



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ-ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑΣ**

**ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΙΕΡΟΥ ΝΑΟΥ ΑΓΙΟΥ  
ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΝΙΚΟΞΥΛΙΤΗ ΣΤΗ ΔΡΟΥΣΙΑ**

**Ο ΣΥΝΤΑΞΑΣ**

**ΙΩΑΚΕΙΜ ΣΤΕΛΙΟΣ**

**Ο ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ**

**ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

**ΑΝΔΡΕΑΣ ΓΕΩΡΓΟΠΟΥΛΟΣ**

**ΑΘΗΝΑ 2008**

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Καταρχήν θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους που με βοήθησαν. Ο καθένας με το δικό του τρόπο να ολοκληρώσω τη διπλωματική μου εργασία.

Επιθυμία και υποχρέωσή μου είναι να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Γεωργόπουλο Ανδρέα, Καθηγητή της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Ε.Μ.Π, για την άψογη συνεργασία, την καθοδήγηση και τις γνώσεις που μου προσέφερε, καθ' όλη τη διάρκεια. Παράλληλα, ευχαριστώ πολύ τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Χαράλαμπο Ιωαννίδη

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη του Εργαστηρίου Φωτογραμμετρίας, για την έμπρακτη και καθοριστική συμβολή τους.

Ευχαριστίες απευθύνω επίσης προς το Τμήμα Αναδασμού του Υπουργείου Γεωργίας Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος για την βοήθεια που μου προσέφεραν. Ιδιαίτερες ευχαριστίες στον ανώτερο λειτουργό του Τμήματος Αναδασμού κύριο Κυριάκο Νικολάου. Ευχαριστίες οφείλω επίσης και στον ιερέα του χωριού Δρούσια για την βοήθεια του στις εκεί εργασίες μας.

Οφείλω να ευχαριστήσω τους συναδέλφους και φίλους Χρυσοστόμου Χρήστο και Σιεητάνη Νικόλα για την βοήθεια που μου προσέφεραν

Η παρούσα διπλωματική εργασία είναι εξαιρετικά αφιερωμένη σε αυτούς.

Ιωακείμ Στέλιος

Αθήνα, Οκτώβριος 2008

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	6
1. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΜΝΗΜΕΙΩΝ.....	7
1.2 Μέθοδοι Τεκμηρίωσης.....	7
1.2.1 Τοπομετρική Μέθοδος.....	7
1.2.2 Τοπογραφική Μέθοδος.....	8
1.2.3 Φωτογραμμετρική Μέθοδος.....	9
1.3 Προϊόντα Γεωμετρικής Τεκμηρίωσης.....	10
1.4 Επιλογή μεθοδολογίας τεκμηρίωσης.....	11
1.5 Εφαρμογές Γεωμετρικής Τεκμηρίωσης μέχρι σήμερα.....	12
2. ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΜΟΝΗΣ.....	14
2.1 Θέση της μονής.....	14
2.2 Ονομασία της Μονής.....	15
2.3 Ιστορία της Μονής.....	16
2.4 Αρχιτεκτονικά και οικοδομικά στοιχεία.....	18
2.5 Εσωτερικό του Ναού.....	20
3. ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΕΔΙΟΥ.....	22
3.1 Αναγνώριση περιοχής μελέτης.....	22
3.2 Εξοπλισμός.....	23
3.2.1 Τοπογραφικός εξοπλισμός.....	23
3.2.2 Φωτογραμμετρικός εξοπλισμός.....	23
3.3 Ίδρυση πολυγωνομετρικού δικτύου.....	25
3.4 Μέτρηση και επίλυση πολυγωνομετρικού δικτύου.....	27
3.5 Προγραμματισμός λήψεων.....	27
3.6 Τοποθέτηση φωτοσταθερών.....	29

3.7 Μέτρηση φωτοσταθερών και τοπογραφικών σημείων.....	31
4. ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΓΡΑΦΕΙΟΥ .....	32
4.1 Συλλογή δεδομένων .....	32
4.2 Επίλυση πολυγωνομετρικού δικτύου.....	32
1.1 Υπολογισμός συντεταγμένων και στροφές αξόνων.....	34
4.3 Μονοεικονική απόδοση .....	36
4.4 Διεικονική απόδοση.....	38
4.4.1 Δημιουργία μοντέλου στο λογισμικό.....	40
4.4.2 Εσωτερικός προσανατολισμός.....	40
4.4.3 Εξωτερικός προσανατολισμός.....	42
4.4.4 Συλλογή Ψηφιακού Μοντέλου Αναγλύφου.....	45
4.4.5. Παραγωγή ορθοφωτογραφίας.....	46
4.5 Επεξεργασία εικόνων.....	48
5. ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΧΕΔΙΩΝ .....	49
6.ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ-ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ .....	52

## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ**

Εικόνα 1: Δυνατότητες κάθε μεθόδου/Πεδία εφαρμογής.....	10
Εικόνα 2:Ποσοστό συμμετοχής των μεθόδων στις σύγχρονες αποτυπώσεις .....	12
Εικόνα 3: Θέση Ιεράς Μονής .....	15
Εικόνα 4: Γενική εικόνα του Ναού.....	18
Εικόνα 5:Κάτοψη Ιεράς Μονής .....	20
Εικόνα 6: Δεσποτικός θρόνος.....	21
Εικόνα 7: Βασικά χαρακτηριστικά μηχανών.....	24
Εικόνα 8: Τεχνικά χαρακτηριστικά ψηφιακής μηχανής.....	25
Εικόνα 9: Διάγραμμα πολυγωνομετρικού δικτύου.....	27
Εικόνα 10:Υπολογισμός συντεταγμένων δευτερεύουσας όδευσης.....	33

Εικόνα 11:Συντεταγμένες στάσεων .....	34
Εικόνα 12:Υπολογισμός γωνίας στροφής γεωδαιτικού συστήματος .....	35
Εικόνα 13:Εναλλαγή αξόνων-Συντεταγμένες όψεων .....	35
Εικόνα 14: Κάνναβος ελέγχου αναγωγής.....	37
Εικόνα 15:Απόκλιση στοχευόμενων φωτοσταθερών .....	37
Εικόνα 16:Στοιχεία εσωτερικού προσανατολισμού .....	39
Εικόνα 17:Προσδιορισμός χαρακτηριστικών φωτομηχανής.....	41
Εικόνα 18:Εισαγωγή συντεταγμένων φωτοσταθερών.....	42
Εικόνα 19:Στόχευση tie-points .....	43
Εικόνα 20:Αναφορά σχετικού προσανατολισμού .....	44
Εικόνα 21:Παράμετροι επίλυσης απόλυτου προσανατολισμού .....	45
Εικόνα 22:Ακρίβεια προσδιορισμού DTM.....	46
Εικόνα 23:Παράμετροι παραγωγής ορθοφωτογραφίας.....	47
Εικόνα 24:Έλεγχος αποστάσεων .....	49
Εικόνα 25:Μετατόπιση κατά X και Y άξονα .....	50
Εικόνα 26: Σύγκριση βόρειας και δυτικής όψης .....	51
Εικόνα 27:Σύγκριση ανατολικής και βόρειας όψης .....	51
Εικόνα 28: Οριζόντια τομή.....	55
Εικόνα 29: Ανατολική όψη.....	55
Εικόνα 30: Νότια όψη.....	56
Εικόνα 31:Βόρεια όψη.....	56
Εικόνα 32: Τομή βορρά - νότου .....	57

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι σήμερα γενικά αποδεκτό ότι, η διατήρηση της εθνικής ταυτότητας μιας χώρας μέσα στον ενοποιημένο ευρωπαϊκό χώρο, μπορεί να γίνει μόνο με την προβολή της πολιτιστικής της κληρονομιάς και κατά συνέπεια την προβολή των ζωντανών μαρτύρων της ιστορίας και του πολιτισμού της, που είναι τα μνημεία της. Πέρα όμως απ' αυτό οι σύγχρονες αντιλήψεις για τις αναπτυξιακές στρατηγικές θεωρούν ως ολοκληρωμένη οικονομική ανάπτυξη την παράλληλη πορεία της βελτίωσης των υποδομών και της προβολής των έργων πολιτισμού. Έτσι καταλήγει να είναι εθνική υποχρέωση για μια χώρα η καλλιέργεια ενός πνεύματος πολιτιστικής ανάτασης, το οποίο μπορεί να αναπτυχθεί με την συντήρηση, την αναστήλωση, την τεκμηρίωση και την εν γένει προβολή του μνημειακού της πλούτου (Τοκμακίδη, 2004).

Στο πλαίσιο της προσπάθειας του Τμήματος Αναδασμού του Υπουργείου Γεωργίας της Κύπρου για αναστήλωση και προστασία χώρων πολιτιστικής κληρονομιάς που ευρίσκονται στους χώρους ευθύνης του, εντάχθηκε και η Ιερά Μονή του Αγίου Γεωργίου του Νικοζυλίτη, στη Δρούσια της Πάφου.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η εφαρμογή σύγχρονων ψηφιακών μεθόδων αποτύπωσης, ως το πρώτο βήμα στις προσπάθειες για την αναστήλωση και ανακατασκευή της μονής. Έχοντας ασχοληθεί με την φωτογραμμετρία, τις φωτογραμμετρικές μεθόδους αποτύπωσης και γνωρίζοντας την ταχύτητα των μεθόδων αυτών, επιλέχθηκε η γεωμετρική τεκμηρίωση μνημείων ως η πιο πρόσφορη μέθοδος για την αποτύπωση της μονής.

Η γεωμετρική τεκμηρίωση μνημείων είναι η διαδικασία λήψης, επεξεργασίας, αρχειοθέτησης και παρουσίασης των στοιχείων για τον καθορισμό της θέσης και της υπάρχουσας μορφής, σχήματος και μεγέθους ενός μνημείου στον τρισδιάστατο χώρο σε μια δεδομένη χρονική στιγμή (Ιωαννίδης Χ.). Ο όρος «τεκμηρίωση μνημείου» εμπεριέχει τον όρο αποτύπωση καθώς και πρόσθετα στοιχεία όπως είναι τα ιστορικά και τα κατασκευαστικά.

