτογραφία οριζόντιας τομής (άνοψη ισογείου) .....	83
Εικόνα 6. 5: Έλεγχος ορθοφωτογραφιών .....	84
Εικόνα 6. 6: Έλεγχος ορθοφωτογραφιών (απόκλιση 1.59mm).....	84
Εικόνα 6. 7: Ορθοφωτογραφία με αστοχία χρώματος .....	85
Εικόνα 6. 8: Ορθοφωτογραφία με θολή περιοχή .....	86
Εικόνα 6. 9: Περιοχή με έλλειψη πληροφορίας .....	87
Εικόνα 6. 10: Απόδοση κιγκλιδώματος μπαλκονιού με γραμμικό τρόπο .....	88
Εικόνα 6. 11: Πλαίσιο πληροφοριών σχεδίων .....	89
Εικόνα 6. 12: Ορθοφωτογραφία με προβλήματα στην απόδοση υψής λόγω βλάστησης.....	101
Εικόνα 6. 13: Ορθοφωτογραφία με προβλήματα στην υφή λόγω εικόνων διαφορετικής φωτεινότητας .....	102
Εικόνα 6. 14: Ορθοφωτογραφία με διπλό είδωλο .....	103
Εικόνα 6. 15: Ορθοφωτογραφία με λανθασμένη πληροφορία .....	103
Εικόνα 6. 16: Πυκνή βλάστηση .....	106
Εικόνα 6. 17: Υφιστάμενη κατάσταση ορόφου.....	107

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα ροής 5. 1: Στάδια επεξεργασίας εικόνων & παραγωγής 3D μοντέλου.....	69
Διάγραμμα 6. 1: Κατανομή εργασιών .....	109

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 4. 1: Τεχνικά Χαρακτηριστικά "TOPCON GPT 3003" .....	40
Πίνακας 4. 2: Τεχνικά Χαρακτηριστικά Σαρωτή Laser «RTC 360 LEICA» .....	42
Πίνακας 4. 3: Μέγεθος εδαφοψηφίδας .....	54
Πίνακας 5. 1: Συντεταγμένες στάσεων οδεύσεων σε αυθαίρετο τοπικό σύστημα.....	66
Πίνακας 6. 1: Ορισμός επιπέδων τομών .....	80

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΕΔΙΩΝ

Σχέδιο 4. 1: Δίκτυο.....	48
Σχέδιο 5. 1: Κλειστή ανεξάρτητη όδευση.....	64
Σχέδιο 5. 2: Ανοιχτή πλήρως εξαρτημένη όδευση .....	65

Σχέδιο 6. 1: Τοπογραφικό διάγραμμα.....	90
Σχέδιο 6. 2: Κάτοψη ισογείου .....	91
Σχέδιο 6. 3: Κάτοψη ορόφου .....	91
Σχέδιο 6. 4: Άνοψη ισογείου .....	92
Σχέδιο 6. 5: Άνοψη ορόφου .....	92
Σχέδιο 6. 6: Όψη Η-Η' .....	93
Σχέδιο 6. 7: Όψη Θ2-Θ2' .....	93
Σχέδιο 6. 8: Όψη Ι-Ι' .....	93
Σχέδιο 6. 9: Όψη Κ-Κ' .....	94
Σχέδιο 6. 10: Οψοτομή Θ1-Θ1' .....	94
Σχέδιο 6. 11: Τομή Α-Α' .....	95
Σχέδιο 6. 12: Τομή Β-Β' .....	95
Σχέδιο 6. 13: Τομή Γ-Γ' .....	96
Σχέδιο 6. 14: Τομή Δ-Δ' .....	97
Σχέδιο 6. 15: Τομή Ε-Ε' .....	97
Σχέδιο 6. 16: Τομή Ζ-Ζ' .....	98
Σχέδιο 6. 17: Ταύτιση κάτοψης ισογείου & όψης Δ-Δ' .....	99
Σχέδιο 6. 18: Ταύτιση κάτοψης ορόφου & όψης Δ-Δ' .....	100
Σχέδιο 6. 19: Υψομετρικός έλεγχος όψεων Η-Η' & Κ-Κ' .....	100

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 ΓΕΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η πολιτιστική κληρονομιά, αποτελεί ιδιαίτερης σημασίας κεφάλαιο κάθε χώρας, καθώς απεικονίζει τα επιτεύγματα του ανθρώπινου πολιτισμού με το πέρασμα των χρόνων και όσα δείγματα αυτής επιτυγχάνουν να διασωθούν, αποτελούν τεκμήρια των κατασκευαστικών μεθόδων, των χωρικών επιλογών και γενικότερα της αντίληψης του εκάστοτε πολιτισμού. Η πολιτιστική κληρονομιά, εύκολα καταστρέφεται, χάνεται, αλλοιώνεται, ξεχνιέται, (Γεωργόπουλος Α., 2013) για τον λόγο αυτόν, ιδανική εφαρμογή για τη διατήρησή της, αποτελεί ο συνδυασμός της προστασίας, της αποκατάστασης και της επανάχρησης. Αξίζει να σημειωθεί, ότι η αποτύπωση των μνημείων, είναι εκείνη που εξασφαλίζει την καταγραφή των στοιχείων της πολιτιστικής κληρονομιάς, ιδιαιτέρως εκείνων που κινδυνεύουν από τη φθορά του χρόνου, τις φυσικές συνθήκες αλλά και την ανθρώπινη παρέμβαση. Σε συνδυασμό με την ολοένα και αυξανόμενη ανάπτυξη νέων εργαλείων και τεχνολογικών μέσων, προσφέρει όλο και περισσότερες δυνατότητες καταγραφής, αναπαράστασης και ανάλυσης στον χρήστη.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, γίνεται αναφορά στις ανάγκες της γεωμετρικής τεκμηρίωσης στον τομέα της αποκατάστασης, συντήρησης και ανάδειξης κτηρίων, συνδυαστικά με την αναζήτηση της πλέον εξελιγμένης τεχνολογίας, που σχετίζεται τόσο με τη συλλογή δεδομένων μέσω γεωδαιτικών και φωτογραμμετρικών μεθόδων όσο και με τη μετέπειτα επεξεργασία των πληροφοριών που συλλέχθηκαν κατά την αποτύπωση αλλά και την παραγωγή του τελικού σχεδιαστικού υποβάθρου, που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ως βάση για κάθε ενδεχόμενη μελλοντική παρέμβαση.

Η τρισδιάστατη αναπαράσταση των μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς, αποτελεί μία ιδιαίτερα σύνθετη διαδικασία, καθώς σε αυτήν περιλαμβάνονται η προσέγγιση και η οπτικοποίηση ετερογενών δεδομένων μέσω έρευνας και μελέτης επί του αντικειμένου, όπως είναι οι τοπογραφικές μετρήσεις, οι εικόνες, τα νέφη σημείων, οι φωτογραμμετρικές απεικονίσεις αλλά και τα ψηφιακά διανυσματικά σχέδια.

Πιο συγκεκριμένα, εξετάζεται ο συνδυασμός γεωδαιτικών, φωτογραμμετρικών μεθόδων και η τρισδιάστατη σάρωση με laser, μέσω πρακτικής εφαρμογής στο νεοκλασικό κτήριο του «Κοκκινόσπιτου», κατασκευασμένο στις αρχές του 19<sup>ου</sup> αιώνα στο Επισκοπείο της Σύρου. Το εν λόγω κτήριο, θεωρείται από πολλούς ως στοιχειωμένο ενώ ενέπνευσε τον Μ. Καραγάτση, έναν από τους σημαντικότερους συγγραφείς της «Γενιάς του '30» να γράψει το 1953 το μυθιστόρημα, «Η Μεγάλη Χίμαιρα». Η επιβλητική του παρουσία, παρά την εγκατάλειψή του, η αναγνώριση της σπουδαιότητάς του και η κακή κατάσταση στην οποία έχει επέλθει λόγω έλλειψης διατήρησης, αποτελούν τους βασικούς παράγοντες ενδιαφέροντος. Συνεπώς, η προσέγγιση αυτή, έχει ως σκοπό την αναγνώριση των δυνατοτήτων των συγκεκριμένων εργαλείων για το είδος αυτό του κτηρίου και τον σκοπό της αποτύπωσης, χρησιμοποιώντας τα πλέον εξελιγμένα μέσα.

## 1.2 ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει οργανωθεί με την παρακάτω δομή:

Το 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο, αποτελεί μία σύντομη εισαγωγή, όπου παρουσιάζεται η αξία της πολιτιστικής κληρονομιάς και πώς αυτή συνδέεται με την έννοια της γεωμετρικής τεκμηρίωσης, η οποία επιτυγχάνεται με τον συνδυασμό των γεωδαιτικών και φωτογραμμετρικών μεθόδων. Παράλληλα, η ανάγκη για διάσωση και προστασία ενός νεοκλασικού ημιερειπωμένου κτηρίου στο Επισκοπείο της Σύρου, οδηγεί στην υιοθέτηση της συγκεκριμένης προσέγγισης, χρησιμοποιώντας εξελιγμένο τεχνολογικά εξοπλισμό.

Στο κεφάλαιο 2, παρουσιάζεται η έννοια της γεωμετρικής τεκμηρίωσης και της σπουδαιότητας αυτής, αναφέρονται εφαρμογές σύγχρονων τεχνικών και μέσων, εστιάζοντας στην αποτύπωση με χρήση επίγειων αλλά και εναέριων μέσων, όπως προκύπτει από σχετική βιβλιογραφία και δημοσιευμένες μελέτες.

Στο κεφάλαιο 3, παρουσιάζεται το κτήριο μελέτης, γνωστό ως «Κοκκινόσπιτο», γίνεται μια ιστορική αναδρομή της εξέλιξης της ευρύτερης περιοχής, ενώ επιπλέον παρατίθενται και στοιχεία της αρχιτεκτονικής του.

Στο κεφάλαιο 4, περιγράφεται η διαδικασία και τα μέσα συλλογής δεδομένων για την αποτύπωση του κτηρίου, ενώ παρουσιάζονται και τα σφάλματα που προέκυψαν κατά τη διάρκεια αυτής.

Στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο, δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην επεξεργασία των πρωτογενών δεδομένων και γίνεται αναφορά στα προγράμματα λογισμικού που χρησιμοποιήθηκαν, προκειμένου να προκύψουν τα ανάλογα αποτελέσματα.

Στο κεφάλαιο 6, παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα της αποτύπωσης της παρούσας διπλωματικής, ενώ γίνεται έλεγχος και αξιολόγηση των τελικών προϊόντων της τεκμηρίωσης, δηλαδή τα παραγόμενα σχέδια.

Τέλος, στο 7<sup>ο</sup> κεφάλαιο, αναλύονται τα συμπεράσματα της γεωμετρικής τεκμηρίωσης του κτηρίου.

## 2. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ

### 2.1 ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ

Με τον όρο μνημείο ορίζεται κάθε τι που ανακαλεί στη μνήμη κάτι που συνέβη (Μπούρας Χ., 1983), ενώ στη σύγχρονη πρακτική ταυτίζεται με την έννοια του διατηρητέου πολιτιστικού αγαθού. Από το ICOMOS ορίζεται ως κάθε ακίνητο, κτισμένο ή όχι, το οποίο διακρίνεται για το αρχαιολογικό, το ιστορικό, το αισθητικό ή το εθνογραφικό του ενδιαφέρον.

Το ενδιαφέρον για την προστασία των ακίνητων μνημείων σε καιρό ειρήνης, εκδηλώνεται για πρώτη φορά τη δεκαετία του 1930 κυρίως σε διεθνή συνέδρια αρχιτεκτονικής. Μετά τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο, παρατηρείται μία συστηματική και συνεχώς εξελισσόμενη τάση για τη διεθνοποίηση της προστασίας. Η ίδρυση της UNESCO επιταχύνει τις εξελίξεις. Υιοθετείται μία σειρά συστάσεων (μη δεσμευτικών από νομική άποψη κειμένων) και συμβάσεων (δεσμευτικών κειμένων) που αφορούν σε διάφορα επί μέρους ζητήματα ή σε συνολικότερες πολιτικές προστασίας, όσον αφορά στα ακίνητα μνημεία και στους χώρους. Οι συστάσεις αυτές ανακλούν την ανησυχία και τον προβληματισμό για τους κινδύνους που απειλούν τα μνημεία και τους αρχαιολογικούς χώρους από την απρογραμματίστη ανάπτυξη των αστικών κέντρων και την κατασκευή έργων υποδομών μεγάλης κλίμακας. (Κόνσολα Ν., 1995)

Από τον Χάρτη της Βενετίας (1964), διευκρινίζεται ότι η έννοια ενός ιστορικού μνημείου δεν καλύπτει μόνο το μεμονωμένο αρχιτεκτονικό έργο, αλλά και την αστική ή αγροτική τοποθεσία που μαρτυρεί έναν ιδιαίτερο πολιτισμό με ενδεικτική εξέλιξη ή ένα ιστορικό γεγονός, όχι μόνο για τις μεγάλες δημιουργίες αλλά και για τα ταπεινά έργα που με τον καιρό απέκτησαν πολιτισμική σημασία. Η διάσωση και επανένταξη του συνόλου των ιστορικών κατασκευών θεωρείται η σύνδεση του παρελθόντος με το παρόν, καθώς και υπόβαθρο επανερμηνείας και επανένταξής τους στο μέλλον. Επιπλέον, ο σχεδιασμός των επεμβάσεων είναι σύνθετη διαδικασία, χρήζει διεπιστημονικής έρευνας και οφείλει να στηρίζεται σε καταγεγραμμένα δεδομένα.

Αναφέρονται ειδικότερα:

- Η χάρτα των Αθηνών του 1933.
- Το συνέδριο της Αθήνας του 1934.
- Η Διεθνής Σύμβαση της Χάγης του 1954 «*δια την προστασίαν των πολιτιστικών αγαθών εις περίπτωσιν ενόπλου συρράξεως*» (ν.1114/8.1.81).
- Ο Χάρτης της Βενετίας του 1964.
- Η Ευρωπαϊκή Σύμβαση του Λονδίνου της 6ης Μαΐου 1969 «*για την προστασία της παγκόσμιας φυσικής και πολιτιστικής κληρονομιάς*» (ν.1126/10.2.1981).
- Η Σύμβαση του Παρισιού της 17ης Νοεμβρίου 1970 (ν.1103/22.12.80).
- Η Σύμβαση «*για την προστασία της παγκόσμιας πολιτιστικής και φυσικής κληρονομιάς*».
- Ο Ευρωπαϊκός Χάρτης της Αρχιτεκτονικής Κληρονομιάς, Στρασβούργο, Σεπτέμβριος 1975.
- Η Διακήρυξη του Άμστερνταμ, Οκτώβριος 1975.
- Η Σύμβαση της Γρανάδας του 1985 (ν.2039/13.4.92) «*για την προστασία της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς της Ευρώπης*».
- Η Διεθνής Χάρτα «*για την προστασία των ιστορικών πόλεων στην Ουάσιγκτον*» το 1987.
- Η Σύμβαση «*για την προστασία της αρχαιολογικής κληρονομιάς*» που υπογράφηκε στη Βαλέτα της Μάλτας το 1992.

## 2.2 ΟΡΙΣΜΟΣ

Το πρωταρχικό στάδιο στη διαδικασία της μελέτης και αποκατάστασης ενός κτηρίου, μνημείου ή αρχαιολογικού χώρου είναι η γεωμετρική τεκμηρίωσή του με ακρίβεια. Με τον όρο «Γεωμετρική Τεκμηρίωση» ορίζεται η διαδικασία συλλογής, επεξεργασίας, απόδοσης και καταχώρησης στοιχείων για τον προσδιορισμό της θέσης και της πραγματικής μορφής, σχήματος και μεγέθους ενός υλικού πολιτιστικού αγαθού στο χώρο των τριών διαστάσεων σε μία δεδομένη χρονική στιγμή. Αποτελεί την αντικειμενική και ελεγχόμενη καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης ενός αντικειμένου σε δεδομένο χρόνο, χωρίς την ερμηνεία της υπό μελέτη μορφής του. Η γεωμετρική τεκμηρίωση και ανάλυση παρέχει υψηλό επίπεδο ακρίβειας και αντικειμενικότητας, δίνει τη δυνατότητα επεξεργασίας των μετρήσεων, των σχεδίων και λοιπών προϊόντων ανά πάσα στιγμή και σε οποιαδήποτε



θέση, τη σύγκριση της τυπολογίας μεταξύ παρόμοιων δομών (ανάπτυξη αυτοματοποιημένης τεχνικής), τη συνεχή επαφή με το αντικείμενο για τη μελέτη και την ερμηνεία του, καλύτερη εποπτεία για τη διατήρηση και προστασία του μνημείου. Παράλληλα, απαιτείται αρχαιολογική, ιστορική, βιβλιογραφική, νομική, αρχιτεκτονική και άλλων ειδών έρευνα, ώστε να θεωρείται ολοκληρωμένη η τεκμηρίωση ενός κτηρίου.

Συνεπώς, η διαδικασία της γεωμετρικής τεκμηρίωσης, είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς με τον τρόπο αυτόν, εξασφαλίζεται η καταγραφή των στοιχείων της πολιτιστικής κληρονομιάς και ειδικά των μνημείων εκείνων που αντιμετωπίζουν έντονα τον κίνδυνο φθοράς μέσα στον χρόνο, λόγω των φυσικών συνθηκών αλλά και την ανθρώπινης παρέμβασης.

### **2.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗΣ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ**

Κάθε κατασκευή παρουσιάζει ιδιομορφίες τόσο ως προς το μέγεθος όσο και ως προς την ποιότητα των στοιχείων που είναι απαραίτητα για τη γεωμετρική τεκμηρίωσή της. Επομένως, η επιλογή της κατάλληλης τεχνικής και τεχνολογίας, αποτελεί ιδιαίτερα σημαντική διαδικασία.

Η αποτύπωση ενός μνημείου μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρήση μετρητικών μεθόδων που χρησιμοποιούνται από επιστήμονες όπως Αρχαιολόγους, Μηχανικούς, Συντηρητές και Σχεδιαστές. Οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι αποτύπωσης που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι η τοπομετρική (ή εμπειρική), η τοπογραφική, η φωτογραμμετρική και αυτή με τη χρήση σαρωτή Laser.

#### Τοπομετρική ή εμπειρική μέθοδος

Η τοπομετρική μέθοδος, είναι περιορισμένης μετρητικής ακρίβειας με τη χρήση απλών οργάνων όπως μετροταινία, αλφαιδοστάσιο, μεταλλικό μέτρο κλπ. Εφαρμόζεται μόνο εκεί που οι διαστάσεις και η πολυπλοκότητα του αντικειμένου το επιτρέπουν, εκεί που μία μη ελεγχόμενη, μικρής ακρίβειας αποτύπωση είναι ανεκτή ή εφαρμόζεται συμπληρωματικά με τις μεθόδους πλήρως ελεγχόμενων αποτυπώσεων, καθώς παρουσιάζεται αδυναμία ελέγχου με κάποια επιστημονική μεθοδολογία, με αποτέλεσμα να μην είναι εφικτή η αντικειμενική αξιολόγηση της αποτύπωσης. Λαμβάνονται μετρήσεις των χαρακτηριστικών σημείων της επιφάνειας του αντικειμένου, ενώ ο καθορισμός των συντεταγμένων γίνεται

σε ένα αυθαίρετο σύστημα συντεταγμένων σε μία επίπεδη επιφάνειά του. Αποτελεί μία απλή, παραγωγική και χαμηλού κόστους μέθοδο.

#### Τοπογραφική μέθοδος

Στην τοπογραφική μέθοδο, εφαρμόζεται ένα τρισδιάστατο ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων με χρήση πολύπλοκων μετρητικών οργάνων υψηλής ακρίβειας. Βασικό εργαλείο αποτελεί ο Ολοκληρωμένος Γεωδαιτικός Σταθμός, ένα όργανο για τη μέτρηση οριζοντίων και κατακόρυφων γωνιών και αποστάσεων, χαρακτηριστικών σημείων στην επιφάνεια του αντικειμένου, τα οποία στη συνέχεια μετατρέπονται σε συντεταγμένες με βάση το αρχικό ορθογώνιο καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων. Σημαντικό πλεονέκτημα της μεθόδου, αποτελεί η υψηλή ακρίβεια αλλά και η αντικειμενικότητα των μετρήσεων, γεγονός που την καθιστά αξιόπιστη. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε δύσκολες συνθήκες, ενώ τα αποτελέσματά της είναι εύκολα επεξεργάσιμα. Ωστόσο, μειονεκτεί ως προς το γεγονός της μακράς φυσικής παρουσίας κοντά στο αντικείμενο και του απαιτούμενου χρόνου για τη συλλογή μεγάλου αριθμού σημείων. Παρ' όλα αυτά θεωρείται ιδανική για την παραγωγή υψηλής ακρίβειας μοντέλων κλίμακας 1:100 ή και καλύτερων.

#### Φωτογραμμετρική μέθοδος

Η Φωτογραμμετρία είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται από παλιά στην χαρτογραφία, αλλά με την εισαγωγή της ψηφιακής φωτογραφίας και την πρόοδο στην τεχνολογία της πληροφορίας, εξαπλώνεται σε πολλούς διαφορετικούς τομείς. (Fassi F., Campanella C., 2017) Κάτω από κατάλληλες συνθήκες, κοινές ψηφιακές εικόνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μετρήσεις με ακρίβεια εφάμιλλη αυτής των τοπογραφικών μεθόδων. Με την εφαρμογή διαδικασιών προσανατολισμού και μετατροπών ψηφιακής φωτογραμμετρίας είναι δυνατό να εξαχθούν δισδιάστατες ή τρισδιάστατες συντεταγμένες από μία, δύο ή και περισσότερες εικόνες. Αποτελεί μέθοδο αντικειμενική και αξιόπιστη, χαμηλού κόστους και μπορεί να υποστηριχθεί από λογισμικό CAD. Ωστόσο, ο συνδυασμός με τοπογραφικές ή τοπομετρικές μετρήσεις είναι απαραίτητος. Χρησιμοποιείται για αποτύπωση σύνθετων αντικειμένων, που παρουσιάζουν υψηλό βαθμό επιφανειακής λεπτομέρειας, ενώ είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την καταγραφή φάσεων ενός αντικειμένου στο χρόνο. Επιπλέον, είναι χρήσιμη όταν δεν είναι δυνατή η άμεση πρόσβαση στο

αντικείμενο μελέτης. Ο συνδυασμός με ακριβείς μετρήσεις μπορεί να παραγάγει μοντέλα υψηλής ακρίβειας σε κλίμακα 1:100 ή και μεγαλύτερη.

#### Μέθοδος σάρωσης με Laser

Οι σαρωτές Laser μπορούν να θεωρηθούν εξελιγμένοι γεωδαιτικοί σταθμοί και κατ' επέκταση να χρησιμοποιηθούν στη μέτρηση τοπογραφικών δεδομένων. Είναι δυνατή η μέτρηση της διεύθυνσης μίας οπτικής ακτίνας που συνδέει τα χαρακτηριστικά σημεία στην επιφάνεια του αντικειμένου σε σχέση με ένα σημείο αναφοράς στο μετρητικό όργανο (πηγή του laser). Επιπλέον, είναι δυνατός ο υπολογισμός της απόστασης μεταξύ σαρωτή και σημείων, εφαρμόζοντας τη μέθοδο των ολικών συντεταγμένων, παράγοντας αυτόματα καρτεσιανές συντεταγμένες. Οι μετρήσεις με σαρωτή Laser, χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερα υψηλή ακρίβεια, ενώ βασικό πλεονέκτημα αποτελεί ο μεγάλος όγκος μετρητικών δεδομένων που παράγουν σε μικρό χρονικό διάστημα. Αποτελεί μία αξιόπιστη και αντικειμενική μέθοδο, υψηλού κόστους, ωστόσο παρουσιάζει δυσκολίες ως προς τη μεταφορά και την αυτονομία. Ορισμένες από τις εφαρμογές των σαρωτών Laser περιλαμβάνουν την παρακολούθηση παραμορφώσεων, την υψηλής ακρίβειας αποτύπωση, την τρισδιάστατη (3D) μοντελοποίηση και την καταγραφή δεδομένων για την διαδικασία BIM (Building Information Modeling).

Για την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου, θα πρέπει κάθε φορά να επιλέγεται αυτή που είναι οικονομοτεχνικά καταλληλότερη για τη συγκεκριμένη εφαρμογή, συνυπολογίζοντας πάντα τις απαιτήσεις σε ακρίβεια, την πολυπλοκότητα του αντικειμένου και το κόστος. Πιο συγκεκριμένα, η επιλογή εξαρτάται από τις προδιαγραφές που πρέπει να πληρούνται, οι οποίες καθορίζονται από τον παραγγέλοντα την εργασία ενώ παράλληλα εξαρτώνται και από παράγοντες όπως:

- ο σκοπός της χρήσης των προϊόντων της τεκμηρίωσης - ποιοι και πόσοι θα είναι οι χρήστες των προϊόντων της τεκμηρίωσης - το κόστος του έργου - το μέγεθος της κατασκευής. (Πανταζής Γ., 2010) Παράλληλα, πέρα από τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα, για την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου ή του συνδυασμού μεθόδων, πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν η κλίμακα αποτύπωσης, η οποία σχετίζεται με το μέγεθος του αντικειμένου αλλά και το σύνολο των μετρήσεων που απαιτούνται, καθώς και

με την πολυπλοκότητα του αντικειμένου.

Συνεπώς, η τοπομετρική μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αποτύπωση των διαστάσεων και της θέσης αντικειμένων μερικών μέτρων. Στην περίπτωση μεγαλύτερων αντικειμένων με σχήματα πιο σύνθετα, απαιτείται μεγάλος αριθμός μετρήσεων και προκειμένου να είναι αξιόπιστη η αποτύπωση, ενδείκνυται η χρήση φωτογραμμετρικών μεθόδων και σαρωτών Laser.

Ο σαρωτής Laser και η Φωτογραμμετρία είναι συμπληρωματικές τεχνικές, με τις ειδικές εφαρμογές και τους περιορισμούς τους. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η χρήση μίας τεχνικής μπορεί να είναι ευκολότερη και πιο αποτελεσματική, αλλά εξαρτάται συνήθως από τη διαθεσιμότητα των μέσων και από τον τελικό στόχο του έργου. Το κύριο πλεονέκτημα στην επιλογή της ψηφιακής φωτογραμμετρίας είναι ότι απαιτεί μόνο μια μηχανή λήψης, ώστε να είναι πιο κατάλληλη για εκτεταμένη και ευέλικτη χρήση, σε σύγκριση με τον ακριβότερο και ογκώδη σαρωτή Laser. Επιπλέον, είναι πιο προσιτή η ενασχόληση με τη φωτογραφία ως αρχική ιδέα για ένα ευρύτερο κοινό, δεδομένου ότι είναι ένα διάχυτο επικοινωνιακό μέσο, που χρησιμοποιείται και κατανοείται από πολλούς ανθρώπους, ενώ η διαδικασία της φωτογραμμετρικής επεξεργασίας πρέπει να διεξάγεται από ειδικούς. (Tucci G., Conti A., Fiorini L., Mei F., Parisi E. I., 2018)

#### **2.4 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ**

Τα προϊόντα της γεωμετρικής τεκμηρίωσης χρησιμοποιούνται συνήθως ως βασικό υλικό για μελέτες αποκατάστασης ή συντήρησης, όπου απαιτείται αυξημένη ακρίβεια και λεπτομέρεια. Δυστυχώς, παγκοσμίως δεν υπάρχουν πλήρεις, συστηματικές και αποδεκτές προδιαγραφές που να αναγνωρίζονται ως πρότυπα. Επιπλέον, οι υπάρχουσες δεν εξελίσσονται παράλληλα και δεν είναι δυνατό να ενσωματώνουν τις ραγδαίες τεχνολογικές εξελίξεις. Κατά συνέπεια, οι προδιαγραφές διαμορφώνονται ειδικά για κάθε έργο γεωμετρικής τεκμηρίωσης. (Ioannides M., Magnenat N., Paragiannakis G., 2017)

Επιπροσθέτως, οι τεχνικές προδιαγραφές για τη γεωμετρική τεκμηρίωση ενός αντικειμένου, προσδιορίζονται ανάλογα με τον σκοπό των παραγώγων, τους χρήστες αυτών, το κόστος και το μέγεθος της κατασκευής. Ωστόσο, η κλίμακα και η ανάλυση,

αποτελούν βασικές παραμέτρους των προδιαγραφών που ορίζονται, καθώς είναι σημαντικές τόσο για τον καθορισμό των εργασιών όσο και τελικών προϊόντων.

### Κλίμακα διαγράμματος

Ως κλίμακα διαγράμματος ορίζεται ο λόγος της τιμής μιας απόστασης στο διάγραμμα προς την αντίστοιχη πραγματική τιμή της στο πεδίο. Ωστόσο, στην εποχή της ψηφιακής σχεδίασης, είναι σημαντικό ένα διάγραμμα να μπορεί να εκτυπωθεί σε περισσότερες από μία κλίμακες. Επομένως, το ζητούμενο είναι η μέγιστη κλίμακα εκτύπωσης, η οποία ορίζεται ως η μεγαλύτερη κλίμακα που καλύπτεται από την ακρίβεια που έχει επιτευχθεί σε κάθε αποτύπωση. Λαμβάνοντας υπόψη τη διακριτική ακρίβεια του ματιού (0.25mm), η μέγιστη απόσταση που θα διακρίνεται σε ένα σχέδιο 1:50 θα είναι  $0.25 \times 50 = 12.5\text{mm}$ , και συνεπώς αντικείμενα μικρότερα από 0.0125m δεν θα είναι διακριτά.

Για τη γεωμετρική τεκμηρίωση κτηρίων και κατασκευών πολιτιστικής κληρονομιάς, χρησιμοποιούνται συνήθως οι κλίμακες 1:20, 1:25, 1:50, 1:100. Γίνεται χρήση μεγαλύτερων όπως 1:10 ή 1:5 για την απόδοση συγκεκριμένων κατασκευαστικών λεπτομερειών, ενώ μικρότερων κλιμάκων (1:200 ή 1:500) κυρίως για αποτύπωση του περιβάλλοντα χώρου μιας κατασκευής. Συνεπώς, μετρήσεις των συντεταγμένων σημείου με αβεβαιότητα προσδιορισμού  $s_{\chi}, s_{\gamma} = \pm 5\text{mm}$  θεωρούνται κατάλληλες και επαρκούν για κλίμακες σχεδίων 1:20, 1:50, 1:100 κλπ., ωστόσο η μέγιστη κλίμακα εκτύπωσης που καλύπτεται από την  $s_{\chi}, s_{\gamma} = \pm 5\text{mm}$  αβεβαιότητα είναι η 1:20. (Πανταζής Γ., 2010)

### Κλίμακα εικόνας & ορθοφωτογραφίας

Μία εικόνα δεν έχει σταθερή κλίμακα, λόγω των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του μοντέλου της κεντρικής προβολής. Είναι δυνατό να αλλάζει από περιοχή σε περιοχή, καθώς εξαρτάται από τη μορφολογία του αντικειμένου, τον προσανατολισμό της μηχανής, και συνεπώς δεν έχει άμεση μετρητική αξία. Ωστόσο, η διορθωμένη γεωμετρικά εικόνα, η ορθοφωτογραφία, χρησιμοποιείται για μετρήσεις σχετικών και απόλυτων στοιχείων καθώς έχει σταθερή κλίμακα και μετρητικές ιδιότητες αντίστοιχες της διανυσματικής ορθής προβολής.

### Ανάλυση

Η ανάλυση ουσιαστικά χρησιμοποιείται για την περιγραφή της ποιότητας της εικόνας ή του 3D μοντέλου. Σχετίζεται με διάφορες παραμέτρους της εικόνας και του οπτικού μέσου: το μέγεθος και τον αριθμό των pixel (pixel resolution), το εύρος του φάσματος που καλύπτεται, την ικανότητα διάκρισης μεταξύ υλικών με γειτονικές φασματικές υπογραφές κλπ. Για τη συγκεκριμένη περίπτωση, επειδή είναι δεδομένο το μέγεθος και ο αριθμός των pixel της εικόνας, ενώ λαμβάνονται εικόνες μόνο στο ορατό φάσμα, η έννοια της ανάλυσης για τις ανάγκες της εργασίας θα ταυτιστεί με τη χωρική διακριτική ικανότητα της εικόνας, δηλαδή το μέγεθος του pixel σε πραγματικές διαστάσεις. Η χωρική ανάλυση μιας εικόνας, εκφράζεται από το μέγεθος GSD (Ground Sampling Distance) δηλαδή την απόσταση μεταξύ των κέντρων των pixel, μετρημένη στο έδαφος. Μικρό GSD σημαίνει μικρή εδαφοψηφίδα, δηλαδή μικρή έκταση που καλύπτει ένα pixel στον φυσικό χώρο (εφόσον προϋποτίθεται σταθερό μέγεθος pixel) και επομένως καλύτερη ανάλυση της εικόνας.

Όσον αφορά στην περίπτωση του 3D μοντέλου, τα δομικά του στοιχεία είναι που καθορίζουν την έννοια της ανάλυσης. Ένα 3D μοντέλο αποτελεί μια μαθηματική αναπαράσταση ενός τρισδιάστατου αντικειμένου μέσω ενός ειδικού λογισμικού. Υπάρχουν διάφοροι τύποι 3D μοντέλων ο πιο κοινός και αυτός που θα χρησιμοποιηθεί στην παρούσα εργασία είναι το πολυγωνικό μοντέλο ή mesh που αποτελείται από επιφάνειες, ακμές και κορυφές (faces, edges, vertices). Η ποιότητα του μοντέλου καθορίζεται από τον αριθμό, τη γεωμετρία και την κατανομή των επιφανειών. Ένα υψηλής ανάλυσης 3D μοντέλο χαρακτηρίζεται από μεγάλη πυκνότητα πολυγώνων εκεί που είναι αναγκαίο π.χ. σε περιοχές με έντονη διαφοροποίηση ανάγλυφου, σε καμπυλωτές περιοχές και χαμηλή ανάλυση σε περιοχές με λιγότερες λεπτομέρειες.

### **2.5 ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ**

Ο ποιοτικός έλεγχος συνδέεται άμεσα με τον όρο της αξιοπιστίας, της πιστότητας και της πληρότητας (Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., 2010), ωστόσο δεν υπάρχουν ακόμα παγιωμένοι τρόποι ελέγχου. Η αξιοπιστία της γεωμετρικής τεκμηρίωσης ενός έργου, συνδέεται άμεσα με την αξιοπιστία του προσδιορισμού της θέσης των σημείων που την ορίζουν. Παράλληλα, η ακρίβεια και η ορθότητα, συνθέτουν την έννοια της αξιοπιστίας.

Η ορθότητα των μετρήσεων εκφράζει τον βαθμό εγγύτητας της εκτίμησης της παραμέτρου, από επαναλαμβανόμενες μετρήσεις, από την πραγματική της τιμή, δηλαδή σχετίζεται με το πόσο κοντά προσεγγίζουν την αληθή τιμή του μεγέθους (εξωτερική ακρίβεια), ενώ η ακρίβεια εκφράζει τον βαθμό εγγύτητας μιας παρατήρησης ως προς την (άγνωστη) πραγματική της τιμή, δηλαδή το πόσο απέχουν μεταξύ τους (εσωτερική ακρίβεια). Σε ιδανικές συνθήκες, οι μετρήσεις ενός μεγέθους στο ίδιο σύστημα, θα έπρεπε να δίνουν το ίδιο αποτέλεσμα, δηλαδή την αληθή τιμή του μεγέθους. Ωστόσο, αυτό δεν συμβαίνει, καθώς κάθε μέτρηση εμπεριέχει μικρά ή μεγάλα σφάλματα.

Η ορθότητα σχετίζεται με τα συστηματικά σφάλματα που μπορεί να υπάρχουν στη μέτρηση ενός φυσικού μεγέθους και είναι δυνατόν να εξασφαλιστεί με τον εργαστηριακό έλεγχο των οργάνων προκειμένου να λειτουργούν ορθά.

Όσον αφορά στην ακρίβεια, εξαρτάται από την ευαισθησία του οργάνου αλλά και την ικανότητα του παρατηρητή, η εκτίμηση της οποίας είναι δυνατή μετά από πολλαπλές μετρήσεις στο ίδιο σύστημα «όργανο-παρατηρητής-συνθήκες», καθώς και άμεσες μετρήσεις στο πεδίο για έλεγχο.

Η ακρίβεια της γεωμετρικής τεκμηρίωσης δίνεται από την αβεβαιότητα ή το σφάλμα προσδιορισμού των καρτεσιανών συντεταγμένων (X,Y,Z) κάθε σημείου της αποτύπωσης. Με τον όρο αβεβαιότητα της μετρημένης ή της υπολογισμένης τιμής ενός μεγέθους, ορίζεται η ποσότητα που εκφράζει το διάστημα γύρω από τη μέση ή την καλύτερη τιμή ενός μεγέθους, μέσα στο οποίο μπορεί να βρίσκεται. Επομένως, για να είναι αξιόπιστες οι μετρήσεις, θα πρέπει να είναι ορθές και ακριβείς και επομένως πρέπει να συνοδεύονται από το μέγεθος της αβεβαιότητας που τις χαρακτηρίζει κάθε φορά.

Με τον όρο της πιστότητας, δηλώνεται το κατά πόσον το προϊόν αντιπροσωπεύει την πραγματικότητα της υπάρχουσας κατάστασης του αντικειμένου στον συγκεκριμένο χρόνο που αποτυπώθηκε, ενώ η πληρότητα αναφέρεται στο ποσοστό κάλυψης του αντικειμένου από την αποτύπωση.

## 2.6 ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗΣ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ

Τα παραγόμενα προϊόντα των αποτυπώσεων για τη γεωμετρική τεκμηρίωση ενός αντικειμένου, εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις ανάγκες του χρήστη και τον σκοπό για τον οποίο πρόκειται να χρησιμοποιηθούν. Μέχρι την ανάπτυξη της επιστήμης της Φωτογραμμετρίας, τα προϊόντα ήταν κυρίως γραμμικά σχέδια. Ωστόσο, με την εξέλιξη της Φωτογραμμετρίας, είναι πλέον δυνατή η εξαγωγή μετρήσιμων φωτογραφιών και όλα τα παράγωγά τους όπως ορθοεικόνες, φωτομωσαϊκά κ.ά. Παράλληλα, με την πρόοδο της τεχνολογίας, τα παράγωγα προϊόντα της Φωτογραμμετρίας, βρίσκουν εφαρμογή σε πιο σύνθετα μέσα απεικόνισης, όπως τα τρισδιάστατα μοντέλα, τα συστήματα πληροφοριών χώρου, τα 3D animation videos, τις εφαρμογές εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας. Συνοπτικά παρουσιάζονται παρακάτω ορισμένα από αυτά:

Φωτογραμμετρικές εικόνες. Μπορούν να είναι αναλογικές ή ψηφιακές και παρέχουν πλήθος μετρητικών και ποιοτικών πληροφοριών. Είναι χρήσιμες για τη δημιουργία ανηγμένων εικόνων, ορθοφωτογραφίας, μωσαϊκών κλπ.

Αυτοσχέδια πεδίου - Σκαριφήματα μετρήσεων. Συντάσσονται με τέτοιο τρόπο ώστε να απεικονίζονται σε αυτά μικρές ή μεγάλες λεπτομέρειες του αντικειμένου ή τμήματος αυτού. Είναι μικρής μετρητικής αξίας, αλλά ιδιαίτερης σημασίας καθώς η πληρότητα και η ευκρίνεια αυτών αποτελούν καθοριστικό παράγοντα για την πληρέστερη γεωμετρική τεκμηρίωση κατασκευών αλλά και τη διευκόλυνση και επιτάχυνση των εργασιών γραφείου.

Αρχιτεκτονικά / Τοπογραφικά σχέδια. Τα γραμμικά μετρητικά σχέδια και διαγράμματα αποτελούν το κλασικό προϊόν της αποτύπωσης και το βασικό υλικό τεκμηρίωσης (κατόψεις, τομές, όψεις κ.ά.).

Ανηγμένες εικόνες. Πρόκειται για την αναγωγή μιας πλάγιας εικόνας επίπεδου αντικειμένου σε αυστηρά κατακόρυφη. Η ανηγμένη εικόνα απεικονίζει επίπεδα σε ορθή προβολή και έχει ενιαία κλίμακα. Εάν το έδαφος είναι σχετικά ομαλό, η ανηγμένη εικόνα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως χάρτης.



Ορθοεικόνες. Η ορθοφωτογραφία είναι η μετατροπή της απλής φωτογραφίας από κεντρική προβολή σε ορθή, με ταυτόχρονη διόρθωση της εκτροπής του αναγλύφου, των στροφών της κάμερας και της διαστροφής του φωτογραφικού φακού, επομένως τα αντικείμενα απεικονίζονται στις ορθές τους θέσεις.

Ψηφιακό μοντέλο επιφάνειας. Είναι ένα ενδιάμεσο προϊόν, που χρησιμοποιείται στην παραγωγή ορθοφωτογραφιών και αποτελεί μία αριθμητική αναπαράσταση της επιφάνειας του εδάφους, επιτρέποντας έτσι τον υπολογισμό κλίσεων. Γραφικά μπορεί να αποδοθεί με ισοΰψείς καμπύλες, ένα τρισδιάστατο κάναβο σημείων ή ένα τρισδιάστατο φωτορραλιστικά σκιασμένο μοντέλο επιφάνειας

Φωτογραμμετρικά αποτυπωμένο αντικείμενο σε πλήρη τρισδιάστατη ψηφιακή διανυσματική μορφή. Πρόκειται για ένα φωτογραμμετρικό προϊόν το οποίο μπορεί να είναι ένα τρισδιάστατο γραμμικό σχέδιο ή εικόνες που έχουν δημιουργηθεί με την προσθήκη και την απόδοση χρώματος και υφής. Η δημιουργία ενός βίντεο με χρήση φωτορραλιστικών μεθόδων, συντελεί στην ολοκληρωμένη παρουσίαση του αντικειμένου.

Πλήρες τρισδιάστατο ψηφιακό αντικείμενο με συνύπαρξη διανυσμάτων και εικονοψηφίδων. Είναι ένα πολύπλοκο φωτογραμμετρικό προϊόν και αποτελείται από τη διανυσματική μορφή που περιγράφηκε πριν, εμπλουτισμένο όμως με ψηφιακές εικόνες, κατά κανόνα ανηγμένες ή ορθοεικόνες, που έχουν προβληθεί στην επιφάνεια του αντικειμένου. Το προϊόν αυτό είναι ιδιαίτερα εποπτικό και αποτελεί το πρώτο στάδιο για τη δημιουργία πολυμέσων.

Συστήματα πληροφοριών χώρου. Στα συστήματα πληροφοριών χώρου συνδυάζεται το πλήρες τρισδιάστατο ή δισδιάστατο ψηφιακό γραφικό αρχείο ενός αντικειμένου με δομές βάσεων δεδομένων. Στις βάσεις αυτές, καταχωρούνται περιγραφικά στοιχεία και πληροφορίες όπως αρχιτεκτονικές, αρχαιολογικές, γεωγραφικές κ.α.

Συστήματα πολυμέσων. Στα συστήματα πολυμέσων, γίνεται εισαγωγή ηχητικών ή/και οπτικών περιγραφών μέσω της τεχνολογίας και λειτουργούν συμπληρωματικά ως προς τη διαδικασία της τεκμηρίωσης. Χρησιμοποιούνται συνήθως, για τη διάδοση των

φωτογραμμετρικών προϊόντων σε μη εξειδικευμένους χρήστες και στο ευρύ κοινό.

## 2.7 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗΣ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ

Η γεωμετρική τεκμηρίωση, αποτελεί μόνο ένα μικρό τμήμα των εργασιών που απαιτούνται για την ολοκληρωμένη τεκμηρίωση με στόχο τη διαχείριση και ανάδειξη των μνημείων. Προκειμένου να είναι πιο κατανοητή η συμβολή του Τοπογράφου Μηχανικού στο συγκεκριμένο πεδίο, κρίνεται χρήσιμη η αναφορά σε παραδείγματα εφαρμογών γεωμετρικής τεκμηρίωσης σχετικών έργων, των τελευταίων χρόνων.

Αξίζει να αναφερθεί, ότι τα 2D και 3D προϊόντα που παράγονται από τοπογραφικές εργασίες, χρησιμοποιούνται για την τεκμηρίωση της υφιστάμενης κατάστασης του μνημείου στο πλαίσιο των αρχαιολογικών και αρχιτεκτονικών μελετών αλλά και ως υποστηρικτικό υλικό σε στατικές, γεωτεχνικές, χωροταξικές, πολεοδομικές μελέτες και ως υπόβαθρο για επεμβάσεις αποκατάστασης και ανάδειξης του μνημείου.

Η μελέτη προηγούμενων προσπαθειών συνέβαλε στην αντιμετώπιση προβλημάτων, που τυχόν θα προέκυπταν στην πορεία των εργασιών. Η Διεθνής Επιτροπή για Τεκμηρίωση Πολιτιστικής Κληρονομιάς (CIPA), και η Διεθνής Εταιρεία για τη Φωτογραμμετρία και την Τηλεπισκόπηση (ISPRS), αποτελούν τους κυριότερους διεθνείς οργανισμούς που έχουν ως αντικείμενο ενασχόλησης τη γεωμετρική τεκμηρίωση και διαθέτουν πλούσια βιβλιοθήκη.

Παρακάτω, επιχειρείται μία σύντομη περιγραφή μερικών τέτοιων εφαρμογών, καθώς και των ιδιαιτεροτήτων που παρουσίασε η κάθε περίπτωση και του τρόπου αντιμετώπισης.

Η πρώτη εφαρμογή, συνιστά μία διπλωματική εργασία που πραγματοποιήθηκε το 2015, είχε ως θέμα μελέτης τη γεωμετρική τεκμηρίωση του αρχοντικού του Σωτήρη Ανάργυρου στη Ντάπια Σπετσών για τη μελέτη αποκατάστασης (εικόνα 2.1). Πρόκειται για ένα ιστορικό κτήριο το οποίο παρουσιάζει ιδιαίτερο αρχιτεκτονικό και μορφολογικό ενδιαφέρον και αποτελεί αξιόλογο και αντιπροσωπευτικό δείγμα αρχιτεκτονικής των αρχών του 20<sup>ου</sup> αιώνα στις Σπέτσες. Σκοπός της εργασίας αυτής, ήταν η απόδοση των κατάλληλων σχεδίων, ώστε να συμβάλλουν στη μελέτη και να διευκολύνουν την έναρξη της διαδικασίας αποκατάστασης του ιστορικού μνημείου. Η διαδικασία, περιελάμβανε

ίδρυση πολυγωνομετρικού δικτύου, λήψεις εικόνων καθώς και τη μετέπειτα επεξεργασία αυτών, ώστε να προκύψουν τα τελικά παράγωγα-σχέδια. Μέσα από τα σχέδια αυτά, έγινε προσπάθεια να παρουσιαστεί όσο πιο ρεαλιστικά είναι δυνατόν, η σημερινή κατάσταση του αρχοντικού. (Κωτούλα Λ., 2015)



Εικόνα 2.1: Βορειοδυτική & Νοτιοανατολική όψη αρχοντικού (Κωτούλα Λ., 2015)

Η δεύτερη εφαρμογή αποτελεί μία διπλωματική εργασία που πραγματοποιήθηκε το 2015, με θέμα τη γεωμετρική τεκμηρίωση του Ωρολογίου του Ανδρόνικου Κυρρήστου ή Πύργου των Ανέμων (Αέρηδες) στην Ρωμαϊκή Αγορά της Αθήνας (εικόνα 2.2). Οι απαιτούμενες προδιαγραφές επιλέχθηκαν με τέτοιον τρόπο, έτσι ώστε να τεκμηριωθούν τα χαρακτηριστικά σημεία του μνημείου με όσο το δυνατό λιγότερα σχέδια αλλά με την απαιτούμενη ακρίβεια. Στην παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιήθηκαν κυρίως εικόνες από λήψεις με ψηφιακή μηχανή και λίγες γεωδαιτικές μετρήσεις, ώστε να επιτευχθεί η γεωαναφορά των εικόνων. Έγινε χρήση λογισμικού που σχετίζεται με τον αλγόριθμο Structure from Motion, προκειμένου να προσανατολιστούν οι εικόνες, να δημιουργηθεί νέφος σημείων και μετέπειτα η επιφάνεια για την παραγωγή των ορθοφωτογραφιών. Τα διαγράμματα που παράχθηκαν για την ολοκληρωμένη γεωμετρική τεκμηρίωση του μνημείου, ήταν οριζόντιες και κατακόρυφες τομές καθώς και όψεις. Τα αποτελέσματα των ελέγχων που πραγματοποιήθηκαν, τεκμηριώνουν ότι η συγκεκριμένη τεχνική, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μία ακριβής, πολύ γρήγορη και χαμηλού κόστους διαδικασία. (Τρύφωνα Μ-Σ., 2015)



Εικόνα 2.2.: Βορειοδυτική όψη & Κατακόρυφη τομή Νοτιοδυτικά-Βορειοανατολικά (Τρύφωνα Μ-Σ., 2015)

Εν συνεχεία, δεν θα μπορούσε να παραλειφθεί, το έργο αποκατάστασης του Ιερού Κουβουκλίου του Πανάγιου Τάφου της Αναστάσεως στην Ιερουσαλήμ, το 2016, από τη Διεπιστημονική Ομάδα του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, το οποίο αποτελεί υπόδειγμα των μεγάλων δυνατοτήτων της Ελλάδας στη διάσωση της Πολιτιστικής Κληρονομιάς (εικόνα 2.3). Πρόκειται για ένα μνημείο παγκόσμιας σημασίας, για ένα ναόσχημο οικοδόμημα, το οποίο περιλαμβάνει 2 εσωτερικούς χώρους, τον Πανάγιο Τάφο του Χριστού και τον Άγιο Λίθο. Ωστόσο, οι διαδοχικές οικοδομικές φάσεις, οι καταστροφές και ανακατασκευές, η πολύχρονη ύπαρξη υγρασίας αλλά και το πέρασμα του χρόνου είχαν ως αποτέλεσμα σημαντικές φθορές και παραμορφώσεις, οι οποίες δημιούργησαν την ανάγκη για επιστημονική επέμβαση και αποκατάσταση. Καθώς αποτελεί ένα ιδιαίτερο και περίτεχνο οικοδόμημα, με πλούσια διακόσμηση τόσο εσωτερικά όσο και εξωτερικά, η τεκμηρίωσή του υλοποιήθηκε με συνδυασμό γεωδαιτικών και φωτογραμμετρικών μεθόδων αλλά και με χρήση σαρωτή Laser. Τα προϊόντα που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων, ήταν τρισδιάστατα μοντέλα υψηλής ανάλυσης με υφή, οριζόντιες και κατακόρυφες ορθοτομές, ορθοεικόνες των εσωτερικών και εξωτερικών όψεων καθώς και ορθοεικόνες των φατνωμάτων, σε διάφορες φάσεις του έργου. Έτσι, οι προηγμένες τεχνολογίες του μη καταστροφικού ελέγχου, της τηλεματικής, των πολυαισθητήρων και της ρομποτικής, έδωσαν τη δυνατότητα σχεδιασμού και αποτίμησης των συμβατών και επιτελεστικών υλικών και των ελάχιστων παρεμβατικών επεμβάσεων αποκατάστασής του. (Γεωργόπουλος Α., Ιωαννίδης Χ., Σοιλέ Σ., Ταπεινάκη Σ., Χλιβερού Ρ., 2017)



Εικόνα 2.3: Ο Πανάγιος Τάφος (Γεωργόπουλος Α., Ιωαννίδης Χ., Σοιλέ Σ., Ταπεινάκη Σ., Χλιβερού Ρ., 2017)

### 3. ΙΣΤΟΡΙΚΑ & ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΤΗΡΙΟΥ

#### 3.1 ΘΕΣΗ ΚΤΗΡΙΟΥ

Το Επισκοπεϊό ή Πισκοπεϊό είναι οικισμός της νήσου Σύρου, την πρωτεύουσα του νομού Κυκλάδων. Είναι χτισμένο στις πλαγιές ενός πευκόφυτου λόφου και είναι μία από τις πλουσιότερες πηγές πράσινου του νησιού. Βρίσκεται περίπου στο κέντρο της Σύρου και απέχει 4,5 χιλιόμετρα από την πρωτεύουσα του νησιού, Ερμούπολη (εικόνα 3.1).



Εικόνα 3. 1: Θέση «Κοκκινόσπιτου» στο νησί της Σύρου (πηγή: Google Maps)

Κοντά στο Επισκοπεϊό βρίσκονται τα ερείπια της οικοδομής που άλλοτε χρησιμοποιούνταν ως κατοικία του καθολικού επισκόπου. Αυτή η οικοδομή του 15ου αιώνα, έδωσε και το όνομά της στον οικισμό. Υπήρξε το πρώτο αγαπημένο θέρετρο των πλούσιων Συριανών εμπόρων μετά τη δημιουργία της Ερμούπολης το 1830, οι οποίοι έχτισαν τον 19ο αιώνα εντυπωσιακές και επιβλητικές επαύλεις με καταπράσινους κήπους (εικόνα 3.2).



Εικόνα 3. 2: Περιοχή Επισκοπείου

### 3.2 ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΚΤΗΡΙΟΥ

Ανάμεσα στα σπίτια σύμφωνα με τον θρύλο, βρισκόταν και αυτό της οικογένειας των Ρεΐζηδων, του Έλληνα καπετάνιου Γιάννη Ρεΐζη, της μητέρας του, της συζύγου του, Γαλλίδας Μαρίας Μπαρέ και της μικρής τους κόρης, Άννας. Σήμερα και πολλές δεκαετίες μετά, σώζονται ερείπια της κατοικίας που αποκαλείται «Το Κόκκινο Σπίτι» ή «Κοκκινόσπιτο», καθώς κομμάτια των τοίχων και των πλίνθων διατηρούν ένα ξεθωριασμένο πορφυρό χρώμα (εικόνα 3.3).

Το «Κόκκινο Σπίτι» ή «Κοκκινόσπιτο», όπως είναι γνωστό στους κατοίκους της Σύρου, είναι ένα ερειπωμένο δώροφο αρχοντικό στην περιοχή του Επισκοπείου, πέντε μόλις λεπτά με το αυτοκίνητο από την πρωτεύουσα. Θεωρείται από πολλούς ως στοιχειωμένο και αμαρτωλό σπίτι και ως γνωστόν ενέπνευσε τον Μ. Καραγάτση, έναν από τους σημαντικότερους συγγραφείς της «Γενιάς του '30», να γράψει το 1953 το μυθιστόρημα «Η Μεγάλη Χίμαιρα».

Η ονομασία «Κοκκινόσπιτο» δεν υπάρχει πουθενά στο μυθιστόρημα, ενώ πιστεύεται ότι το όνομα δόθηκε από τους παλιούς Συριανούς, μάλλον εξαιτίας του εξωτερικού χρώματος που είναι ίδια με την απόχρωση του αίματος, είτε για να δηλώσει το γεγονός ότι βάφτηκε κόκκινο από το αίμα των Ρεΐζηδων.

### 3.3 ΙΣΤΟΡΙΑ ΚΤΗΡΙΟΥ

Η «Μεγάλη Χίμαιρα» του Μ.Καραγάτση, πραγματεύεται την ιστορία της Μαρίνας, μιας νεαρής Γαλλίδας που ερωτεύεται, παντρεύεται και ακολουθεί τον άντρα της στη Σύρο, στο πατρικό σπίτι της Επισκοπής. Εκεί ζει κάτω από τον βαρύ, αποδοκιμαστικό ίσκιο της πεθεράς της, ενώ παράλληλα δεν καταφέρνει να προσαρμοστεί στην ελληνική κοινωνία. Καθώς η Μαρίνα συνδέει την τύχη της με τα βαπόρια του άντρα της, κάθε ψυχική της αναταραχή έχει περίεργες συνέπειες στη ζωή τους.

Στην αρχή η ζωή του ζευγαριού κυλάει όμορφα, όμως όταν έρχεται η οικονομική καταστροφή, ο άντρας της Γιάννης που ήταν καπετάνιος, αναγκάζεται να ξαναμπαρκάρει και να λείψει για χρόνια στα καράβια. Μετά από πολλούς μήνες μοναξιάς, η Μαρίνα άρχισε να διατηρεί σχέση με τον αδερφό του Γιάννη, τον Μηνά, μέχρι το βράδυ που χάνει την κόρη της Άννα, από πνευμονία.

Από εκείνη τη στιγμή, συμφορές και τραγικά περιστατικά συμβαίνουν στην οικογένεια. Ο Γιάννης ενημερώνεται για όσα έχουν συμβεί, ενώ βρίσκεται ήδη στο ταξίδι του γυρισμού, ωστόσο όλα αυτά ωθούν τη Μαρίνα στην αυτοκτονία, στοιχειώνοντας με τη φασματική παρουσία της το σπίτι. (Καραγάτσης Μ., 1953)



Εικόνα 3. 3: «Κοκκινόσπιτο» (Frizot Μ.,Γιακουμής Χ.,Πολίτης Ν.,Φουστάνος Γ.,Δράκου Μ., 1998)



### 3.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΤΗΡΙΟΥ

«Ήταν ένα σπίτι πολύ νόστιμο και βολικό, τριγυρισμένο από κήπο γεμάτο λουλούδια χειμωνικά. Το κάτω πάτωμα είχε ένα μεγάλο λίβιν ρούμ, ένα σαλονάκι, το γραφείο του Γιάννη, και την κουζίνα. Τα υπνοδωμάτια ήσαν στ' απάνω πάτωμα: ένα μεγάλο, ανατολικό του Γιάννη και της Μαρίνας. Ένα μεσημβρινό, όπου κοιμόταν η Ρεϊζαίνα. Ένα βορεινό για να μένη ο Μηνάς, όταν έρχεται στη Σύρα, κι άλλο ένα δυτικό, πλάι στο μπάνιο που το μεταχειρίζονταν για αποθήκη». (Καραγάτσης Μ., 1953)

Στο διώροφο λιθόκτιστο νεοκλασικό, είναι εμφανής η συμμετρία στις όψεις, αλλά και η ισορροπία στη διάπλαση των όγκων. Παράλληλα, χαρακτηρίζεται από καθαρότητα των αρχιτεκτονικών μορφών και σαφήνεια των επί μέρους νεοκλασικών μορφολογικών στοιχείων. Ορθώνεται στη βορειοανατολική άκρη ενός οικοπέδου, έκτασης περίπου 9 στρεμμάτων (εικόνα 3.4), κατά μήκος της επαρχιακής οδού Επισκοπειού. Αποτελείται από το κυρίως κτίσμα και τον κήπο και περιτοιχίζεται από χαμηλό μαντρότοιχο και ξερολιθιά.



Εικόνα 3. 4: Αεροφωτογραφία περιοχής Επισκοπειού (1999)

Μπαίνοντας κανείς από την κεντρική είσοδο στον κήπο του νεοκλασικού, αντικρίζει τον εντυπωσιακό ξύλινο αλλά κατεστραμμένο από τον χρόνο εξώστη που λειτουργεί ως στέγαστρο για το ισόγειο, ο οποίος στηρίζεται στις 4 από τις 6 εντυπωσιακές πέτρινες

κολόνες που δεσπόζουν μπροστά από την δίφυλλη είσοδο, που οδηγεί στον εσωτερικό διάδρομο του σπιτιού. Το σπίτι εξωτερικά, αν και ερειπωμένο, είναι άκρως εντυπωσιακό. Το χρώμα εξωτερικά είναι όντως ένα σκούρο βαθύ κόκκινο ή μπορντό, ένα χρώμα που ανέκαθεν ήταν συνώνυμο της πολυτέλειας και της υψηλής αισθητικής.

Δυο μέτρα από την είσοδο ένα μικρό άνοιγμα στο πάτωμα που χρησίμευε ως στέρνα, πρόχειρα κλεισμένη, απαιτεί προσοχή για την αποφυγή ατυχημάτων. Πρώτη πόρτα δεξιά και ο χώρος ακόμα και σήμερα αρκετά εντυπωσιακός. Πρόκειται για τον χώρο της κουζίνας με το τζάκι στη γωνία του δωματίου (εικόνα 3.5), που εκείνη την εποχή χρησιμοποιούταν και για μαγείρεμα. Παράλληλα, διατηρούνται μερικά ακόμα στοιχεία του χώρου, όπως είναι η ξύλινη πιατοθήκη καθώς και τα ξύλινα ράφια στην εσοχή.



Εικόνα 3. 5: Τζάκι

Απέναντι από την κουζίνα ένα μικρό δωμάτιο, προθάλαμος στην ουσία για το σαλόνι που ακολουθεί και βλέπει στον κεντρικό δρόμο. Δυο πόρτες, η μια από το σαλόνι και η δεύτερη από τον κεντρικό διάδρομο οδηγούν στο πίσω δωμάτιο που ήταν το γραφείο του Γιάννη Ρεΐζη και τα παράθυρα του βλέπουν στο βουνό. Στο τέλος του διαδρόμου και δεξιά, μια ξύλινη εσωτερική σκάλα που τρίζει, με μεγάλα παράθυρα στους τοίχους και η οποία οδηγεί στα υπνοδωμάτια του ορόφου (εικόνα 3.6).



Εικόνα 3. 6: Ξύλινη εσωτερική σκάλα

Ανεβαίνοντας κανείς στην κορυφή της κλίμακας, συναντά έναν μικρό προθάλαμο. Εκεί, μπροστά στη σκάλα, προβάλλει πρώτο ένα μικρό υπνοδωμάτιο που πιθανόν ήταν ο χώρος της Άννας, μητέρας του Γιάννη Ρεΐζη. Δίπλα ακριβώς υπάρχει το μεγάλο υπνοδωμάτιο του Γιάννη και της Μαρίνας με εντυπωσιακά σχέδια στο ταβάνι, που δυστυχώς δεν διατηρούνται πλέον. Σε ένα σημείο του τοίχου ψηλά εντοπίζεται το σχέδιο μιας πεταλούδας (εικόνα 3.7), σχέδιο που υπάρχει και στο χώρο του γραφείου στον κάτω όροφο. Ένα τρίτο δωμάτιο βρίσκεται στην πίσω πλευρά, πάνω δηλαδή από το γραφείο του Γιάννη, πιθανόν το δωμάτιο της μικρής Άννας.



Εικόνα 3. 7: Σχέδιο πεταλούδας

### 3.5 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

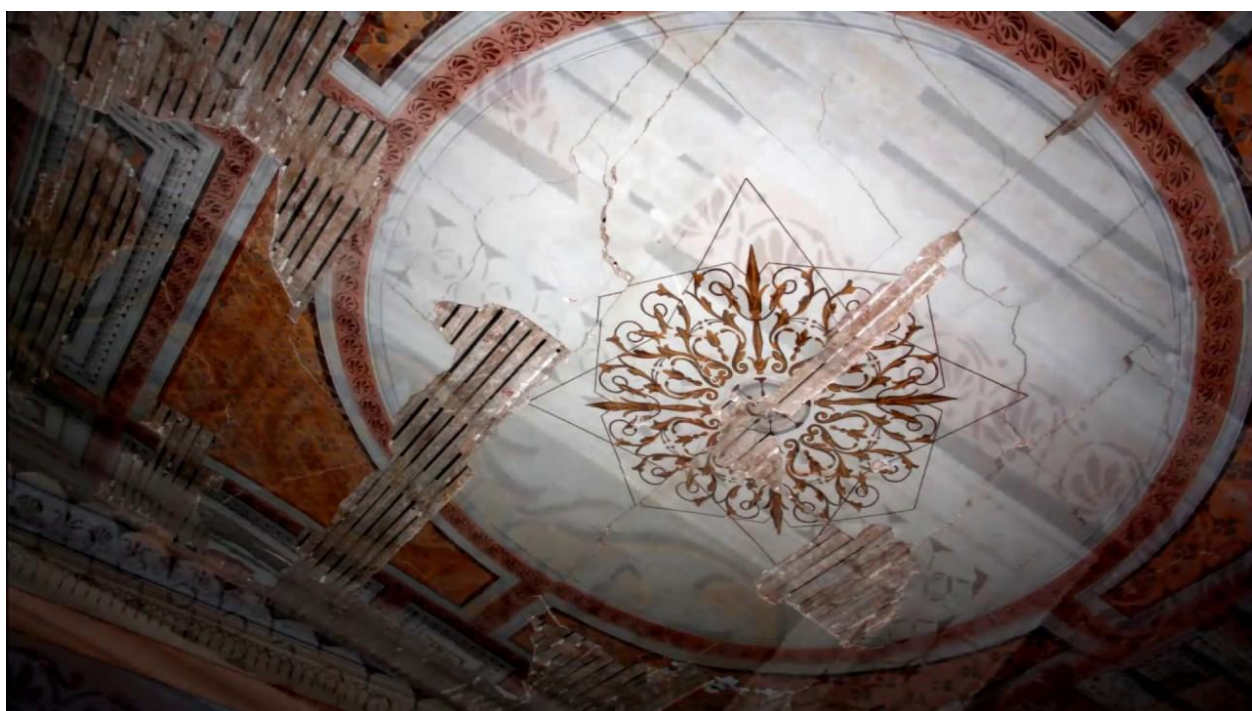
Το «Κοκκινόσπιτο» είναι ένα διώροφο νεοκλασικό σπίτι, με βαθύ κόκκινο χρώμα στο σοβά και πελεκημένες μαρμαρόπετρες με τις οποίες ήταν χτισμένες οι κολόνες του, που στήριζαν το μπροστινό μπαλκόνι και διαμόρφωναν το χαρακτηριστικό προστώο του.

Με το πέρασμα των χρόνων, το κτήριο αυτό είναι πλέον εγκαταλειμμένο και ετοιμόρροπο. Το χαρακτηριστικό κόκκινο χρώμα όμως διατηρείται ακόμη σε αρκετά σημεία. Τα περισσότερα ξύλινα κουφώματα λείπουν από τη θέση τους, ενώ το δώμα του ενός εκ των δύο μονώροφων όγκων που πλαισίωναν τη βασική διώροφη κατοικία έχει πλήρως καταρρεύσει. Στην ανατολική όψη του κτηρίου, η στέγη έχει καταρρεύσει, όπως και η οροφή των δύο δωματίων κάτω από αυτήν. Μεγάλο μέρος από τον σοβά έχει αποξηλωθεί, ενώ μια περίτεχνη λιθοδομή που βρισκόταν κρυμμένη κάτω από την επιφάνεια του σοβά, αποκαλύπτεται τώρα σε όλο το ύψος των παράπλευρων τοίχων.

Στο εσωτερικό του κτηρίου, ιδιαίτερο χαρακτηριστικό αποτελούσαν οι εξαιρετικές διακοσμήσεις στις οροφές μαζί με μικρές διακριτικές ζωγραφιές: μια πεταλούδα (εικόνα 3.7), ένα λουλούδι (εικόνα 3.8), ένας ρόδακας λίγο πιο πέρα (εικόνα 3.10), από τις οποίες λίγες είναι πλέον εμφανείς. Τα χρώματα αποτελούνταν από συνδυασμούς της ώχρας και του ανοιχτού λουλακί που κάλυπταν τους τοίχους των δωματίων, με το χαμηλό πασαμέντο σε αποχρώσεις του κόκκινου, να ξεχωρίζει με μια λεπτή γραμμή στη βάση τους και τα περίτεχνα ανθέμια στην κορυφή να ολοκληρώνουν τη σύνθεση (εικόνα 3.9). (Παπαϊωάννου Τ., 2012)



Εικόνα 3. 8: Τμήμα οροφografίας ορόφου



Εικόνα 3. 9: Οροφografία σε δωμάτιο ορόφου



Εικόνα 3. 10: Οροφογραφία στην είσοδο του κτηρίου

## 4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

### 4.1 ΠΡΟΕΡΓΑΣΙΑ

#### Αναγνώριση περιοχής και αντικειμένου αποτύπωσης

Η αναγνώριση του αντικειμένου αποτύπωσης και του περιβάλλοντα χώρου είναι η πρώτη και ουσιαστική φάση στις εργασίες γεωμετρικής τεκμηρίωσης, καθώς είναι καθοριστική για την επιλογή των κατάλληλων μεθόδων, του κατάλληλου εξοπλισμού και του προγραμματισμού των εργασιών συλλογής των πρωτογενών δεδομένων. Στη διαδικασία αυτήν, καταγράφονται τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του αντικειμένου, όπως βασικές διαστάσεις και μορφολογία σε αυτοσχέδιο υπαίθρου, ενώ σημαντική είναι η λήψη τεκμηριωτικών φωτογραφιών.

Εντοπίζονται οι ιδιομορφίες, ενώ παράλληλα γίνεται εξοικείωση με το αντικείμενο αλλά και εξακρίβωση της μορφής και της πολυπλοκότητας της κατασκευής του. Επιπλέον, γίνεται διερεύνηση της προσβασιμότητας περιμετρικά του κτηρίου αλλά και στο εσωτερικό αυτού, εφόσον πρόκειται να αποτυπωθεί, των μέτρων ασφαλείας, της ορατότητας των στάσεων, της μέγιστης απόστασης λήψης φωτογραφιών, των πιθανών αποκρύψεων αλλά και των εμποδίων που πιθανόν να υπάρχουν.

Επομένως, στο στάδιο αυτό, είναι δυνατή η οριστικοποίηση των προδιαγραφών, του είδους και του πλήθους των παραγώγων και γενικά των απαιτήσεων προκειμένου να ολοκληρωθεί η εργασία. Παράλληλα, εκτιμάται ο απαιτούμενος χρόνος αλλά και το κόστος εκτέλεσης της εργασίας.

Πιο συγκεκριμένα, κατά την αναγνώριση του κτηρίου του «Κοκκινόσπιτου», καθώς δεν υπήρχαν σχέδια της κατασκευής, έγινε χρήση αυτοσχέδιων υπαίθρου και φωτογραφική τεκμηρίωση. Οι ενέργειες αυτές, είναι σημαντικές, καθώς βοηθούν στην αντίληψη του χώρου, στον εντοπισμό και την ανάδειξη λεπτομερειών και στον συσχετισμό των επιμέρους χώρων του κτηρίου.

Διαθέσιμος εξοπλισμός

**1. Γεωδαιτικός σταθμός «Topcon GPT 3003» με τα παρελκόμενά του**

Γωνιομετρική ακρίβεια	≤15cc
Ελάχιστη γωνία ανάγνωσης	5"/1"
Εμβέλεια απόστασης με πρίσμα	3000m
Ακρίβεια μέτρησης απόστασης	±(3mm+2ppm x D)
Ακρίβεια μέτρησης απόστασης χωρίς πρίσμα	≤±5mm
Εμβέλεια μέτρησης απόστασης χωρίς πρίσμα	≤250m

Πίνακας 4. 1: Τεχνικά Χαρακτηριστικά "TOPCON GPT 3003"



Εικόνα 4. 1: Γεωδαιτικός Σταθμός « TOPCON GPT 3003»

**2. Ψηφιακή μηχανή Canon EOS 6D-DSLR**

Η ψηφιακή φωτογραφική μηχανή που επιλέχθηκε ήταν η Canon EOS 6D-DSLR με τα εξής χαρακτηριστικά: Αισθητήρας CMOS Full Frame 36X24mm, μέγεθος εικονοψηφίδας 6.54μm και φακούς 15mm, 24mm και 50mm.



### **3. Ψηφιακή μηχανή Canon EOS 80D-DSLR**

Συμπληρωματικά, έγινε χρήση της ψηφιακής φωτογραφικής μηχανής Canon EOS-80-DSLR με τα εξής χαρακτηριστικά: Αισθητήρας APS-C CMOS 22.3X14.9mm, μέγεθος εικονοψηφίδας 3.73μm και διαθέσιμο φακό 18-135mm.

### **4. Ψηφιακή μηχανή Nikon D3200-DSLR**

Επιπλέον χρησιμοποιήθηκε η ψηφιακή φωτογραφική μηχανή Nikon D3200-DSLR, με τα εξής χαρακτηριστικά: Αισθητήρας CMOS 23.2X15.4mm, μέγεθος εικονοψηφίδας 3.84μm και φακό 35mm.

### **5. Ψηφιακή μηχανή Sony Nex 5T**

Τέλος, χρησιμοποιήθηκε η ψηφιακή φωτογραφική μηχανή Sony Nex 5T, με τα εξής χαρακτηριστικά: Αισθητήρας CMOS 23.4X15.6mm, μέγεθος εικονοψηφίδας 4.76μm και φακό 16mm.

### **6. DJI Phantom 4 UAV**

Για τις εναέριες λήψεις, ήταν πολύ χρήσιμο, το μη επανδρωμένο αεροσκάφος DJI PHANTOM 4 (εικόνα 4.2), με τα εξής χαρακτηριστικά: CMOS 1/2.3", με φακό FOV 84° 8.8 mm/24mm, που ισοδυναμεί με το format των 35mm.



Εικόνα 4. 2: Μη επανδρωμένο αεροσκάφος «DJI PHANTOM 4»

### 7.RTC 360

Παράλληλα, έγινε χρήση του επίγειου σαρωτή Leica RTC 360 (εικόνα 4.3) με τα παρελκόμενά του, ο οποίος ενσωματώνει έναν έξυπνο συνδυασμό λειτουργιών και δυνατοτήτων για τη διαδικασία της σάρωσης, προκειμένου να είναι εφικτή η παραγωγή του νέφους σημείων. Συνεργάζεται με το λογισμικό Leica Cyclone FIELD 360, το οποίο είναι συμβατό με όλες τις έξυπνες συσκευές (iOS and Android) για αποτελεσματικό έλεγχο των αποτελεσμάτων στο πεδίο.



Εικόνα 4. 3: Σαρωτής Laser «RTC 360 LEICA»

Χάρης στο αδρανειακό σύστημα καταγραφής τροχιάς - **Virtual Inertial System** - ο σαρωτής «συνενώνει» τα νέφη σημείων που προκύπτουν από τις διαδοχικές στάσεις χωρίς να απαιτούνται στόχοι, με αποτέλεσμα ο χρήστης να κερδίζει πολύτιμο χρόνο τόσο στο πεδίο – αποφεύγοντας τη χειροκίνητη διαδικασία – όσο και στο γραφείο, λόγω της απρόσκοπτης μεταφοράς δεδομένων και της αυτοματοποιημένης διαδικασίας pre-registration.