Η γεωμετρική τεκμηρίωση της μονής για την εξαγωγή των τελικών αποτελεσμάτων, περιλαμβάνει επίγειες λήψεις φωτογραφιών και τοπογραφικές αποτυπώσεις. Τα παραπάνω χρησιμοποιούνται για την παραγωγή των αναγωγών και των ορθοφωτογραφιών, που αποτελούν τα παράγωγα των φωτογραμμετρικών διαδικασιών.

Η εφαρμογή της σύγχρονης αυτής μεθόδου αποτύπωσης έχει ως στόχο της πέραν από τη βοήθεια για την αναστήλωση της συγκεκριμένης μονής και την μεταφορά της τεχνογνωσίας στο Τμήμα Αναδασμού για εφαρμογή της μεθοδολογίας αυτής σε μελλοντικά έργα του τμήματος. Είναι επιστημονικά αποδεδειγμένο ότι τα προϊόντα της γεωμετρικής τεκμηρίωσης είναι πιο ευπροσάρμοστα και πιο χρήσιμα προς τους τελικούς χρήστες συγκριτικά με τις απλές τοπογραφικές μεθόδους αποτύπωσης.

Οι πληροφορίες που θα αντληθούν από τη μελέτη αυτή θα είναι χρήσιμες για τον μελετητή που ασχολείται με την συντήρηση της αρχιτεκτονικής μορφής του μνημείου. Είναι απόλυτα αναγκαίες στον Μηχανικό, που θα συντάξει μελέτες επέμβασης στο στατικό φορέα του μνημείου, όπου παρουσιάζει προβλήματα ευστάθειας οφειλόμενα, είτε στη φυσιολογική φθορά του χρόνου, είτε σε ζημιές από απρόβλεπτα φυσικά φαινόμενα. Τέλος, δεν είναι ίσως δυνατό να εργαστεί ο αναστηλωτής του μνημείου, χωρίς να διαθέτει την αποτύπωσή του.

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η φωτογραμμετρία είναι μια επιστήμη καταγραφής και τεκμηρίωσης των γεωμετρικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών των αντικειμένων του πραγματικού κόσμου. Η ταχύτητα και η ακρίβεια της φωτογραμμετρικής μεθόδου έχουν καταστήσει την μέθοδο ένα ισχυρό εργαλείο στα χέρια των μελετητών.

Στην παρούσα μελέτη περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία της γεωμετρικής τεκμηρίωσης του μοναστηριού Αγίου Γεωργίου Νικοξυλίτη. Η γεωμετρική τεκμηρίωση αποτελεί μια από τις φωτογραμμετρικές εφαρμογές που χρησιμοποιούνται κυρίως στην αποτύπωση μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς. Η μελέτη εκπονείται στο πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας, και προορίζεται να χρησιμοποιηθεί στην προσπάθεια για αναστήλωση του ναού.

Περιγράφονται παρακάτω αναλυτικά τα στάδια της όλης διαδικασίας, μέχρι και την παραγωγή των τελικών εικονιστικών και γραμμικών διανυσματικών προϊόντων.

Στο πρώτο μέρος της τεχνικής έκθεσης γίνεται μια περιγραφή της μονής. Στο πλαίσιο της περιγραφής αυτής παρατίθενται ιστορικά στοιχεία, περιγραφή της αρχιτεκτονικής, ως επίσης και μια περιγραφή της ευρύτερης τοποθεσίας της μονής.

Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στον εξοπλισμό που χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση της μελέτης. Στον εξοπλισμό αυτό εντάσσονται τα όργανα υπαίθρου που χρησιμοποιήθηκαν για την αποτύπωση και λήψη όλων των απαιτούμενων στοιχείων κατά την επί τόπου επίσκεψη. Όργανα επίσης ονομάζονται και αυτά που χρησιμοποιήθηκαν κατά την επεξεργασία των μετρήσεων για εξαγωγή των τελικών προϊόντων.

Γίνεται σαφές από την κατηγοριοποίηση των οργάνων ότι το σύνολο των εργασιών χωρίστηκε σε δύο στάδια. Στις εργασίες υπαίθρου και στις εργασίες γραφείου. Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται περιγραφή των εργασιών υπαίθρου, στις οποίες περιλαμβάνονται όλες οι ενέργειες από τον εντοπισμό του μοναστηριού μέχρι και την λήψη των τελευταίων, απαιτούμενων για την τεκμηρίωση, μετρήσεων.

Μετά και την περιγραφή των εργασιών υπαίθρου γίνεται αναλυτική περιγραφή των εργασιών γραφείου. Οι εργασίες αυτές περιλαμβάνουν την εξαγωγή των μετρήσεων από τα όργανα, την επεξεργασία και εισαγωγή τους στην διαδικασία επίλυσης. Περιγράφονται αναλυτικά όλα τα στάδια μέχρι και την τελική παραγωγή των προϊόντων.

Στο τελευταίο κεφάλαιο της παρούσης μελέτης γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων της διαδικασίας και εξαγωγή συμπερασμάτων από την εφαρμογή της μεθόδου. Γίνεται επίσης αναφορά στα προβλήματα και δυσκολίες που αντιμετωπίστηκαν.



## 1. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΜΝΗΜΕΙΩΝ

Οι απαιτήσεις των χρηστών (αρχιτέκτονες, αρχαιολόγοι, ιστορικοί τέχνης, πολιτικοί μηχανικοί, αναστηλωτές κ.α.), για λεπτομερή διαγράμματα μεγάλης ακριβείας επιβάλλουν την εφαρμογή εξειδικευμένων τοπογραφικών μεθόδων και τεχνικών, σε ολόκληρο το φάσμα των δραστηριοτήτων παραγωγής σχεδίων ή ηλεκτρονικών αρχείων, μέσω των οποίων απεικονίζεται η παρούσα κατάσταση του μνημείου. Έτσι ο συνδυασμός της κλασικής Τοπογραφίας με την Φωτογραμμετρία, πρέπει να επωμιστεί το βάρος της λεπτομερούς αποτύπωσης των γεωμετρικών στοιχείων και μορφών του μνημείου.

Είναι επιστημονικά αποδεδειγμένο ότι πρώτιστη προϋπόθεση για τη μελέτη και εφαρμογή οποιασδήποτε επέμβασης σε μνημείο ή παραδοσιακό σύνολο αποτελεί η αποτύπωση της υπάρχουσας κατάστασης. Κατά μείζονα λόγο το ίδιο ισχύει στην περίπτωση τεκμηρίωσης ενός μνημείου. Αυτό σημαίνει ότι είναι απαραίτητη η συστηματική καταγραφή και απεικόνιση των στοιχείων που ορίζουν αξιόπιστα τη γεωμετρική μορφή και τη θέση στο χώρο των επιμέρους τμημάτων του μνημείου, σε δεδομένη χρονική στιγμή (Τοκμακίδη, 2004).

Η Γεωμετρική Τεκμηρίωση Μνημείων είναι ουσιαστικά η ορθή προβολή ενός προσεκτικά επιλεγμένου συνόλου σημείων στον τρισδιάστατο χώρο σε οριζόντια και κατακόρυφα επίπεδα, με στόχο να καταγραφούν με τον καλύτερο τρόπο όλες οι γεωμετρικές, και όχι μόνο, ιδιότητες του μνημείου (Γεωργόπουλος - Μπαλοδήμος). Είναι φανερό πως για να αποτυπωθεί με πληρότητα η μορφή κάποιου μνημείου απαιτείται η αποτύπωση χιλιάδων σημείων. Ο τρόπος και ο αριθμός των σημείων που τελικώς θα αποτυπωθούν είναι συνάρτηση του χρόνου, του είδους των τελικών προϊόντων, της πολυσυνθετικότητας του μνημείου και τέλος της ακρίβειας που θα χαρακτηρίζει τα τελικά προϊόντα (Σοφοκλέους, 2006). Πηγές μετρητικών πληροφοριών προέρχονται από τοπογραφικές μετρήσεις, φωτογραμμετρικές διαδικασίες και προϊόντα και από τρισδιάστατους σαρωτές laser.

### 1.2 Μέθοδοι Τεκμηρίωσης

Οι μέθοδοι γεωμετρικής τεκμηρίωσης ενός μνημείου, καταταγμένες ως προς τον τεχνολογικό εξοπλισμό που χρησιμοποιείται στην κάθε μέθοδο, διακρίνονται σε τοπομετρική, τοπογραφική και φωτογραμμετρική.

#### 1.2.1 Τοπομετρική Μέθοδος

Η τοπομετρική μέθοδος βασίζεται στη μέτρηση μηκών με τη βοήθεια ακοντίων, σταθμών, τριγώνων και μετροταινιών. Μετρώντας δύο τουλάχιστον μήκη στους

άξονες ενός καννάβου υπολογίζονται και οι συντεταγμένες των επιμέρους διαδοχικών συντεταγμένων χρησιμοποιώντας την μέθοδο των τριγώνων. Έχει άμεσα χρησιμοποιούμενα αποτελέσματα, είναι μια φθηνή μέθοδος εφαρμογής. Στα πλεονεκτήματά της επίσης καταγράφονται τα εύχρηστα και οικεία εργαλεία της.

Η μέθοδος αυτή έχει εφαρμογή σε μνημεία με επίπεδες επιφάνειες, απλή χωρική κατανομή και σε αποτυπώσεις με μικρές απαιτήσεις ακρίβειας.

Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει αρκετά μειονεκτήματα, που καθιστούν την χρήση της για την αποτύπωση απαγορευτική. Παρουσιάζει μεγάλα σφάλματα στον προσδιορισμό των συντεταγμένων των σημείων που μεταδίδονται από σημείο σε σημείο. Υπάρχουν αδυναμίες σύνδεσης επιμέρους χώρων του μνημείου. Τέλος η εφαρμογή της μεθόδου αυτής έχει απαιτήσεις για μεγάλο χρονικό διάστημα παραμονής στην ύπαιθρο για εκπόνησή της, πράγμα που την καθιστά, εκτός των άλλων, οικονομικά ασύμφορη.

Παρ' όλα τα μειονεκτήματα της μεθόδου, εφαρμόζεται, ως συμπληρωματική, σε όλες τις μεθόδους αποτυπώσεων. Με την μέτρηση μηκών και διαστάσεων του μνημείου γίνεται έλεγχος στα τελικά προϊόντα και την ακρίβειά τους. Η ύπαρξη δεδομένων από την τοπομετρική μέθοδο χρησιμοποιείται και για συμπλήρωση στοιχείων του σχεδίου, σε περιοχές ελλιπών μετρήσεων-παρατηρήσεων.