<b>Εμβέλεια</b>	Μέχρι 130m
<b>Ακρίβεια</b>	Εξαιρετικά ακριβής (εύρος θορύβου 0.5mm @ 20m)
<b>Ταχύτητα</b>	2 εκατομμύρια σημεία/δευτερόλεπτο πλήρης σάρωση & HDR σε λιγότερο από 2 λεπτά
<b>Πεδίο ορατότητας</b>	300° (οριζόντια)/360°(κατακόρυφα)
<b>Βάρος</b>	5,3 Kg χωρίς μπαταρίες

Πίνακας 4. 2: Τεχνικά Χαρακτηριστικά Σαρωτή Laser «RTC 360 LEICA»

### **8.ZEB-REVO**

Καθώς για το συγκεκριμένο κτήριο πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις και συλλογή δεδομένων και για μία επιπλέον διπλωματική εργασία, αξίζει να αναφερθεί η χρήση του σαρωτή Zeb-Revo της Geoslam. Πρόκειται για έναν ελαφρύ περιστρεφόμενο laser-σαρωτή, που μπορεί να κρατηθεί στο χέρι ή να τοποθετηθεί σε κινητή πλατφόρμα, όπως σε ένα όχημα ή ένα UAV και στη συνέχεια να κινηθεί μέσα στην προς σάρωση περιοχή. Η ακρίβεια που επιτυγχάνεται είναι της τάξης των 2-3cm και η ταχύτητα σάρωσης είναι 43200 σημεία/δευτερόλεπτο. Καλύπτει τις ανάγκες αποτύπωσης και χαρτογράφησης για πληθώρα διαφορετικών εφαρμογών εσωτερικών, εξωτερικών και υπόγειων χώρων.



Εικόνα 4. 4: Σαρωτής «Zeb-Revo»

### **9.ΦΟΡΗΤΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ**

Για την επεξεργασία των δεδομένων, έγινε χρήση του φορητού υπολογιστή Dell Inspiron 5547, με εγκατεστημένα όλα τα απαραίτητα προγράμματα (Agisoft Metashape, Cyclone Register 360, Geomagic Wrap, Autocad), με τα εξής χαρακτηριστικά: επεξεργαστής: Intel Core i5-4210U (1.70 GHz), μνήμη: 8192 MB, σκληρός δίσκος: 1 TB.

### Επιλογή μεθόδου αποτύπωσης

Ο προγραμματισμός των εργασιών αποτύπωσης, για να είναι αποτελεσματικός, πρέπει να συνεπάγεται την επιλογή της κατάλληλης τοπογραφικής τεχνικής, καθώς και του αντίστοιχου εξοπλισμού, προκειμένου να ικανοποιούν τις αρχές της αξιοπιστίας, της πληρότητας και της πιστότητας και να αποτελούν τον βέλτιστο συνδυασμό για τον σκοπό της αποτύπωσης. Ακόμα, πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν η πολυπλοκότητα και το μέγεθος του αντικειμένου αλλά και η διαθεσιμότητα ανθρώπινου δυναμικού, πόρων και χρόνου, έτσι ώστε να είναι δυνατός ο ορθός προγραμματισμός της αποτύπωσης και η αξιολόγηση της μετρητικής του ποιότητας. (Tucci G., Conti A., Fiorini L., Mei F., Parisi E. I., 2018).

Σε κτήρια με σύνθετη μορφολογία και πλήθος αρχιτεκτονικών λεπτομερειών, συνιστάται ο συνδυασμός γεωδαιτικών και φωτογραμμετρικών μεθόδων, οι οποίες λειτουργούν συμπληρωματικά η μία προς την άλλη, καλύπτοντας έτσι τις υψηλές απαιτήσεις ακρίβειας.

Στην περίπτωση του νεοκλασικού κτηρίου του «Κοκκινόσπιτου» επιλέχθηκε ο συνδυασμός γεωδαιτικών και φωτογραμμετρικών μεθόδων, καθώς έχει σύνθετη μορφή και ιδιαίτερα αρχιτεκτονικά στοιχεία, ενώ δεν αγνοήθηκε η υφιστάμενη κατάσταση του κτηρίου (υπό κατάρρευση), γεγονός που αποτέλεσε σημαντική δυσκολία στην ολοκλήρωση των εργασιών. Επομένως, η επιλογή της χρήσης επίγειου σαρωτή Laser θεωρήθηκε ως μία καλή λύση, καθώς είναι δυνατή η απόδοση της απαιτούμενης ακρίβειας αποτύπωσης και της υψής. Ωστόσο επειδή η μορφολογία του εδάφους περιμετρικά του κτηρίου δεν είναι ομαλή ενώ και οι αποστάσεις σε ορισμένες περιπτώσεις είναι ιδιαίτερα μικρές, και σε συνδυασμό με τα φυσικά εμπόδια (δέντρα) είναι πιθανό να υπάρχουν σημαντικές αποκρύψεις.

Στο σημείο αυτό, τη λύση έρχεται να δώσει η ψηφιακή φωτογραφική μηχανή, η οποία απελευθερώνει από τη στατικότητα του επίγειου σαρωτή και ικανοποιεί τις προδιαγραφές της ακρίβειας και της πληροφoρίας της υψής. Παρ' όλα αυτά, η χρήση της φωτογραφικής μηχανής, δεν αρκεί για να καλύψει ολοκληρωμένα το κτήριο, καθώς πρόκειται για μία διώροφη κατοικία με στέγη, γεγονός που απαιτεί εναέρια μέσα για τη λήψη εικόνων. Για τον λόγο αυτόν, επιλέχθηκε η χρήση UAV, έτσι ώστε να υπάρχει ολοκληρωμένη

φωτογραφική κάλυψη της κατασκευής.

### Επιλογή λογισμικού επεξεργασίας

Προκειμένου να είναι δυνατή η επεξεργασία των πρωτογενών δεδομένων, υπάρχουν διάφορα ελεύθερα και εμπορικά λογισμικά που εφαρμόζουν αλγορίθμους Όρασης Υπολογιστών ή Φωτογραμμετρίας (στερεοσκοπική φωτογραμμετρία) βασισμένα σε αλγόριθμους των μεθόδων «Structure from Motion» (SfM) και «Multi View Stereo 3D Reconstruction» (MVS). Και στις 2 περιπτώσεις, γίνεται χρήση αλγορίθμων, για τον εντοπισμό και τη συσχέτιση ομόλογων σημείων σε επικαλυπτόμενες εικόνες, έτσι ώστε να είναι δυνατή η παραγωγή του νέφους σημείων, η δημιουργία δικτύου τριγώνων (mesh) μεταξύ των σημείων και η απόδοση χρώματος στην επιφάνεια.

Η διαφορά των δύο ομάδων λογισμικών είναι ότι στην περίπτωση των φωτογραμμετρικών λογισμικών SfM δίνεται μεγαλύτερος έλεγχος παρέμβασης στον χρήστη και εκδίδεται φύλλο ανάλυσης σφαλμάτων για κάποιες από τις παραπάνω διαδικασίες. Και οι δύο παραπάνω δυνατότητες είναι αναγκαίες για τον έλεγχο της γεωμετρίας του τελικού προϊόντος.

Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης εργασίας, επιλέχθηκε η χρήση του διαθέσιμου λογισμικού Agisoft Metashape, λαμβάνοντας υπ' όψιν τους περιορισμούς με τους οποίους συνοδεύεται. Το πρόγραμμα λογισμικού Metashape είναι ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο πρόγραμμα (SfM και MVS), το οποίο χρησιμοποιείται σε πολλά διαφορετικά πεδία εφαρμογής. Λειτουργεί με αυθαίρετες, τυχαίες εικόνες και είναι αρκετά αποτελεσματικό κάτω από ελεγχόμενες ή μη καταστάσεις, δηλαδή ο χρήστης μπορεί να ακολουθήσει αυτόματες ή ημιαυτόματες διαδικασίες. Οι εικόνες μπορούν να ληφθούν από οποιαδήποτε θέση, υπό την προϋπόθεση βέβαια ότι το αντικείμενο προς τεκμηρίωση εμφανίζεται σε τουλάχιστον δύο εικόνες. Τόσο η διαδικασία του προσανατολισμού (alignment) των εικόνων, όσο και η διαδικασία της παραγωγής του τρισδιάστατου μοντέλου είναι πλήρως αυτοματοποιημένες.

Εκτός από τον προσανατολισμό και τις συντεταγμένες προσημασμένων αντικειμένων (αραιό νέφος σημείων), παρέχει ένα νέφος πυκνών σημείων που δημιουργείται από τη

συνταύτιση, την επιφάνεια πλέγματος και τις ορθοεικόνες. Το λογισμικό προσφέρει καλά τεκμηριωμένα μοντέλα βαθμονόμησης για τον εσωτερικό προσανατολισμό και πολλές μορφές εισαγωγής και εξαγωγής όλων των παραμέτρων προσανατολισμού. (Luhmann T., Chizhova M., Gorkonchuk D., Hastedt H., Chachava N., Lekveishvili N., 2019)

Παρακάτω, παρουσιάζονται συνοπτικά οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται σε κάθε ένα από τα στάδια της επεξεργασίας στο λογισμικό Agisoft Metashape, έτσι ώστε να είναι δυνατός ο διαχωρισμός των ορίων κάθε διαδικασίας, καθώς και οι πιθανές πηγές προβλημάτων που μπορεί να προκύψουν.

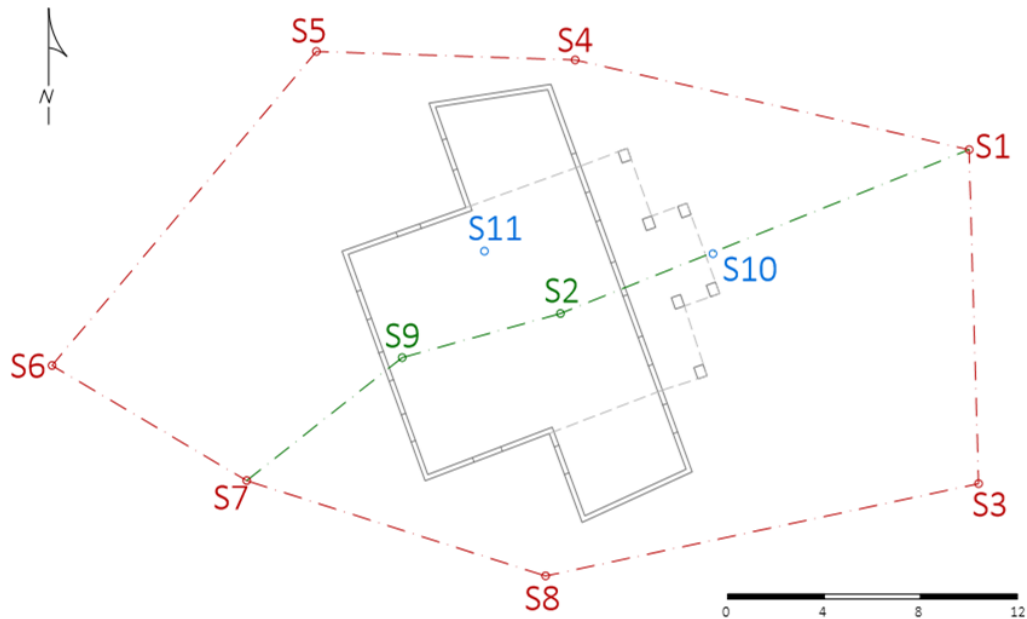
- Εύρεση ομόλογων σημείων: Το λογισμικό Metashape κάνει χρήση αλγορίθμων τύπου SIFT για να ανιχνεύσει σημεία στις εικόνες και στη συνέχεια να εντοπίσει τα ομόλογά τους. Η αντιστοίχιση είναι δυνατή παρά τις πιθανές διαφορές στη φωτεινότητα των εικόνων, στην κλίμακα και τις στροφές κάθε εικόνας, ή στην έντονη εκτροπή του αναγλύφου στην περιοχή λήψης. Το αποτέλεσμα του αλγόριθμου είναι η δημιουργία ενός διανύσματος περιγραφικών χαρακτηριστικών για κάθε σημείο ενδιαφέροντος. Οι πίνακες διανυσμάτων χρησιμοποιούνται στη συνέχεια για τη συνταύτιση των σημείων. (Αδάμ, 2011)
- Εύρεση παραμέτρων εσωτερικού, σχετικού και εξωτερικού προσανατολισμού: Για την ανάπλαση της εσωτερικής γεωμετρίας της κάμερας και της θέσης της στον χώρο τη στιγμή της λήψης, χρησιμοποιείται η μέθοδος των δεσμών, δηλαδή ένας αλγόριθμός τύπου Bundle Adjustment. Με τον τρόπο αυτόν, υπολογίζονται οι τιμές του εσωτερικού προσανατολισμού της κάμερας και του εξωτερικού προσανατολισμού των εικόνων.
- Ανακατασκευή επιφανειών (Dense surface reconstruction): Σε αυτό το στάδιο γίνεται χρήση διαφόρων αλγορίθμων επεξεργασίας, όπως ο τριγωνισμός Delauney ή η ανακατασκευή επιφάνειας Poisson κ.ά. προκειμένου να δημιουργηθούν τριγωνικές και πολυγωνικές επιφάνειες που συνθέτουν ένα TIN μοντέλο.
- Απόδοση υφής (Texture mapping): το Metashape παραμετροποιεί μια επιφάνεια, «τεμαχίζοντας» την επιφάνεια του αντικειμένου και «αναμειγνύοντας» τα τεμάχια με τις εικόνες για να αποδώσει την υφή του αντικειμένου.

#### 4.2 ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Η ίδρυση ενός τρισδιάστατου γεωδαιτικού δικτύου, αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της διαδικασίας της γεωμετρικής τεκμηρίωσης μίας κατασκευής. Η ίδρυση του δικτύου αυτού, είναι σημαντική, καθώς έτσι εξασφαλίζεται η σύνδεση (οριζοντιογραφική και υψομετρική) των εσωτερικών και εξωτερικών χώρων της κατασκευής, η απόδοση της θέσης των φωτοσταθερών και των χαρακτηριστικών σημείων της κατασκευής. Διασφαλίζεται η μεταφορά των διευθύνσεων και των υψομέτρων, ενώ λειτουργεί ως δίκτυο υποδομής για την αποτύπωση σημείων λεπτομερειών. Το δίκτυο μπορεί να είναι αυθαίρετο τοπικό, ή ενταγμένο σε κάποιο σύστημα αναφοράς, στην περίπτωση που υπάρχει ανάγκη συσχετισμού με άλλα έργα. Επιπλέον, το μέγεθος του δικτύου συνήθως είναι μικρό και οι πλευρές του δεν ξεπερνούν τις μερικές δεκάδες μέτρα. (Πανταζής Γ., 2010)

Σημαντική παράμετρος του γεωδαιτικού δικτύου, είναι η επιλογή της θέσης των κορυφών, η οποία γίνεται συναρτήσει του μεγέθους και του σχήματος της κατασκευής, της προσβασιμότητας και των συνθηκών ορατότητας, αλλά και του σχεδιασμού αποτύπωσης που ακολουθεί. Για τις ανάγκες της αποτύπωσης, επιλέχθηκε να ιδρυθούν 4 οδεύσεις (σχέδιο 4.1) ως εξής:

- Κύρια όδευση: κλειστή ανεξάρτητη όδευση περιμετρικά του κτηρίου με 7 πολυγωνομετρικές στάσεις με μέγιστη απόσταση μεταξύ των στάσεων τα 18 m.
- Δευτερεύουσα όδευση: ανοιχτή όδευση πλήρως εξαρτημένη από την κύρια, στο εσωτερικό του κτηρίου με 2 πολυγωνομετρικές στάσεις οι οποίες είχαν οπτική επαφή με τις εξωτερικές στάσεις.
- Ίδρυση «τυφλής» όδευσης για τη στάση S10 προκειμένου να είναι δυνατή η μέτρηση της ειδικής σφαίρας-σύνδεσης που χρησιμεύει για τη γεωαναφορά των δεδομένων του σαρωτή σε κοινό σύστημα. Η ειδική σφαίρα-σύνδεσης χρησιμοποιήθηκε για τον σαρωτή Zeb-Revo της GeoSlam, καθώς κατά τη διάρκεια συλλογής δεδομένων, χρησιμοποιήθηκαν περισσότεροι από ένας σαρωτές.
- Ίδρυση «τυφλής» όδευσης για τη στάση S11 προκειμένου να είναι δυνατή η μέτρηση των φωτοσταθερών σημείων που βρίσκονται στο εσωτερικό του κτηρίου, κάτω από τη σκάλα, και δεν ήταν δυνατός ο εντοπισμός τους από κάποια άλλη υφιστάμενη στάση.



Σχέδιο 4. 1: Δίκτυο

Η επισήμανση των στάσεων, έγινε με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλιστεί πλήρως και μονοσήμαντα η θέση και η μονιμότητά τους, τουλάχιστον για το χρονικό διάστημα των μετρήσεων. Για το έδαφος, επιλέχθηκαν σιδερένιοι πάσσαλοι, ενώ για την ασφαλτο χρησιμοποιήθηκαν καρφιά. Όσον αφορά στο κτήριο, για την ελαχιστοποίηση των επεμβάσεων, χρησιμοποιήθηκαν αυτοκόλλητοι στόχοι.

Η επιλογή του σημείου αφετηρίας των υψομέτρων έγινε στο ύψος του δρόμου, στην είσοδο της ανατολικής όψης του κτηρίου.

Ακόμα, οι μετρήσεις των αποστάσεων της όδευσης πραγματοποιήθηκαν με χρήση ανακλαστήρα, ενώ προκειμένου να επιτευχθεί η βέλτιστη ακρίβεια, χρησιμοποιήθηκε ειδικός ανακλαστήρας μικρής διαμέτρου (mini prism). Οι μετρήσεις λήφθηκαν με τη μέθοδο των πολικών συντεταγμένων. Για την απόδοση της θέσης των στάσεων μετρούνται οριζόντιες γωνίες ( $\beta$ ), κατακόρυφες γωνίες ( $z$ ), κεκλιμένα μήκη ( $S$ ), το ύψος οργάνου ( $Y_0$ ) και το ύψος στόχου ( $Y_S$ ). Θεωρούνται αυθαιρέτως γνωστές οι συντεταγμένες δύο κορυφών του δικτύου, βάσει των οποίων γίνεται ο προσανατολισμός του. Επιλέχθηκαν οι στάσεις S1 και T1. Από τις παρακάτω σχέσεις προσδιορίζονται οι ορθογώνιες συντεταγμένες ( $X, Y$ ) και το υψόμετρο της σκοπευόμενης θέσης ( $H$ ).



$$y_i = y_{Si} + S_{Si} * \cos\alpha_{Si}$$

$$x_i = x_{Si} + S_{Si} * \sin\alpha_{Si}$$

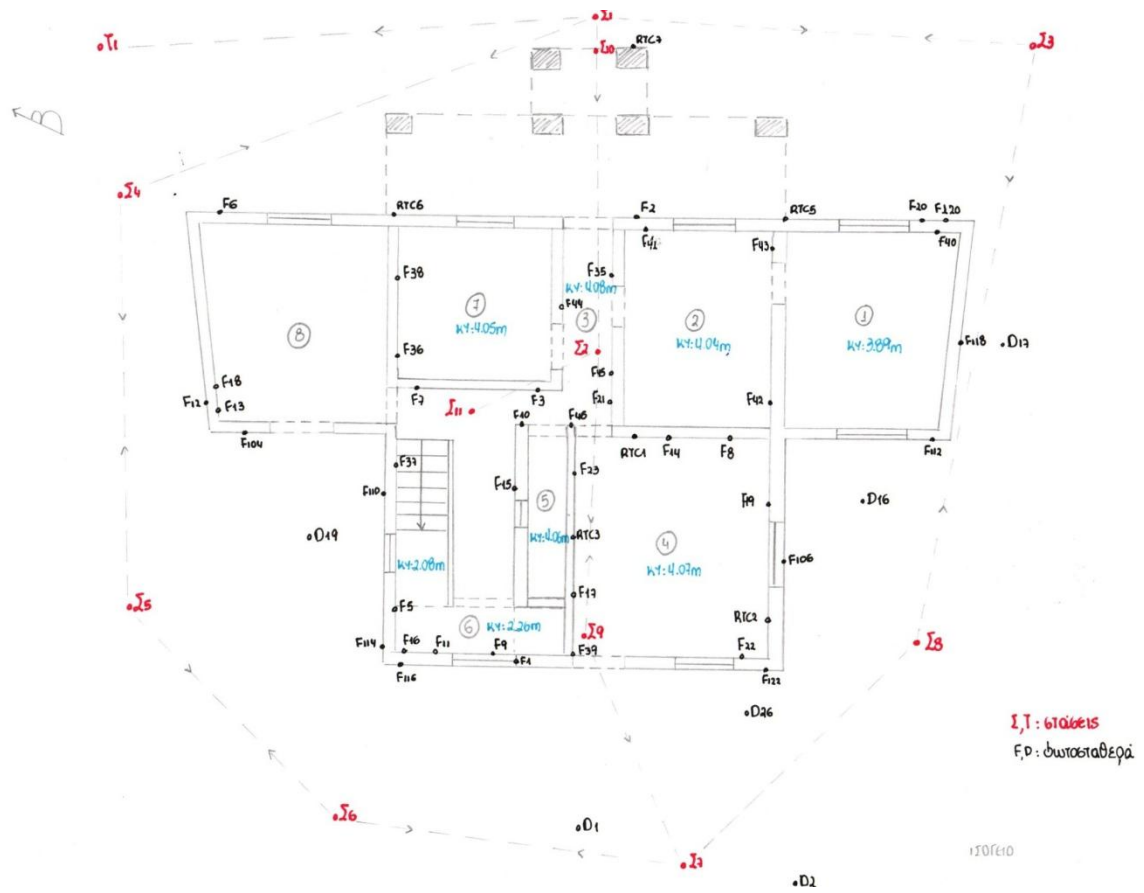
$$H_i = H_{Si} + D_{Si} * \cos Z_{Si} + Y_0 - Y_S$$

Κατά τη διαδικασία αποτύπωσης, απαιτείται η ίδρυση ενός ενιαίου συστήματος αναφοράς, στο οποίο θα μπορέσουν να συνδεθούν οι γεωδαιτικές και φωτογραμμετρικές μετρήσεις. Το σύστημα αυτό, είναι τοπικό, καθώς η παραμόρφωση των μηκών που απαιτεί το προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ '87 και προκαλείται με την εισαγωγή της κλίμακας παραμόρφωσης K, δεν εξυπηρετεί για μετρήσεις στο αντικείμενο για τη μεγάλη κλίμακα της γεωμετρικής τεκμηρίωσης. Ωστόσο, το ευρύτερο τοπογραφικό της περιοχής μπορεί να ενταχθεί στο ΕΓΣΑ' 87, σε περίπτωση που ζητηθεί.

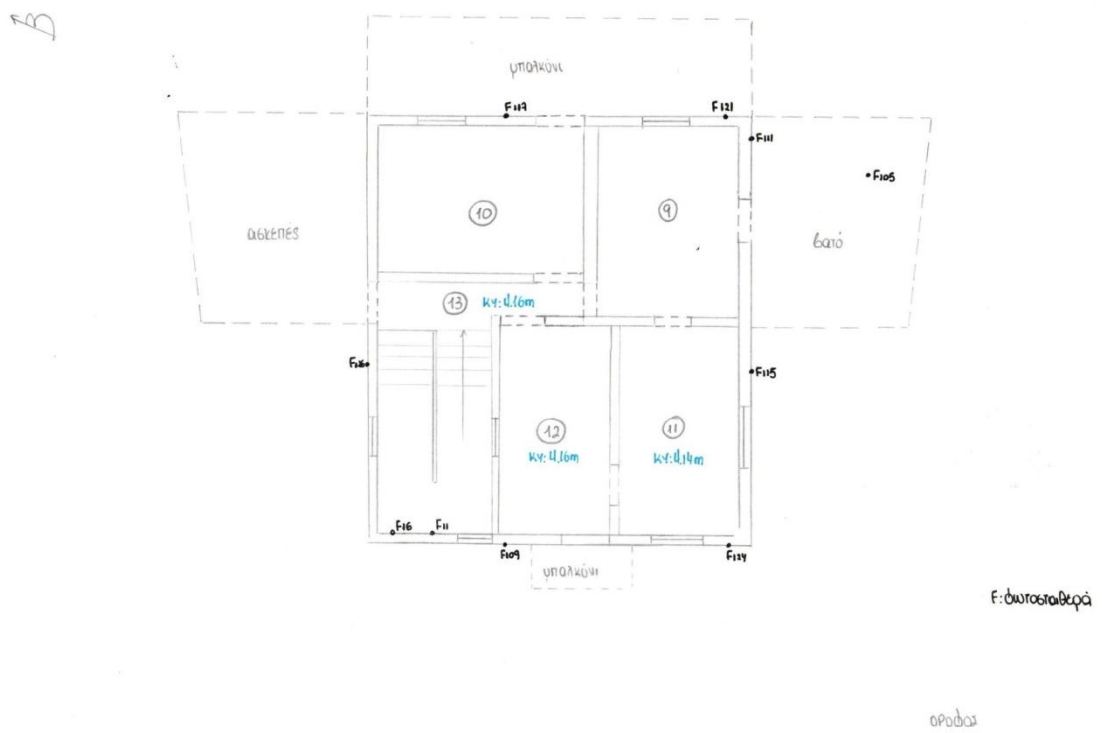
Πρόκειται ουσιαστικά για ένα σύστημα που ορίζεται από ένα οριζόντιο επίπεδο που θεωρείται ότι εφάπτεται στο κέντρο της περιοχής αποτύπωσης και είναι κάθετο στην κατακόρυφο στο σημείο αυτό. Σε αυτό προβάλλονται ορθά όλα τα σημεία που ορίζουν την περιοχή αποτύπωσης. Στο επίπεδο αυτό ορίζεται ένα ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων X, Y με αυθαίρετη αρχή, αυθαίρετο προσανατολισμό καθώς και αρχικές συντεταγμένες X0, Y0. Το υψόμετρο Z που αφορά στην τρίτη διάσταση του συστήματος, μετριέται σε άξονα κάθετο στο επίπεδο αυτό, δηλαδή κατακόρυφο, με αυθαίρετη τιμή.

Επομένως, η επίλυση του δικτύου, είναι δυνατή με την επιλογή της μεθόδου των ελάχιστων δεσμεύσεων. Πιο συγκεκριμένα, η επίλυση, υλοποιείται με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων με τις ελάχιστες δεσμεύσεις, δηλαδή αίρονται οι ατέλειες θέσης και προσανατολισμού του δικτύου, είτε με τη σταθεροποίηση δύο κορυφών του δικτύου, ή με τη σταθεροποίηση μια κορυφής και ενός αζιμούθιου και διατηρείται η ατέλεια κλίμακας. Στη συγκεκριμένη αποτύπωση, σταθεροποιήθηκαν οι κορυφές S1 και T1.

Με τον ορισμό του δικτύου και τη δημιουργία κατάλληλου σκαριφήματος (σχέδιο 4.1) με ορισμένες τις θέσεις των στάσεων ως προς το κτήριο, επόμενο βήμα ήταν η λήψη μετρήσεων των συντεταγμένων όλων των σημείων και φωτοσταθερών και εν συνεχεία η επίλυση της όδευσης.



Εικόνα 4. 5: Σύνταξη αυτοσχέδιου σκαριφήματος υπαίθρου-ισογείου



Εικόνα 4. 6: Σύνταξη αυτοσχέδιου σκαριφήματος υπαίθρου-ορόφου

Η στάση S1 η οποία ορίστηκε ως αρχή, αποτέλεσε το σημείο αφετηρίας της όδευσης με αυθαίρετες καρτεσιανές συντεταγμένες  $X_1, Y_1, Z_1$ , ενώ οι υπόλοιπες υπολογίστηκαν από τη συνόρθωση των μετρήσεων της πολυγωνομετρίας. Από το σημείο S1 όπου στήθηκε αρχικά το όργανο, έγινε σκόπευση της επόμενης στάσης S3. Η σκόπευση έγινε στον ειδικό ανακλαστήρα μικρής διαμέτρου, ο οποίος τοποθετήθηκε πάνω στο καρφί της S3. Έτσι, οι συντεταγμένες των σημείων προέκυψαν από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στοχεύοντας από το ένα σημείο με γνωστό το ύψος του οργάνου στο επόμενο, όπου πάνω στον πάσσαλο έχει στηθεί κατάφωτο με πρίσμα και ορισμένο ύψος κάθε φορά. Ο υπολογισμός των συντεταγμένων όλων των ορισμένων σημείων συνιστά τη συνόρθωση του δικτύου.



Εικόνα 4. 7: Θέση στάσης S9

Μετά την πραγματοποίηση των απαραίτητων μετρήσεων και την καταγραφή των αυτοσχέδιων υπαίθρου (εικόνες 4.5 & 4.6), τοποθετήθηκαν αριθμημένοι στόχοι εξωτερικά και εσωτερικά του κτηρίου αλλά και στο έδαφος για τις ανάγκες της εναέριας φωτογράφισης, οι οποίοι και μετρήθηκαν. Έγινε διάσπαρτη τοποθέτηση των αριθμημένων στόχων, σε καίρια σημεία του κτηρίου ώστε να είναι ορατοί από τις στάσεις του ιδρυθέντος δικτύου. Αξίζει να σημειωθεί ότι η μορφή και αρίθμηση των στόχων που

χρησιμοποιήθηκαν ως φωτοσταθερά είναι τέτοια ώστε να αναγνωρίζεται από το λογισμικό Metashape, ενώ τοποθετήθηκαν ειδικοί στόχοι τόσο εξωτερικά όσο και εσωτερικά προκειμένου να είναι αναγνωρίσιμοι από το λογισμικό Cyclone, για τη συνένωση των νεφών των σαρώσεων (εικόνα 4.8).



Εικόνα 4. 8: Τοποθέτηση στόχων στο εσωτερικό τμήμα του κτηρίου

#### 4.3 ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΛΗΨΕΙΣ

Στο στάδιο της λήψης εικόνων, ο προγραμματισμός αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της διαδικασίας, προκειμένου να αποφευχθούν αστοχίες, ενώ αποσκοπεί στην εύρεση της βέλτιστης λήψης ώστε να αποδίδει τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια και πληρότητα.

Σε πρώτη φάση, είναι πολύ σημαντική η ορθή επιλογή του φακού της φωτογραφικής μηχανής που θα χρησιμοποιηθεί σε κάθε θέση, ο προσδιορισμός της απόστασης λήψης, η βάση επικάλυψης και η πορεία λήψης των εικόνων. Στη μέθοδο SfM, είναι δυνατή η χρήση εικόνων με κλίσεις ως προς το αντικείμενο αποτύπωσης (όχι απαραίτητα σε κάθετη διεύθυνση), με διαφορετική βάση (απόσταση κέντρων μεταξύ δύο διαδοχικών εικόνων), με διαφορετικό βαθμό επικάλυψης (κατά πλάτος και κατά μήκος) καθώς ακόμα και με διαφορετική απόσταση λήψης.

Ωστόσο, για την επίτευξη του στόχου, βασική παράμετρο αποτελεί η διασύνδεση των εικόνων μεταξύ τους, ενώ κρίσιμος θεωρείται ο προσδιορισμός της κλίμακας της εικόνας. Η κλίμακα της εικόνας, εξαρτάται άμεσα από την κλίμακα του τελικού προϊόντος (ορθοφωτογραφία). Συνεπώς, η εικόνες που λαμβάνονται, θα πρέπει να έχουν τέτοια κλίμακα ώστε να υπερκαλύψουν το επίπεδο ανάλυσης της ορθοφωτογραφίας, ενώ συνήθως επιλέγεται μία κλίμακα εικόνας με το υποδιπλάσιο μέγεθος εδαφοψηφίδας, ώστε να ενσωματώνονται τα σφάλματα της διαδικασίας της επεξεργασίας των εικόνων.

Βάσει των προδιαγραφών του έργου, η κλίμακα των τελικών σχεδίων είναι 1:50 εκτός από το τοπογραφικό το οποίο αποδίδεται σε κλίμακα 1:200. Η διακριτική ικανότητα του ματιού είναι 0.25mm, συνεπώς η ακρίβεια του τελικού προϊόντος είναι  $50 \cdot 0.25\text{mm} = 12.5\text{mm}$  και αντίστοιχα  $200 \cdot 0.25\text{mm} = 50\text{mm}$  που πρακτικά σημαίνει ότι οποιαδήποτε λεπτομέρεια μικρότερων διαστάσεων δεν θα είναι διακριτή στο τελικό προϊόν. Επομένως, η κλίμακα των εικόνων δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από 1:250, που αντιστοιχεί σε εδαφοψηφίδα 2mm. Για την αναγωγή χρειάστηκαν κατάλληλες λήψεις ικανές να καλύπτουν όλη τη λεπτομέρεια για την κλίμακα που απαιτείται καθώς και ιδιαίτερη προσοχή στην εστίαση και στη ραδιομετρία της εικόνας. Προκειμένου να είναι δυνατή η επίτευξη των παραπάνω προδιαγραφών, επιλέχθηκε φακός 50mm για τη φωτογραφική μηχανή Canon EOS 6D για το εξωτερικό τμήμα του κτηρίου, ενώ πραγματοποιήθηκαν και συμπληρωματικές λήψεις με τις φωτογραφικές μηχανές Nikon D3200 με φακό 35mm και Sony NEX 5T με φακό 16mm, λαμβάνοντας υπόψη ότι η μέγιστη απόσταση λήψης ήταν περιορισμένη λόγω εμποδίων σε ορισμένα σημεία. Αντίστοιχα, για το εσωτερικό τμήμα του κτηρίου, χρησιμοποιήθηκαν οι φακοί 15mm, 18mm και 24mm.

Η κλίμακα της εικόνας (K), ορίζεται από το είδος του φακού (C) και την απόσταση λήψης (H) μεταξύ της μηχανής και του αντικειμένου. Αυτή η περίπτωση, αφορά στη μέση κλίμακα και όχι στην πραγματική κλίμακα, αφού όπως προαναφέρθηκε μια εικόνα δεν έχει σταθερή κλίμακα, καθώς το αντικείμενο ποτέ δεν είναι επίπεδο και παράλληλο στην φωτοευαίσθητη επιφάνεια της μηχανής, αλλά μπορεί να παρουσιάζει ακανόνιστο ανάγλυφο, που σημαίνει ότι η απόστασή του από το κέντρο λήψης κάθε φορά μεταβάλλεται.

$$\frac{1}{K} = \frac{C}{H}$$

Αντίστοιχα, η κλίμακα της εικόνας σχετίζεται και με το επίπεδο ανάλυσης του 3D μοντέλου. Η διερεύνηση της ανάλυσης ελέγχεται από τον δείκτη Ground Sampling Distance–GSD, δηλαδή την εδαφοψηφίδα. Συνεπώς, γίνεται μια εκτίμηση της μέσης εδαφοψηφίδας θεωρώντας ως απόσταση του αντικειμένου τη μέση απόσταση από το κέντρο λήψης, δηλαδή χρησιμοποιείται η μέση κλίμακα. Στην περίπτωση αυτή όμως, επειδή οι απαιτήσεις της ακρίβειας είναι αρκετά υψηλές θα θεωρηθεί η δυσμενέστερη περίπτωση, δηλαδή όταν η απόσταση από το κέντρο λήψης είναι μέγιστη και άρα η κλίμακα φωτογράφισης είναι η ελάχιστη.

$$GSD = \text{pixel size (mm)} * \frac{H(m)}{c(mm)}$$

Στον παρακάτω πίνακα, παρουσιάζονται τα διάφορα είδη φακών που χρησιμοποιήθηκαν, η μέγιστη απόσταση φωτογράφισης, η ελάχιστη κλίμακα και η αντίστοιχη εδαφοψηφίδα (πίνακας 4.3).

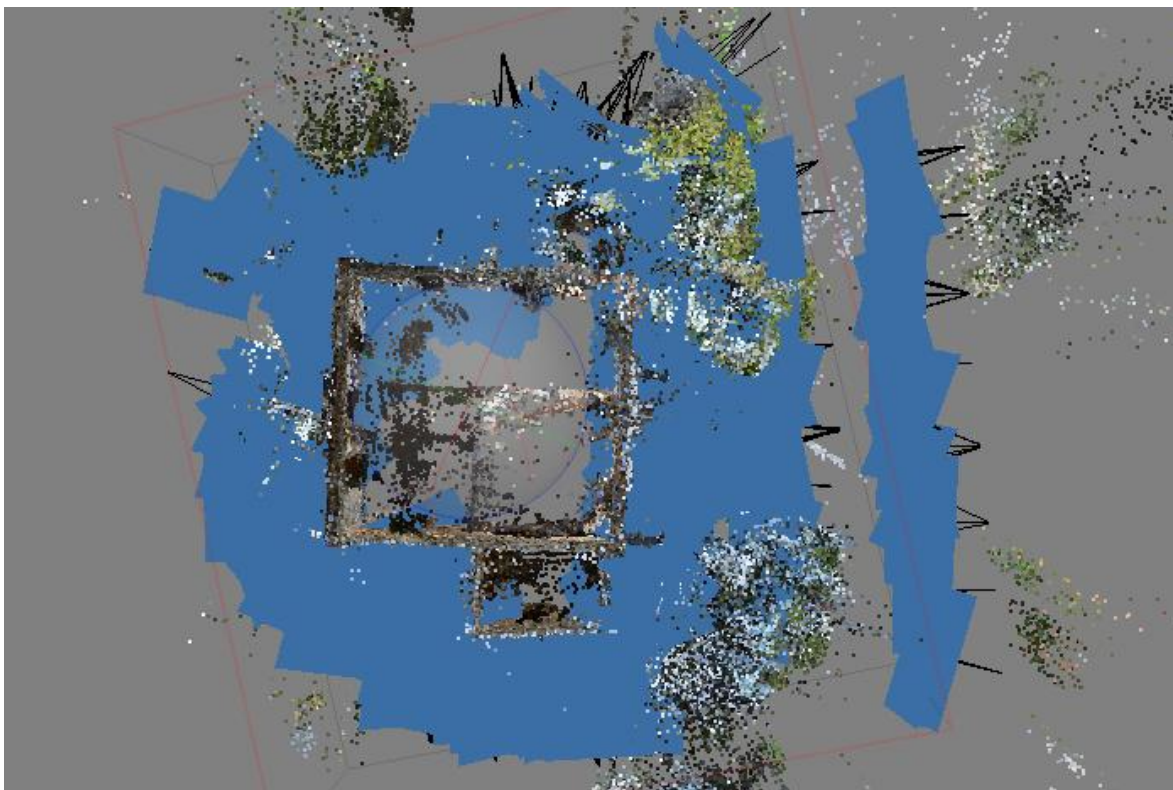
Φακός	Μέγιστη απόσταση	Ελάχιστη κλίμακα	Εικονοψηφίδα	Εδαφοψηφίδα
15mm	4m	1:270	6.54μm	2mm
16mm	4m	1:250	6.54μm	2mm
18mm	4m	1:220	4.76μm	1mm
24mm	4m	1:165	6.54μm	1mm
35mm	4m	1:115	3.84μm	1mm
50mm	4m	1:80	6.54μm	1mm

Πίνακας 4. 3: Μέγεθος εδαφοψηφίδας

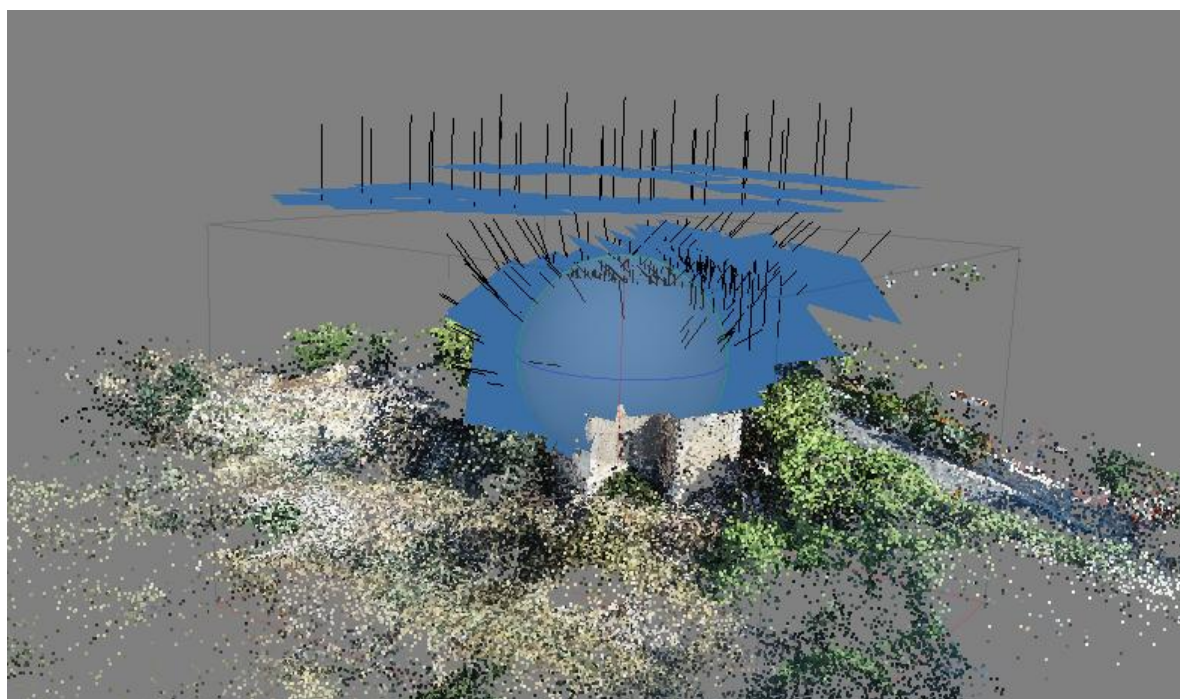
Επομένως, διαπιστώνεται ότι οι προαναφερθέντες φακοί που χρησιμοποιήθηκαν τόσο στο εσωτερικό όσο και στο εξωτερικό τμήμα του κτηρίου, δίνουν μέγεθος εδαφοψηφίδας κατά πολύ μικρότερο από αυτό που αντιστοιχεί στην απαιτούμενη ακρίβεια για την κλίμακα 1:50, δηλαδή την κλίμακα του τελικού προϊόντος. Λαμβάνοντας υπόψη, το πλήθος και το σφάλμα που προσθέτουν οι διαδικασίες για την παραγωγή της τελικής ορθοφωτογραφίας, οι φακοί κρίνονται επαρκείς.

Όσον αφορά στο πλήθος των λήψεων, είναι σημαντικό οι εικόνες να καλύπτουν πλήρως το αντικείμενο, ώστε να είναι δυνατή η απόδοση όλης της πληροφορίας. Για τον λόγο αυτόν, κάθε σημείο του αντικειμένου, πρέπει να απεικονίζεται σε τουλάχιστον τρεις εικόνες, έτσι ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή γεωμετρία των εικόνων και γι' αυτό προτείνεται μεγάλο ποσοστό επικάλυψης.

Στην περίπτωση του υπό μελέτη κτηρίου, έγινε χρήση επίγειων αλλά και εναέριων μέσων, προκειμένου να είναι ολοκληρωμένη η αποτύπωση. Έτσι, χρησιμοποιήθηκαν 4 ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές και ένα μη επανδρωμένο αεροσκάφος. Συνολικά, ελήφθησαν 1568 εικόνες για το εξωτερικό τμήμα και 853 εικόνες για το εσωτερικό, οι οποίες στη συνέχεια εισήχθησαν στο λογισμικό Metashape σε 2 ξεχωριστά αρχεία, για περαιτέρω επεξεργασία (εικόνες 4.9, 4.10 & 4.11).

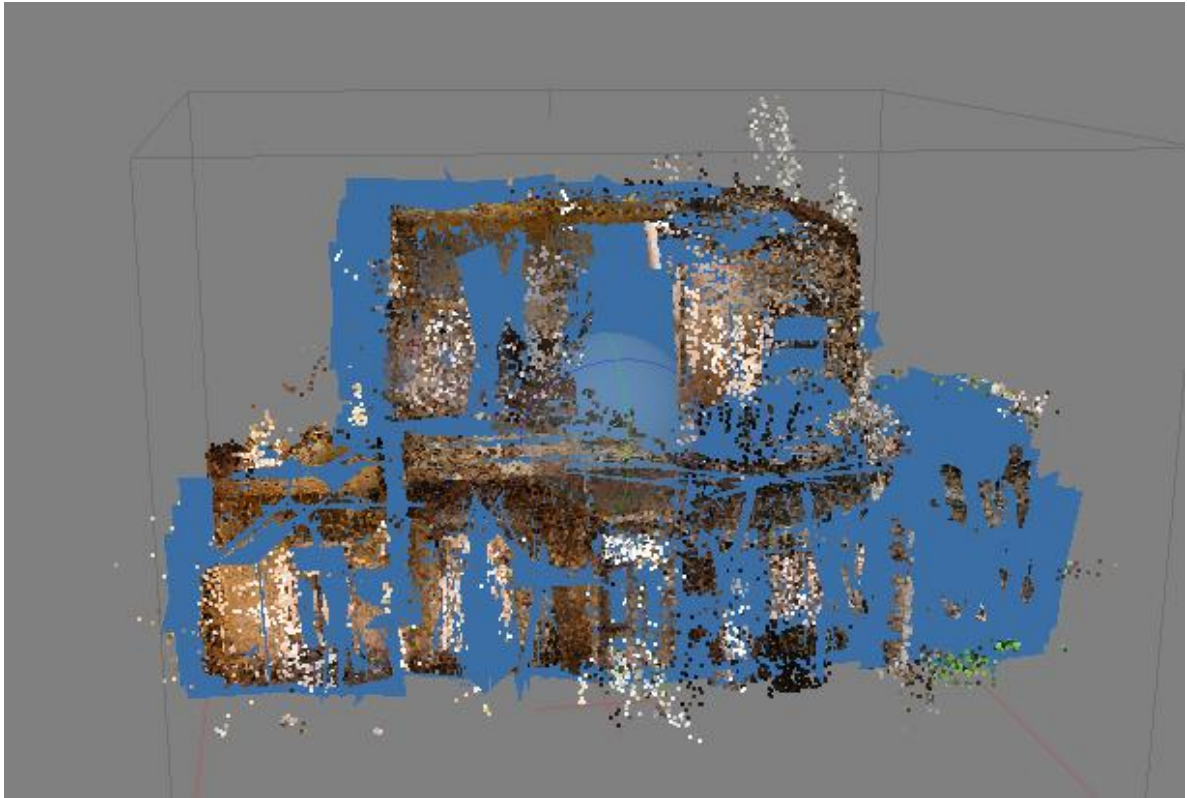


Εικόνα 4. 9: Σχετικά προσανατολισμένο μπλοκ εικόνων (επίγειες λήψεις-εξωτερικά του κτηρίου)



Εικόνα 4. 10: Σχετικά προσανατολισμένο μπλοκ εικόνων (εναέριες λήψεις)

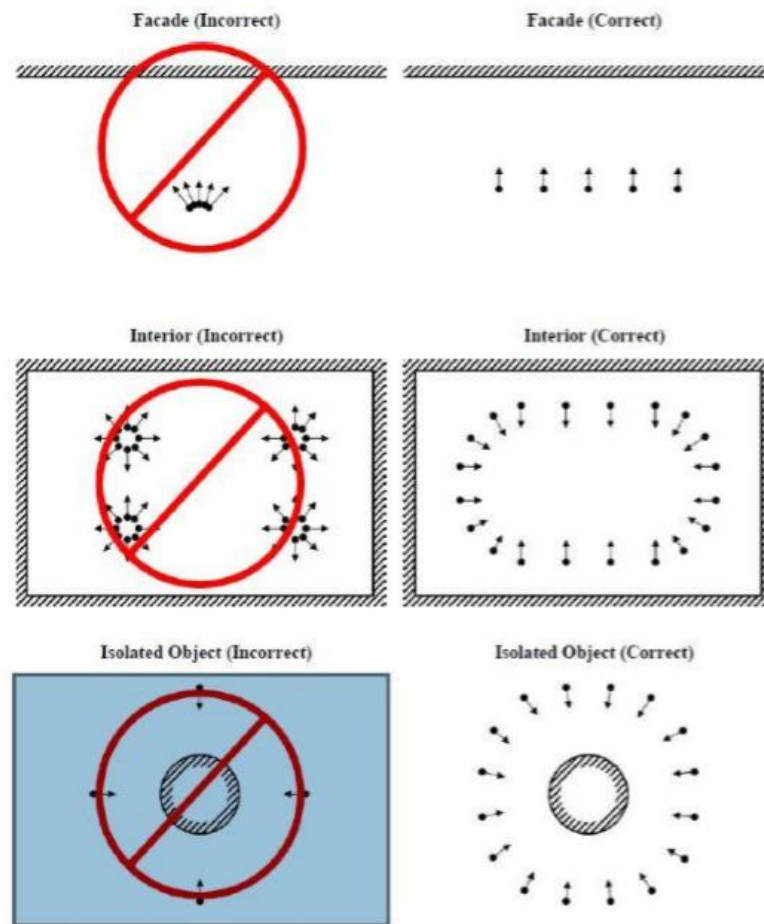




Εικόνα 4. 11: Σχετικά προσανατολισμένο μπλοκ εικόνων (εσωτερικά του κτηρίου)

Επιπλέον, σημαντικές παραμέτρους αποτελούν ο έλεγχος της ραδιομετρίας και η εστίαση της εικόνας, καθώς οι εικόνες θα πρέπει να παρουσιάζουν την ίδια φωτεινότητα, να αποφεύγονται οι σκιάσεις και να είναι ευδιάκριτες όλες οι απαραίτητες λεπτομέρειες. Στο στάδιο των λήψεων με ψηφιακή φωτογραφική μηχανή, υπήρχε συννεφιά, δηλαδή οι κατάλληλες συνθήκες για τη λήψη ορθών φωτογραφιών, διότι το φως διαχέεται και δεν δημιουργεί σκιάσεις. Ωστόσο, στο στάδιο των εναέριων λήψεων, υπήρχε ηλιοφάνεια, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται σκιάσεις και η ένωση των εικόνων να δημιουργήσει διχρωμία.

Τέλος, καθοριστικό παράγοντα αποτελεί, ο τρόπος λήψης των εικόνων (εικόνα 4.12), ανάλογα με το αντικείμενο, ώστε να εξασφαλίζεται η ορθότερη απόδοση του αντικειμένου μέσω του λογισμικού Metashape. Παρακάτω, παρατίθεται μία εικόνα με τρόπους που ενδείκνυται να γίνεται η λήψη των εικόνων, αλλά και αυτών που αντενδείκνυται.



Εικόνα 4. 12: Τρόποι λήψης εικόνων (πηγή: Agisoft Metashape)

Συνοπτικά, οι λήψεις των εικόνων ολοκληρώθηκαν με τρεις επισκέψεις στο αντικείμενο μελέτης. Κατά την πρώτη επίσκεψη, λήφθηκαν εικόνες για το εξωτερικό και το εσωτερικό τμήμα του κτηρίου, ενώ οι καιρικές συνθήκες δεν ευνοούσαν τη λήψη εικόνων με εναέρια μέσα. Συνεπώς, έγινε μία δεύτερη επίσκεψη για την λήψη των εικόνων με το μη επανδρωμένο αεροσκάφος, ενώ η τρίτη επίσκεψη έγινε λίγο αργότερα, εφόσον διαπιστώθηκε ότι οι αρχικές επίγειες εικόνες, δεν ήταν επαρκείς.

#### 4.4 ΕΠΙΓΕΙΟΣ ΣΑΡΩΤΗΣ LASER

Προκειμένου να είναι δυνατή η πλήρης καταγραφή του κτηρίου και η δημιουργία νέφους σημείων, επιλέχθηκε η εφαρμογή σύγχρονων μέσων συλλογής τρισδιάστατης πληροφορίας και πιο συγκεκριμένα έγινε χρήση του επίγειου σαρωτή RTC 360 της εταιρείας Leica (εικόνα 4.14). Ο σαρωτής εκτελεί δειγματοληψία ή σαρώνει την επιφάνεια του προς μελέτη αντικειμένου, καταγράφοντας – μέσω σημείων στον τρισδιάστατο χώρο – το σχήμα του αλλά και τις οπτικές ιδιότητές του (ένταση και/ή RGB πληροφορίες).

Όσον αφορά στον σαρωτή RTC 360, αποτελεί όργανο υψηλής ακρίβειας με βεληνεκές που μπορεί να φτάσει τα 130m. Ενδεικτικά, αναφέρεται ως ακρίβεια σάρωσης 1.9mm σε απόσταση 10m από το αντικείμενο, ενώ το πεδίο σάρωσης του σαρωτή είναι 360° x 300°. Ο σαρωτής ουσιαστικά είναι τύπου «Time of flight». Όμως αξιοποιείται μια τεχνολογία γνωστή ως «Wave Form Digitization» (WFD) και έχει στοιχεία της phase - shift. Συνεπώς συνδυάζονται χαρακτηριστικά της μεθόδου «Time of Flight» δηλαδή αποστολής και λήψης παλμού και της μετέπειτα ψηφιοποίησης των ληφθέντων σημάτων για την ακριβέστερη ψηφιοποίηση του χρόνου καταγραφής και συνεπώς του υπολογισμού του (άρα εξαγωγή της απόστασης). Συμπερασματικά είναι ένας συνδυασμός μεθόδων και πλεονεκτημάτων.



Εικόνα 4. 13: Σαρωτής «RTC 360 Leica»

Για να είναι δυνατή η συνένωση των νεφών που θα προέκυπταν από τις διάφορες σαρώσεις αλλά και η γεωαναφορά, τοποθετήθηκαν ειδικοί στόχοι, 3 εσωτερικά και 3 εξωτερικά, μετρήθηκαν με τον γεωδαιτικό σταθμό ενώ καταγράφηκαν σε αυτοσχέδια υπαίθρου.

Για την πλήρη σάρωση του κτηρίου, ο σαρωτής τοποθετήθηκε σε 32 διαφορετικές, αλλά προμελετημένες στάσεις ενώ η σάρωση ξεκίνησε από το εσωτερικό του κτηρίου και στη συνέχεια εφαρμόστηκε στο εξωτερικό (εικόνα 4.14). Η διαδικασία ήταν σχετικά απλή και αυτοματοποιημένη, και η συνολική διάρκεια των μετρήσεων ήταν περίπου 2:30 ώρες καθώς κάθε σάρωση διαρκούσε 1' και 54". Η ρύθμιση που επιλέχθηκε ήταν η μεσαία πυκνότητα σημείων και ήταν ενεργή η λήψη φωτογραφιών. Με σκοπό τη συλλογή δεδομένων για όλη την κατασκευή, δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή προκειμένου να μη δημιουργούνται κενά μεταξύ των σαρώσεων, έτσι ώστε να είναι δυνατή η συνένωσή τους. Συνολικά σαρώθηκαν 868313719 σημεία.



Εικόνα 4. 14: Θέσεις στάσεων σαρωτή Laser

#### 4.5 ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΣΤΙΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ

Κατά τη διάρκεια της συλλογής δεδομένων, προέκυψαν ορισμένα προβλήματα, τα οποία είτε επιλύθηκαν, είτε επηρέασαν την πορεία των μετρήσεων και της επεξεργασίας που ακολούθησε.

##### Σφάλματα κατά τη λήψη εικόνων

Τα σφάλματα στη λήψη εικόνων, διαπιστώθηκαν κατά την επεξεργασία των εικόνων στο λογισμικό Metashape για την παραγωγή νέφους σημείων, όπου εντοπίστηκαν κενά σημεία στο μοντέλο. Για τον λόγο αυτόν, έγινε επανάληψη λήψεων, με λήψη εικόνων σε πιο πυκνό βήμα αλλά και καλύτερη γεωμετρία. Αιτίες των προβλημάτων αποτέλεσαν:

##### **1. Η απόσταση λήψης των εικόνων:**

Όσον αφορά στο εξωτερικό τμήμα του κτηρίου, στη βόρεια όψη, οι λήψεις πραγματοποιήθηκαν σε πολύ κοντινή απόσταση, καθώς τα φυσικά εμπόδια (δέντρα, μαντρότοιχος) δεν το επέτρεπαν, με αποτέλεσμα να υπάρχουν αποκρύψεις σε ορισμένα σημεία. Αντίστοιχα, για την ανατολική όψη του κτηρίου και πιο συγκεκριμένα για τον όροφο, όπου δεν ήταν δυνατή η πρόσβαση στο μπαλκόνι λόγω της κατάρρευσης του δώματος των 2 δωματίων που οδηγούσαν σε αυτό, οι λήψεις για το συγκεκριμένο τμήμα, έγιναν μόνο από το επίπεδο του δρόμου και τον περιβάλλοντα χώρο. Το θέμα αυτό, θα μπορούσε να επιλυθεί είτε με χρήση μεγαλύτερου τηλεφακού είτε με εναέριες λήψεις, όπως και έγινε, ωστόσο πολύ κοντά στο σπίτι υπήρχαν καλώδια και στύλος της ΔΕΗ, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η προσέγγιση σε κοντινή απόσταση από το μη επανδρωμένο αεροσκάφος.

##### **2. Η θέση λήψης των εικόνων:**

Κρίσιμες γεωμετρικές λήψεων χαρακτηρίζονται αυτές, στις οποίες ο θεμελιώδης πίνακας F δεν μπορεί να οριστεί μονοσήμαντα άρα δεν μπορεί να δοθεί λύση. Τέτοιες προκύπτουν στις περιπτώσεις α. κοινού σημείου λήψης των εικόνων, β. όταν τα κέντρα λήψης και τα ομόλογα σημεία που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του επιτολικού πίνακα ανήκουν σε ευθειογενή επιφάνεια 2ου βαθμού γ. όταν οι ομολογίες σημείων που χρησιμοποιούνται αφορούν συνεπίπεδα σημεία. (Αδάμ, 2011) Συνεπώς, δεν είναι δυνατός

ο υπολογισμός της επιπολικής γεωμετρίας των εικόνων χωρίς τον θεμελιώδη πίνακα F και άρα δεν είναι ορθή η τοποθέτησή τους στο χώρο. Για τον λόγο αυτόν, τοποθετούνται με χειροκίνητο τρόπο, επιπλέον σημεία σύνδεσης στις εικόνες που δεν έχουν προσανατολιστεί - τουλάχιστον 3 σημεία - καθώς και σε αυτές που έχουν ήδη προσανατολιστεί, προκειμένου οι πρώτες, να τοποθετηθούν με ορθό τρόπο στον χώρο.

### **3.Ο βαθμός επικάλυψης των εικόνων:**

Πρωταρχικός κανόνας της στερεοσκοπικής παρατήρησης, είναι η επικάλυψη μεταξύ στερεοζευγών. Κατά τη φωτογραφική διαδικασία, ελήφθησαν ορισμένες εικόνες οι οποίες δεν παρουσίαζαν επαρκή επικάλυψη με το σύνολο των εικόνων, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατός ο προσανατολισμός τους. Για τον λόγο αυτόν, πραγματοποιήθηκε και δεύτερη φωτογράφιση, ενώ όσες εικόνες τελικά δεν προσανατολίστηκαν, διαγράφηκαν.

### **5.Ο άξονας λήψης των εικόνων:**

Σε ορισμένες εικόνες, η γωνία του άξονα λήψης και της επιφάνειας του αντικειμένου, ήταν αρκετά μεγάλη εξαιτίας της μορφολογίας του εδάφους και της ύπαρξης φυσικών εμποδίων, με αποτέλεσμα να δημιουργείται «θόρυβος» στο νέφος σημείων.

### **6.Οι διαφορετικές συνθήκες φωτισμού:**

Η διαφορά φωτισμού, έχει ως άμεση συνέπεια τη διαφορετική καταγραφή RGB σε κάθε pixel της εικόνας. Επομένως, εικόνες που απεικονίζουν το ίδιο τμήμα κτηρίου, με διαφορετικό φωτισμό, εμφανίζουν προβλήματα. Για τον λόγο αυτό, συνιστάται η λήψη εικόνων σε συνθήκες συννεφιάς, ώστε να περιορίζονται οι διαφορετικές σκιάσεις.

### **7.Φυσικά εμπόδια:**

Το κτήριο του «Κοκκινόσπιτου» είναι χρόνια εγκαταλελειμμένο, με αποτέλεσμα να είναι εμφανής η έλλειψη φροντίδας τόσο του περιβάλλοντα χώρου όσο και του εσωτερικού του. Επιχειρήθηκε μερικός καθαρισμός σε ορισμένες όψεις, όπου αυτό ήταν εφικτό, ώστε να μην υπάρχουν αποκρύψεις στην απεικόνιση των στοιχείων του αρχοντικού. Ωστόσο στην ανατολική και βόρεια όψη υπήρχε δέντρο πολύ κοντά στο κτήριο που κάλυπτε μεγάλο τμήμα και των 2 όψεων, με αποτέλεσμα να υπάρχει έλλειψη πληροφορίας (εικόνα 4.15).



Εικόνα 4. 15: Φυσικά εμπόδια στην ανατολική & βόρεια όψη του κτηρίου

#### Σφάλματα κατά τη σάρωση

Κατά τη σάρωση με τον επίγειο σαρωτή RTC360, παρατηρήθηκε ότι πιθανόν να απαιτούνταν περισσότερες στάσεις, έτσι ώστε να είναι δυνατή η συνένωση όλων των σαρώσεων μεταξύ τους. Ωστόσο, λόγω του μεγάλου όγκου δεδομένων, που προκύπτουν από τη χρήση επίγειων σαρωτών και της δυσκολίας διαχείρισής τους, πραγματοποιούνται οι ελάχιστες, αλλά αναγκαίες σαρώσεις για τη περιγραφή του αντικειμένου. Ακόμα, κατά την επεξεργασία των δεδομένων των σαρώσεων, εντοπίστηκε ότι είχε παραληφθεί μία στάση στον διάδρομο στο εσωτερικό του κτηρίου, με αποτέλεσμα η σάρωση του τμήματος κάτω από τη σκάλα να μην είναι δυνατό να ενωθεί με τις υπόλοιπες σαρώσεις.

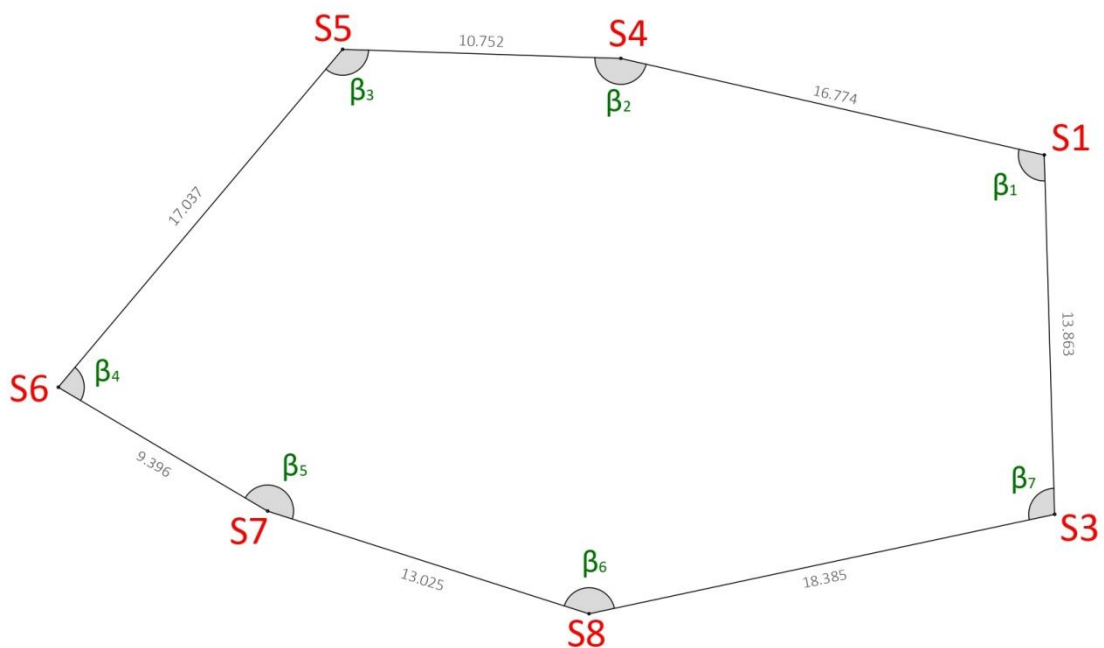
## 5. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

### 5.1 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Στο στάδιο επεξεργασίας των γεωδαιτικών μετρήσεων, πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός των συντεταγμένων τόσο των κορυφών των οδεύσεων όσο και των υπόλοιπων μετρημένων σημείων, δηλαδή των ταχυμετρικών, των φωτοσταθερών (προσημασμένων και μη) και των στόχων του σαρωτή με την κλασική μέθοδο των πολικών συντεταγμένων.

Για την επίλυση των οδεύσεων, επιλέχθηκε η κύρια εξωτερική όδευση να επιλυθεί ως κλειστή ανεξάρτητη (σχέδιο 5.1), ενώ η δευτερεύουσα εσωτερική, ως ανοιχτή πλήρως εξαρτημένη από την πρώτη (σχέδιο 5.2), με χρήση του υπολογιστικού προγράμματος GGTOP.

#### Επίλυση κύριας κλειστής ανεξάρτητης όδευσης στο πολύγωνο $S_1S_4S_5S_6S_7S_8S_3S_1$ .



Σχέδιο 5. 1: Κλειστή ανεξάρτητη όδευση

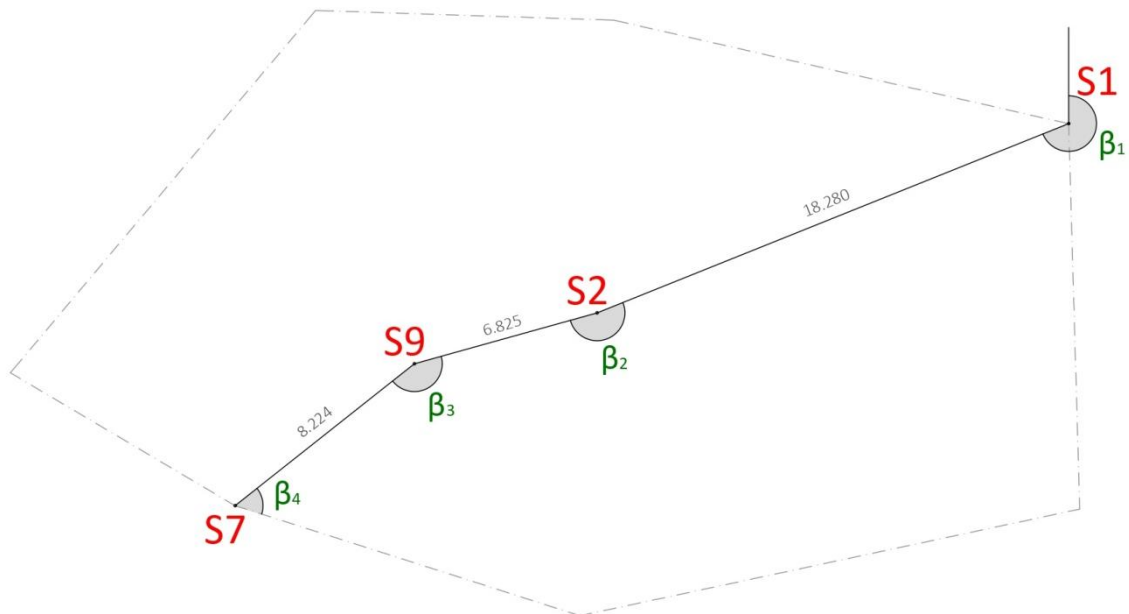
- Σταθερή κορυφή η  $S_1$  (1000,1000,100)
- Γωνιακό σφάλμα κλεισίματος: 2.65c
- Γραμμικό σφάλμα κλεισίματος: 0.0050m
- Υψομετρικό σφάλμα κλεισίματος: 0.0032m



Το γραμμικό σφάλμα είναι ίσο με το ανεκτό όριο ορισμένο από τις προδιαγραφές (5mm), συνεπώς γίνεται αποδεκτό.

Το υψομετρικό σφάλμα της όδευσης, κατανέμεται ανάλογα με το μήκος της κάθε πλευράς.

**Επίλυση ανοιχτής πλήρως εξαρτημένης όδευσης στο πολύγωνο  $S_1S_2S_9S_7$ .**



Σχέδιο 5. 2: Ανοιχτή πλήρως εξαρτημένη όδευση

Οι συντεταγμένες των γνωστών σημείων προέρχονται από την επίλυση της όδευσης στο πολύγωνο  $S_1S_4S_5S_6S_7S_8S_3S_1$ . Με χρήση πυξίδας, εντοπίστηκε η θέση του Βορρά, έτσι ώστε να προσδιοριστεί η αζιμουθιακή γωνία ως προς τη στάση  $S_1$ , προκειμένου να είναι δυνατή η επίλυση του δικτύου σε αυθαίρετο σύστημα, χωρίς να επηρεάζεται το εσωτερικό δίκτυο στο οποίο έγιναν οι επιπλέον μετρήσεις. Παράλληλα, η στάση  $S_7$  εξαρτήθηκε από τη στάση  $S_8$  της κύριας όδευσης.

- Γωνιακό σφάλμα:  $2c$
- Γραμμικό σφάλμα: 0.0040 m
- Υψομετρικό σφάλμα κλεισίματος: 0.0010m

Το γραμμικό σφάλμα είναι μικρότερο από το ανεκτό όριο ορισμένο από τις προδιαγραφές (5mm), επομένως είναι αποδεκτό.

Το υψομετρικό σφάλμα της όδευσης, κατανέμεται ανάλογα με το μήκος της κάθε πλευράς.

Οι συντεταγμένες των τυφλών στάσεων καθώς και των ταχυμετρικών σημείων, υπολογίστηκαν με τη χρήση του 1<sup>ου</sup> θεμελιώδους.

Στον πίνακα 5.1, δίνονται οι συντεταγμένες των κορυφών των οδεύσεων, στο αυθαίρετο τοπικό σύστημα συντεταγμένων.

	X (m)	Y(m)	Z(m)
S1	1000.000	1000.000	100.000
S2	983.029	993.199	98.981
S3	1000.397	986.142	99.370
S4	983.643	1003.722	99.980
S5	972.898	1004.072	99.159
S6	961.918	991.044	94.786
S7	970.004	986.266	95.380
S8	982.414	982.310	96.879
S9	976.455	991.370	98.966
S10	989.361	995.680	96.705
S11	979.872	995.876	96.593
T1	969.370	1047.123	104.399

Πίνακας 5. 1: Συντεταγμένες στάσεων οδεύσεων σε αυθαίρετο τοπικό σύστημα

## 5.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

**-Βαθμονόμηση της κάμερας και προσανατολισμός της εικόνας, χρησιμοποιώντας μια διαδικασία Structure from Motion (SfM) ικανή να εξαγάγει ομόλογα σημεία μεταξύ των εικόνων.**

Οι αποκτηθείσες εικόνες που ελήφθησαν, υποβάλλονται σε επεξεργασία μέσω του λογισμικού image-based 3D modeling Agisoft Metashape με βάση την εικόνα. Αρχικά, το λογισμικό εκτελεί τον προσανατολισμό των εικόνων βάσει κοινών σημείων στις εικόνες και τις προσανατολίζει για να αποκτήσει ένα νέφος σημείων, χρησιμοποιώντας μια προσέγγιση μετασχηματισμού μεταβλητής κλίμακας.

Στόχος του αλγόριθμου SfM, είναι η ανακατασκευή της γεωμετρίας της σκηνής από την κίνηση της κάμερας κατά τις λήψεις, από δύο ή περισσότερες εικόνες του αντικειμένου. Ο αλγόριθμος SfM αναλύει τα δισδιάστατα (2D) χαρακτηριστικά και στην πραγματικότητα, ανιχνεύει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, όπως γωνίες και γραμμές και βρίσκει αντιστοιχίες

μεταξύ των εικόνων. Επιπροσθέτως, καθορίζει τρισδιάστατες (3D) πληροφορίες από την εκτίμηση της κίνησης της κάμερας, σε σχέση με την δομή του αντικειμένου. Πραγματοποιεί συνόρθωση της δέσμης των ακτίνων και αναδομεί τις επιφάνειες με τριγωνισμό των εικόνων και στερεοσκοπική αντίληψη.

Εάν είναι απαραίτητο, γίνεται επεξεργασία των εικόνων με το χέρι για να καλύψουν το φόντο, αφήνοντας μόνο το ορατό αντικείμενο στις εικόνες (εφαρμογή μασκών). (Ioannidis C., Piniotis G., Soile S., Bourexis F., Boutsis A.-M., Chliverou R., Tsakiri M., 2019) Εν συνεχεία, υλοποιείται η γεωαναφορά του νέφους, με την εισαγωγή των συντεταγμένων των ήδη μετρημένων φωτοσταθερών, προκειμένου να είναι δυνατή η δημιουργία ενός πυκνού νέφους σημείων.

Στην περίπτωση του «Κοκκινόσπιτου», κατά την επεξεργασία των δεδομένων στο λογισμικό Metashape, έγινε διαχωρισμός των εικόνων σε αυτές που αντιστοιχούν στο εσωτερικό και στο εξωτερικό τμήμα του κτηρίου και στη συνέχεια δημιουργήθηκαν δύο αρχεία, στα οποία έγινε εισαγωγή των ανάλογων φωτογραφικών δεδομένων. Αξίζει να σημειωθεί, ότι για κάθε σύνολο εικόνων που δημιουργήθηκε, οι διαδικασίες επεξεργασίας ήταν κοινές. Στο στάδιο που ακολούθησε, για τις λήψεις με τις φωτογραφικές μηχανές, επιλέχθηκε ο τύπος «frame», έτσι ώστε να γίνει η αυτοβαθμονόμηση.

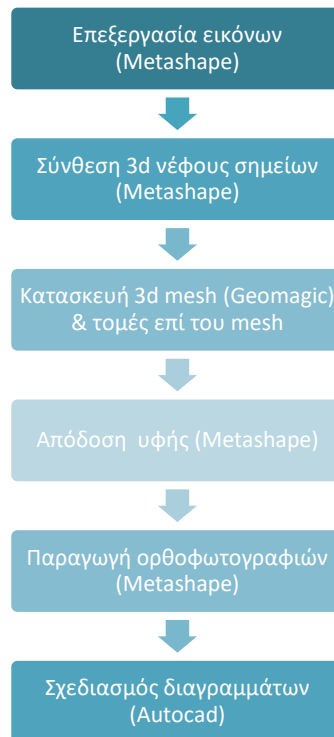
Στο επόμενο βήμα, έγινε αυτόματος εντοπισμός των προσημασμένων φωτοσταθερών σημείων, με παράλληλο έλεγχο της θέσης τους με βάση τα σκαριφήματα υπαίθρου, έτσι ώστε να διευκολυνθεί η διαδικασία του σχετικού προσανατολισμού. Όσα φωτοσταθερά δεν εντοπίστηκαν από το πρόγραμμα, σκοπεύθηκαν χειροκίνητα από τον χρήστη. Παράλληλα, έγινε εισαγωγή του αρχείου κειμένου, που περιελάμβανε τις συντεταγμένες των φωτοσταθερών σημείων.