## 1.2.2 Τοπογραφική Μέθοδος

Η τοπογραφική μέθοδος συλλογής πληροφορίας βασίζεται σε άμεσες μετρήσεις γωνιών και μηκών στο χώρο του αντικειμένου. Για την εφαρμογή της μεθόδου χρησιμοποιούνται όργανα υψηλής ακρίβειας, οι γεωδαιτικοί σταθμοί, με τους οποίους προσδιορίζονται οι κατακόρυφες και οριζόντιες γωνίες, όπως και οι αποστάσεις, κεκλιμένες ή οριζόντιες.

Η μέθοδος αυτή απαιτεί την ίδρυση πολυγωνομετρικού δικτύου, από το οποίο εξαρτάται η όδευση. Το δίκτυο αυτό βοηθά στην σύνδεση επιμέρους χώρων του μνημείου ή ακόμα και ένταξή του στο κρατικό δίκτυο. Εξασφαλίζεται έτσι η υψηλή και προκαθορισμένη ακρίβεια.

Η τοπογραφική μέθοδος παρέχει προσαρμοστικότητα ευελιξία καθώς και ταχύτητα, ασφάλεια και αποδοτικότητα. Παρουσιάζεται ως η οικονομικότερη μέθοδος, που μπορεί να ανταποκριθεί σε κάθε είδους προδιαγραφές.

Η μέθοδος αυτή έχει τη δυνατότητα επίλυσης και χρήσης αποτελεσμάτων στο πεδίο. Η συνδυασμένη επίλυση με φωτογραμμετρία δίνει πολύ καλά αποτελέσματα σε αποτυπώσεις υψηλών απαιτήσεων.

Χρησιμοποιείται η μέθοδος αυτή για δομικές αποτυπώσεις ιστορικών κτιρίων, αρχιτεκτονικές αποτυπώσεις, αποτυπώσεις αρχαιολογικών χώρων και ανασκαφών, αποτυπώσεις τεκμηρίωσης και απλές αποτυπώσεις όψεων.

Στην περίπτωση αποτύπωσης μνημείων σε μεγάλες κλίμακες και με μεγάλο πλήθος λεπτομερειών η μέθοδος αυτή δεν συνίσταται. Αν και ακριβέστατη μέθοδος, η αποτύπωση σημείο προς σημείο, απαιτεί μεγάλο χρονικό διάστημα παραμονής στο χώρο του αντικειμένου. Παρουσιάζει επίσης δυσκολίες στην αποτύπωση σημείων μικρών αντικειμένων.

### 1.2.3 Φωτογραμμετρική Μέθοδος

Οι φωτογραμμετρικές μέθοδοι εφαρμόζονται συχνά για αποτυπώσεις μνημείων. Έχουν τη δυνατότητα αποτύπωσης άπειρων σημείων στο αρνητικό, που σε συνδυασμό με τα μετρικά στοιχεία αποτελεί ένα ντοκουμέντο για την ιστορία του μνημείου. Η απόδοση των σημείων αυτών στο σύνολό τους μέσα από μια ανηγμένη μετρική φωτογραφία ή μια ορθοφωτογραφία αποτελεί ένα τρόπο αποτύπωσης ειδικών στοιχείων όπως τοιχογραφημένες επιφάνειες, επίπεδες όψεις, εικόνες κλπ. Στις φωτογραμμετρικές διαδικασίες χρησιμοποιούνται όργανα με γρήγορη απόσβεση.

Στα πλεονεκτήματά της καταγράφονται οι πολλές δυνατότητες οπτικοποίησης και η δυνατότητα παρακολούθησης κινούμενων αντικειμένων.

Η ακρίβεια της φωτογραμμετρικής αποτύπωσης εξαρτάται άμεσα και καθοριστικά από το δίκτυο των φωτοσταθερών ή σημείων προσαρμογής των φωτογραφιών. Τα φωτοσταθερά προσδιορίζονται και υπολογίζονται με τοπογραφικές μεθόδους από πολυγωνομετρικά σημεία .

Η φωτογραμμετρική μέθοδος έγκειται στην μέτρηση μηκών και γωνιών πάνω σε φωτογραφίες και στην επίλυση πολλαπλών εμπροσθοτομιών με αποτέλεσμα τον υπολογισμό τρισδιάστατων συντεταγμένων των προς αποτύπωση μνημείων. Αποτελεί μια σύγχρονη μέθοδο που χρησιμοποιείται κατά κόρον στην αποτύπωση μεγάλων κλιμάκων.

Η μέθοδος αυτή είναι συνδυασμός με την τοπογραφική και τοπομετρική μέθοδο. Με την ίδρυση πολυγωνομετρικού δικτύου υπολογίζονται οι συντεταγμένες των φωτοσταθερών που θα χρησιμοποιηθούν στην επίλυση της εμπροσθοτομίας. Οι υπολογισμοί αυτοί γίνονται σε φωτογραφίες που λήφθηκαν με μετρητικές ή ημιμετρητικές μηχανές. Η ακρίβεια της μεθόδου είναι άμεσα συνδεδεμένη με την ακρίβεια υπολογισμού των συντεταγμένων των φωτοσταθερών καθώς και της κατάλληλης κατανομής αυτών στο αντικείμενο.

Η μέθοδος αυτή εκμηδενίζει τον χρόνο παραμονής στο ύπαιθρο παρέχοντας ταυτόχρονα αποτελέσματα υψηλής ακρίβειας. Βρίσκει εφαρμογή σε αρχιτεκτονικές αποτυπώσεις, αποτυπώσεις όψεων, δημιουργία μοντέλων αποτύπωσης. Χρησιμοποιείται επίσης σε ειδικές εφαρμογές αποτύπωσης μνημείων, ως επίσης

περιοχές που οι άλλες μέθοδοι δύσκολα βρίσκουν εφαρμογή, όπως σε απόκρημνες περιοχές.

Μειονέκτημα της φωτογραμμετρικής μεθόδου είναι η απαίτηση για εξειδικευμένο προσωπικό και εξοπλισμό. Απαιτούνται ειδικές συνθήκες φωτισμού και αντίθεσης για τη φωτογράφιση. Τα σημεία επίγειου ελέγχου απαιτούν περισσότερη εργασία υπαίθρου.

Ανάλογα με την μορφή του αντικειμένου και τις απαιτήσεις στα τελικά προϊόντα επιλέγεται και την ανάλογη φωτογραμμετρική μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί. Σε σχεδόν επίπεδα αντικείμενα εφαρμόζεται η μονοεικονική φωτογραμμετρία, η στερεοφωτογραμμετρία εφαρμόζεται σε αντικείμενα πολύπλοκης μορφής.

	Φωτογραμμετρία	Τοπογραφία
Απλό σημείο	✓	✓
Γωνίες / αιχμές	✓	✓
Σημεία ελέγχου / Φωτοσταθερά	X	✓
Εικόνα	✓	X
Συντεταγμένες στο πεδίο	Όχι άμεση	✓
Αναγωγή	(✓)	(✓)
Όψεις	Όχι άμεση	✓
Οπτικοποίηση στο πεδίο	(✓)	X
Μοντέλα επιφανειών	(✓)	X

Εικόνα 1: Δυνατότητες κάθε μεθόδου/Πεδία εφαρμογής (Πηγή: Συμεωνίδης Π. 2006)

### 1.3 Προϊόντα Γεωμετρικής Τεκμηρίωσης

Το είδος των τελικών προϊόντων μιας γεωμετρικής τεκμηρίωσης είναι άμεσα συνδεδεμένο με το σκοπό για τον οποίο προορίζονται και εξαρτώνται από την μέθοδο η οποία ακολουθείται. Τα συνήθη προϊόντα είναι τα γραμμικά και αρχιτεκτονικά σχέδια, οι ορθοφωτογραφίες και οι τρισδιάστατες αναπαραστάσεις.

Τα γραμμικά και αρχιτεκτονικά σχέδια αποτελούν την πιο απλή μορφή γεωμετρικής τεκμηρίωσης ενός μνημείου. Τα σχέδια αποτυπώνουν ακμές, ανοίγματα και διάφορα χαρακτηριστικά του μνημείου, προκύπτουν με τοπογραφικές, τοπομετρικές και φωτογραμμετρικές. Τα σχέδια της μεθόδου αυτής παρουσιάζουν αδυναμίες σε σημεία αρχιτεκτονικών λεπτομερειών.

Οι ορθοφωτογραφίες είναι διαφορεικά ανηγμένες φωτογραφίες οι οποίες έχουν μετρητική αξία αλλά και ποιοτική αφού απεικονίζουν άπειρα σημεία που αναπαριστούν το αντικείμενο. Από μόνες τους οι ορθοφωτογραφίες αποτελούν ένα πολύ εύχρηστο προϊόν τεκμηρίωσης μια και είναι ευανάγνωστες από κάθε χρήστη. Οι ορθοφωτογραφίες προκύπτουν μόνο με φωτογραμμετρικές μεθόδους. Επίσης η εξέλιξη της τεχνολογίας επέτρεψε την παραγωγή ορθοφωτογραφιών και με τη χρήση νέφους σημείων που προκύπτουν από σαρώσεις με laser scanning. (Νάτσης 2008).

Οι τρισδιάστατες αναπαραστάσεις είναι μια σύγχρονη έκφραση τεκμηρίωσης μνημείων που εμφανίστηκε λόγω της ραγδαίας εξέλιξης των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Αποτελούν ένα εργαλείο το οποίο έχει κυρίως έχει στόχους τεκμηρίωσης και αναγνώρισης του μνημείου παρά μετρητική αξία. Η ακρίβεια της τρισδιάστατης απεικόνισης εξαρτάται από το λογισμικό το οποίο χρησιμοποιείται και με τον τρόπο που γίνεται η επένδυση της επιφάνειας. Οι τρισδιάστατες αναπαραστάσεις προκύπτουν από δεδομένα που προέρχονται από σαρώσεις laser, ή με συλλογή ψηφιακού μοντέλου του αντικειμένου με φωτογραμμετρικές μεθόδους.