Στο στάδιο του σχετικού προσανατολισμού, επιλέχθηκε η υψηλή ποιότητα (high accuracy), ενώ τέθηκε ως απαίτηση 400000 «key points», δηλαδή να εντοπιστούν 400000 κοινά σημεία σε κάθε εικόνα και 10000 «tie points», δηλαδή από αυτά τα 400000 σημεία, τα 10000 να χρησιμοποιηθούν ως σημεία σύνδεσης μεταξύ των εικόνων. Από τη διαδικασία αυτήν προσανατολίστηκαν όλες οι 1568 εικόνες, δηλαδή το σύνολο των εικόνων που

αφορούσαν στο εξωτερικό τμήμα του κτηρίου. Όσον αφορά στο εσωτερικό του κτηρίου, ελήφθησαν 853 εικόνες, από τις οποίες προσανατολίστηκαν οι 849, ενώ οι 4 που δεν προσανατολίστηκαν, απεδείχθη ότι δεν είχαν κοινά σημεία με τις υπόλοιπες, επομένως δεν ήταν δυνατός ο προσανατολισμός τους. Για τον προσανατολισμό αυτών των εικόνων, υλοποιήθηκε σκόπευση επιπλέον σημείων σύνδεσης. Αυτά τα σημεία έπρεπε να είναι τουλάχιστον τρία ανά εικόνα και να έχουν σκοπευθεί σε τουλάχιστον δύο προσανατολισμένες εικόνες. Ωστόσο και πάλι, ο προσανατολισμός δεν κατέστη εφικτός. Οι εικόνες αυτές, αφορούσαν το εσωτερικό του μικρότερου δωματίου στο ισόγειο, αριστερά από την σκάλα, το οποίο ήταν ιδιαίτερα σκοτεινό, και το αντικείμενο απεικονίστηκε εν μέρει, από άλλες γειτονικές.

Έπειτα, έγινε καθαρισμός του αραιού νέφους σημείων. Σε αυτό το στάδιο, πραγματοποιήθηκε έλεγχος των σφαλμάτων των υπολογισμένων συντεταγμένων για να διαπιστωθεί το κατά πόσον αυτά οφείλονταν στη σκόπευση των σημείων. Όπου αυτό ήταν δυνατό, διορθώθηκαν οι σκοπεύσεις ενώ στην περίπτωση σημείων με πολύ μεγάλο σφάλμα, αυτά αφαιρέθηκαν, καθώς προέκυψε ότι τα σφάλματα ήταν χονδροειδή και πιθανώς οφείλονταν σε κάποιο λάθος κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.

Στο επόμενο στάδιο, εισήχθησαν τα 2 επιμέρους αραιά νέφη σημείων σε ένα αρχείο, προκειμένου να διαπιστωθεί κατά πόσο συμπίπτουν υψομετρικά και οριζοντιογραφικά. Σημειώνεται ότι η ένωση των νεφών μπορεί να πραγματοποιηθεί σε οποιοδήποτε στάδιο επεξεργασίας τους (dense point cloud, mesh, textured mesh) (διάγραμμα ροής 5.1).



Διάγραμμα ροής 5. 1: Στάδια επεξεργασίας εικόνων & παραγωγής 3D μοντέλου

### 5.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΑΡΩΣΗΣ

#### 5.3.1 CYCLONE REGISTER 360

Η επεξεργασία των δεδομένων από τον σαρωτή RTC360, πραγματοποιήθηκε στο λογισμικό «Cyclone Register 360» της Leica, όπου πραγματοποιήθηκε συνένωση των νεφών σε ενιαίο σύστημα αναφοράς. Στο λογισμικό αυτό, υπάρχουν δύο διαφορετικοί τρόποι συνένωσης των νεφών. Οι μέθοδοι αυτές είναι:

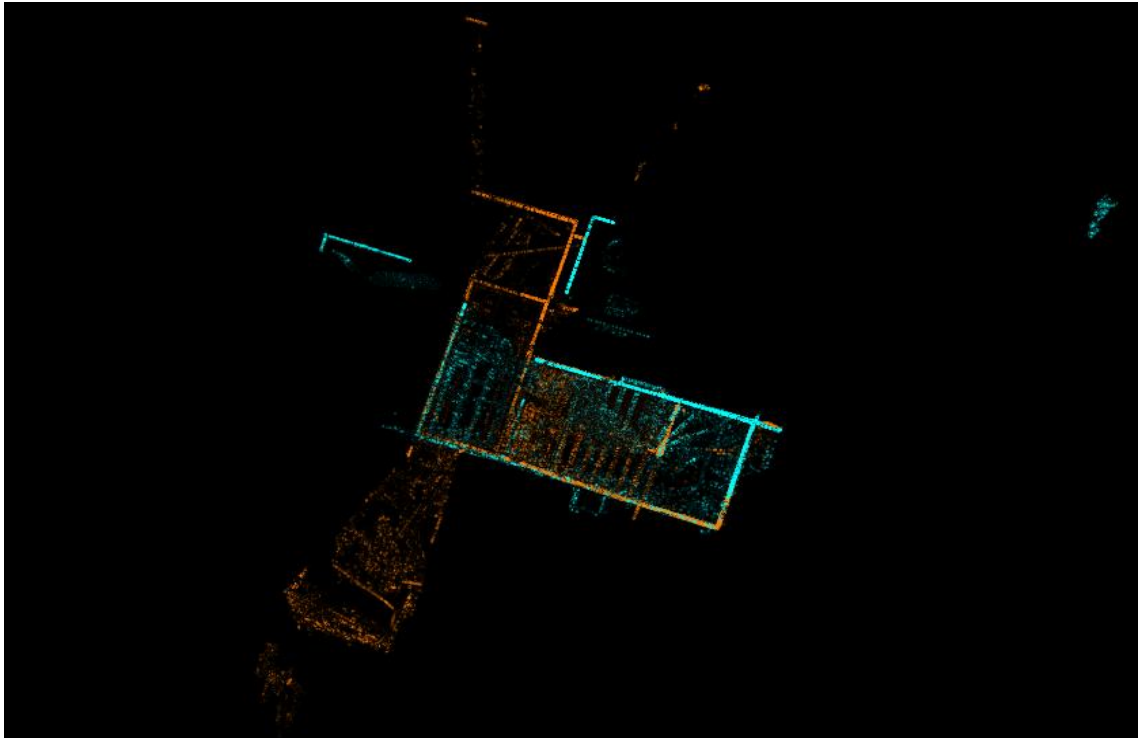
- Συνένωση βασιζόμενη σε κοινούς στόχους (target based)
- Συνένωση βασιζόμενη στο επικαλυπτόμενο τμήμα σαρώσεων (cloud-to-cloud)

Στην πρώτη μέθοδο γίνεται χρήση προσημασμένων στόχων, οι οποίοι έχουν τοποθετηθεί πριν τη σάρωση, έτσι ώστε να είναι δυνατός ο προσανατολισμός των νεφών. Είναι απαραίτητο να υπάρχουν τουλάχιστον τρεις κοινοί στόχοι στα διαδοχικά νέφη σημείων προκειμένου να είναι δυνατός ο καθορισμός των παραμέτρων του μετασχηματισμού (τρεις μεταθέσεις και τρεις στροφές μεταξύ των δύο συστημάτων), για να πραγματοποιηθεί η συνένωση.

Στη δεύτερη μέθοδο, αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση, τα δύο νέφη που πρόκειται να συνενωθούν, να έχουν επαρκή επικάλυψη μεταξύ τους (τουλάχιστον 30%). Πρόκειται για την εφαρμογή μιας τεχνικής, ενός αλγόριθμου που ονομάζεται ICP (Iterative Closest Point - Επαναληπτικά κοντινότερου σημείου) (Besl P.J, Mckay N.D, 1992) και χρησιμοποιείται για τη συνένωση των νεφών. Η τεχνική αυτή απαιτεί από τον χρήστη να επιλέξει χειροκίνητα τουλάχιστον τρία αντίστοιχα σημεία στα νέφη σημείων. Δεδομένου ότι αυτά τα 3 σημεία δεν θα είναι ποτέ ακριβώς τα ίδια, ο αλγόριθμος ICP ελέγχει επαναληπτικά τις αποστάσεις μεταξύ όλων των σημείων του νέφους και εκτιμά τον μετασχηματισμό για να προσανατολίσει τα διαδοχικά νέφη, ώστε το αποτέλεσμα να έχει το ελάχιστο σφάλμα.

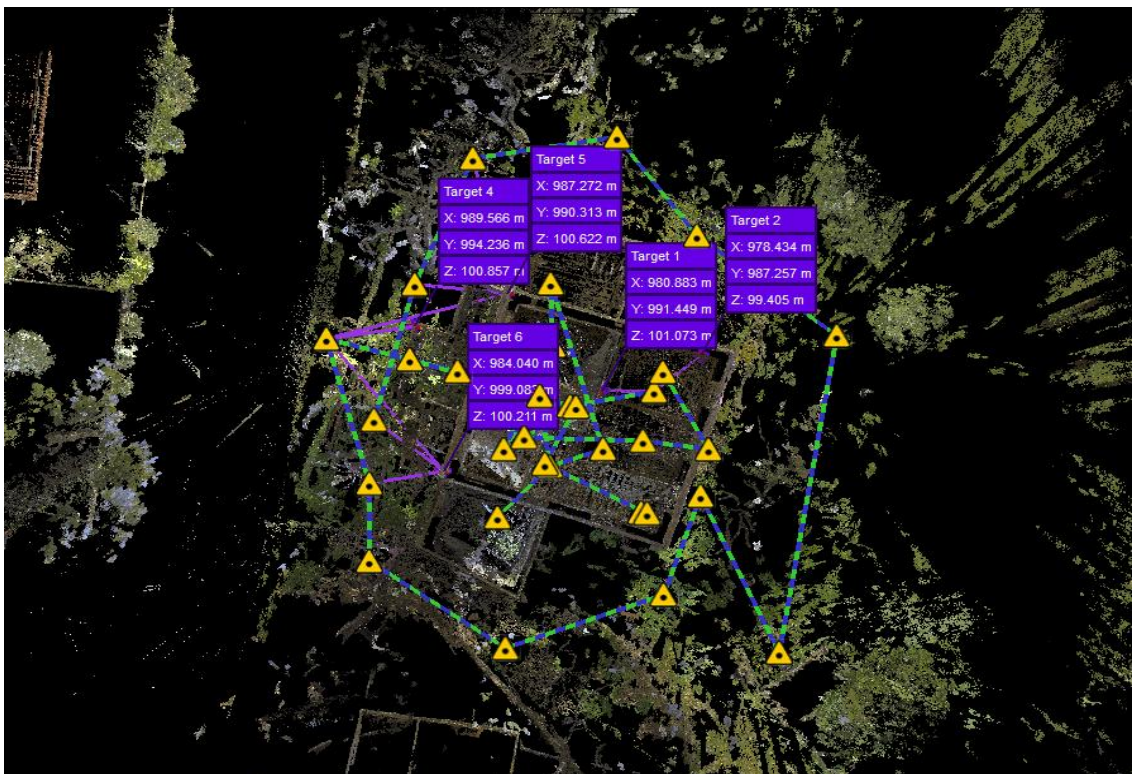
Το σύστημα αναφοράς των νεφών και για τις δύο προαναφερθείσες μεθόδους είναι το τοπικό αυθαίρετο, γι' αυτόν τον λόγο απαιτούνται τρεις τουλάχιστον μετρημένοι στόχοι, προκειμένου να είναι δυνατή η γεωαναφορά του ενιαίου μοντέλου.

Όσον αφορά στην περίπτωση του «Κοκκινόσπιτου», έγινε ένας συνδυασμός των δύο παραπάνω μεθόδων. Τοποθετήθηκαν συνολικά 6 στόχοι, 3 στο εσωτερικό του κτηρίου και 3 στο εξωτερικό, οι οποίοι μετρήθηκαν γεωδαιτικά προκειμένου να χρησιμοποιηθούν για τη γεωαναφορά των νεφών σημείων. Στο στάδιο της συνένωσης, δεν ήταν δυνατό να συνενωθούν όλα τα νέφη αυτόματα, επομένως δημιουργήθηκαν τρία διαφορετικά συνενωμένα αρχεία που αντιστοιχούσαν στο ισόγειο του κτηρίου, τον όροφο και το εξωτερικό τμήμα. Η αυτόματη συνένωση πιθανόν να ήταν δυνατή, εάν υπήρχαν περισσότερες ενδιάμεσες στάσεις. Ωστόσο, λόγω παράλειψης μίας ενδιάμεσης στάσης στον διάδρομο του ισογείου, δεν ήταν δυνατή η αυτόματη συνένωση του νέφους του τμήματος κάτω από τη σκάλα. Για κάθε συνενωμένο νέφος, σημειώθηκαν τα σφάλματα και η επικάλυψη. Στη συνέχεια, δημιουργήθηκαν σύνδεσμοι μεταξύ των συνενωμένων νεφών, ενώ παράλληλα έγινε μετακίνηση, στροφή και υψομετρική μετατόπιση, όπου ήταν απαιτητό, ώστε να συμπίπτουν τα περιγράμματα (εικόνα 5.1).



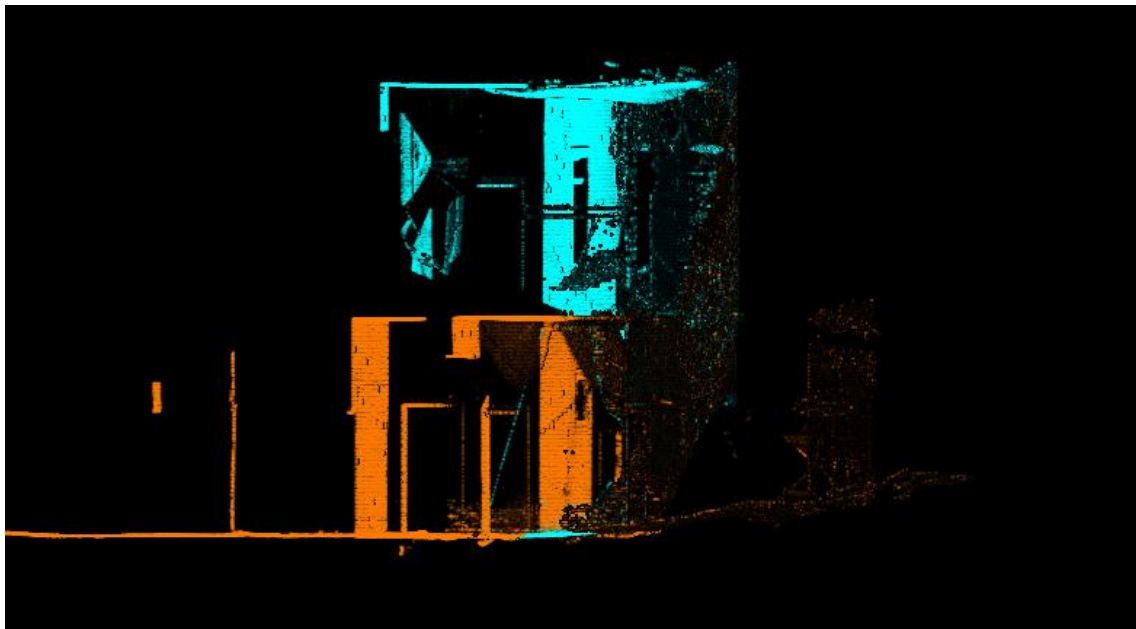
Εικόνα 5. 1: Οριζοντιογραφική μετατόπιση & στροφή

Με την εισαγωγή των συντεταγμένων των ειδικών στόχων στο λογισμικό, όλα τα νέφη μετασχηματίζονται σε ένα ενιαίο σύστημα αναφοράς, το οποίο στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι το τοπικό αυθαίρετο σύστημα (εικόνα 5.2).



Εικόνα 5. 2: Εισαγωγή συντεταγμένων στόχων

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε με αυτόματο τρόπο η διαδικασία αντιστοίχισης των στόχων μεταξύ των διαφορετικών σαρώσεων. Ακόμα, παρατηρήθηκε ότι χρειάζεται υψομετρική μετατόπιση των περιγραμμάτων ώστε αυτά να συμπέσουν σωστά (εικόνα 5.3).



Εικόνα 5. 3: Υψομετρική μετατόπιση

Στο τέλος της διαδικασίας αυτής, παρουσιάστηκαν οι πιθανοί στόχοι που εμπεριέχουν λάθη και έγινε η εξαγωγή των αποτελεσμάτων αλλά και του νέφους σημείων (εικόνα 5.4).



Εικόνα 5. 4: Νέφος σημείων από σαρωτή



### 5.3.2 GEOMAGIC WRAP

#### **-Καθαρισμός νέφους σημείων**

Μετά τη διαδικασία συνένωσης των νεφών, έγινε χρήση του λογισμικού Geomagic Wrap, το οποίο είναι κατάλληλο για τη μετατροπή δεδομένων σάρωσης 3D και εισαγόμενων αρχείων, σε μοντέλα 3D.

Σε πρώτη φάση, αφού έγινε εισαγωγή του αρχείου τύπου «pts», το οποίο είχε εξαχθεί από το Cyclone Register 360, επιχειρήθηκε η αφαίρεση του θορύβου. Ως θόρυβος ορίζεται το σύνολο των ανεπιθύμητων πληροφοριών, οι οποίες συνοδεύουν το σήμα και υποβαθμίζουν την ορθότητα και την ακρίβεια των μετρήσεων. Ο θόρυβος στην περίπτωση των νεφών σημείων που προέρχονται από επίγειο σαρωτή, οφείλεται αφενός στο όργανο και στη διαδικασία των σαρώσεων, έχει καθορισμένη προέλευση και ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Στον θόρυβο μπορεί να συμπεριληφθεί οποιαδήποτε πληροφορία έχει καταγραφεί και δεν είναι απαραίτητη για το αντικείμενο μελέτης, π.χ. βλάστηση, τεχνητοί στόχοι, επικαλυπτόμενα τμήματα σαρώσεων, κινούμενα αντικείμενα κ.ά.

Συνεπώς, λόγω του μεγάλου όγκου δεδομένων, γεγονός που προκαλούσε δυσκολίες στην επεξεργασία του αρχείου, πραγματοποιήθηκε αφαίρεση της ανεπιθύμητης αυτής πληροφορίας με χειροκίνητο τρόπο. Μεγάλο τμήμα αυτής, αφορά κυρίως στο εξωτερικό τμήμα του κτηρίου, όπου υπήρχε πυκνή βλάστηση αλλά και γειτονικά κτήρια.

Εν συνεχεία, υλοποιήθηκε καθαρισμός του νέφους, λόγω σφαλμάτων του οργάνου. Στη διαδικασία αυτή, έγινε εφαρμογή αλγορίθμων του λογισμικού επεξεργασίας Geomagic Wrap. Κατά τη διάρκεια αυτών επιλέχθηκαν παράμετροι, κατάλληλες για το αντικείμενο μελέτης, οι οποίες αναλύονται παρακάτω.

Αξίζει να αναφερθεί, ότι ήταν αναπόφευκτος ο χωρισμός του αντικειμένου σε τμήματα, λόγω του μεγάλου όγκου δεδομένων, που μετά την εφαρμογή των αλγορίθμων, συνενώθηκαν σε ένα ενιαίο αρχείο. Ωστόσο, στο σύνολο του αντικειμένου ορίστηκαν οι ίδιες παράμετροι, εκτός από μερικές ειδικές περιπτώσεις όπως τα κάγκελα του μπαλκονιού και της πόρτας εισόδου, όπου εφαρμόστηκαν διαφορετικές, λόγω της

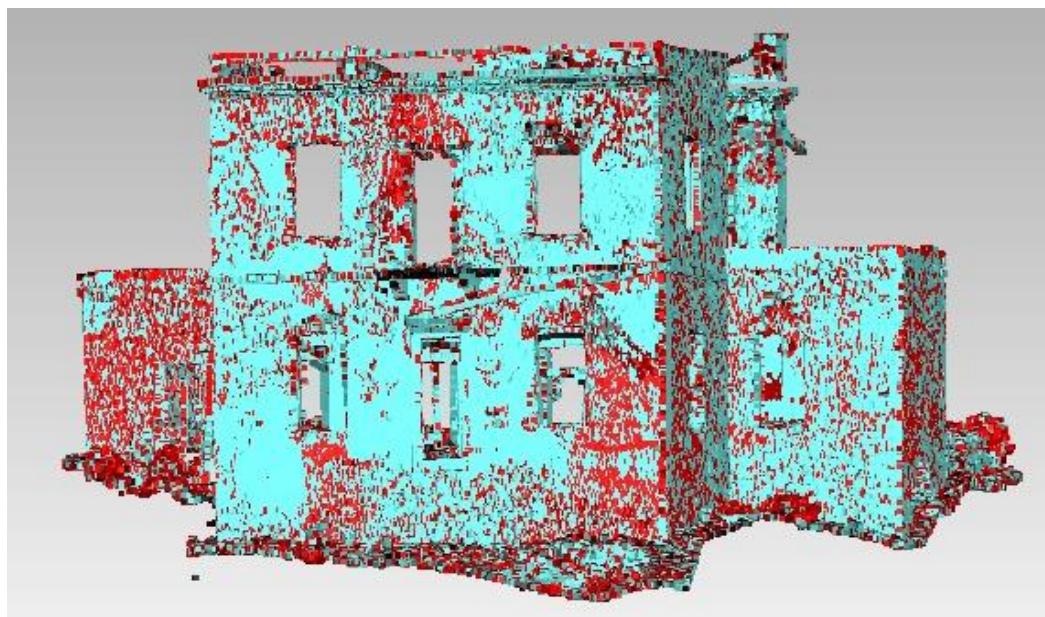
ιδιαίτερης μορφολογίας των συγκεκριμένων αντικειμένων.

Τα εργαλεία μείωσης θορύβου προσφέρουν αρκετές δυνατότητες, χωρίς να υπάρχει απώλεια των λεπτομερειών του αντικειμένου και της ακρίβειας των δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, έγινε εφαρμογή 3 διαφορετικών αλγορίθμων μείωσης θορύβου.

Αρχικά, έγινε εφαρμογή του εργαλείου «reduce noise» το οποίο προσφέρει αρκετές δυνατότητες, χωρίς να υπάρχει απώλεια των λεπτομερειών του αντικειμένου. Το συγκεκριμένο εργαλείο, διαθέτει τρεις διαφορετικούς αλγόριθμους για τη μείωση του θορύβου, ανάλογα τη μορφολογία του αντικειμένου. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, έγινε εφαρμογή του αλγόριθμου «free-form shapes», καθώς το κτήριο μελέτης δεν προσομοιάζει με κάποια μαθηματική επιφάνεια, αλλά παρουσιάζει ακανόνιστο σχήμα. Βάσει του συγκεκριμένου αλγόριθμου, η μείωση του θορύβου γίνεται ανάλογα με την καμπυλότητα της επιφάνειας. Επιπλέον, το λογισμικό διαθέτει τρεις παραμέτρους για τον έλεγχο του ποσοστού μείωσης του θορύβου: το «smoothness level» που καθορίζει τον βαθμό μείωσης του θορύβου, το «iteration» που είναι ο αριθμός επαναλήψεων του αλγόριθμου και το «deviation limit» που είναι η μέγιστη μετακίνηση του σημείου από την αρχική του θέση. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, η ρύθμιση «smoothness level» ορίστηκε στη μικρότερη δυνατή τιμή και ο αριθμός των επαναλήψεων στη μία. Οι επιλογές αυτές, έγιναν με τέτοιο τρόπο ώστε να μην υπάρξει απώλεια στο επίπεδο της λεπτομέρειας του αντικειμένου και το τελικό αποτέλεσμα να είναι ικανοποιητικό ως προς τη γεωμετρία και την ακρίβεια.

Στη συνέχεια, εφαρμόστηκε το εργαλείο «outliers». Ως «outlier» μπορεί να χαρακτηριστεί ένα σημείο που δεν θεωρείται έγκυρο βάσει της απόκλισής του από το μοναδιαίο κάθετο διάνυσμα της επιφάνειας (normal ή normal vector deviation) ή την ευκλείδεια απόστασή του από τη γειτονική ομάδα σημείων και η απομάκρυνσή του, βελτιώνει την ακρίβεια του μοντέλου. Η χρήση του συγκεκριμένου εργαλείου, συνέβαλε στην επιλογή των χονδροειδών σφαλμάτων, καθώς σημεία που βρίσκονταν μακριά από το αντικείμενο μελέτης, διαγράφηκαν. Όσον αφορά στις ρυθμίσεις, αυτές ξεκινούν συνήθως από μια πολύ χαμηλή ευαισθησία της τάξης του 5%, δηλαδή ο αλγόριθμος εντοπίζει τα σημεία με 95% πιθανότητα εκτός επιφανειακής καμπυλότητας του αντικείμενου. Έτσι, όσο αυξάνεται

το ποσοστό «ευαισθησίας», τόσο αυξάνεται και ο αριθμός των επιλεγόμενων σημείων. Παράλληλα, προτού γίνει η διαγραφή των επιλεγμένων σημείων, από-επιλέγονται αυτά που ανήκουν σε περιοχές με χαμηλή πυκνότητα, προκειμένου να μην υπάρξει απώλεια πολύτιμης πληροφορίας. Το επίπεδο ευαισθησίας που επιλέχθηκε για το σύνολο του κτηρίου ήταν 100% ενώ για τις περιπτώσεις που αφορούν στο κάγκελο του μπαλκονιού και της πόρτας εισόδου, λόγω μεγαλύτερης λεπτομέρειας, επιλέχθηκε το 80% (εικόνα 5.5).



Εικόνα 5. 5: Εργαλείο καθαρισμού "select outliers"

Στο επόμενο στάδιο, έγινε χρήση του εργαλείου «uniform», η εφαρμογή του οποίου είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς μειώνεται το πλήθος των σημείων και κατ' επέκταση μειώνεται και το μέγεθος του αρχείου, άρα και ο μετέπειτα χρόνος επεξεργασίας. Με την εφαρμογή του συγκεκριμένου εργαλείου, διαχωρίζεται το αντικείμενο σε ομάδες σημείων, ενώ για κάθε ομάδα διατηρείται το σημείο που περιγράφει καλύτερα το αντικείμενο. Έτσι, μειώνεται με ομοιόμορφο τρόπο ο αριθμός των σημείων στις επίπεδες επιφάνειες, δίνεται μεγαλύτερη βαρύτητα στα καμπύλα τμήματα, ενώ αποτελεί και το τελευταίο βήμα επεξεργασίας πριν τη δημιουργία επιφάνειας. Κατά την εφαρμογή του συγκεκριμένου εργαλείου, επιλέχθηκε η παράμετρος «absolute distance» για πιο ακριβή αποτελέσματα, βάσει της οποίας καθορίζεται η απόσταση των σημείων στις επίπεδες επιφάνειες. Η τιμή της, ορίστηκε στα 0.01m. Στη συνέχεια, είναι δυνατή η επιλογή της προτεραιότητας που θα δοθεί στα καμπύλα τμήματα (curvature priority). Επιλέχθηκε η μέγιστη τιμή, η οποία υποδηλώνει ότι η απόσταση των σημείων στις καμπύλες επιφάνειες θα είναι περίπου υποδεκαπλάσια από αυτήν που ορίστηκε στις επίπεδες.

**-Δημιουργία επιφάνειας**

Μετά την εφαρμογή των παραπάνω εργαλείων, επόμενο βήμα αποτέλεσε η δημιουργία επιφάνειας μέσω της εντολής «wgar», η χρήση της οποίας δημιουργεί την τρισδιάστατη επιφάνεια του αντικειμένου. Κατά την εφαρμογή της συγκεκριμένης εντολής, με την επιλογή της ρύθμισης «keep original data», εκτελείται μία επιπλέον μείωση θορύβου, με διατήρηση του αρχικού νέφους σημείων. Με τη δημιουργία της επιφάνειας, πραγματοποιήθηκε έλεγχος για τυχόν ατέλειες ή λάθη. Εντοπίστηκαν ορισμένα ανεστραμμένα τρίγωνα, αρκετές τρύπες μικρού αλλά και μεγάλου μεγέθους, κάποιες έντονες ακμές καθώς και διπλές επιφάνειες σε ορισμένα σημεία. Οι ατέλειες αυτές οφείλονται στα αρχικά δεδομένα και την επεξεργασία αυτών. Ωστόσο, είναι δυνατή η διόρθωσή τους με χειροκίνητο τρόπο από τον χρήστη, προκειμένου να βελτιωθεί η τρισδιάστατη επιφάνεια.

Κατά την επεξεργασία της τρισδιάστατης επιφάνειας του κτηρίου, εντοπίστηκαν σημεία με έλλειψη πληροφορίας καθώς και αρκετά κενά. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι περιοχές αυτές δεν σαρώθηκαν επαρκώς, καθώς και στο γεγονός ότι οι σαρώσεις έγιναν στο χαμηλότερο επίπεδο του κτηρίου, συνεπώς κάποια σημεία σε μεγαλύτερο ύψος ήταν αδύνατο να σαρωθούν. Στις περιπτώσεις που η έλλειψη πληροφορίας ήταν μικρή, χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο «fill holes» καθώς και η διαγραφή τριγώνων, προκειμένου να συμπληρωθεί η πληροφορία. Τα συγκεκριμένα εργαλεία, βασίζονται στην πληροφορία των γειτονικών τριγώνων για την αυτόματη συμπλήρωση.

Αξίζει να σημειωθεί, ότι λόγω του μεγάλου όγκου δεδομένων, η επεξεργασία της επιφάνειας, υλοποιήθηκε σε τμήματα. Πιο συγκεκριμένα, διαχωρίστηκαν το εξωτερικό και το εσωτερικό τμήμα του κτηρίου, ενώ στη συνέχεια το εσωτερικό χωρίστηκε σε επιμέρους χώρους, προκειμένου να είναι δυνατή η επεξεργασία του.

Έτσι, μετά από μία αρκετά χρονοβόρα διαδικασία, προέκυψε η ολοκληρωμένη τρισδιάστατη επιφάνεια τόσο για τον εξωτερικό, όσο και για τον εσωτερικό χώρο του κτηρίου του «Κοκκινόσπιτου», η οποία θα αποτελέσει τη βάση για την παραγωγή των επιθυμητών ορθοφωτογραφιών.

#### 5.4 ΑΠΟΔΟΣΗ ΥΦΗΣ

Εφόσον έχει πραγματοποιηθεί ο προσανατολισμός των εικόνων στο λογισμικό Metashape, (βλ. Κεφάλαιο 5.2), είναι δυνατή η απόδοση της υφής και του χρώματος στο μοντέλο. Τόσο το μοντέλο, όσο και οι εικόνες βρίσκονται στο ίδιο σύστημα αναφοράς (τοπικό αυθαίρετο) μετά τον προσανατολισμό τους. Έτσι, προκειμένου να είναι δυνατή η απόδοση των δύο προαναφερθέντων στοιχείων, το λογισμικό ανατρέχει στις εικόνες που έχουν ήδη εισαχθεί, και συλλέγει τα χρώματα του πραγματικού αντικειμένου εισάγοντάς τα, στο μοντέλο.

Το μοντέλο εισάγεται στο πρόγραμμα σταδιακά και σε μικρότερα τμήματα. Αυτό συμβαίνει, διότι ο υπολογισμός της υφής πραγματοποιείται με βάση την εκάστοτε γωνία στροφής του μοντέλου και κάθε επιφάνεια προς απόδοση είναι σημαντικό να αντιμετωπίζεται διαφορετικά, ανάλογα και με τη λήψη των εικόνων. Έτσι, κάθε εικόνα που χρησιμοποιείται, προβάλλεται μέσω ενός είδους ορθής προβολής στην επιφάνεια του αντικειμένου και με αυτόν τον τρόπο προσδιορίζεται η υφή που αντιστοιχεί σε κάθε τρίγωνο.

Η γωνία στροφής, κατέχει πολύ σημαντικό ρόλο στην απόδοση της υφής και συνεπώς η βέλτιστη γωνία, είναι αυτή με την οποία έγινε η λήψη της εικόνας. Ωστόσο, μία εικόνα δεν είναι αρκετή προκειμένου να αποδοθεί ορθά ολόκληρη η επιφάνεια του μοντέλου. Συνεπώς, σε κάποιες περιπτώσεις ήταν επαρκής ο μέσος όρος των στροφών των εικόνων που επιλέχθηκαν, ενώ σε άλλες περιπτώσεις χρειάστηκαν αρκετές δοκιμές για την επίτευξη του καλύτερου οπτικού αποτελέσματος.

Έτσι, με τη σταδιακή εισαγωγή των τρισδιάστατων μοντέλων σε τμήματα, ενεργοποιούνται οι εικόνες που απεικονίζουν τους χώρους αυτούς, με όσο το δυνατόν υψηλότερη ευκρίνεια και μικρότερες διαφορές στην ραδιομετρία. Αξίζει να αναφερθεί, ότι είναι σημαντικό να επιλεχθούν όσο το δυνατό λιγότερες εικόνες, καθώς έτσι το αποτέλεσμα είναι πιο ευκρινές, ενώ ο χρόνος παραγωγής της εικόνας μειώνεται.

## 6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ, ΕΛΕΓΧΟΣ & ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

### 6.1 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΕΛΙΚΩΝ ΤΕΚΜΗΡΙΩΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό αναφέρονται αναλυτικά οι διαδικασίες που εφαρμόστηκαν, προκειμένου να είναι δυνατή η παραγωγή των τελικών προϊόντων της γεωμετρικής τεκμηρίωσης. Οι οριζόντιες και κατακόρυφες τομές αποτελούν τα πιο συνήθη σχέδια για τη γεωμετρική τεκμηρίωση ενός κτηρίου. Παράλληλα, αποτελούν τον συνδετικό κρίκο μεταξύ των διαφόρων ειδικοτήτων (αρχαιολόγοι, αρχιτέκτονες, πολιτικοί μηχανικοί, κλπ), που πρόκειται να συμβάλουν στη μελέτη, αποκατάσταση και αξιοποίηση του κτηρίου, καθώς αποτελούν πηγή χρήσιμων πληροφοριών, για την κάθε επιμέρους μελέτη. Συνεπώς, τα σχέδια αυτά, είναι σημαντικό να ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα, να τεκμηριώνουν γεωμετρικά το κτήριο, να παρουσιάζουν ορθή απόδοση σχημάτων, μορφών και περιγραμμάτων και να περιέχουν όλες τις απαραίτητες λεπτομέρειες.

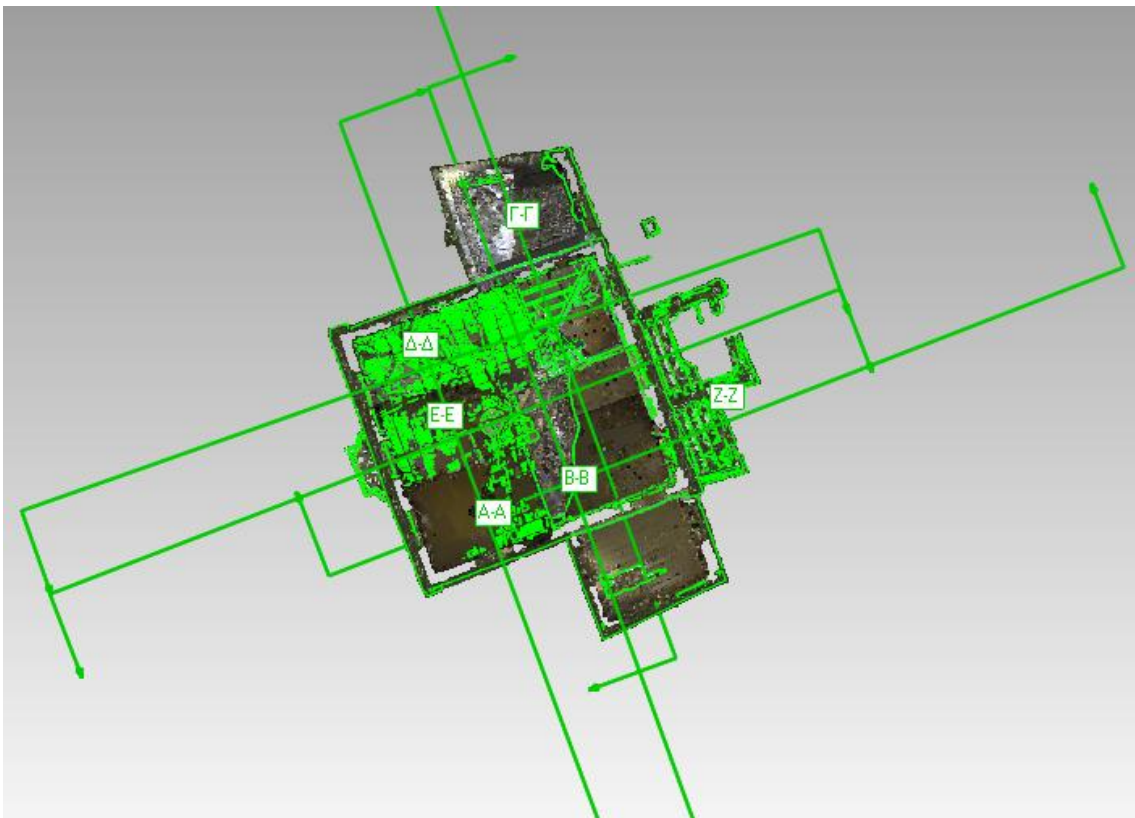
Επομένως, με την ολοκλήρωση της διαδικασίας απόδοσης υψής στο τρισδιάστατο μοντέλο, η παραγωγή των τελικών τεκμηριωτικών προϊόντων είναι πλέον δυνατή. Για την παραγωγή των 2D διαγραμμάτων τομής, είναι απαραίτητη η εξαγωγή των αντίστοιχων ορθοφωτογραφιών, διαδικασία που συντελείται στο λογισμικό Metashape. Τα ίχνη των τομών, μπορούν να προσδιοριστούν χρησιμοποιώντας τα σχετικά εργαλεία του Geomagic Wrap. Το πλήρες mesh από τον σαρωτή, εισάγεται στο Geomagic Wrap και ρυθμίζεται η θέση και η διεύθυνση των επιφανειών τομής. Από αυτό, εξάγονται και οι γραμμές τομής ως αρχείο «obj». Το τετμημένο mesh επανεισάγεται στο Metashape και εκτελείται η διαδικασία παραγωγής ορθοεικόνας. Η τελευταία μαζί με τη γραμμή τομής εισάγεται στο λογισμικό AutoCAD προκειμένου να σχεδιαστεί το τελικό διάγραμμα.

#### 6.1.1 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΨΕΩΝ & ΤΟΜΩΝ

Όσον αφορά στο κτήριο μελέτης, μετά από παρατήρηση της μορφής του και των περιοχών ενδιαφέροντος για τη μελέτη του, λήφθηκε η απόφαση να υλοποιηθούν 6 κατακόρυφες τομές, 4 όψεις, 1 οψοτομή, 2 κατόψεις, 2 ανόψεις και 1 γενικό τοπογραφικό διάγραμμα, για την ολοκληρωμένη απόδοσή του στον δισδιάστατο χώρο. Ειδικότερα, ορίστηκαν 3 κατακόρυφες τομές κατά μήκος του κτηρίου και 3 εγκάρσιες.

Οι τομές προσδιορίστηκαν παρατηρώντας το τρισδιάστατο μοντέλο στο περιβάλλον του Geomagic Wrap (εικόνα 6.1). Η θέση αυτών, επιλέχθηκε με βάση το κριτήριο να περνούν από χαρακτηριστικά σημεία του αρχοντικού (π.χ. ανοίγματα), ενώ συγχρόνως να είναι παράλληλες με το τμήμα του αντικειμένου που πρόκειται να αποδοθεί, προκειμένου να αποφευχθούν τυχόν παραμορφώσεις. Ωστόσο, η τήρηση των παραπάνω προϋποθέσεων, δεν ήταν δυνατή για όλες τις τομές, γι' αυτό σε ορισμένες περιπτώσεις, δημιουργήθηκαν μεταθέσεις του ίχνους (σπασίματα) και παράλληλες μετατοπίσεις, λαμβάνοντας πάντα υπόψη ότι αυτές πρέπει να προβάλλουν όσο το δυνατόν, πιο ολοκληρωμένο τμήμα του χώρου.

Προκειμένου να δημιουργηθούν οι γραμμές τομών, ήταν απαραίτητο η τρισδιάσταση επιφάνεια του κτηρίου, να μετατραπεί σε σημεία. Η διαδικασία πραγματοποιήθηκε στο λογισμικό Geomagic Wrap, όπου δημιουργήθηκαν συνολικά 5 επίπεδα σε διαφορετικές στάθμες, και στη συνέχεια έγινε μετατροπή σε σημεία, ορίζοντας κάθε φορά το πάχος του επιπέδου, ανάλογα με την πληροφορία (πλήθος σημείων) που ήταν επιθυμητή. Ειδικότερα, το πάχος του επιπέδου ορίστηκε στα 5mm. Στη συνέχεια, τα σημεία που απαρτίζουν κάθε τομή ενώθηκαν στο λογισμικό Autocad και προέκυψε η γραμμή τομής.



Εικόνα 6. 1: Επίπεδα τομών στο τρισδιάστατο μοντέλο

Έπειτα, ορίστηκαν και σχεδιάστηκαν στο περιβάλλον Autocad, τα επίπεδα των γραμμών τομής, ενώ προκειμένου να οριστεί σωστά το επίπεδο προβολής κάθε ορθοφωτογραφίας, έγινε καταγραφή σε αρχείο «txt» των τριών συντεταγμένων, κάθε φορά, σημείων, οι οποίες ορίζουν το επίπεδο αυτό.

ΤΟΜΗ	X(m)	Y(m)	Z(m)	Γωνία διεύθυνσης (grad)
H-H'	969.8053	1001.1579	100.0000	77.4351
	977.3208	980.8500	100.0000	
	969.8053	1001.1579	120.0000	
Θ1-Θ1'	987.2557	1002.2689	100.0000	178.7404
	971.0572	996.6490	100.0000	
	987.2557	1002.2689	120.0000	
Θ2-Θ2'	983.4121	1004.6744	100.0000	189.6372
	975.7315	1003.4130	100.0000	
	983.4121	1004.6744	120.0000	
I-I'	992.9431	987.1392	100.0000	277.6449
	985.5622	1007.2871	100.0000	
	992.9431	987.1392	120.0000	
K-K'	977.6130	980.0915	100.0000	376.3556
	993.8975	986.4340	100.0000	
	977.6130	980.0915	120.0000	
A-A'	981.8981	982.6877	100.0000	277.4354
	974.4012	1002.9456	100.0000	
	981.8981	982.6877	120.0000	
B-B'	985.0285	983.9529	100.0000	277.8870
	977.6895	1004.2248	100.0000	
	985.0285	983.9529	120.0000	
Γ-Γ'	978.9560	1004.7174	100.0000	77.6449
	987.3339	984.8811	100.0000	
	978.9560	1004.7174	120.0000	
Δ-Δ'	972.3975	992.7747	100.0000	378.4082
	990.9218	999.9811	100.0000	
	972.3975	992.7747	120.0000	
E-E'	973.3433	989.9652	100.0000	376.5455
	992.0741	997.1962	100.0000	
	973.3433	989.9652	120.0000	
Z-Z'	993.3281	994.3829	100.0000	176.4390
	974.4260	987.0494	100.0000	
	993.3281	994.3829	120.0000	

Πίνακας 6. 1: Ορισμός επιπέδων τομών



Στον πίνακα 6.1, καταγράφονται οι συντεταγμένες των επιπέδων των τομών, ενώ με βάση τη γωνία διεύθυνσης αυτών, γίνεται εύκολα αντιληπτό το ποιές τομές είναι παράλληλες μεταξύ τους.

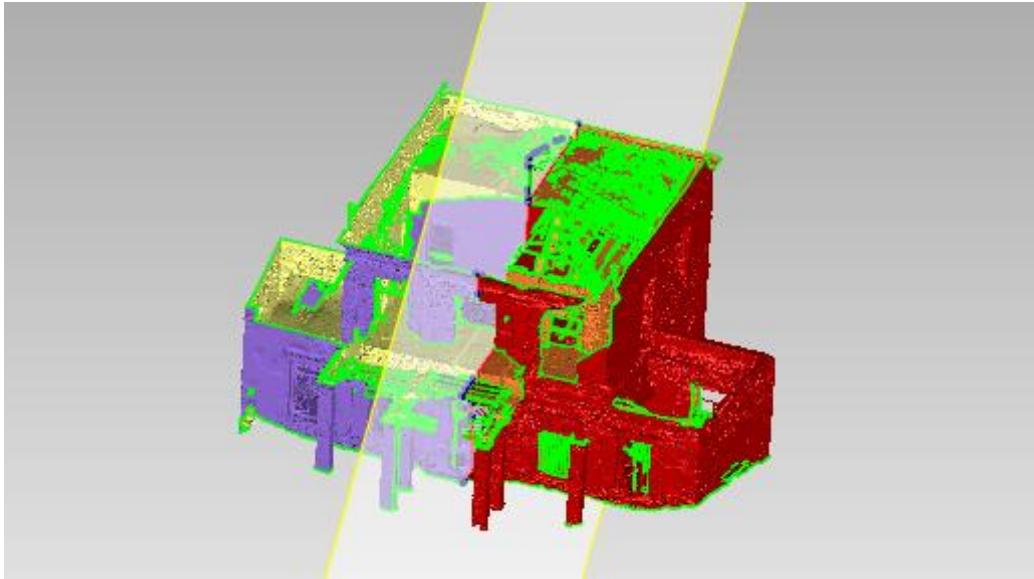
Οι τομές, A-A', B-B', Γ-Γ', Δ-Δ', E-E', και Z-Z' αποτελούν κατακόρυφες τομές, και παρήχθησαν ορθοεικόνες ανάλογα με τη φορά που έχει καθοριστεί, ενώ από τις τομές Η-Η', Θ2-Θ2', Ι-Ι', Κ-Κ' παρήχθησαν ορθοεικόνες που απεικονίζουν τα προς το κτήριο προβαλλόμενα αντικείμενα, καθώς επρόκειτο για όψεις. Τέλος, η τομή Θ1-Θ1' αποτελεί κατακόρυφη τομή, και διαφοροποιείται από την τομή Θ2-Θ2', λόγω της διαφορετικής κλίσης των προβαλλόμενων στο συγκεκριμένο τμήμα.

### 6.1.2 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΟΡΘΟΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ

Για την παραγωγή των επιθυμητών ορθοφωτογραφιών, επιλέχθηκε να γίνει συνδυασμός των δεδομένων που προέκυψαν από την επεξεργασία των φωτογραφικών στοιχείων και αυτών του επίγειου σαρωτή. Αυτό συμβαίνει, γιατί το μοντέλο που προέκυψε από την επίγεια σάρωση θεωρήθηκε πιο ακριβές δεδομένου ότι έχει υποστεί όλες τις απαραίτητες επεξεργασίες αφαίρεσης θορύβου και είναι δυνατό να συνδυαστεί με τις γεωαναφερμένες εικόνες, προκειμένου να εξαχθούν τα βέλτιστα αποτελέσματα.

Για τη διαδικασία αυτή, χρησιμοποιήθηκαν οι προσανατολισμένες εικόνες, η επιφάνεια όπως προέκυψε από την επεξεργασία του νέφους σημείων από τον επίγειο σαρωτή και τα διάφορα επίπεδα όπως αυτά καθορίστηκαν στο υπό-κεφάλαιο 6.1.1. Υπενθυμίζεται ότι – προφανώς – και τα τρία προαναφερθέντα στοιχεία, βρίσκονται στο ίδιο σύστημα αναφοράς (τοπικό αυθαίρετο).

Σε αυτό το στάδιο, γνωρίζοντας τις συντεταγμένες των σημείων των επιπέδων προβολής, ορίστηκαν στο λογισμικό Geomagic Wrap, οι αντίστοιχες επιφάνειες που απαιτούνται για τη δημιουργία των ορθοφωτογραφιών. Για να γίνει αυτό, η επιφάνεια κόπηκε από το επίπεδο κάθε τομής και χωρίστηκε σε δύο μέρη. Το μέρος που δεν περιείχε τα προβαλλόμενα αντικείμενα διαγράφηκε, ενώ η εναπομένουσα επιφάνεια εισήχθη στο περιβάλλον του Metashape και στο αντίστοιχο σύνολο εικόνων (εικόνα 6.2).



Εικόνα 6. 2: Διαχωρισμός & επιλογή επιφάνειας

Πριν παραχθεί κάθε ορθοφωτογραφία, έγινε η βέλτιστη επιλογή των εικόνων που περιλαμβάνουν τα προβαλλόμενα αντικείμενα κάθε τομής και παρουσιάζουν καλύτερη ραδιομετρία. Με αυτόν τον τρόπο, μειώνεται ο χρόνος παραγωγής κάθε ορθοφωτογραφίας και το αποτέλεσμα είναι ραδιομετρικά ορθότερο, διευκολύνοντας έτσι τη διαδικασία των διορθώσεων.

Ακόμα, κατά τη διαδικασία παραγωγής της ορθοφωτογραφίας, δίνεται στον χρήστη η δυνατότητα επιλογής του μεγέθους της εδαφοψηφίδας. Ωστόσο, διατηρήθηκε το μέγεθος που προτεινόταν από το λογισμικό, προκειμένου να γίνει χρήση όλης της πληροφορίας των δεδομένων.

Αξίζει να αναφερθεί, ότι για κάθε σύνολο εικόνων, εκτός από το αντίστοιχο τμήμα της επιφάνειας, υλοποιήθηκε εισαγωγή 3 σημείων που ορίζουν την κάθε τομή. Η σωστή αναφορά αυτών στο περιβάλλον του Metashape, είναι απαραίτητη, προκειμένου να οριστεί σωστά το επίπεδο προβολής.

Έτσι, οι παραγόμενες ορθοεικόνες, τοποθετήθηκαν στο επίπεδο κάθε τομής, ώστε να αποδίδονται τα προβαλλόμενα κάθε φορά αντικείμενα. Συνολικά παρήχθησαν 22 ορθοεικόνες, από τις οποίες χρησιμοποιήθηκαν οι 19, ενώ οι 3 αφαιρέθηκαν από τα αντίστοιχα σχέδια, καθώς δεν απεικόνιζαν σωστά το αντικείμενο. Οι εικόνες αυτές, είναι απαλλαγμένες από τις παραμορφώσεις που δημιουργούν η εκτροπή του αναγλύφου, οι

μεταβολές της κλίμακας και οι κλίσεις της φωτογραφικής μηχανής και παρέχουν τη δυνατότητα άμεσα, μετρήσιμης πληροφορίας, καθώς παρουσιάζουν ενιαία κλίμακα. Στη συνέχεια, επισυνάπτονται ενδεικτικά, ορισμένες ορθοεικόνες, όπως προέκυψαν εφαρμόζοντας την παραπάνω διαδικασία (εικόνες 6.3 & 6.4).



Εικόνα 6. 3: Ορθοφωτογραφία δυτικής όψης Η-Η'



Εικόνα 6. 4: Ορθοφωτογραφία οριζόντιας τομής (άνοψη ισογείου)

Για τον έλεγχο των ορθοφωτογραφιών, στο περιβάλλον του Metashape, έγινε η επιλογή της τοποθέτησης των ειδικών στόχων, προκειμένου να εξασφαλιστεί η σωστή θέση τους. Η απόκλιση στις περισσότερες περιπτώσεις κυμαινόταν μεταξύ 1mm έως 5mm ενώ σε ελάχιστες περιπτώσεις στο εσωτερικό του κτηρίου, υπερέβαινε το 1cm (εικόνες 6.5 & 6.6). Οι αποκλίσεις αυτές, πιθανόν να οφείλονται, είτε στο ενδεχόμενο οι εικόνες στο εσωτερικό του κτηρίου να μην έχουν προσανατολιστεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο, είτε σε αστοχία στη διαδικασία στροφής των γραμμών τομής και μετάθεσης των ορθοφωτογραφιών στη σωστή θέση στα διαγράμματα.



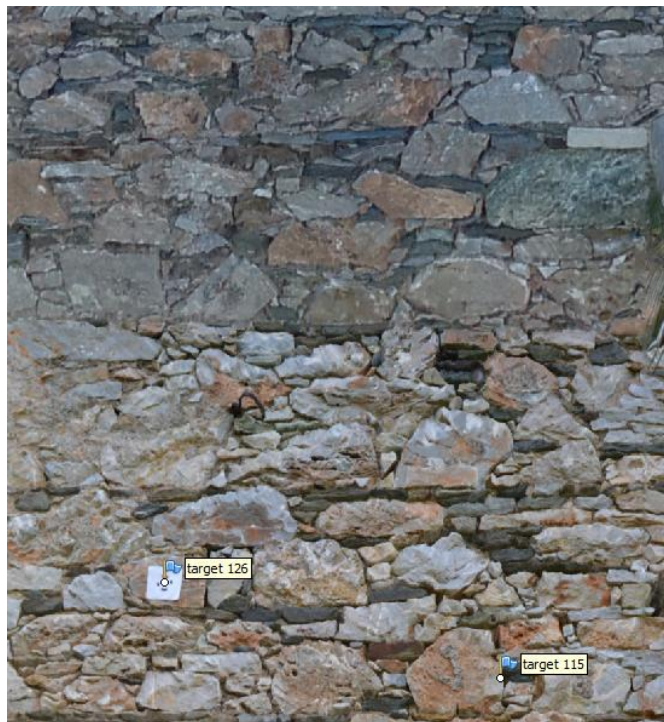
Εικόνα 6. 5: Έλεγχος ορθοφωτογραφιών



Εικόνα 6. 6: Έλεγχος ορθοφωτογραφιών (απόκλιση 1.59mm)

Στο επόμενο στάδιο, πραγματοποιήθηκε προσεκτική παρατήρηση των ορθοφωτογραφιών ως προς το θέμα της ραδιομετρίας, λόγω επιλογής εικόνων με διαφορετικά χρώματα, που παρουσιάζουν το ίδιο αντικείμενο. Ωστόσο, στο λογισμικό Metashape, δίνεται η δυνατότητα επιλογής των εικόνων από τις οποίες μπορεί να προκύψει το χρώμα της ορθοφωτογραφίας για μία συγκεκριμένη περιοχή, που ορίζεται από τον χρήστη. Έτσι, έγινε ραδιομετρική διόρθωση όπου αυτό ήταν δυνατόν, προκειμένου να προβάλλονται όλες οι πληροφορίες, βάσει των δεδομένων.

Παρ' όλα αυτά, εντοπίστηκαν περιοχές στις ορθοεικόνες, όπου το χρώμα δεν ήταν δυνατό να διορθωθεί ώστε να ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα (εικόνα 6.7). Η συγκεκριμένη αστοχία, οφείλεται είτε στο γεγονός ότι η συγκεκριμένη περιοχή δεν είχε φωτογραφηθεί επαρκώς ώστε να αποδοθεί η απαιτούμενη εικονιστική πληροφορία, είτε ότι η τρισδιάστατη επιφάνεια δεν είχε υποστεί τη σωστή επεξεργασία. Όσον αφορά στην πρώτη περίπτωση, η ελλειψή φωτογράφιση μπορεί εύκολα να διαπιστωθεί, παρατηρώντας τις εικόνες για τη συγκεκριμένη περιοχή. Για τη δεύτερη περίπτωση, όπου δεν υπάρχει ούτε τρισδιάστατη επιφάνεια, ούτε αντίστοιχη εικόνα, εμφανίζεται κενή ή με καθόλου χρώμα. Σε κάθε περίπτωση, οι περιοχές αυτές, θα προσημανθούν στη σχεδίαση των τομών, και θα χαρακτηριστούν ως περιοχές με έλλειψη πληροφορίας.



Εικόνα 6. 7: Ορθοφωτογραφία με αστοχία χρώματος

Παράλληλα, σχετικά με τον έλεγχο της ορθοφωτογραφίας, συχνό πρόβλημα, αποτελούσαν οι θολές περιοχές (εικόνα 6.8). Όσον αφορά στο θέμα αυτό, οφείλεται στο μεγάλο πλήθος εικόνων με διαφορετική ραδιομετρία, που απεικονίζουν το ίδιο αντικείμενο. Επομένως, μετά από διερεύνηση, γινόταν επιλογή των εικόνων ώστε να προκύψουν αυτές με την καλύτερη ραδιομετρία.



Εικόνα 6. 8: Ορθοφωτογραφία με θολή περιοχή

Αντίστοιχα, σύνηθες φαινόμενο αποτελούσε η λανθασμένη προβολή αντικειμένων. Σε αυτήν την περίπτωση, το λογισμικό λαμβάνει πληροφορία από κάποιο άλλο αντικείμενο, το οποίο βρίσκεται στο επίπεδο όρασης της κάμερας, εμποδίζοντας την όραση στο αντικείμενο ενδιαφέροντος. Δηλαδή κάποιο άλλο αντικείμενο σε μικρότερη απόσταση, προβάλλεται στην ορθοφωτογραφία, αντί εκείνου που επρόκειτο να προβληθεί, με αποτέλεσμα να αποδίδεται λάθος υφή στην ορθοφωτογραφία. Και σε αυτήν την περίπτωση, πραγματοποιήθηκε διερεύνηση των εικόνων, προκειμένου να γίνει χρήση αυτών που περιγράφουν καλύτερα το αντικείμενο.

### 6.1.3 ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΕΛΙΚΩΝ ΣΧΕΔΙΩΝ

Η απόδοση των τελικών σχεδίων, υλοποιήθηκε στο λογισμικό Autocad. Κάθε σχέδιο, αποτελείται από την αντίστοιχη γραμμή τομής, καθώς και τις ορθοεικόνες που περιγράφουν τα προβαλλόμενα αντικείμενα.

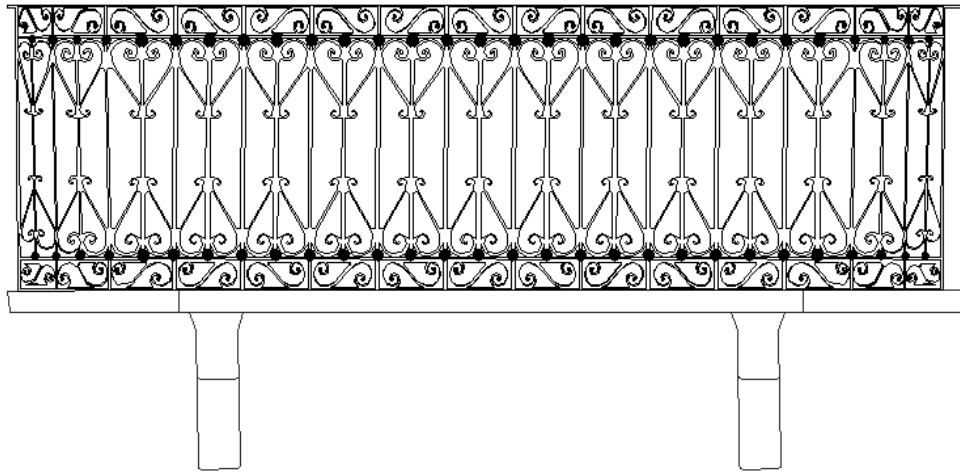
Πιο συγκεκριμένα, έγινε στροφή των γραμμών τομής στον τρισδιάστατο χώρο, έτσι ώστε να προβάλλονται σωστά στο συγκεκριμένο επίπεδο προβολής. Έπειτα, πραγματοποιήθηκε μετακίνηση των ορθοφωτογραφιών στη σωστή τους θέση, όπου παρατηρήθηκε ότι τα όριά τους συμπίπτουν με τη γραμμή τομής. Σε κάθε περίπτωση, οι πληροφορίες που βρίσκονταν εκτός γραμμής τομής, διαγράφονταν.

Οι περιοχές της ορθοφωτογραφίας, όπου δεν υπήρχε τρισδιάστατη επιφάνεια, ή δεν φωτογραφήθηκαν επαρκώς, επισημάνθηκαν με πολύγωνα και ειδική σκίαση (hatch), προκειμένου να χαρακτηριστούν ως περιοχές με έλλειψη πληροφορίας (εικόνα 6.9).



Εικόνα 6. 9: Περιοχή με έλλειψη πληροφορίας

Ακόμα, για ορισμένες από τις προαναφερθείσες περιοχές, όπου υπήρχε πληροφορία, επιχειρήθηκε να αποδοθούν με γραμμικό τρόπο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, αποτέλεσαν τα κάγκελα του μπαλκονιού στη δυτική όψη, τα οποία δεν ήταν εφικτό να περιγραφούν με ολοκληρωμένο τρόπο λόγω έλλειψης εικόνων (εικόνα 6.10). Γι' αυτόν τον λόγο, αποδόθηκαν γραμμικά, εφόσον ήταν γνωστό το πραγματικό τους σχήμα το οποίο είναι επαναλαμβανόμενο. Έτσι, είναι δυνατή η παρουσίαση της σωστής γεωμετρίας του κτηρίου.



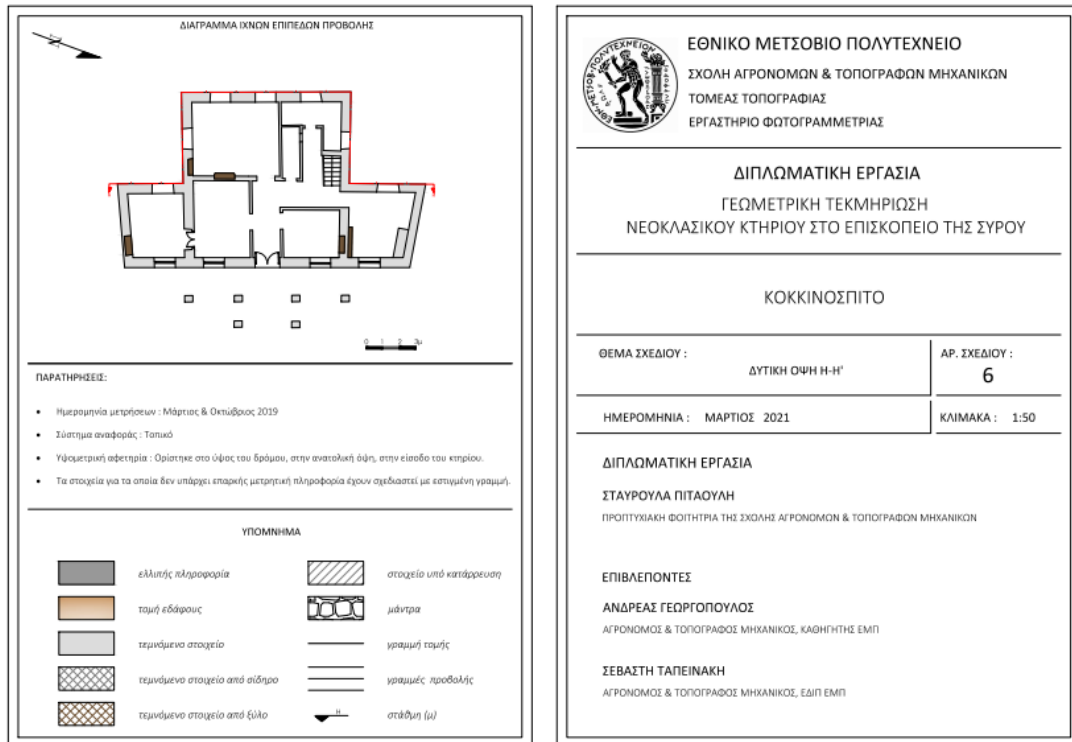
Εικόνα 6. 10: Απόδοση κυκλιδώματος μπαλκονιού με γραμμικό τρόπο

Παράλληλα, προκειμένου να δημιουργείται η αίσθηση του βάθους σε κάθε σχέδιο, υλοποιήθηκε αλλαγή της φωτεινότητας στις ορθοεικόνες. Με αυτόν τον τρόπο, τα αντικείμενα που ήταν πιο απομακρυσμένα, παρουσιάζονται ως πιο φωτεινά.

Για τη σύνταξη των διαγραμμάτων, είναι σημαντικό να ακολουθούνται κάποιες βασικές αρχές. Μία από αυτές είναι η δημιουργία κατάλληλων σχεδιαστικών φύλλων (layers) στα οποία να γίνεται η κατάλληλη ταξινόμηση, ανάλογα το είδος των στοιχείων, όπως π.χ. στοιχεία τομής, στοιχεία προβολής, λεπτομέρειες κ.ά. Ακόμα, είναι πολύ χρήσιμο να επιλέγονται διαφορετικά χρώματα και είδη γραμμών (συνεχής, εστιγμένη, διακεκομμένη), προκειμένου να απεικονίζονται τα διαφορετικά στοιχεία της κατασκευής.

Επιπλέον, κάθε σχέδιο οφείλει να είναι ευανάγνωστο και κατανοητό στον χρήστη, λαμβάνοντας υπ' όψιν ορισμένα απαραίτητα στοιχεία για τη σύνθεσή του. Σε αυτά ανήκουν ο γεωδαιτικός κάναβος ή υψομετρικός δείκτης, η κλίμακα και η διεύθυνση του Βορρά για το διάγραμμα οριζόντιων επιπέδων αναφοράς. Ακόμα, για να μπορεί ένα σχέδιο να θεωρηθεί πλήρες, αναπόσπαστο κομμάτι αποτελεί το πλαίσιο πληροφοριών, στο οποίο αναφέρονται σε προβλεπόμενες θέσεις, το διάγραμμα των ιχνών των επιπέδων αναφοράς συμπεριλαμβάνοντας τη διεύθυνση του Βορρά με έμφαση κάθε φορά στην τομή που απεικονίζεται, το υπόμνημα συμβόλων, οι παρατηρήσεις, η αναθέτουσα αρχή, ο τίτλος και η αρίθμηση του διαγράμματος, η κλίμακα και ο συντάκτης (εικόνα 6.11). Αξίζει να σημειωθεί ότι στην περίπτωση των οριζόντιων τομών, υλοποιείται στροφή των σχεδίων, για λόγους συμβατότητας.





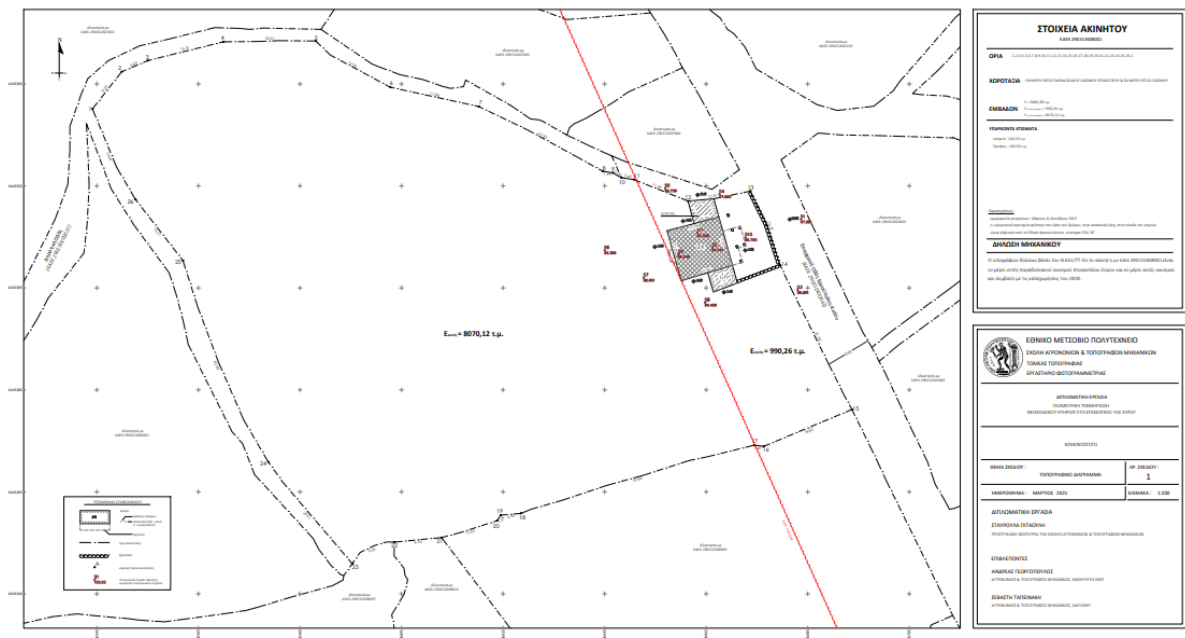
Εικόνα 6. 11: Πλαίσιο πληροφοριών σχεδίων

Με την ολοκλήρωση των τεκμηριωτικών σχεδίων, έγινε επιλογή της κατάλληλης γραμμογραφίας, προκειμένου να είναι δυνατή η αντίληψη των διαφορών μεταξύ των γραμμικών στοιχείων.

Τέλος, για κάθε σχέδιο, εφαρμόστηκε η ανάλογη μέθοδος, προκειμένου να αποδοθούν τα στοιχεία που ζητήθηκαν. Συνολικά, εκπονήθηκαν 16 σχέδια, τα οποία παρουσίασαν το καθένα τις δικές του ιδιαιτερότητες και δυσκολίες, οι οποίες επιχειρήθηκε να αντιμετωπιστούν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

**Αριθμός σχεδίου 1:**

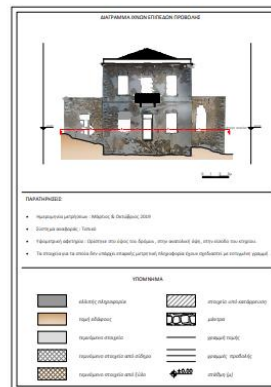
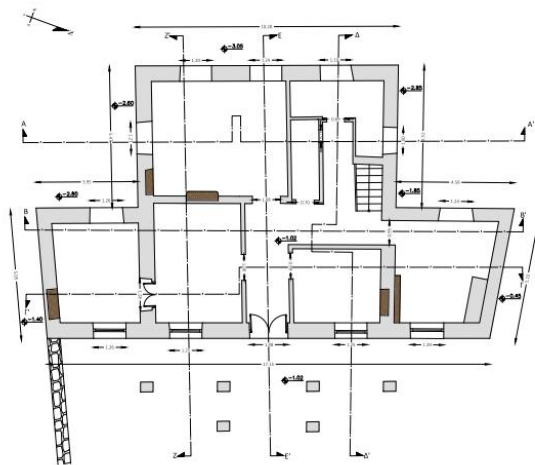
Το πρώτο σχέδιο συνιστά το τοπογραφικό διάγραμμα του οικοπέδου του κτηρίου. Μετρήθηκαν με χρήση GPS οι στάσεις του αυθαίρετου δικτύου για τις οποίες είναι γνωστές οι συντεταγμένες και στη συνέχεια υλοποιήθηκε η ένταξη του δικτύου στο γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ'87. Η ένταξη του δικτύου, υλοποιήθηκε με τη μέθοδο του σχετικού κινηματικού εντοπισμού (RTK), πραγματοποιώντας σύνδεση στον μόνιμο σταθμό αναφοράς της Σύρου, του δικτύου U.R.A.N.U.S της εταιρείας TREE COMPANY, η οποία παρείχε τον απαραίτητο εξοπλισμό για τις ανάγκες της διπλωματικής εργασίας. Αξίζει να αναφερθεί, ότι από το οικόπεδο μέσα στο οποίο βρίσκεται το κτήριο μελέτης, διέρχεται το όριο του οικισμού του Επισκοπείου, συνεπώς ανήκει εν μέρει εντός και εν μέρει εκτός οικισμού, ενώ υπολογίστηκαν και τα αντίστοιχα εμβαδά (σχέδιο 6.1).



Σχέδιο 6. 1: Τοπογραφικό διάγραμμα

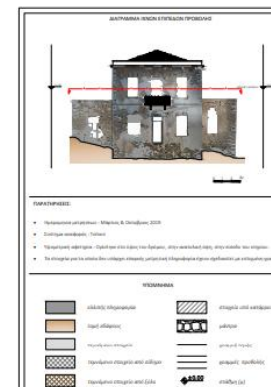
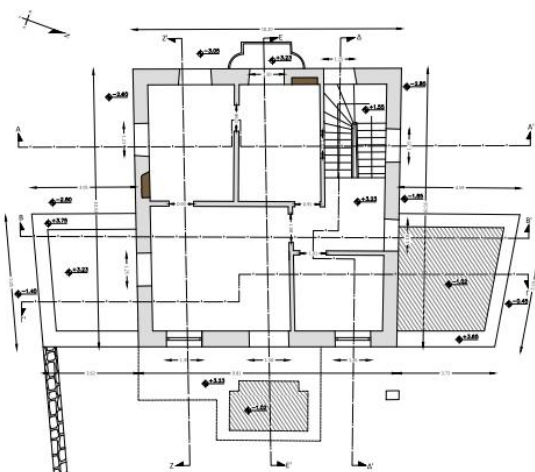
**Αριθμός σχεδίων 2 & 3:**

Τα σχέδια με αριθμό 2 και 3, είναι οριζόντιες τομές και αφορούν στις κατόψεις του ισογείου και του ορόφου, οι οποίες είναι ενταγμένες στο τοπικό αυθαίρετο σύστημα αναφοράς. Καθώς υπήρχε έλλειψη εικόνων, δεν κρίθηκε απαραίτητη η παραγωγή ολοκληρωμένων ορθοφωτογραφιών, ωστόσο αποτελούν θεμελιώδη στοιχεία της γεωμετρικής τεκμηρίωσης, καθώς σε αυτά παρουσιάζονται όλα τα βασικά μετρητικά δεδομένα (σχέδια 6.2 & 6.3).