Το σύνολο των προϊόντων γεωμετρικής τεκμηρίωσης αρχειοθετούνται και γίνονται ένα πολύτιμο εργαλείο για τους επιστήμονες και μια παρακαταθήκη για τις επόμενες γενιές. Σύμφωνα με τη συνθήκη της Γρανάδας του 1985, κάθε κράτος είναι υποχρεωμένο να διατηρεί αρχείο μνημείων. Στο αρχείο αυτό καταχωρούνται όλες οι εργασίες που έγιναν για το συγκεκριμένο μνημείο, ώστε να αποτελούν βάση για εκπόνηση μελλοντικών εργασιών και μελετών.

#### **1.4 Επιλογή μεθοδολογίας τεκμηρίωσης**

Από όσα παρατίθενται πιο πάνω γίνεται φανερό ότι η επιλογή της μεθόδου αποτύπωσης που βελτιστοποιεί τη σχέση μεταξύ ακρίβειας, χρόνου και κόστους, εξαρτάται κάθε φορά από το είδος του αντικειμένου προς αποτύπωση, την προσβασιμότητα του, τις προδιαγραφές ακρίβειας και του διατιθέμενου χρόνου.

Στις σύγχρονες αποτυπώσεις το τελικό προϊόν προκύπτει από ένα συνδυασμό των τριών μεθόδων. Ανάλογα με τις πιο πάνω παραμέτρους και την γραφική κλίμακα απόδοσης καθορίζεται και το ποσοστό συμμετοχής της κάθε μεθόδου στην αποτύπωση. Γενικά, στις σύγχρονες αποτυπώσεις, η τοπογραφική μέθοδος είναι αυτή που τις τροφοδοτεί με τα τριγωνομετρικά, πολυγωνομετρικά και φωτογραμμετρικά δίκτυα, η φωτογραμμετρική μέθοδος αποτυπώνει το χώρο και η τοπομετρική συμπληρώνει τις άλλες δύο.

Είδος Αποτύπωσης	Κλίμακα απόδοσης	Ποσοστό συμμετοχής της κάθε μεθόδου (%)			
		Επίπεδο	Φωτογεωμετρική	Τοπογραφική	Τοπομετρική
Χαρτογραφίες, εντοπισμός και συσχέτιση μνημείων και συνόλων με το γεωγραφικό χώρο	1:50 000 – 1:20 000	-	90	10	-
Συσχέτιση μνημείων με τον περιβάλλοντα χώρο	1:10 000 – 1:5 000	0	70	20	10
Συσχέτιση μνημείων με το εγγύς περιβάλλον	1:5 000 – 1:500	-	-	90	10
Αντίληψη μνημείων, συσχέτιση με άμεσο περιβάλλον	1:500 – 1:100	50	-	30	20
Λεπτομερειακή γεωμετρική τεκμηρίωση μνημείων	1:50 – 1:20	80	-	15	5
Αντικείμενα τέχνης, μεγεθύνσεις	1:10 – 5:1	90	-	7	3

Εικόνα 2:Ποσοστό συμμετοχής των μεθόδων στις σύγχρονες αποτυπώσεις (Πηγή: Σοφοκλέους 2006)

### 1.5 Εφαρμογές Γεωμετρικής Τεκμηρίωσης μέχρι σήμερα

Η εφαρμογή της φωτογραμμετρικής μεθόδου στην γεωμετρική τεκμηρίωση μνημείων, και όχι μόνο, δεν είναι σημερινή ανακάλυψη. Πολλές μελέτες έχουν γίνει μέχρι σήμερα με τη χρήση της μεθοδολογίας αυτής και παρουσιάστηκαν σε επιστημονικά συνέδρια. Η μελέτη προηγούμενων προσπαθειών μας βοήθησε στην αντιμετώπιση προβλημάτων, που τυχόν θα προέκυπταν στην πορεία των εργασιών μας.

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 ασχολούνται με τη γεωμετρική τεκμηρίωση. Οι δύο αυτοί οργανισμοί διαθέτουν πλούσια βιβλιοθήκη, με προηγούμενες εφαρμογές.

Στο παρακάτω κεφάλαιο γίνεται μια σύντομη περιγραφή μερικών τέτοιων εργασιών, των ιδιαιτεροτήτων που παρουσίαζε η κάθε περίπτωση και τον τρόπο αντιμετώπισης.

Μια εφαρμογή που παρουσιάζει ενδιαφέρον είναι τα ψηφιακά αναπτύγματα δύο πύργων ελληνιστικής εποχής που ζητήθηκε από το Ελληνικό Υπουργείο Πολιτισμού. Οι δύο αυτοί πύργοι ήταν ο κωνικός του Αγίου Πέτρου Άνδρου και ο κυλινδρικός Δρακάνος Ικαρίας. Οι επιφάνειες των δύο αυτών πύργων απείχαν πολύ από τα ιδεατά στερεά και έτσι φωτογραφήθηκαν πολλές φορές για να αποφευχθούν προβλήματα προοπτικής παραμόρφωσης και αποκρύψεων. Οι δύο πύργοι είχαν μεγάλο ύψος και ήταν προσιτοί μόνο με τα πόδια, οι ισχυροί άνεμοι επίσης δεν επέτρεπαν την χρήση μπαλονιού για τη λήψη φωτογραφίας. Στον Δρακάνο χρησιμοποιήθηκε τηλεσκοπικό καλάμι ψαρέματος για λήψη φωτογραφίας με οριζόντιο άξονα σε ύψος μέχρι και εννέα μέτρα. Στον άλλο πύργο, όπου παρουσιάζονταν μεγάλες κλίσεις εδάφους, λήφθηκαν φωτογραφίες με μηχανές διαφορετικών φακών.

Μελετώντας την πιο πάνω περίπτωση και γνωρίζοντας ότι και το υπό μελέτη μνημείο έπρεπε να φωτογραφηθεί από ψηλά αποφασίστηκε η χρήση ειδικού ανυψωτικού

μηχανήματος. Η λύση αυτή κρίθηκε ως η βέλτιστη αφού το καλάμι δεν προσφέρει την σταθερότητα της ανυψωτικής πλατφόρμας. Η χρήση πάλι μηχανών με διαφορετικούς φακούς θα επέφερε διαφοροποιήσεις στις κλίμακες και δυσκολία στην επεξεργασία (Καρράς-Πέτσα, 2006).

Μια άλλη εργασία που σχετίζεται με το θέμα είναι η γεωμετρική τεκμηρίωση του ιερού ναού Παναγίας Φορβιώτισσας. Η εργασία αυτή έγινε στο πλαίσιο διπλωματικής εργασίας (Σοφοκλέους, 2006) και αποτέλεσε ένα πολύ καλό οδηγό για την οργάνωση των εργασιών. Στην τεκμηρίωση της εκκλησίας αυτής έγινε εφαρμογή πολλών σύγχρονων φωτογραμμετρικών μεθόδων λόγω και των ιδιαιτεροτήτων της εν λόγω εκκλησίας. Στο εσωτερικό του ναού υπήρχε αγιογραφική διακόσμηση και λόγω της επιπεδότητας των επιφανειών επελέγη η μονοεικονική απόδοση

Μια ακόμα σημαντική και άξια αναφοράς εργασία παρουσιάστηκε στο XXI διεθνές συμπόσιο της CIPA, στην Αθήνα από ομάδα Ιταλών μελετητών. Στην παραπάνω εργασία έγινε αποτύπωση του *“The Lararium from the House of the Skeleton”*. Η εργασία αυτή αποτέλεσε σημαντικό οδηγό κατά την εξαγωγή ψηφιακού μοντέλου επιφάνειας κατά την παραγωγή ορθοφωτογραφίας της δυτικής πόρτας. Η λεπτομέρεια που παρουσίαζαν τα ανάγλυφα διάκοσμα είχε πολλές ομοιότητες με το αντίστοιχο διάκοσμο της δυτικής εισόδου του ναού.

Μια άλλη εργασία που παρουσιάστηκε στο προαναφερθέν συμπόσιο ήταν και πάλι Ιταλικής ομάδας και αφορούσε την «VILLA DEI MISTERI IN POMPEI». Η μελέτη της εν λόγω εργασίας παρουσίαζε λεπτομερώς τα τοπογραφικά σημεία αποτύπωσης που λήφθηκαν. Η μελέτη της παραπάνω εργασίας ήταν πολύ βοηθητική για την επιλογή των κατάλληλων σημείων που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία των τομών του Ιερού ναού του Αγίου Γεωργίου.

Μια ακόμα μελέτη που αφορά όχι απλά την γεωμετρική τεκμηρίωση αλλά και την δημιουργία συστήματος πληροφοριών, παρουσιάστηκε στο συμπόσιο: «ΤΟ ΕΜΠ ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΟΠΟΡΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ», (Ιωαννίδης Χ). Η μελέτη αφορούσε την γεωμετρική τεκμηρίωση του αρχαιολογικού χώρου των Μυκηνών. Στην εργασία χρησιμοποιήθηκαν φωτογραμμετρικές μέθοδοι και χρήση του laser scanning. Η λεπτομερής καταγραφή της μεθόδου αυτής δεν έγινε στην δική μας εφαρμογή, αν και προγραμματίστηκε να γίνει, λόγω μη καταλληλότητας του χώρου. Η μελέτη όμως της παραπάνω εργασίας αποτέλεσε καλό παράδειγμα για ανάπτυξη συστήματος πληροφοριών που να περιλαμβάνει όλα τα γεωμετρικώς τεκμηριωμένα μνημεία.

## 2. ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΜΟΝΗΣ

Στις μελέτες γεωμετρική τεκμηρίωση, όπως επίσης και σε όλες τις τοπογραφικές εργασίες κρίνεται αναγκαία η γνώση στοιχείων για την τοποθεσία και αρχιτεκτονική του προς μελέτη αντικειμένου. Με τη γνώση των παραπάνω στοιχείων γίνεται ευκολότερος ο προγραμματισμός των εργασιών και η επιλογή της βέλτιστης μεθόδου.

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί δίνονται στοιχεία για την ιστορία του ναού, αρχιτεκτονικές πληροφορίες και σαφής περιγραφή της τοποθεσίας.