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ	
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ & ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ	
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ	
ΕΓΓΡΑΦΤΗΡΟ ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑΣ	
ΔΙΔΑΚΤΑΡΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ	
ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ	
ΝΕΟΚΛΑΣΙΚΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ ΣΤΟ ΕΠΙΣΚΟΠΕΙΟ ΤΗΣ ΣΥΡΟΥ	
ΚΩΔΙΚΟΣ ΕΣΤΙΟ	
ΘΕΜΑ ΣΧΕΔΙΟΥ:	ΚΑΤΩΦΗ ΟΡΟΦΟΥ
ΑΡ. ΣΧΕΔΙΟΥ:	2
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ:	ΜΑΡΤΙΟΣ 2021
ΚΥΜΑΚΙΑ:	1:50
ΔΙΔΑΚΤΑΡΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ	
ΠΡΟΤΥΠΟΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ & ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ	
ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ	
ΑΝΔΡΕΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΥΔΗΣ	
ΑΓΡΟΝΟΜΟΣ & ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΤ	
ΣΕΒΑΣΤΗ ΤΑΤΕΡΙΑΚΗ	
ΑΓΡΟΝΟΜΟΣ & ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ, Ε.Δ.Ε.ΜΤ	

Σχέδιο 6. 2: Κάτοψη ισογείου



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ	
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ & ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ	
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ	
ΕΓΓΡΑΦΤΗΡΟ ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑΣ	
ΔΙΔΑΚΤΑΡΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ	
ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ	
ΝΕΟΚΛΑΣΙΚΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ ΣΤΟ ΕΠΙΣΚΟΠΕΙΟ ΤΗΣ ΣΥΡΟΥ	
ΚΩΔΙΚΟΣ ΕΣΤΙΟ	
ΘΕΜΑ ΣΧΕΔΙΟΥ:	ΚΑΤΩΦΗ ΟΡΟΦΟΥ
ΑΡ. ΣΧΕΔΙΟΥ:	3
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ:	ΜΑΡΤΙΟΣ 2021
ΚΥΜΑΚΙΑ:	1:50
ΔΙΔΑΚΤΑΡΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ	
ΠΡΟΤΥΠΟΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ & ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ	
ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ	
ΑΝΔΡΕΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΥΔΗΣ	
ΑΓΡΟΝΟΜΟΣ & ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΤ	
ΣΕΒΑΣΤΗ ΤΑΤΕΡΙΑΚΗ	
ΑΓΡΟΝΟΜΟΣ & ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ, Ε.Δ.Ε.ΜΤ	

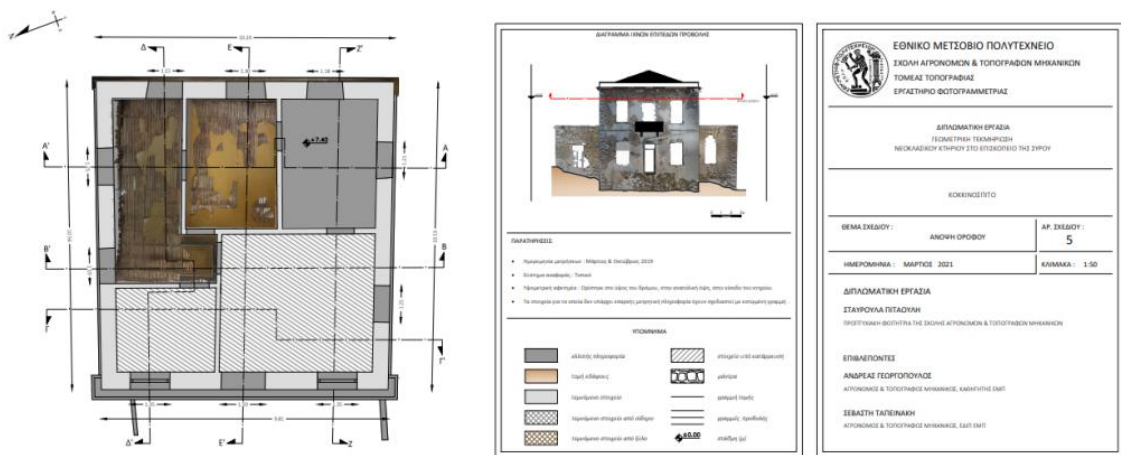
Σχέδιο 6. 3: Κάτοψη ορόφου

**Αριθμός σχεδίων 4 & 5:**

Οι ανόψεις του ισογείου και του ορόφου, παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς εμπεριέχουν αρκετές οροφογραφίες του κτηρίου, όσες από αυτές έχουν διατηρηθεί. Από τα σχέδια αυτά, διαπιστώνονται οι καταστροφές που έχει υποστεί το νεοκλασικό κτήριο, ενώ παράλληλα, σημειώνονται με ειδική σκίαση τα τμήματα του κτηρίου τα οποία έχουν καταρρεύσει (σχέδια 6.4 & 6.5).



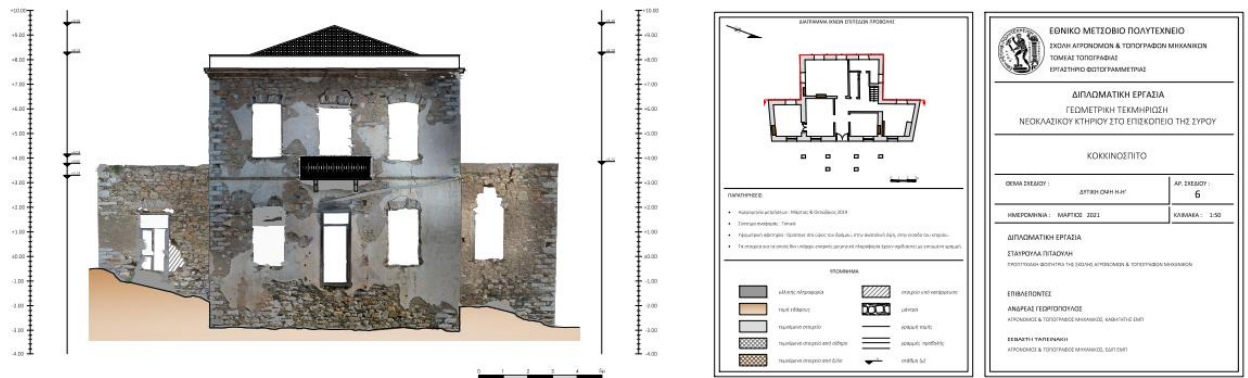
Σχέδιο 6. 4: Άνοψη ισογείου



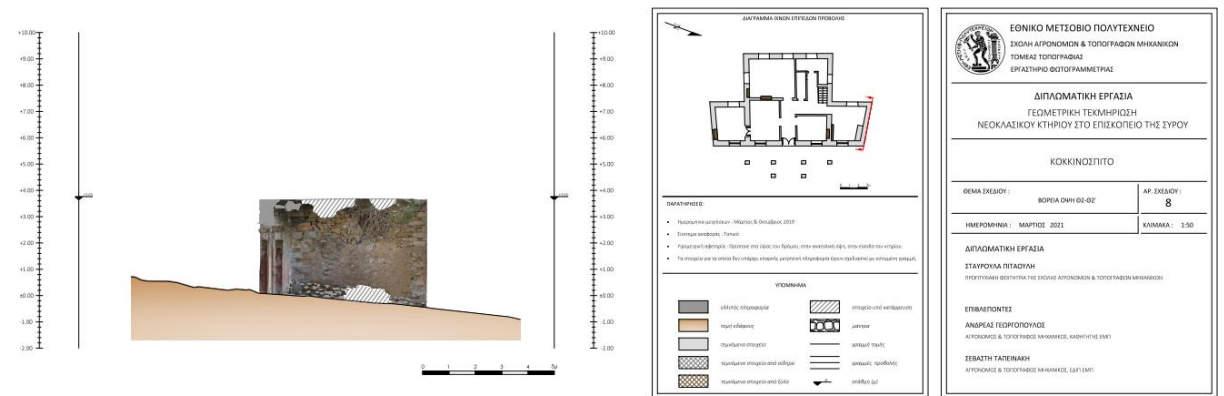
Σχέδιο 6. 5: Άνοψη ορόφου

**Αριθμός σχεδίων 6, 8, 9 & 10:**

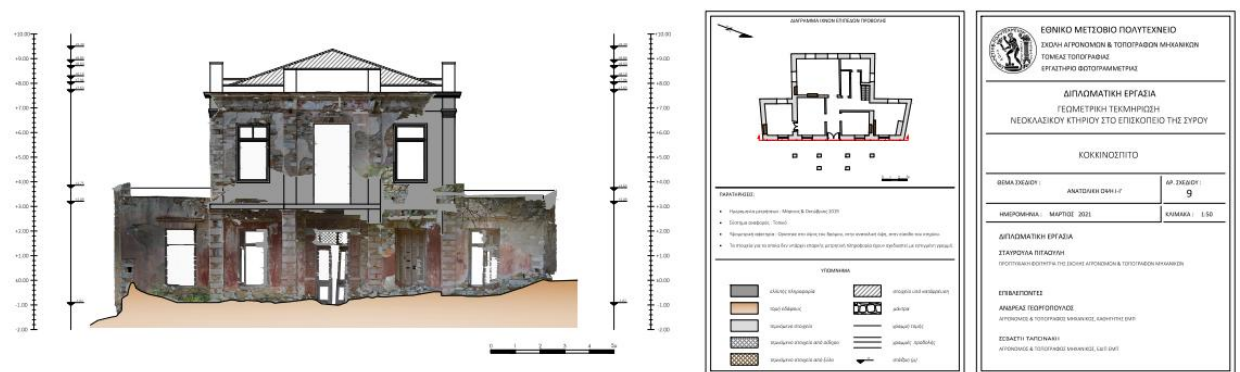
Οι τομές Η-Η', Θ2-Θ2', Ι-Ι' και Κ-Κ' αποτελούν τις όψεις του κτηρίου. Είναι συνδυασμός γραμμικής ψηφιοποίησης και ορθοφωτογραφιών, ενώ τα τμήματα για τα οποία δεν υπήρχε πληροφορία, έχουν συμπληρωθεί με την αντίστοιχη σκίαση. Επιπλέον, σε ορισμένες περιπτώσεις, υπήρχε πυκνή βλάστηση, η οποία δεν ήταν δυνατό να απομακρυνθεί από τις ορθοεικόνες (σχέδια 6.6, 6.7, 6.8 & 6.9).



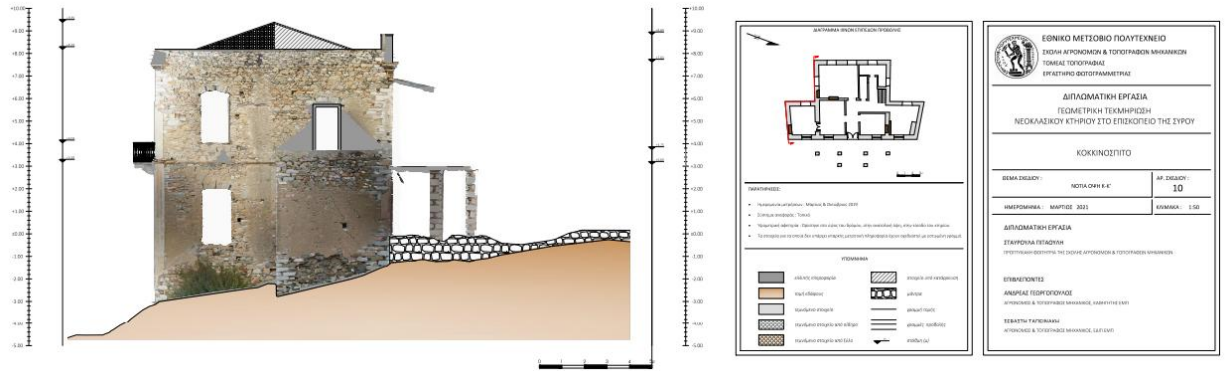
Σχέδιο 6. 6: Όψη Η-Η'



Σχέδιο 6. 7: Όψη Θ2-Θ2'



Σχέδιο 6. 8: Όψη Ι-Ι'



Σχέδιο 6. 9: Όψη Κ-Κ'

**Αριθμός σχεδίου 7:**

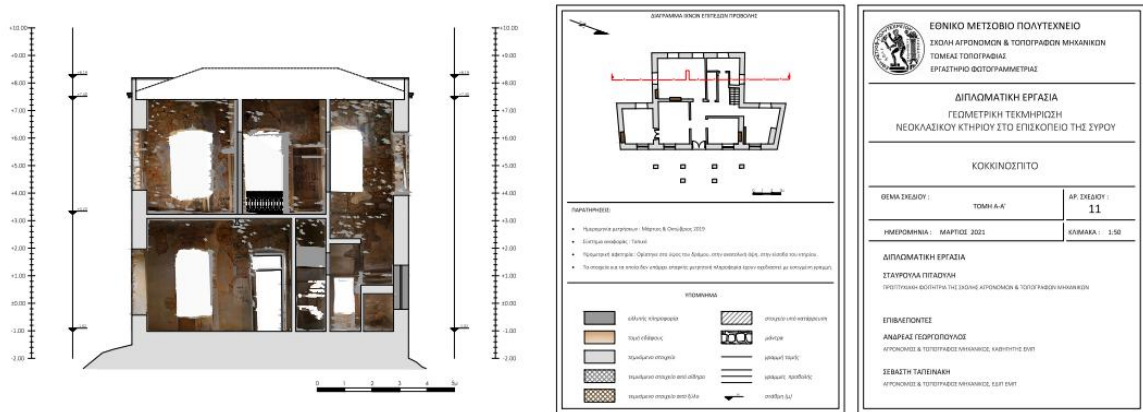
Η τομή Θ1-Θ1' συνιστά μία οψητομή, και διαφοροποιείται από την τομή Θ2-Θ2' λόγω της διαφορετικής κλίσης των προβαλλόμενων στοιχείων (σχέδιο 6.10).



Σχέδιο 6. 10: Οψητομή Θ1-Θ1'

**Αριθμός σχεδίου 11:**

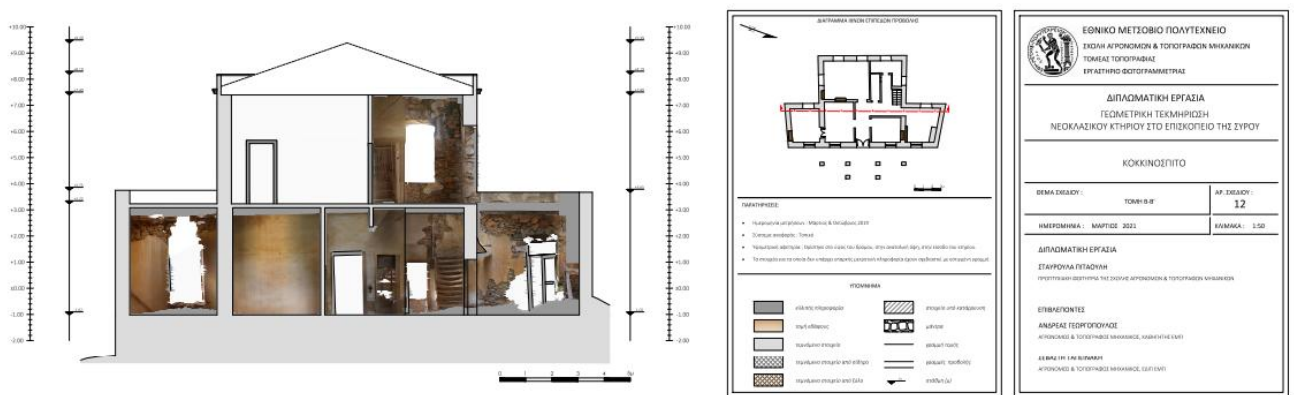
Η τομή A-A' τέμνει τη δυτική πλευρά του αρχοντικού και διέρχεται από το μέσον των ανοιγμάτων τα οποία διατρέχει. Τέμνει την κλίμακα ανόδου από το ισόγειο στον όροφο, ενώ προβάλλεται και τμήμα του δωματίου που βρίσκεται κάτω από αυτήν. Στην τομή αυτή, περιλαμβάνονται ορθοεικόνες των προβαλλόμενων στοιχείων του αντικειμένου, τόσο του ισογείου όσο και του ορόφου (σχέδιο 6.11).



Σχέδιο 6. 11: Τομή A-A'

**Αριθμός σχεδίου 12:**

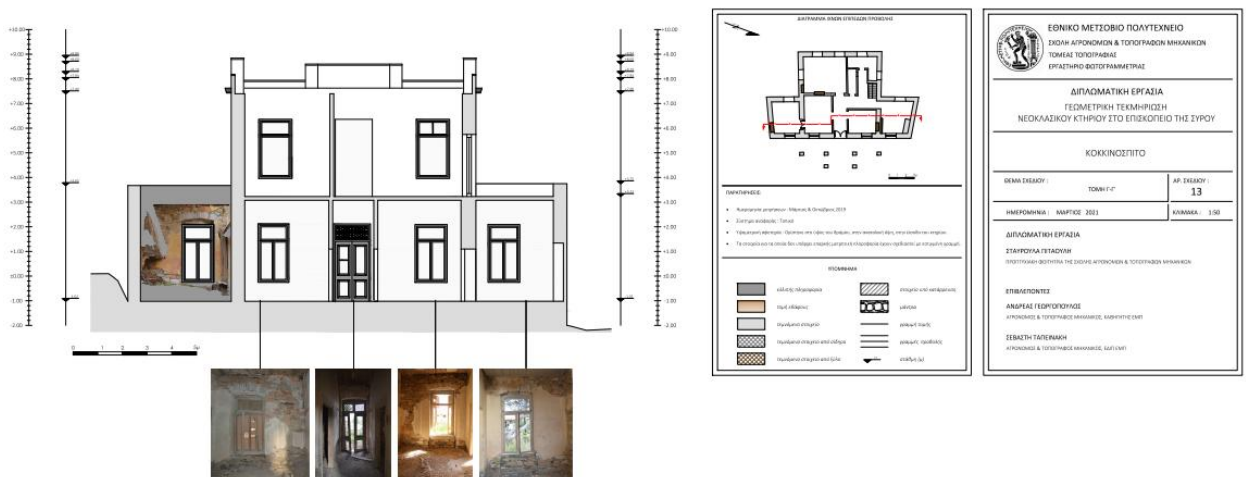
Η τομή B-B' οριοθετείται στο μέσον του κτηρίου και παρουσιάζει τα προβαλλόμενα δυτικά στοιχεία αυτού. Σε αυτήν προβάλλεται τμήμα της σκάλας, ενώ τέμνονται και τα δύο ισόγεια τμήματα που εξέχουν αριστερά και δεξιά του βασικού κορμού του κτηρίου. Παράλληλα, σε αυτήν περιλαμβάνεται ένα από τα δύο δωμάτια του ορόφου στα οποία έχουν καταρρεύσει η στέγη και το ενδιάμεσο τμήμα της οροφής, γι' αυτόν τον λόγο δεν υπάρχει πληροφορία (σχέδιο 6.12).



Σχέδιο 6. 12: Τομή B-B'

**Αριθμός σχεδίου 13:**

Η τομή Γ-Γ', τέμνει την ανατολική πλευρά του νεοκλασικού, προβάλλοντας τα στοιχεία της εισόδου και των δωματίων που βρίσκονται αριστερά και δεξιά από αυτήν. Περιλαμβάνει τα δύο δωμάτια του ορόφου στα οποία έχει καταρρεύσει η στέγη και δεν ήταν εφικτό να γίνουν φωτογραφικές λήψεις και συλλογή δεδομένων με τον επίγειο σαρωτή. Επιπλέον, όσον αφορά στα δωμάτια του ισόγειου, έχουν παραλειφθεί οι ορθοφωτογραφίες, καθώς δεν ήταν δυνατή η ορθή παραγωγή τους, παρ' όλες τις προσπάθειες που καταβλήθηκαν. Αυτή η δυσκολία, ενδεχομένως να οφείλεται είτε στο ενδεχόμενο οι φωτογραφίες για το εσωτερικό του κτηρίου να μην έχουν προσανατολιστεί σωστά, είτε στη λανθασμένη επεξεργασία των δεδομένων του σαρωτή, παρόλο που κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης διαδικασίας, η επιφάνεια στα συγκεκριμένα τμήματα δεν παρουσίασε εμφανείς ελλείψεις. Για τον λόγο αυτόν, έχουν εισαχθεί ενδεικτικές φωτογραφίες των δωματίων, προκειμένου να είναι ευκολότερη η κατανόηση του σχεδίου από τον χρήστη (σχέδιο 6.13).

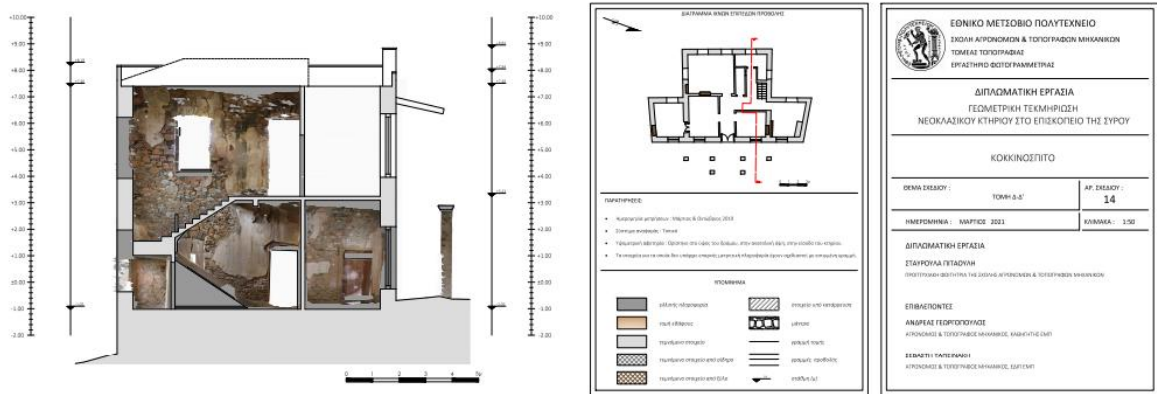


Σχέδιο 6. 13: Τομή Γ-Γ'



**Αριθμός σχεδίου 14:**

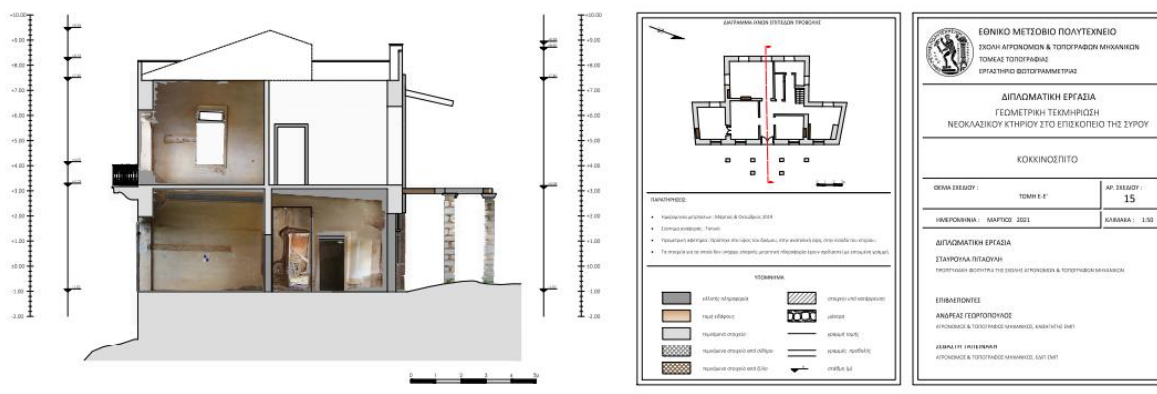
Η τομή Δ-Δ', τέμνει τη βόρεια πλευρά και περνά από το μέσον των ανοιγμάτων της εξωτερικής πέτρινης τοιχοποιίας. Προβάλλει τμήμα της κλίμακας ανόδου στο ισόγειο και τέμνει τμήμα αυτής, που αντιστοιχεί στον όροφο. Συνοδεύεται από την αντίστοιχη ορθοφωτογραφία, ενώ το δωμάτιο του ορόφου για το οποίο δεν υπάρχει πληροφορία, απεικονίζεται κενό (σχέδιο 6.14).



Σχέδιο 6. 14: Τομή Δ-Δ'

**Αριθμός σχεδίου 15:**

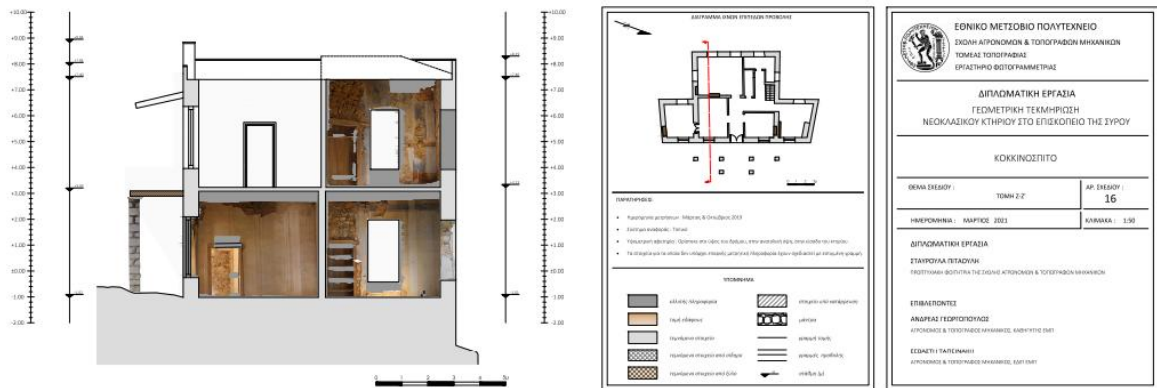
Όσον αφορά στην τομή Ε-Ε', χωροθετείται στο μέσον του κτηρίου και περνά από το μέσον των ανοιγμάτων που τέμνει. Σε αυτήν προβάλλονται ορισμένες από τις πέτρινες κολώνες που υπάρχουν στον εξωτερικό χώρο, ενώ τέμνεται ο ξύλινος εξώστης ανατολικά και το μαρμάρινο μπαλκόνι δυτικά.



Σχέδιο 6. 15: Τομή Ε-Ε'

**Αριθμός σχεδίου 16:**

Η τομή Z-Z' τέμνει τη νότια πλευρά του κτηρίου, ενώ σε αυτήν προβάλλεται μία από τις κολώνες του περιβάλλοντα χώρου. Συνοδεύεται από την αντίστοιχη ορθοφωτογραφία, στην οποία προβάλλονται στοιχεία για τα οποία υπάρχει πληροφορία (σχέδιο 6.16).



Σχέδιο 6. 16: Τομή Z-Z'

**6.2 ΕΛΕΓΧΟΣ**

Με την ολοκλήρωση της σύνταξης των τεκμηριωτικών σχεδίων, η διαδικασία του ελέγχου των παραγόμενων διαγραμμάτων για τυχόν σφάλματα και παραλείψεις, κρίνεται αναγκαία. Λόγω εσφαλμένων επιλογών, παραλείψεων αλλά και των εν γένει προβληματικών σημείων του αντικειμένου μελέτης, τα κριτήρια ποιοτικού ελέγχου της αξιοπιστίας, πληρότητας και πιστότητας έχουν ικανοποιηθεί μερικώς.

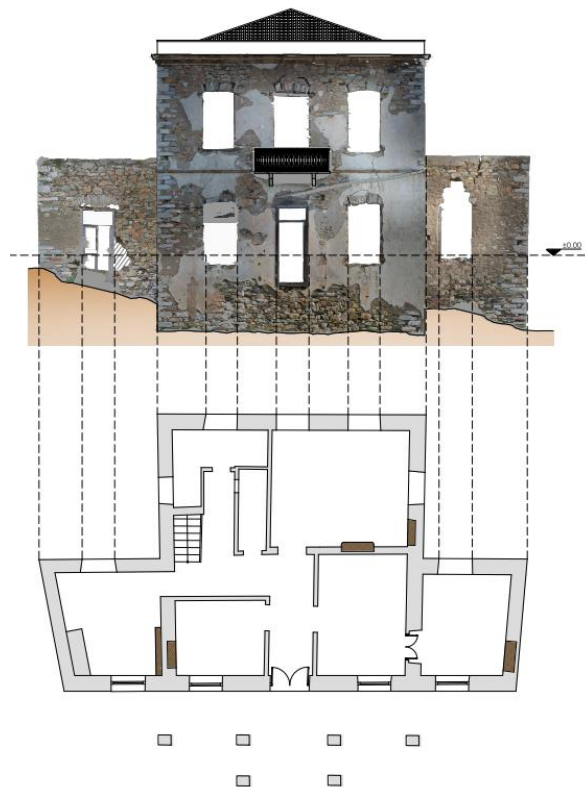
**6.2.1 ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ**

Η ακρίβεια και η ορθότητα, συνθέτουν την έννοια της αξιοπιστίας. Ο έλεγχος της ακρίβειας υλοποιείται εξετάζοντας, για την περίπτωση των διαγραμμάτων τομής, την ταύτιση της γεωμετρικής πληροφορίας μεταξύ των σχεδίων. Παράλληλα, ο έλεγχος της ορθότητας πραγματοποιείται συγκρίνοντας τα διαγράμματα με γεωδαιτικές ή τοπομετρικές μετρήσεις.

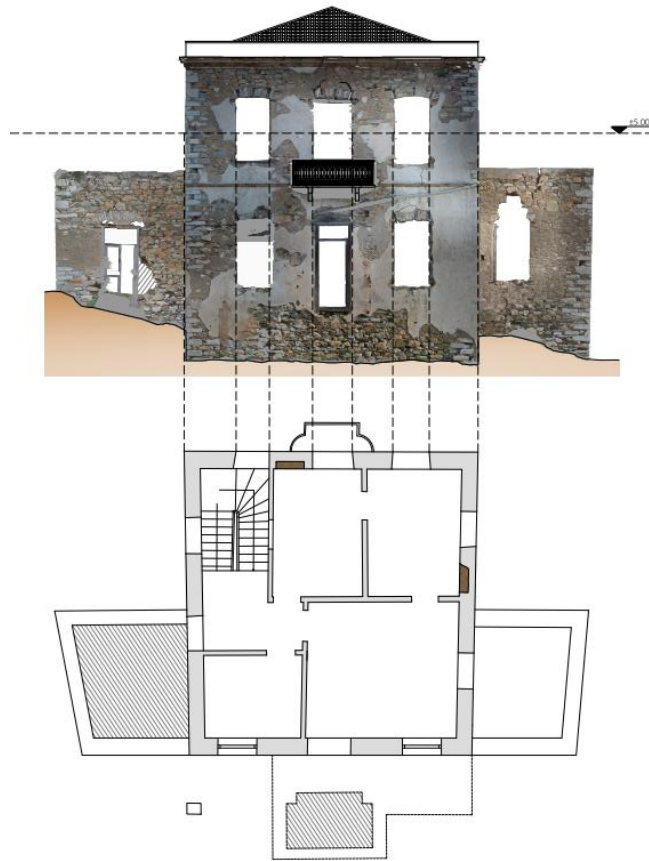
Κατά την εξαγωγή των ορθοφωτογραφιών από το λογισμικό Metashape, παράγεται ένα αρχείο με πληροφορίες γεωαναφοράς, δηλαδή τις στροφές της εικόνας και τη θέση του πρώτου ρικελ, με αφετηρία επάνω αριστερά. Στην περίπτωση των κατακόρυφων τομών το επίπεδο τομής δεν ταυτίζεται με κάποιο από τα επίπεδα XY, XZ, YZ του συστήματος αναφοράς του αντικειμένου, αλλά εισάγεται ένα νέο τοπικό σύστημα για κάθε τομή

ξεχωριστά. Προκειμένου να είναι εφικτός ο έλεγχος για τη διατήρηση της κλίμακας των ορθοφωτογραφιών, πραγματοποιείται ταύτιση της γεωμετρικής πληροφορίας των διαγραμμάτων των οριζόντιων τομών, με αυτήν των κατακόρυφων, με ανάλογη τοποθέτηση αυτών (στροφή και μετακίνηση). Με τον ίδιο τρόπο, ελέγχονται οι κατακόρυφες τομές μεταξύ τους, τόσο κατά μήκος όσο και καθ' ύψος.

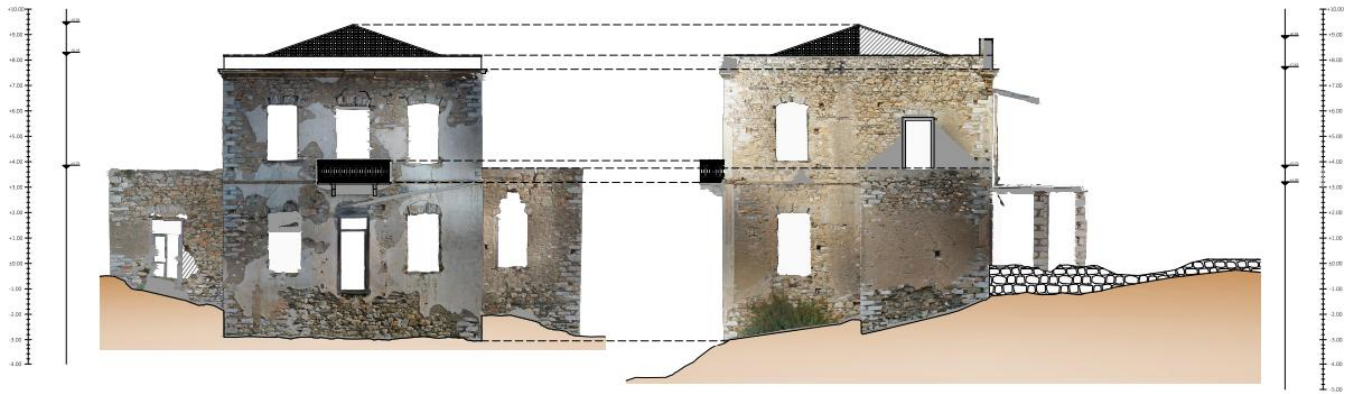
Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε στροφή των οριζόντιων τομών στον τρισδιάστατο χώρο, με βάση τη γωνία διεύθυνσης της κάθε κατακόρυφης τομής. Ο έλεγχος, υλοποιήθηκε στην υψομετρική στάθμη κάθε οριζόντιας τομής. Με ανάλογο τρόπο, έγινε και ο έλεγχος μεταξύ των κατακόρυφων τομών. Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε για όλα τα τελικά σχέδια, ωστόσο ενδεικτικά παρουσιάζεται παρακάτω η ταύτιση των κατόψεων του ισογείου και του ορόφου, με τη δυτική όψη Η-Η' στις υψομετρικές στάθμες  $\pm 0.00$  και  $+5.00\text{m}$  (εικόνες 6.17 & 6.18). Αντίστοιχα, ελέγχθηκαν καθ' ύψος, οι όψεις Η-Η' και Κ-Κ' (εικόνα 6.19).



Σχέδιο 6. 17: Ταύτιση κάτοψης ισογείου & όψης Δ-Δ'



Σχέδιο 6. 18: Ταύτιση κάτοψης ορόφου & όψης Δ-Δ'



Σχέδιο 6. 19: Υψομετρικός έλεγχος όψεων Η-Η' & Κ-Κ'

Αξίζει επιπλέον να σημειωθεί, ότι όσον αφορά στον έλεγχο της ορθότητας των διαγραμμάτων των κατόψεων, χρησιμοποιήθηκαν τόσο γεωδαιτικές όσο και τοπομετρικές μέθοδοι. Πιο συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια των εργασιών υπαίθρου, είχαν μετρηθεί με γεωδαιτικό τρόπο χαρακτηριστικά σημεία του κτηρίου, προκειμένου να είναι εφικτός ο έλεγχος των μηκών των πλευρών αλλά και των ανοιγμάτων, κατά την παραγωγή των τελικών τεκμηριωτικών σχεδίων. Ακόμα, με χρήση τοπομετρικών μεθόδων και πιο

συγκεκριμένα μιας μετροταινίας και ενός ηλεκτρονικού αποστασιόμετρου, είχαν ληφθεί μετρήσεις των περιμετρικών διαστάσεων και των καθαρών υψών του εσωτερικού της κατασκευής, ώστε να μπορεί να διαπιστωθεί κατά πόσο συμπίπτουν τα σχέδια με την πραγματικότητα.

Με την ολοκλήρωση των ελέγχων, προέκυψε ότι υπάρχει η απαραίτητη συμφωνία μεταξύ των σχεδίων και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως τεκμηριωτικά προϊόντα του κτηρίου. Οι αποκλίσεις που παρουσιάστηκαν, ήταν μεταξύ 2-5mm, συνεπώς μικρότερες από 12.5mm που αποτελεί το όριο για την κλίμακα 1:50.

### 6.2.2 ΠΙΣΤΟΤΗΤΑ

Η πιστότητα έχει καθοριστική σημασία, αφού εκφράζει το κατά πόσον η απεικόνιση του αντικειμένου στα διαγράμματα μετά τη διαδικασία της επεξεργασίας, ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα. Ο έλεγχος γίνεται κυρίως με οπτικό τρόπο και όταν η περιγραφή των επιφανειών είναι ελλιπής, έχει ως αποτέλεσμα τη θολή ή παραμορφωμένη απεικόνιση του μοντέλου. Τα προβλήματα πιστότητας ενδεχομένως να οφείλονται:

- **Στον τρόπο συμπλήρωσης των κενών στο mesh**

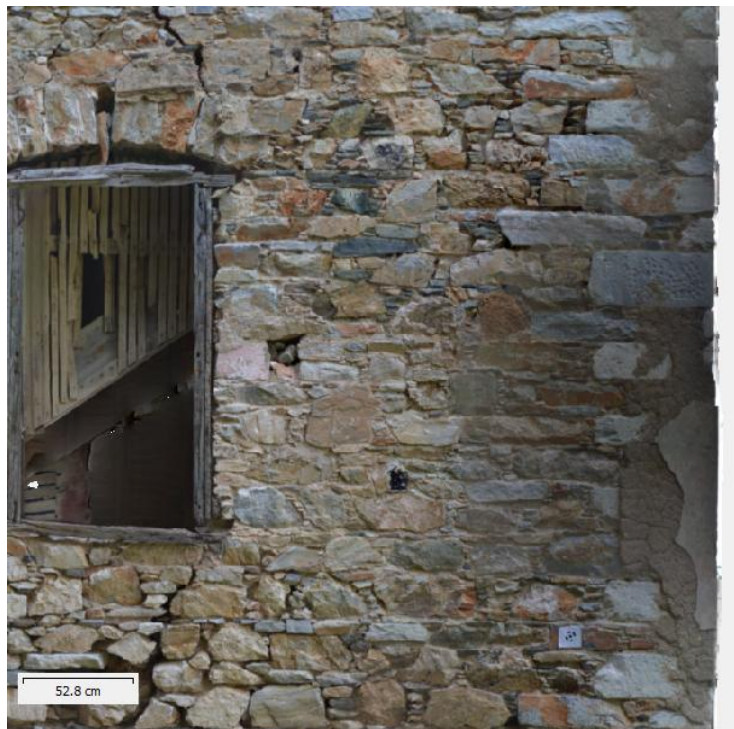
Σε περιοχές με βλάστηση, υπήρχε αδυναμία αναγνώρισης ομόλογων σημείων, ακόμα και όταν επιχειρήθηκε να πραγματοποιηθούν λήψεις με πυκνότερο βήμα. Έτσι, προκειμένου να αποφευχθεί να παρουσιάζονται πολλά κενά στο μοντέλο, κάποια από αυτά, συμπληρώθηκαν στο λογισμικό Geomagic Wrap. Εν συνεχεία, η πληροφορία της υψής για τα σημεία αυτά, λήφθηκε από γειτονικές περιοχές, επηρεάζοντας έτσι την ποιότητα του τελικού αποτελέσματος (εικόνα 6.12).



Εικόνα 6. 12: Ορθοφωτογραφία με προβλήματα στην απόδοση υψής λόγω βλάστησης

- **Στις εναλλαγές φωτισμού των εικόνων**

Από την εξαγωγή των ορθοφωτογραφιών, παρατηρήθηκε ότι σε περιοχές όπου υπήρχε πλήρες νέφος σημείων, αλλά χρησιμοποιήθηκαν εικόνες με διαφορετικό φωτισμό προκειμένου να αποδοθεί η πληροφορία του χρώματος και της υφής, δημιουργήθηκαν «λεκέδες» χρώματος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, αποτελούν οι τομές Ι-Ι' και Θ1-Θ1', όπου η πληροφορία χρώματος στον 2<sup>ο</sup> όροφο κυρίως του κτηρίου, προέκυψε από εικόνες που είχαν ληφθεί από DSLR φωτογραφική μηχανή και από μη επανδρωμένο αεροσκάφος, σε διαφορετικές χρονικές περιόδους, με αποτέλεσμα ο φωτισμός να είναι διαφορετικός, επηρεάζοντας έτσι την ποιότητα της ορθοφωτογραφίας (εικόνα 6.13).



Εικόνα 6. 13: Ορθοφωτογραφία με προβλήματα στην υφή λόγω εικόνων διαφορετικής φωτεινότητας

- **Σε άλλους παράγοντες**

Κατά την επεξεργασία των ορθοφωτογραφιών, παρατηρήθηκαν και άλλα προβλήματα, όπως διπλά είδωλα. Η δυσκολία, σημειώνεται κυρίως σε τμήματα, που υπάρχουν βιβλιοθήκες και εσοχές, παρόλο που κατά την επεξεργασία της επιφάνειας, δεν αναμενόταν κάποιο αντίστοιχο πρόβλημα (εικόνα 6.14). Οι αστοχίες αυτές, ενδεχομένως να οφείλονται στον τρόπο άντλησης της πληροφορίας του χρώματος ή στην επεξεργασία της επιφάνειας.



Εικόνα 6. 14: Ορθοφωτογραφία με διπλό είδωλο

Επιπλέον, κατά την παραγωγή των ορθοφωτογραφιών, παρατηρήθηκε στο εσωτερικό του κτηρίου ότι οι παραγόμενες εικόνες παρουσίαζαν κλίση, ή προβάλλονταν στοιχεία όπως το ταβάνι και το πάτωμα, τα οποία δεν θα έπρεπε να φαίνονται. Τα προβλήματα αυτά, ενδεχομένως να οφείλονται στο γεγονός κάποια εικόνα να μην έχει προσανατολιστεί σωστά, ή στο γεγονός το μοντέλο της επιφάνειας να μη συμπίπτει απόλυτα με τις προσανατολισμένες εικόνες. Για τον λόγο αυτόν, τα σημεία αυτά συμπληρώθηκαν με την ειδική σκίαση που αντιστοιχεί στην έλλειψη πληροφορίας, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις οι ορθοφωτογραφίες αυτές, επιλέχθηκαν να μην παρουσιαστούν (εικόνα 6.15).



Εικόνα 6. 15: Ορθοφωτογραφία με λανθασμένη πληροφορία

### 6.2.3 ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ

Όσον αφορά στο θέμα της πληρότητας, έγινε κάθε δυνατή προσπάθεια προκειμένου να επιτευχθεί. Ωστόσο, αρκετά στοιχεία του κτηρίου δεν αποδίδονται στα τελικά προϊόντα, όχι μόνο εξαιτίας των εργασιών που εκτελέστηκαν, αλλά και λόγω της υφιστάμενης κατάστασης (υπό κατάρρευση) σε μεγάλο τμήμα του ορόφου του κτηρίου αλλά και των αποκρύψεων από εμπόδια που ήταν αδύνατο να απομακρυνθούν. Οι ελλείψεις οφείλονται στους παρακάτω παράγοντες:

- **Έλλειψη εικόνων**

Η απουσία εικόνων, αφορά κυρίως στο εσωτερικό κομμάτι του κτηρίου, καθώς για το εξωτερικό τμήμα πραγματοποιήθηκαν επιπλέον λήψεις, όπου ήταν φυσικά δυνατό να υλοποιηθούν, προκειμένου να καλυφθούν οι ελλείψεις.

Ωστόσο, για το εσωτερικό τμήμα, οι ελλείψεις διαπιστώθηκαν πολύ αργότερα και ενώ είχε δημιουργηθεί ήδη το τρισδιάστατο μοντέλο. Τα βασικά κομμάτια των ελλείψεων, αφορούσαν σε λήψεις των δαπέδων και εν μέρει των ανόψεων του κτηρίου. Για τον λόγο αυτόν, οι κατόψεις του ισογείου και του ορόφου δεν συνοδεύονται από ορθοεικόνες, καθώς δεν υπήρχε επαρκής αριθμός φωτογραφιών που να τα αποτυπώνουν με ικανοποιητική επικάλυψη, ενώ τα σχέδια των ανόψεων παρουσιάζουν ορισμένες ελλείψεις.

Επιπλέον, όσον αφορά στο μικρό δωμάτιο του ισογείου, αριστερά από τη σκάλα, δεν φωτογραφήθηκε πλήρως η άνοψη αυτού, επομένως για το αντίστοιχο τμήμα δεν υπάρχει πληροφορία στο τελικό παραγόμενο σχέδιο.

Τέλος, όπως έχει ήδη αναφερθεί για τα δύο δωμάτια στην ανατολική όψη του ορόφου του κτηρίου, λόγω της υφιστάμενης κατάστασής τους, δεν φωτογραφήθηκαν, καθώς η είσοδος σε αυτά, ήταν παρακινδυνευμένη. Παράλληλα, η πτώση δομικών υλικών, στα συγκεκριμένα δωμάτια, αποτέλεσε εμπόδιο στη δίοδο στον ανατολικό ξύλινο εξώστη και στο νότιο δώμα, με αποτέλεσμα τη λήψη φωτογραφιών, μόνο από μεγάλη απόσταση.

- **Αδυναμία παραγωγής ικανοποιητικού νέφους σημείων**

Λόγω της υφιστάμενης κατάστασης του κτηρίου, δεν ήταν δυνατή η τοποθέτηση του σαρωτή σε κάθε επιθυμητή θέση, για την πλήρη κάλυψή του. Έτσι, καθώς η σάρωση αποτέλεσε το βασικό δεδομένο για τη δημιουργία του νέφους σημείων, είναι επόμενο πως εντοπίζονται ελλείψεις σε αυτό. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, αποτέλεσαν τα δύο δωμάτια του ορόφου, ο εξώστης και το δώμα, καθώς δεν υπήρχε πρόσβαση σε αυτά.

Το πρόβλημα αυτό, θα μπορούσε να επιλυθεί εν μέρει, με παραγωγή νέφους σημείων από τις εικόνες, εφόσον αυτές έχουν ληφθεί με πυκνό βήμα και ικανοποιητικό βαθμό



επικάλυψης. Ωστόσο, λόγω της απόστασης των λήψεων, ήταν αδύνατο να μην συμπεριληφθεί τμήμα της υπάρχουσας βλάστησης, επομένως και πάλι θα υπήρχαν αποκρύψεις για το συγκεκριμένο τμήμα, αλλά ενδεχομένως μικρότερες.

Επιπροσθέτως, ένα ακόμη πρόβλημα αποτέλεσε η πυκνή βλάστηση, η οποία σε ορισμένες περιπτώσεις δεν ήταν δυνατό να απομακρυνθεί, με αποτέλεσμα ακόμα και εάν σαρώθηκε η περιοχή, να μην είναι δυνατή η παραγωγή επαρκούς νέφους σημείων στα συγκεκριμένα τμήματα. Πιο συγκεκριμένα, στη βόρεια και ανατολική πλευρά του κτηρίου, ένα δέντρο κάλυπτε μεγάλο μέρος του κτηρίου, επηρεάζοντας έτσι την πληρότητα του νέφους σημείων, ενώ παράλληλα παρατηρήθηκε αυξημένος θόρυβος. Ιδανικά, για την ικανοποιητική παραγωγή του νέφους σημείων, θα έπρεπε να απομακρυνθούν από τον χώρο οποιαδήποτε εμπόδια και βλάστηση, προκειμένου να ήταν δυνατή η πλήρης αποτύπωση του κτηρίου, ωστόσο δεν ήταν δυνατό να υπάρξει κάποια σχετική αδειοδότηση.

- **Αποκρύψεις λόγω βλάστησης & εμποδίων**

Η βλάστηση στον περιβάλλοντα χώρο του κτηρίου ήταν αρκετά έντονη, ωστόσο σε πολλές περιπτώσεις, όπου αυτό ήταν δυνατόν, απομακρύνθηκε. Ωστόσο, υπήρχαν δέντρα πολύ κοντά αλλά και πάνω σε ορισμένα τμήματα του κτηρίου, που δυσχέραιναν τόσο τις διαδικασίες της φωτογράφισης και της σάρωσης, όσο και στη συνέχεια, την επεξεργασία των δεδομένων. Τα τμήματα αυτά αφορούν κυρίως στη βόρεια και μέρος της ανατολικής όψης, τα οποία ενδεχομένως να μην αποδίδονται πλήρως (εικόνα 6.16). Στις περιπτώσεις που αυτό ήταν δυνατόν, πραγματοποιήθηκε λήψη εικόνων σε μικρότερη απόσταση από το κτήριο, επιλύοντας εν μέρει το πρόβλημα, ωστόσο αυξάνοντας έτσι κατά πολύ τον αριθμό των φωτογραφιών, τον όγκο των δεδομένων και κατ' επέκταση την επεξεργασία αυτών. Ακόμα και με την εναέρια λήψη φωτογραφιών, τα συγκεκριμένα σημεία δεν μπόρεσαν να αποδοθούν πλήρως, εξαιτίας της πυκνής βλάστησης και της αδυναμίας αφαίρεσης αυτής, στα συγκεκριμένα τμήματα.

Παράλληλα, λόγω της υφιστάμενης κατάστασης του κτηρίου και της εγκατάλειψης που έχει υποστεί, υπήρχαν αρκετά εμπόδια εσωτερικά και εξωτερικά του κτηρίου. Τα εμπόδια αυτά ήταν κυρίως δομικά υλικά του κτηρίου που είχαν καταρρεύσει και η απομάκρυνσή

τους σε κάποιες περιπτώσεις ήταν ιδιαίτερα δύσκολη.



Εικόνα 6. 16: Πυκνή βλάστηση

- **Υφιστάμενη κατάσταση κτηρίου**

Όσον αφορά στην υφιστάμενη κατάσταση του κτηρίου, ήταν γνωστή από την αρχή που επιλέχθηκε ως αντικείμενο μελέτης. Λόγω της παλαιότητας, αλλά και της απουσίας ανθρώπινης παρέμβασης για τη συντήρηση του κτηρίου και με το πέρασμα των χρόνων, στα δύο δωμάτια της ανατολικής πλευράς του ορόφου του κτηρίου, έχει καταρρεύσει τόσο το τμήμα της στέγης όσο και το ενδιάμεσο τμήμα της οροφής των δωματίων. Συνεπώς, τα δομικά αυτά υλικά που κατέρρευσαν, έχουν παραμείνει στο εσωτερικό των δωματίων, με αποτέλεσμα να μην επιτρέπουν την είσοδο για τη λήψη φωτογραφιών ή την τοποθέτηση του σαρωτή, αλλά και τη δίοδο για τα εξωτερικά τμήματα του κτηρίου, όπως είναι το μπαλκόνι της ανατολικής όψης και το δώμα της νότιας όψης (εικόνα 6.17). Επομένως, τα δεδομένα για τα δύο αυτά δωμάτια, προέρχονται εξ' ολοκλήρου από την εναέρια φωτογράφιση και όσα σημεία συλλέχθηκαν από τις γειτονικές σαρώσεις των επιμέρους χώρων.



Εικόνα 6. 17: Υφιστάμενη κατάσταση ορόφου

### 6.3 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Ολοκληρώνοντας το σύνολο των εργασιών και την παραγωγή των τελικών προϊόντων, είναι σημαντική η αξιολόγηση όλων των σταδίων και του βαθμού επίτευξης των στόχων. Κατά τη διάρκεια των εργασιών, αντιμετωπίστηκαν διάφορες δυσκολίες και προβλήματα, τόσο τεχνικής όσο και πρακτικής φύσεως. Ωστόσο, ήταν γνωστό εξ' αρχής ότι η γεωμετρική τεκμηρίωση, αποτελεί μία διαδικασία αρκετά χρονοβόρα και απαιτεί ιδιαίτερη οργάνωση με σκοπό την κατανόηση και την απόδοση των διαγραμμάτων του κτηρίου.

Ξεκινώντας από το αρχικό στάδιο των εργασιών υπαίθρου, η διαδικασία των μετρήσεων απαιτεί πολύ καλό προγραμματισμό. Με τον τρόπο αυτόν, αποφεύγονται αρκετά λάθη, γίνεται εξοικονόμηση χρόνου τόσο κατά τη διάρκεια των μετρήσεων όσο και στη μετέπειτα επεξεργασία. Παράλληλα ο όγκος δεδομένων είναι μικρότερος, καθώς δεν λαμβάνονται περιττές πληροφορίες ή δεν επαναλαμβάνονται μετρήσεις και λήψεις δεδομένων, όπως συνέβη στη συγκεκριμένη περίπτωση.

Ωστόσο, αξίζει να αναφερθεί, ότι η παράμετρος των καιρικών συνθηκών, είναι η μόνη η οποία δεν μπορεί να προγραμματιστεί απόλυτα. Για τον λόγο αυτό, χρειάστηκε και δεύτερη σειρά μετρήσεων, προκειμένου να υλοποιηθεί η εναέρια φωτογράφιση, η οποία αποτέλεσε μία δύσκολη διαδικασία, λόγω των έντονων καιρικών φαινομένων. Οι ισχυροί άνεμοι, αποτέλεσαν αποτρεπτικό παράγοντα στο να πλησιάσει το μη επανδρωμένο

αεροσκάφος αρκετά κοντά στο κτήριο, προκειμένου να συλλεχθούν κάποια δεδομένα, ενώ έθεσαν σε κίνδυνο και τον εξοπλισμό που χρησιμοποιήθηκε.

Στη συνέχεια, ακολούθησε η διαδικασία της επεξεργασίας των γεωδαιτικών και φωτογραμμετρικών δεδομένων. Η επίλυση των γεωδαιτικών μετρήσεων, εξελίχθηκε σε λογικά χρονικά πλαίσια. Ωστόσο, η επεξεργασία των φωτογραφιών στο λογισμικό Metashape, αποτέλεσε μία αρκετά χρονοβόρα διαδικασία λόγω του μεγάλου όγκου δεδομένων, αλλά και λόγω της γεωμετρίας ορισμένων εικόνων, με αποτέλεσμα να δυσχεραίνεται ο προσανατολισμός τους. Παρ' όλα αυτά, μετά από αρκετές επαναλήψεις αλλά και εκ νέου λήψη φωτογραφιών, επετεύχθη το επιθυμητό αποτέλεσμα, δηλαδή το νέφος σημείων από τις εικόνες.

Στο επόμενο στάδιο, έγινε επεξεργασία των δεδομένων σάρωσης. Η διαδικασία αυτή, απαιτούσε εξοικείωση με τα διάφορα προγράμματα λογισμικών. Πρόκειται για μία αρκετά χρονοβόρα διαδικασία τόσο κατά την επεξεργασία όσο και κατά την εξαγωγή των δεδομένων. Ωστόσο, εκτός από χρόνο, απαιτεί εξοπλισμό με μεγάλη υπολογιστική ισχύ, προκειμένου να ανταπεξέλθει στον μεγάλο όγκο δεδομένων, αλλά και των διεργασιών που εκτελούνται.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε, ήταν ιδιαίτερα σύνθετη, καθώς περιελάμβανε διάφορα στάδια επεξεργασίας, ενώ απαιτούσε τη λήψη αποφάσεων και την επιλογή παραμέτρων που ήταν καθοριστικές για τη μορφή των τελικών προϊόντων. Αξίζει να σημειωθεί ότι κάποιες διαδικασίες επαναλήφθηκαν αρκετές φορές, μέχρι να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Συνεπώς, η παραγωγή των ορθοφωτογραφιών, αποτέλεσε ένα από τα πιο απαιτητικά σημεία, καθώς παρουσιάστηκαν αρκετές δυσκολίες, παρά ταύτα το αποτέλεσμα ήταν ικανοποιητικό.

Παρά το γεγονός ότι έγινε συνδυασμός της φωτογραμμετρικής μεθόδου και του επίγειου σαρωτή Laser, προέκυψε έλλειψη πληροφορίας σε ορισμένα τμήματα. Αυτές οι ελλείψεις, αποκαταστάθηκαν εν μέρει, μέσω της χρήσης των ανάλογων εργαλείων των λογισμικών. Από εκεί και πέρα, μέσω της συλλογής επιπλέον δεδομένων και τον καθαρισμό των συγκεκριμένων σημείων για την απομάκρυνση των εμποδίων και της βλάστησης, είναι

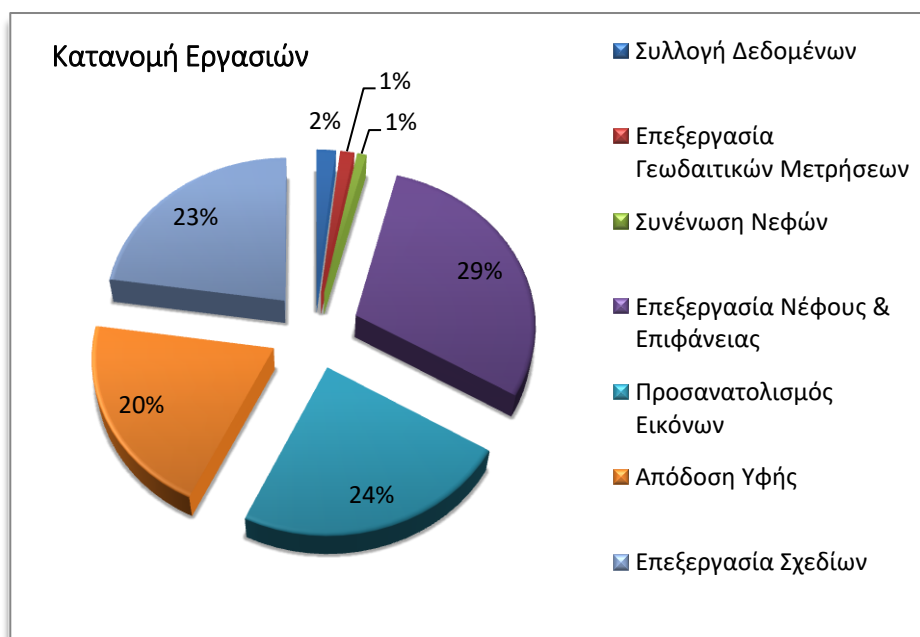
δυνατή η επίλυση του προαναφερθέντος προβλήματος.

Παρακάτω, επιχειρείται μία παρουσίαση των χρόνων εργασιών υπαίθρου και επεξεργασίας των δεδομένων, καθώς και ο αριθμός του ανθρώπινου δυναμικού σε κάθε επιμέρους στάδιο (πίνακας 6.2). Είναι προφανές, ότι ο χρόνος επεξεργασίας των δεδομένων υπερτερεί σε μεγάλο βαθμό, σε σχέση με τη συλλογή δεδομένων.

	Εργασία	Απαιτούμενος χρόνος (ώρες)	Αριθμός ατόμων συνεργείου
<b>Συλλογή δεδομένων</b>	Αναγνώριση κτηρίου	≈3	2
	Καθαρισμός περιβάλλοντα χώρου	≈6	2
	Γεωδαιτικές Μετρήσεις	≈8	2
	Επίγειες Σαρώσεις	≈8	2
	Λήψη φωτογραφιών	≈8	2
<b>Επεξεργασία δεδομένων</b>	Επεξεργασία γεωδαιτικών μετρήσεων	≈24	2
	Συνένωση νεφών ( Cyclone)	≈16	1
	Καθαρισμός νέφους, Δημιουργία & επεξεργασία επιφάνειας (Geomagic Wrap)	≈525	1
	Προσανατολισμοί εικόνων	≈420	2
	Απόδοση υψής	≈360	1
	Επεξεργασία σχεδίων	≈405	1

Πίνακας 6. 2: Εργασίες, απαιτούμενοι χρόνοι και αριθμός ατόμων συνεργείου κάθε σταδίου της εργασίας

Παράλληλα, επισυνάπτεται το διάγραμμα 6.1, στο οποίο παρουσιάζεται με ποσοστά, η κατανομή των επιμέρους εργασιών.



Διάγραμμα 6. 1: Κατανομή εργασιών

Αξίζει να σημειωθεί, ότι σε ενδεχόμενη επανάληψη της διαδικασίας ή επόμενη παρόμοια εργασία και έχοντας αποκτήσει παραπάνω γνώσεις και εμπειρία στη γεωμετρική τεκμηρίωση των κτηρίων, η αντιμετώπιση θα είναι διαφορετική. Πιο συγκεκριμένα, στο στάδιο εργασιών υπαίθρου, ο απαιτούμενος χρόνος δεν θα διαφέρει σημαντικά, όμως η συλλογή των δεδομένων θα είναι πιο ουσιαστική και με καλύτερο προγραμματισμό, γνωρίζοντας πλέον τις αδυναμίες των λογισμικών αλλά και τις αστοχίες από την έλλειψη δεδομένων. Επιπλέον, στο στάδιο επεξεργασίας των δεδομένων, σίγουρα η εξοικείωση με τα σχετικά προγράμματα είναι πολύ σημαντική, καθώς κατά τη διάρκεια επεξεργασίας των δεδομένων, χρειάστηκε αρκετές φορές να επαναληφθούν διαδικασίες διορθώνοντας με αυτόν τον τρόπο τυχόν σφάλματα. Συνεπώς, σε μία υποθετική επανάληψη της διαδικασίας, ο χρόνος θα περιοριζόταν μόνο στα πλαίσια επεξεργασίας των δεδομένων, χωρίς ιδιαίτερες επαναλήψεις των διαδικασιών.

Τέλος, είναι σημαντικό να αναφερθεί, ότι στον πίνακα 6.2, δεν συμπεριλαμβάνονται οι χρόνοι εκτέλεσης των διεργασιών μέσω των λογισμικών. Πιο συγκεκριμένα, στο λογισμικό Metashape, ο προσανατολισμός των εικόνων λόγω του μεγάλου όγκου δεδομένων, είχε διάρκεια από κάποιες ώρες έως και μερικές μέρες. Αντίστοιχα, κατά την παραγωγή των ορθοφωτογραφιών, επίσης το ίδιο λογισμικό απαιτούσε αρκετό χρόνο. Όσον αφορά, στο λογισμικό Geomatic Wrap, η διάρκεια του καθαρισμού του νέφους με τη χρήση αλγορίθμων, ήταν επίσης μία χρονοβόρα διαδικασία. Παράλληλα, ο μεγάλος όγκος των δεδομένων σε συνδυασμό με την υπάρχουσα ισχύ του υπολογιστή, δημιουργούσε προβλήματα και καθυστερήσεις στην επεξεργασία των δεδομένων.

Επομένως, εκτός από τις γνώσεις, την απόκτηση εμπειρίας αλλά και την εξοικείωση με τα ανάλογα λογισμικά, είναι απαραίτητη η τεχνολογική υποδομή και υποστήριξη προκειμένου να διευκολύνονται οι διεργασίες, μειώνοντας έτσι τον χρόνο ολοκλήρωσης της εργασίας.

## 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΑ ΣΧΟΛΙΑ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αποτέλεσε η γεωμετρική τεκμηρίωση του νεοκλασικού κτηρίου στο Επισκοπεϊό της Σύρου, γνωστού ως «Κοκκινόσπιτου», με χρήση συνδυαστικών μεθόδων, γεωδαιτικών, φωτογραμμετρικών και σάρωση με Laser, προκειμένου να είναι δυνατή η παραγωγή του τελικού 3D μοντέλου και των ορθοφωτογραφιών, για τη σύνταξη των ανάλογων διαγραμμάτων.

Η Φωτογραμμετρία, είναι η πλέον κατάλληλη μέθοδος για τη γεωμετρική τεκμηρίωση μνημείων και κτηρίων σύνθετης αρχιτεκτονικής, που βρίσκονται σε απρόσιτες θέσεις και η μορφολογία του εδάφους δεν επιτρέπει την εύκολη πρόσβαση ανθρώπινου δυναμικού και εξοπλισμού. Ειδικότερα, θεωρείται αναγκαία, όταν ο στόχος είναι η παραγωγή 3D μοντέλου. Για τον λόγο αυτό, για την υλοποίηση της συγκεκριμένης εργασίας, έγινε χρήση της μεθόδου SfM η οποία είχε ως αποτέλεσμα την απόδοση ενός αρκετά ικανοποιητικού μοντέλου. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί, ότι χωρίς τη χρήση εναέριων μέσων για τη λήψη εικόνων, η πληρότητα του μοντέλου δεν θα ήταν δυνατή.

Παράλληλα, είναι σημαντικό να αναφερθεί, ότι παρά το πλήθος δυνατοτήτων που προσφέρονται από τη σύγχρονη αυτοματοποιημένη Φωτογραμμετρία, η συμβολή των κανόνων της κλασικής Φωτογραμμετρίας στον έλεγχο της ποιότητας και της ακρίβειας των προϊόντων και ειδικότερα στο πλήθος και την κατανομή των φωτοσταθερών, τον ορθό σχεδιασμό και επίλυση του δικτύου, είναι καθοριστική.

Όσον αφορά στη συλλογή δεδομένων, κατανοήθηκε η σημασία της συλλογής του απαιτούμενου όγκου και της ορθότητας της πληροφορίας. Η συλλογή λιγότερης πληροφορίας από αυτήν που απαιτείται, οδηγεί σε ελλείψεις στα τελικά παράγωγα, ενώ η υπερβολική συλλογή δεδομένων, δυσχεραίνει τη διαδικασία της επεξεργασίας και αυξάνει σημαντικά τον χρόνο αυτής.

Η καταγραφή όλων των διαδικασιών που υλοποιήθηκαν από την έναρξη των εργασιών μέχρι την παραγωγή των τελικών τεκμηριωτικών προϊόντων, είναι πολύ σημαντική. Η γεωμετρική τεκμηρίωση ενός κτηρίου, είναι μία χρονοβόρα διαδικασία, που περιλαμβάνει αρκετά στάδια, μέχρι την ολοκλήρωσή της. Επομένως, η καταγραφή των στοιχείων

(σημειώσεις, κροκί, μετρήσεις) καθ' όλη τη διάρκεια των εργασιών υπαίθρου αλλά και κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας των δεδομένων (προβλήματα, επιλογές, αποφάσεις), είναι ιδιαίτερης σημασίας.

Συμπερασματικά, ολοκληρώνοντας τον κύκλο των εργασιών και μετά την αξιολόγηση των τελικών παραγώγων, είναι πλέον σαφή τα προβλήματα, τα λάθη και οι ελλείψεις που παρουσιάστηκαν, ενώ παρακάτω επιχειρείται μία αναφορά, για το πώς αυτά θα μπορούσαν να είχαν προληφθεί.

Για τη συγκεκριμένη γεωμετρική τεκμηρίωση, τη μεγαλύτερη δυσκολία, αποτέλεσε η υφιστάμενη κατάσταση του κτηρίου, η οποία ωστόσο ήταν γνωστή εξ' αρχής. Παρ' όλα αυτά, διαθέτοντας πλέον την απαραίτητη γνώση και εμπειρία, συμπεραίνεται ότι θα έπρεπε να δοθεί μεγαλύτερο βάρος στη συλλογή δεδομένων.

Πιο συγκεκριμένα, για το εξωτερικό τμήμα του κτηρίου, στο κομμάτι του ορόφου που δεν ήταν προσπελάσιμο, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί κάποιο βοηθητικό μέσο (σκάλα) προκειμένου να φωτογραφηθεί με μεγαλύτερη λεπτομέρεια το τμήμα του ορόφου της ανατολικής όψης και ένα τμήμα της νότιας όψης. Με το ίδιο βοηθητικό μέσο, θα μπορούσε να γίνει χρήση και τοποθέτηση του σαρωτή Laser, σε ασφαλή τμήματα, ή ενδεχομένως σε κάποιο γειτονικό δώμα, προκειμένου να υπάρχει περισσότερη πληροφορία. Σε συνδυασμό, με τον καθαρισμό της πυκνής βλάστησης, θα ήταν η βέλτιστη λύση για την αποφυγή αποκρύψεων και ελλείψεων πληροφορίας.

Όσον αφορά στο εσωτερικό μέρος του κτηρίου, συμπεραίνεται ότι έπρεπε να έχουν πραγματοποιηθεί περισσότερες φωτογραφικές λήψεις. Δεδομένου ότι οι λήψεις θα ήταν επαρκείς, θα ήταν ορθότερη η απόδοση των λεπτομερειών. Όμως, για το τμήμα του ορόφου που έχει καταρρεύσει η στέγη, δεν θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί κάτι διαφορετικό, καθώς ακόμα κι αν υπήρχε η δυνατότητα απομάκρυνσης των εμποδίων, θα ήταν πολύ επικίνδυνο για την ασφάλεια και τη συνέχιση των εργασιών.

Παράλληλα, ακόμα και σε περιπτώσεις που το εσωτερικό του κτηρίου έχει φωτογραφηθεί επαρκώς, παρουσιάστηκαν άλλες δυσκολίες ως προς την παραγωγή των



ορθοφωτογραφιών. Πιο συγκεκριμένα, στην κατακόρυφη τομή Γ-Γ', οι ορθοφωτογραφίες παρουσίασαν αρκετά προβλήματα, με αποτέλεσμα να γίνει η επιλογή να μη συμπεριληφθούν στο σχέδιο. Τα προβλήματα αυτά, ενδεχομένως να οφείλονται είτε σε μη ορθό προσανατολισμό των εικόνων, είτε σε λανθασμένη επεξεργασία των δεδομένων της σάρωσης.

Ακόμα, κατά τη διαδικασία παραγωγής των ορθοφωτογραφιών, παρατηρήθηκε ότι οι εναλλαγές στον φωτισμό, επηρέασαν την τελική απόδοση της υφής. Επομένως, η επιλογή των κατάλληλων εικόνων από τις οποίες αντλείται η πληροφορία του χρώματος, αποτελεί μία ιδιαίτερα σημαντική και χρονοβόρα διαδικασία, καθώς συμπεριλαμβάνονται σε αυτήν και οι απαραίτητες δοκιμές. Κατά συνέπεια, οι κατάλληλες συνθήκες φωτισμού, θα διευκόλυναν σε μεγάλο βαθμό τη διαδικασία.

Η πυκνή βλάστηση, στον περιβάλλοντα χώρο του κτηρίου, είχε ως αποτέλεσμα την ύπαρξη θορύβου στο νέφος. Η αφαίρεση αυτού, αποτελεί μία δύσκολη διαδικασία, καθώς πρέπει να γίνεται με μεγάλη επιμέλεια, προκειμένου να μη διαγραφούν πολύτιμες πληροφορίες. Συνεπώς, για τον περιορισμό του, προτείνεται η λήψη εικόνων σε μικρότερη απόσταση, ενώ πολύ σημαντική είναι η διαφορετική γωνία λήψης.

Επιπλέον, διαπιστώθηκε, ότι η επεξεργασία της επιφάνειας και η συμπλήρωση κενών, αποτελεί ιδιαίτερα σημαντική διαδικασία και πρέπει να εφαρμόζεται με μεγάλη προσοχή και σε περιορισμένες εκτάσεις, ώστε να μην υπάρχουν ανακρίβειες στα τελικά παράγωγα. Αξίζει ακόμα να σημειωθεί, ότι αν και η χρήση σαρωτή αποτελεί μία σχετικά σύντομη διαδικασία στο πεδίο, ο χρόνος επεξεργασίας των δεδομένων στο γραφείο είναι κατά πολύ μεγαλύτερος.

Εν κατακλείδι, οι παραπάνω διαπιστώσεις, αφορούν στο συγκεκριμένο αντικείμενο μελέτης. Παρ' όλα αυτά, μπορούν να αποτελέσουν κατευθυντήριες οδηγίες για αντίστοιχα έργα αρχιτεκτονικής, λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι πρέπει να αντιμετωπίζονται με σκεπτικισμό, καθώς κάθε έργο συνοδεύεται από ιδιαιτερότητες, που τελικά καθορίζουν την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου, τη χρήση τεχνικών, μέσων και λογισμικών.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Azzola P., Cardaci A., Mirabella Roberti G., Nannei V. M** *Uav Photogrammetry for cultural heritage preservation modeling and mapping venetian walls of Bergamo.* (2019)
- Besl P.J, Mckay N.D** *A Method for Registration of 3-D Shapes.* (1992)
- Fassi F., Campanella C.** *From Daguerreotypes to digital automatic photogrammetry. Application and limits for the built heritage project.* (2017)
- Frizot M.,Γιακουμής Χ.,Πολίτης Ν.,Φουστάνος Γ.,Δράκου Μ.** *Νεοκλασική Ερμούπολη.* (1998), Εκδόσεις Κτηματική Τράπεζα
- Ioannides M., Magnenat N.,Papagiannakis G.** *Mixed Reality and Gamification for Cultural Heritage.* (2017), Εκδόσεις Springer International Publishing, ISBN 978-3-319-49607-8
- Ioannidis C., Piniotis G., Soile S., Bourexis F., Boutsis A.-M., Chliverou R., Tsakiri M.** *Laser and multi-image reverse engineering systems for accurate 3D modelling of complex cultural artefacts.* (2019)
- Luhmann T., Chizhova M., Gorkovchuk D., Hastedt H., Chachava N., Lekveishvili N.** *Combination of terrestrial laserscanning, uav and close-range photogrammetry for 3d reconstruction of complex churches in Georgia.* (2019)
- Pritchard D.,Sperner J.,Hoepner S.,Tenschert R.** *Terrestrial laser scanning for heritage conservation: the Cologne Cathedral documentation project.* (2017)
- Tucci G., Conti A., Fiorini L., Mei F., Parisi E. I.** *Digital Photogrammetry as a resource for cuban cultural heritage:Educational experiences and community engagement within the innova cuba project.* (2018)
- Αδάμ** *Γεωμετρία του στερεοζεύγους από βαθμονομημένες και από μη βαθμονομημένες μηχανές.* (2011)
- Αρχοντάκης Γ., Βλάχου Μ., Αραμπατζή Ο., Παγούνης Β.** *Ο συνδυασμός γεωδαιτικών τεχνικών στις αποτυπώσεις μνημείων.* (2012)
- Γεωργόπουλος Α.** *Σημειώσεις μαθήματος "Αποτυπώσεις Μνημείων".* (2013)
- Γεωργόπουλος Α.,Ιωαννίδης Χ.,Σουλέ Σ.,Ταπεινάκη Σ.,Χλιβερού Ρ.** *Ο ΠΑΝΑΓΙΟΣ ΤΑΦΟΣ - Το μνημείο και το έργο αποκατάστασης του Ιερού Κουβουκλίου.*(2017)
- Γιαννακούλα Χ.** *Γεωμετρική τεκμηρίωση μνημείων με νέες τεχνολογίες, εφαρμογή στον ναό της Δήμητρας στη Νάξο.* (2018)

- Καραγάτσης Μ.** *Η Μεγάλη Χίμαιρα.* (1953, σελ. 61), Εκδόσεις Εστία, ISBN 960-05-0148-3
- Κόνσολα Ν.** *Η διεθνής προστασία της παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς.* (1995) Εκδόσεις Παπαζήση, ISBN 978-960-021-091-0
- Κωτούλα Λ.** *Γεωμετρική τεκμηρίωση του αρχοντικού του Σωτήρη Ανάργυρου στη Ντάπια Σπετσών για την μελέτη αποκατάστασης.* (2015)
- Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ.** *Εφαρμοσμένη Γεωδαισία.* (2010, σελ. 480), Εκδόσεις Ζήτη, ISBN 978-960-456-205-3
- Μπούρας Χ.** *Σημειώσεις του μαθήματος "Αποκαταστάσεων των μνημείων Ι".* (1983)
- Πανταζής Γ.** *Γεωμετρική Τεκμηρίωση τεχνητών και φυσικών κατασκευών σε μεγάλες κλίμακες.* (2010)
- Παπαϊωάννου Τ.** *Το κόκκινο σπίτι στη Σύρο.* (2012)
- Τρύφωνα Μ-Σ.** *Γεωμετρική Τεκμηρίωση του Ωρολογίου του Ανδρόνικου.* (2015)