### 2.1 Θέση της μονής

Παρατίθεται πιο κάτω απόσπασμα από το βιβλίο του Φαίδωνα Παπαδόπουλου για τη μονή, που περιγράφει παραστατικά την θέση της μονής:

*«Είναι αποδεκτό ότι μετά από την επίσκεψη σε οποιοδήποτε μοναστήρι, ξεκουραζόμαστε πνευματικά αλλά και σωματικά. Οι πνευματικές αυτές παλαιότερες βρίσκονται πάντοτε σε τόπους με απaráμιλλη φυσική ωραιότητα. Τον κανόνα αυτό ακολουθεί και η μονή του Αγίου Γεωργίου, η οποία είναι κτισμένη εκεί που τελειώνουν τ' αμπέλια της Λαόνας και αρχίζουν τα πεύκα του Ακάμα.*

*Πλησιέστερο προς την μονή χωρίο είναι η Δρούσια, που βρίσκεται φωλιασμένη στην κορυφή του οροπεδίου της Λαόνας. Κατηφορίζοντας από τη Δρούσια προς την Πόλη Χρυσοχούς μέσα από τα καταπράσινα περιβόλια και αμπέλια, συναντούμε στα δύομιση περίπου χιλιόμετρα την πινακίδα που μας ειδοποιεί ότι ο αγροτικός δρόμος στα δεξιά μας οδηγεί προς τη μονή.*

*Ακολουθώντας τον μη ασφαλτοστρωμένο δρόμο που χάνεται μέσα σε σπαλαθιές και θάμνους, φτάνουμε σε ελάχιστα λεπτά στην αγροτική περιοχή Μοναστήρια. Είναι φανερό ότι το όνομα της περιοχής πάρθηκε από το πάλαι ποτέ ένδοξο μοναστήρι του Αγίου Γεωργίου.*

*Η ανοικοδομημένη εκκλησία και ό,τι έχει απομείνει από τα παλιά κτίσματα της μονής είναι κυριολεκτικά χωμένα μέσα στις ελιές και τις χαρουπιές. Πανύψηλα κυπαρίσσια στην εσωτερική αυλή, το περιστοιχίζουν φαντάζοντας σαν καλόγηροι που δεν το έχουν εγκαταλείψει ποτέ.»*





Εικόνα 3: Θέση Ιεράς Μονής

## 2.2 Ονομασία της Μονής

Παρόλο που γίνεται αναφορά για την μονή από το δεύτερο μισό του 15ου αιώνα πουθενά δεν αναφέρεται η προέλευση της ονομασίας της μονής. Η παντελής έλλειψη στοιχείων για την προέλευση της ονομασίας οφείλεται είτε σε καταστροφή ή εξαφάνιση γραπτών παραδόσεων που υπήρχαν στην μονή, είτε στην, λόγω του απομακρυσμένου της περιοχής, μη άφιξη περιηγητών οι οποίοι συνήθιζαν να καταγράφουν στοιχεία και παραδόσεις από τα σημεία που επισκέπτονταν (Παπαδόπουλου Φ.).

Λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι η ονομασία των μονών προέρχεται από παράγοντες που έχουν σχέση με την τοποθεσία ή με το ιστορικό ίδρυσης τους ή ακόμα με θαυμαστά γεγονότα στα πρόσωπα των Αγίων που τιμούνται, διατυπώθηκαν υποθετικές λύσεις του προβλήματος προέλευσης της ονομασίας της μονής.

Μια πρώτη εκδοχή για την προέλευση της ονομασίας Νικοξυλίτης, είναι ως παράγωγο της σύνθεσης των λέξεων Νίκος, από Νικόλαος και ξύλο. Το ξύλο χρησιμοποιείται με τη σημασία του δέντρου ή του δάσους, γεγονός που συνδέεται με την τοποθεσία της μονής. Η μονή του Αγίου Νικολάου, ακμαιότατο μετόχι της μονής Αγίου Γεωργίου, δικαιολογεί το πρόσθετο Νίκος στην ονομασία.

Μια δεύτερη εκδοχή για την προέλευση της ονομασίας Νικοξυλίτης, είναι η πιθανότητα να χρησιμοποιήθηκε για διάκριση της μονής από ομώνυμη μονή που βρίσκεται στον Ακάμα. Ο Ακάμας είναι επίσης δασική περιοχή, με την διαφορά ότι στην περιοχή του Νικοξυλίτη υπάρχουν κυρίως καρποφόρα δέντρα και κυρίως ελιές, δέντρα κατά κάποιο τρόπο οικιακά, οπότεν προκύπτει και η ονομασία “οικοξυλίτης”, που με την πάροδο του χρόνου μεταβλήθηκε ηχητικά η ονομασία αυτή για να προκύψει η τρέχουσα.

Μια τρίτη εκδοχή βασίζεται στην συνήθεια που έχουν οι άνθρωποι της χρησιμοποίησης ξύλων για οικιακούς λόγους. Τα ξύλα αυτά χρησιμοποιούνται για θέρμανση και παλαιότερα για μαγείρεμα. Από τη φύση της περιοχής εικάζεται ότι οι

κάτοικοι της Δρούσιας μάζευαν τα ξύλα για οικιακή χρήση από την περιοχή του μοναστηριού. Χρησιμοποιώντας τα συνθετικά “οίκος” και ξύλο, δηλαδή ξύλα για το σπίτι, προέρχεται η λέξη οικοξυλίτης, που με την πάροδο του χρόνου προέκυψε η τελική ονομασία Νικοξυλίτης.

Τέλος μια εκδοχή για την ονομασία, έχει να κάνει με το υλικό το οποίο προκατασκευάστηκε ο ναός. Η αφθονία ξύλου στην περιοχή, οδήγησε τους κτήτορες στην χρήση του για την οικοδόμηση αντί της παραδοσιακής χρήσης πέτρας.

Οι πιο πάνω εκδοχές, έχουν ως χαρακτηριστικό προέλευσης τους την τοποθεσία. Το πιο πάνω ενισχύεται και από την κατάληξη –ίτης. Κατάληξη που χρησιμοποιείται σε γένος αρσενικού και είναι δηλωτική του τόπου προέλευσης.

### 2.3 Ιστορία της Μονής

Επίσημα ο μοναχισμός κάνει την εμφάνιση του στην Κύπρο κατά τον 4<sup>ο</sup> μ.Χ. αιώνα. Η ίδρυση των πρώτων μονών συνδέεται με την επίσκεψη της Αγίας Ελένης στην Κύπρο κατά την επιστροφή της από τους Αγίους Τόπους. Ο Άγιος Γεώργιος γίνεται πρώτα γνωστός στην περιοχή του Ακάμα και στη συνέχεια στο υπόλοιπο νησί.

Ακριβή ιστορικά στοιχεία για ή ιστορικές μαρτυρίες για τον χρόνο ίδρυσης της μονής δεν υπάρχουν. Στηριζόμενοι στην παράδοση και στην συσχέτιση της μονής με γειτονικούς ιερούς χώρους προσεγγίζεται η περίοδος ίδρυσης της μονής.

Αρχικά οικοδομήθηκε ιερά μονή του Αγίου Γεωργίου στον Ακάμα, από την Αγία Ελένη. Πιθανολογείται ότι η μονή Νικοξυλίτη ιδρύθηκε κάποια έτη ή αιώνες αργότερα. Η πιθανότητα αυτή στηρίζεται στην εξάπλωση του μοναχισμού στην περιοχή, γεγονός που μαρτυρείται από τις πολλές σπηλιές που υπάρχουν στην γύρω περιοχή. Έτσι μεταφέρθηκε ο μοναχισμός προς το εσωτερικό του νησιού όπου και ιδρύθηκε η νέα μονή. Ένα επίσης ιστορικό στοιχείο που στηρίζει την πιο πάνω εκδοχή, είναι η μετακίνηση των μοναχών από το μοναστήρι του Ακάμα προς το εσωτερικό για να γλιτώσουν από τις Αραβικές επιδρομές που ταλαιπώρησαν την περιοχή κατά των 7<sup>ο</sup>-9<sup>ο</sup> αιώνα. Τέλος σε εγκωμιαστικό του Αγίου Νεοφύτου αναφέρεται η μονή του Αγίου Γεωργίου στα Μαυροβούνια. Ο Άγιος Νεόφυτος έζησε ανάμεσα στα έτη 1134-1214 μ.Χ. και στα συγγράμματα του αναφέρεται μόνο σε μονές της περιοχής. Ενισχυτικό του τελευταίου είναι ότι τα υψώματα Βορειοδυτικά της Δρούσιας, ονομάζονται μαυροβούνια. Με βάση τα πιο πάνω η ίδρυση της μονής του Νικοξυλίτη τοποθετείται γύρω στον 9<sup>ο</sup> ή 10<sup>ο</sup> αιώνα μ.Χ..

Η πρώτη ιστορική αναφορά στο μοναστήρι, βρίσκεται σε ένα Παρισινό κώδικα χρονολογημένη στο 1483 μ.Χ.. Το γεγονός αυτό δεν υπονοεί ότι η μονή ιδρύθηκε τον 15<sup>ο</sup> αιώνα, αντιθέτως κατά την εποχή εκείνη το μοναστήρι είχε ήδη μεγάλη ιστορία αφού ήταν σε θέση να διατηρεί κώδικες.

Την ίδια περίοδο η Κύπρος βρισκόταν υπό Ενετική κατοχή (1489-1571). Στην εποχή αυτή το μοναστήρι συγκαταλέγεται στους κατοικημένους συνοικισμούς του διαμερίσματος Χρυσοχούς. Με βάση το πιο πάνω συμπεραίνεται ότι κατά τον

μεσαίωνα η μονή διέθετε πλήθος μοναχών ώστε να θεωρείται σαν κατοικημένο χωριό. Για τη σίτιση και στέγαση του μεγάλου αριθμού μοναχών, υποθέτουμε ότι η μονή την εποχή εκείνη αριθμούσε μεγάλο αριθμό κτιριακών εγκαταστάσεων, ως επίσης και καλλιεργήσιμων εκτάσεων.

Η μονή ακολούθησε ακμάζουσα πορεία καθ' όλη την διάρκεια της Ενετοκρατίας και κατά το μεγαλύτερο διάστημα της Τουρκοκρατίας (1571-1878), αφού συγκαταλέγεται κατά την περίοδο αυτή στις πλουσιότερες μονές της Κύπρου. Απόδειξη αυτού η οικοδομική δραστηριότητα που παρατηρείται στην μονή κατά το δεύτερο μισό του 18<sup>ου</sup> αιώνα, είτε για επέκταση των υφιστάμενων κτιρίων είτε για ανακαίνιση της μονής ή και για ανοικοδόμηση μετά από κάποια καταστροφή. Μαρτυρία της οικοδομικής αυτής δραστηριότητας η ημερομηνία 1776 που βρίσκεται χαραγμένη σε πέτρες.

Όπως αναφέρθηκε και στις προηγούμενες ενότητες, ελλείπουν ακριβή ιστορικά στοιχεία για τον χρόνο εγκατάλειψης της μονής. Σύμφωνα με όλες τις ενδείξεις, η τελική εγκατάλειψη της μονής είχε συμβεί μεταξύ των ετών 1808 και 1834. Οι δύο αυτές ημερομηνίες θεωρούνται ορόσημα γιατί κατά το 1808 παρουσιάζεται για τελευταία φορά δοσοληψία στην οποία παίρνουν μέρος ο ηγούμενος και ο επιστάτης της μονής, ενώ κατά το έτος 1834 έγινε σύμφωνα με κείμενα η τελική εκποίηση της περιουσίας της μονής (Παπαδόπουλου Φ.).

Η διάλυση της μονής σχετίζεται άμεσα με την ελληνική επανάσταση του 1821 και όχι λόγω λειψανδρίας και φυσικής παρακμής. Οι Τούρκοι των γειτονικών χωριών την αντιμετώπισαν με εχθρότητα, όπως και κάθε τι ελληνικό, ως τρόπο εκδίκησης για την συμμετοχή των Κυπρίων στην ελληνική επανάσταση. Οι Τούρκοι εποφθαλμιούσαν την περιουσία της μονής από παλιά, λόγω ύπαρξης νερού στα κτήματα της μονής. Απόδειξη ότι η καταστροφή οφείλεται στις Τουρκικές επιδρομές είναι το γεγονός ότι όλα τα κτήματα της εκκλησίας περιήλθαν στα χέρια των κατοίκων του γειτονικού Τουρκικού χωριού Τέρρα, μετά την διάλυση της μονής.

Κατά τα έτη μετά το 1834, ευσεβείς Χριστιανοί της Δρούσιας ανοικοδόμησαν το καθολικό της μονής και ίσως κάποια από τα υπόλοιπα κτίσματά της. Η πληροφορία αυτή βασίζεται στα λεγόμενα των κατοίκων, καθώς και στην αναφορά του ιστορικού Gunnis, ότι η μονή καταστράφηκε από πυρκαγιά κατά τα έτη 1922-23.

Μετά και την καταστροφή από την πυρκαγιά του '22 η μονή ανοικοδομήθηκε όπως τον βλέπουμε στη σημερινή της μορφή με δωρεά της απόδημης Δρουσιώτισσας Ελισάβετ Σωτηρόπουλου κατά τα έτη 1923-24. Με την αρωγή των εφημέριων και των κατοίκων του χωριού Δρούσια, εφοδιάστηκε ο ναός με τα απαραίτητα υλικά ξανακτίστηκαν οι δύο βοηθητικοί χώροι και διαμορφώθηκε ο αύλειος χώρος της μονής.

Τέλος στην ιστορική αναδρομή της μονής καταγράφονται οι ζημιές που υπέστη λόγω των σεισμών που έπληξαν την Πάφο το 1995.

#### 2.4 Αρχιτεκτονικά και οικοδομικά στοιχεία

Ο ναός του Αγίου Γεωργίου ο οποίος σώζεται σήμερα είναι αυτός που ανοικοδομήθηκε εκ θεμελίων το έτος 1923. Ο ναός περιτριγυρίζεται από κάποια ερείπια της παλιάς ένδοξης μονής, τα οποία καταλαμβάνουν μια έκταση περίπου 1150 τετραγωνικών μέτρων.

Πρόκειται για συνηθισμένο ναό ρυθμού μονόκλιτης βασιλικής ο οποίος, όπως δείχνει η ευδιάκριτη εξωτερική ασπίδα του δυτικού τοίχου, αρχικά θα πρέπει να ήταν καμαρόστεγος. Η εκ των υστέρων επικάλυψη της στέγης με κεραμίδια για λόγους προστασίας έδωσε στο ναό την τελική όψη της βασιλικής με σαμαρωτή στέγη.

Στο ναό του Νικοξυλίτη δεν υπάρχει νάρθηκας ενώ το ιερό βήμα είναι σχετικά ευρύχωρο. Το συνολικό εμβαδό του ναού είναι 70 τετραγωνικά μέτρα περίπου από τα οποία 60 καταλαμβάνει ο κυρίως ναός και 10 το ιερό βήμα. Το μέγιστο μήκος του ναού είναι 12 μέτρα και το μέγιστο πλάτος του 6 μέτρα.

Ευδιάκριτες εξωτερικά, λόγω του όγκου τους, κτιστές κολώνες οι οποίες συγκρατούν τους πλάγιους τοίχους. Οι κολώνες αυτές αριθμούν τέσσερις στην νότια και τέσσερις στην βόρεια πλευρά. Έχουν σχήμα παραλληλεπίπεδου και βρίσκονται σε όρθια διάταξη μεταξύ τους. Οι κολώνες των δύο τοίχων συνδέονται μεταξύ τους με ημικυκλικά τόξα από τα οποία δύο είναι ευδιάκριτα, ενώ τα άλλα δύο συμπίπτουν με την κόγχη του ιερού το ένα και με τον δυτικό τοίχο το άλλο.



Εικόνα 4: Γενική εικόνα του Ναού

Το καμπαναριό που είχε ανεγερθεί το 1923 κατέρρευσε και στην θέση του ανοικοδομήθηκε ένα λιτό και απέριτο καμπαναριό ύψους 1,5 μέτρου. Η όλη κατασκευή αποτελεί μια πέτρινη ασπίδα σχήματος Π.

Η είσοδος του ναού βρίσκεται στην βόρεια πλευρά, ενώ μια δεύτερη είσοδος υπάρχει στην δυτική πλευρά του ναού. Στη βόρεια πλευρά υπάρχει μεγάλο παράθυρο ενώ ένα δεύτερο υπερυψωμένο βρίσκεται στην δυτική πλευρά. Ένα μικρό παραθυράκι υπάρχει και στην ανατολική πλευρά στην κόγχη του ιερού βήματος.

Παρόλο που ο ναός είναι κατασκευής του 1923 υπάρχουν στοιχεία που μαρτυρούν ότι ο ναός είναι ιστορική συνέχεια του καθολικού της παλιάς ένδοξης μονής. Τα στοιχεία αυτά είναι ευδιάκριτα στα πέτρινα τόξα που πλαισιώνουν τις πόρτες και τα παράθυρα όπως και στις υδρορροές της οροφής.

Το δάπεδο, πρόσφατα επισκευασμένο και στρωμένο με απλό μωσαϊκό, διακόπτεται λίγο πριν το ιερό βήμα με ένα σκαλοπάτι, ώστε το ιερό να είναι σχετικά υπερυψωμένο.

Η Αγία Τράπεζα, κτιστή με πέτρα και τσιμέντο και με επιφάνεια φτιαγμένη από μωσαϊκό, δεν διαθέτει, παρά μόνο τα αναγκαία καλύμματα. Η γύμνια της Τράπεζας μαρτυρεί την ερήμωση του μοναστηριού. Η Αγία Πρόθεση, ένα βήμα μέσα από τη βόρεια πόρτα του ιερού προσμένει και πάλι την ώρα που τα ιερά σκεύη θα αναπαυθούν στην αγκαλιά της. Η πρόθεση είναι διπλή αφού υπάρχει και δεύτερη θολωτή θυρίδα στον τοίχο για την τοποθέτηση των χρεωδών για την εκτέλεση της Θείας Κοινωνίας.

Τέλος από το εσωτερικό του ναού απουσιάζουν παλιές τοιχογραφίες. Όλοι οι τοίχοι του κυρίως ναού αλλά και του ιερού είναι απλώς σοβατισμένοι και ασβεστωμένοι. Το μόνο που χρήζει αναφοράς είναι μια ανάγλυφη παράσταση στο μέσο περίπου του νότιου τοίχου.

Η είσοδος στο μοναστήρι βρίσκεται στη βορειοδυτική γωνία, το μοναδικό σημείο, όπου διακόπτεται η συνέχεια των κτιριακών εγκαταστάσεων και εφάπτεται στον αγροτικό δρόμο που οδηγεί στην μονή. Η δυτική πλευρά καλύπτεται από πτέρυγα μήκους 32 μέτρων και πλάτους 4 μέτρων, με πιθανότητα τα κτίρια αυτά να αποτελούσαν τα κελιά των μοναχών. Στα δεξιά της εισόδου βρίσκονται δύο δωμάτια τα οποία πιθανόν να αποτελούσαν χώρο του φύλακα της μονής και χώρο υποδοχής για τους επισκέπτες.

Στη βόρεια πλευρά της μονής βρίσκονται τα μοναδικά κτίσματα τα οποία έχουν ανοικοδομηθεί στην ανοικοδόμηση του 1923 ή αργότερα. Πρόκειται για δύο μακρόστενα δωμάτια συνολικού εμβαδού 60 τετραγωνικών μέτρων.

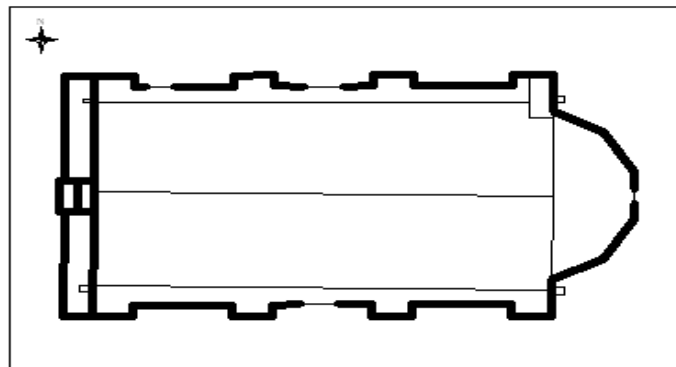
Η βορειοανατολική γωνία καλύπτεται από μισοερειπωμένο χώρο ο οποίος πιθανόν να αποτελούσε το ηγουμενείο της μονής. Το δωμάτιο είναι δίχωρο με καμάρα στη μέση, ενώ ο αερισμός του εξασφαλιζόταν από τρία συνολικά παράθυρα επιπλέον της πόρτας. Η ύπαρξη κτιστών θυρίδων οι οποίες χρησιμοποιούντο για φύλαξη βιβλίων ή άλλων αντικειμένων ενισχύει την πιθανότητα για τη χρήση του χώρου αυτού ως ηγουμενείου. Άξιο αναφοράς η κατασκευή της εισόδου του χώρου από πελεκητές πέτρες με γλυπτό διάκοσμο.

Η διάταξη των κτισμάτων στην ανατολική πλευρά ακολουθεί τεθλασμένη διάταξη. Με την πάροδο του χρόνου και τις καταστροφές που υπέστη η μονή, πέραν από το εξωτερικό περιτείχισμα δεν υπάρχει μαρτυρία για οποιοδήποτε άλλο κτίσμα στην πλευρά αυτή.

Στην νοτιοανατολική γωνία τα μονής υπάρχουν ευδιάκριτα ερείπια ευρύχωρου θαλάμου ο οποίος επικοινωνούσε με δύο ή τρεις μικρότερους προφανώς βοηθητικούς χώρους. Το μεγάλο μέγεθος οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ο χώρος χρησιμοποιείτο ως τραπεζαρία και οι μικρότεροι βοηθητικοί χώροι ως μαγειρεία.

Η περιγραφή της νότιας πλευρά καθίσταται προβληματική και αυτό γιατί σε μήκος είκοσι μέτρων, εκτός από το εξωτερικό τείχος δεν υπάρχει ίχνος παλαιού κτίσματος. Η απουσία κτισμάτων οφείλεται όντως στην μη ύπαρξη οποιουδήποτε οικοδομήματος στην πλευρά αυτή ή ότι τα ίχνη οποιουδήποτε αρχαίου κτίσματος εξαφανίστηκαν.

Ολοκληρώνοντας την περιγραφή μας για τα κτίσματα της μονής, δεν αποκλείουμε το ενδεχόμενο η μονή να εκτεινόταν πέραν από τους χώρους που περιγράφηκαν και κυρίως προς τα ανατολικά και τα δυτικά. Η υπόθεση αυτή ενισχύεται από το ακαθόριστο σχήμα των εναπομεινάντων ερειπίων και στο ότι ο ναός του Αγίου εμφανίζεται ασφυκτικά στριμωγμένος στην γωνία της όλης έκτασης της περιοχής (Παπαδοπούλου Φ.).



Εικόνα 5:Κάτοψη Ιεράς Μονής

### 2.5 Εσωτερικό του Ναού

Από τον εξοπλισμό του παλαιού μοναστηριού του Νικοξυλίτη δεν έχει διασωθεί απολύτως τίποτε. Για την κάλυψη των αναγκών στις ελάχιστες φορές που λειτουργεί σήμερα ο ναός υπάρχουν μερικές σειρές στασιδίων.

Τον εξοπλισμό συμπληρώνουν ένα πρόχειρο και απλό εικονοστάσι, ένα παγκάρι στην βόρεια πόρτα του ναού, δύο αναλόγια για την τοποθέτηση των λειτουργικών βιβλίων και ένα χαμηλό δοχείο άμμου για το άναμμα των κεριών. Τέλος στην νότια πλευρά

του ναού βρίσκεται και ο δεσποτικός θρόνος, ο οποίος φέρει και την ημερομηνία 1924, έτος δηλαδή που ανοικοδομήθηκε ο ναός.



Εικόνα 6: Δεσποτικός θρόνος

### 3. ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΕΔΙΟΥ

Σε κάθε μέθοδο αποτύπωσης οι εργασίες χωρίζονται στις εργασίες υπαίθρου ή συλλογής πληροφορίας και στις εργασίες γραφείου, όπου γίνεται η επεξεργασία των μετρήσεων και παραγωγή των τελικών προϊόντων.

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί περιγράφονται αναλυτικά οι εργασίες υπαίθρου με την χρονολογική σειρά εκτέλεσής τους. Αρχικά έγινε η πρώτη αναγνώριση στην περιοχή, σύνταξη αυτοσχέδιων υπαίθρου, ίδρυση πολυγωνομετρικού δικτύου, τοποθέτηση φωτοσταθερών, λήψη φωτογραφιών και τέλος συμπληρωματικές μετρήσεις με την τοπομετρική μέθοδο για έλεγχο των αποτελεσμάτων.

#### 3.1 Αναγνώριση περιοχής μελέτης

Η αναγνώριση της περιοχής αποτέλεσε το πρώτο βήμα των εργασιών υπαίθρου, την πρώτη επαφή με το μνημείο. Στην γεωμετρική τεκμηρίωση η αναγνώριση της περιοχής μελέτης αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα βήματα εφαρμογής της μεθόδου. Η γνώση της τοποθεσίας και της υπάρχουσας κατάστασης γύρω από το μνημείο βοηθά στον καλύτερο και ορθό προγραμματισμό των εργασιών που ακολουθούν. Αποφεύγονται με αυτό τον τρόπο λάθη που έχουν οικονομικές και χρονικές επιπτώσεις.

Στην πρώτη επίσκεψη έγινε αναγνώριση της ευρύτερης περιοχής, εξετάζοντας την μορφολογία και την προσβασιμότητα, με σκοπό τον εντοπισμό των βέλτιστων θέσεων για τοποθέτηση των οργάνων και των τριγωνομετρικών κορυφών. Έγινε επίσης καταγραφή των εμποδίων στον περιβάλλοντα χώρο, και επισήμανση αρχιτεκτονικών στοιχείων του Ναού με σκοπό την ορθή ίδρυση του τριγωνομετρικού δικτύου. Έγινε έλεγχος επιπεδότητας των όψεων ώστε να επιλεγεί η κατάλληλη μέθοδος για την αποτύπωση τους.

Μετρήθηκαν οι διαστάσεις του μνημείου και καταγράφηκαν οι λεπτομέρειες της αρχιτεκτονικής. Έχοντας εις γνώση τα πιο πάνω επιλέχθηκε ο κατάλληλος φωτογραμμετρικός εξοπλισμός και η βέλτιστη κλίμακα απόδοσης.

Η σύνταξη των αυτοσχέδιων υπαίθρου ήταν το επόμενο και εξίσου σημαντικό βήμα για την ορθή πορεία των εργασιών. Τα αυτοσχέδια αποτελούν τον σκελετό των γεωδαιτικών μετρήσεων. Συντάχθηκαν με πολύ μεγάλη προσοχή, ούτως ώστε να αποτυπωθούν με πληρότητα όλες οι λεπτομέρειες της Μονής. Επισημάνθηκαν επίσης και οι επιφάνειες, των προβαλλόμενων προς το κυρίως επίπεδο, αντικειμένων. Στην περίπτωση της δυτικής εισόδου ως αυτοσχέδιο χρησιμοποιήθηκε φωτογραφία της εισόδου σε μεγάλη κλίμακα, ώστε να αποτυπωθεί με πάσα λεπτομέρεια το ανάγλυφο μάρμαρο που περιβάλλει την είσοδο.



Ολοκληρώνοντας την αναγνώριση της περιοχής και συλλέγοντας τα απαραίτητα στοιχεία, έγινε ένας προγραμματισμός, για την καλύτερη οργάνωση και κατανομή του χρόνου για τις επιμέρους γεωδαιτικές εργασίες.

### 3.2 Εξοπλισμός

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω η αποτύπωση μπορεί να γίνει με διάφορες μεθόδους και με την χρήση διαφορετικών οργάνων στην κάθε περίπτωση. Μελετώντας την εκκλησία και έχοντας ως στόχο την απόδοση του μνημείου σε κλίμακα 1:50, απαιτήθηκε τοπογραφικός και φωτογραμμετρικός εξοπλισμός. Ο φωτογραμμετρικός εξοπλισμός χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις μεγάλης κλίμακας απόδοσης μνημείων με αρχιτεκτονικές λεπτομέρειες.

#### 3.2.1 Τοπογραφικός εξοπλισμός

Στην κατηγορία αυτή κατατάσσονται τα όργανα με τα οποία συλλέγονται οι μετρητικές πληροφορίες. Μετρήθηκαν με τα όργανα αυτά το πολυγωνομετρικό, το φωτογραμμετρικό δίκτυο ως επίσης και τα σημεία λεπτομερειών.

Από την κατηγορία αυτή των οργάνων χρησιμοποιήθηκαν ένας γεωδαιτικός σταθμός PENTAX, και δύο κατάφωτα που συνοδεύουν τον γεωδαιτικό σταθμό. Απαραίτητα παρελκόμενα για το όργανο αυτό είναι ο τρίποδας του οργάνου καθώς και δύο μικρά τριποδάκια για τους στυλούς με τα κατάφωτα. Στον εξοπλισμό συμπεριλήφθη και μια αράχνη, ένα όργανο που χρησιμοποιείται για την σταθερότητα του τρίποδα του οργάνου σε γλιστερές επιφάνειες. Τέλος ο τοπογραφικός εξοπλισμός συμπληρώθηκε με τα απαραίτητα παρελκόμενα.

#### 3.2.2 Φωτογραμμετρικός εξοπλισμός

Οι πληροφορίες που συλλέγονται με τη φωτογραμμετρική μέθοδο είναι μετρητικές και ποιοτικές, αφού ως γνωστό η φωτογραφία είναι το μόνο μέσο με το οποίο μπορεί να καταγραφεί ταχύτητα και με πληρότητα η πραγματικότητα. Μοναδικό όργανο συλλογής πληροφορίας στην φωτογραμμετρική μέθοδο είναι η φωτογραφική μηχανή.

Οι φωτογραφικές μηχανές που υπάρχουν σήμερα χωρίζονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες, τις μετρητικές, τις ημιμετρητικές και τις ερασιτεχνικές. Οι μετρητικές μηχανές είναι κατασκευασμένες αποκλειστικά για φωτογραμμετρικές εφαρμογές, αφού έχουν γνωστή και σταθερή εσωτερική γεωμετρία για να εξασφαλίζουν έτσι μεγάλη ακρίβεια. Οι ημιμετρητικές μηχανές είναι μεν ερασιτεχνικές στις οποίες έχει εφαρμοστεί κατάλληλη διάταξη, ούτως ώστε με διαδικασία να προσδιορίζεται η εσωτερική τους γεωμετρία. Η ακρίβεια των ημιμετρητικών μηχανών όπως γίνεται αντιληπτό, είναι μειωμένη για φωτογραμμετρικές εφαρμογές. Τέλος υπό προϋποθέσεις χρησιμοποιούνται οι ερασιτεχνικές μηχανές οι οποίες δεν παρέχουν

καμία πληροφορία για την εσωτερική τους γεωμετρία, η οποία, ως γνωστόν, μεταβάλλεται με τον χρόνο και με την χρήση.

Με την πάροδο του χρόνου και την πρόοδο της τεχνολογίας είναι δυνατή σήμερα η χρήση ψηφιακών μηχανών με αισθητήρες CCD ή CMOS, για τη φωτογραφική καταγραφή. Οι μηχανές αυτές παρέχουν την δυνατότητα για απευθείας λήψη του προϊόντος σε ψηφιακή μορφή, αποφεύγοντας έτσι την διαδικασία της σάρωσης που επιφέρει σφάλματα στην επεξεργασία. Η εσωτερική γεωμετρία των ψηφιακών μηχανών γίνεται εύκολα και γρήγορα με την διαδικασία της βαθμονόμησης. Τέλος το μεγάλο πλεονέκτημα των μηχανών αυτών είναι η παρουσίαση της εικόνας άμεσα, μειώνοντας έτσι της πιθανότητα συλλογής λαθεμένης πληροφορίας.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά των φωτογραφικών μηχανών:

Χαρακτηριστικά	Μετρητικές	Ημι-μετρητικές	Μη μετρητικές	Ψηφιακές
Εσωτ. Γεωμ.	σταθερή	Ασταθής	ασταθής	ασταθής
Εικονοσήματα	Ναι	Κάναβος	Όχι	Όχι
Διαστροφή	Χαμηλή	Μέση	Υψηλή	Υψηλή
Επιπεδότητα	Ναι	Όχι	Όχι	-
Εστίαση	Βήματα	Βήματα	Συνεχής	Συνεχής
Βάρος	Μεγάλο	Μικρό	Μικρό	Μικρό
Ευελιξία	Χαμηλή	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή
Κόστος	Υψηλό	Μέσο	Χαμηλό	Χαμηλό

Εικόνα 7: Βασικά χαρακτηριστικά μηχανών (Πηγή: Α. Γεωργόπουλος 1998)

Για τις ανάγκες της εργασίας χρησιμοποιήθηκε η ψηφιακή φωτογραφική μηχανή Canon EOS 1D Mark II N, η οποία κρίθηκε κατάλληλη για τις απαιτήσεις της παρούσας μελέτης.

Η μηχανή υποστηρίζει όλους τους φακούς EF της CANON (εκτός των φακών EF-S). Για τη μελέτη χρησιμοποιήθηκε ο φακός zoom EF 28-80 mm f/3.5-5.6 II, για εστιακή απόσταση 28mm. Ο αριθμός των ενεργών εικονοστοιχείων είναι 8.2 εκατομμύρια με μέγεθος 8μm. Διαθέτει αισθητήρα CMOS με ενεργό μέγεθος 28.7\*19.1mm. Η μέγιστη δυνατή ανάλυση της εικόνας είναι 3504\*2336 εικονοστοιχεία. Οι εικόνες αποθηκεύονται σε κάρτα Compact Flash και παρέχει την ταυτόχρονη εγγραφή της εικόνας σε μορμάτ RAW και PEG.



Εικόνα 8: Τεχνικά χαρακτηριστικά ψηφιακής μηχανής

Η διαγώνιος του αρνητικού σε σχέση με τη σταθερά της μηχανής καθορίζει το είδος του φακού. Δηλαδή αν η διαγώνιος του αρνητικού είναι μεγαλύτερη από τη σταθερά της μηχανής τότε ο φακός είναι ευρυγώνιος, ενώ αν η διαγώνιος και η σταθερά της μηχανής είναι περίπου ίσα, ο φακός είναι κανονικός. Αναφέρεται ότι οι φακοί της Canon ταιριάζουν σε όλες τις μηχανές, αναλογικές ή ψηφιακές, της συγκεκριμένης εταιρίας οι οποίες έχουν διαφορετικό μέγεθος αρνητικού. Για το σκοπό αυτό έγινε μια σύμβαση στην ονοματολογία των φακών. Η εστιακή τους απόσταση έχει ονοματιστεί σύμφωνα με αυτή που δίνει το αρνητικό της Canon 35mm. Συνεπώς το πραγματικό εύρος εστιακών αποστάσεων του φακού που χρησιμοποιήθηκε, όταν εφαρμοστεί στην εν λόγω μηχανή, είναι 44.6-127.5mm.

### 3.3 Ίδρυση πολυγωνομετρικού δικτύου

Μετά τη αναγνώριση του πεδίου εργασίας και της σύνταξης των σκαριφημάτων, ακολούθησε η επιλογή και η μορφή του πολυγωνομετρικού δικτύου. Οι πολυγωνομετρικές κορυφές επιλέχθηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε οι κορυφές να καλύπτουν το σύνολο των γεωδαιτικών και φωτογραμμετρικών αντικειμένων, να είναι σε σημεία εύκολα προσβάσιμα, να έχουν οπτική επαφή μεταξύ της προηγούμενης και της επόμενης κορυφής.

Από τις στάσεις αυτές μετρήθηκαν τόσο σημεία για την τοπογραφική αποτύπωση του ναού όσο και τα σημεία για την φωτογραμμετρική αναγωγή του. Επιλέχθηκαν για το σκοπό αυτό τα σημεία εκείνα που επέτρεπαν την μέτρηση των φωτοσταθερών με αξιοπιστία και ακρίβεια. Η ακρίβεια αυτή καθορίζεται από την απόσταση της στάσης προς το φωτοσταθερό και την γωνία πρόσπτωσης της δέσμης laser, λαμβάνοντας τα δυο πιο πάνω υπόψη επιτυγχάνεται η ελαχιστοποίηση της διάχυσης της δέσμης.

Στα παραγόμενα τελικά προϊόντα περιλαμβάνονται και η κατά μήκος και κατά πλάτος τομή της εκκλησίας. Γίνεται σαφές ότι για την επίτευξη του στόχου αυτού ήταν απαραίτητη και η μέτρηση σημείων εντός του ναού. Τοποθετήθηκαν οι πολυγωνομετρικές στάσεις απέναντι από παράθυρα και πόρτες (όπου αυτό ήταν δυνατό), για να γίνει σύνδεση του δικτύου με το εσωτερικό του ναού.

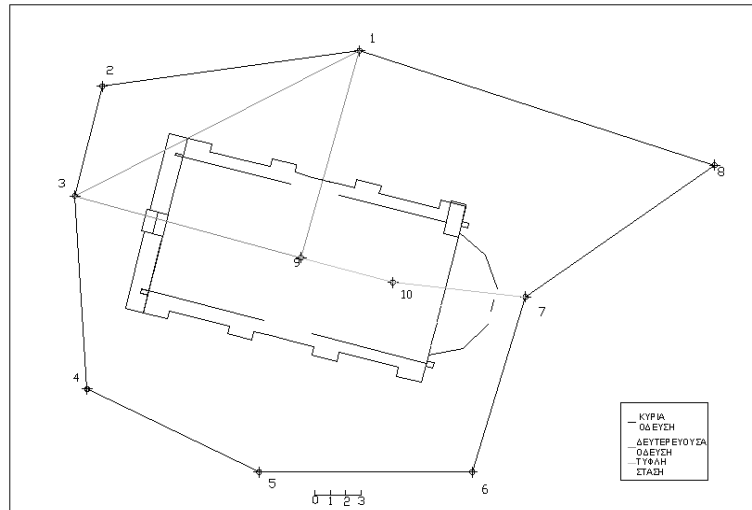
Η κατανομή των κορυφών έγινε με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται η μέτρηση των φωτοσταθερών και των σημείων της εκκλησίας που παρουσίαζαν γεωμετρικές λεπτομέρειες από δύο ή και τρεις στάσεις. Εξαλείφονται έτσι τυχόν χονδροειδή και συστηματικά σφάλματα.

Μελετώντας την γενική τοπογραφία της περιοχής αποφασίστηκε η μη ένταξη του δικτύου στα κρατικό. Η απόφαση αυτή λήφθηκε για την αποφυγή μεταφοράς της αβεβαιότητας του κρατικού δικτύου στο δίκτυο αποτύπωσης.

Έχοντας υπόψη τις προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούνται για τις ανάγκες της εργασίας αποφασίστηκε η ίδρυση μιας εξωτερικής κλειστής όδευσης με 8 κορυφές και μιας εσωτερικής εξαρτημένης και από τα δύο άκρα. Οι 8 εξωτερικές κορυφές τοποθετήθηκαν περιμετρικά του ναού, δύο από αυτές βρίσκονταν απέναντι από τις δύο θύρες του ναού και άλλες δύο απέναντι από το ανατολικό και βόρειο παράθυρο. Η εσωτερική όδευση αποτελούμενη από τρία σημεία εξαρτήθηκε από τις στάσεις της εξωτερικής όδευσης που βρίσκονταν απέναντι από τις δύο θύρες.

Για αντιμετώπιση της αδυναμία για πλήρη αποτύπωση των λεπτομερειών του ιερού βήματος από την εντός του ναού στάση, δημιουργήθηκε μια επιπλέον στάση εντός του ιερού. Η στάση αυτή τοποθετήθηκε στην ευθεία της εσωτερικής στάσης και της στάσης έξω από το ανατολικό παράθυρο.

Τέλος επειδή το πολυγωνομετρικό δίκτυο δεν θα εντασσόταν στο κρατικό, αλλά θα ήταν ένα αυθαίρετο τοπικό, αποφασίστηκε να δημιουργηθούν κλειστές οδεύσεις. Με την δημιουργία οδεύσεων τέτοιου είδους παρείχετο η δυνατότητα ελέγχου γωνιακών και γραμμικών σφαλμάτων.



Εικόνα 9: Διάγραμμα πολυγωνομετρικού δικτύου

### 3.4 Μέτρηση και επίλυση πολυγωνομετρικού δικτύου

Μετά την ίδρυση του πολυγωνομετρικού δικτύου και την επιλογή των κατάλληλων κορυφών ακολούθησε η μέτρηση και επίλυση του δικτύου. Αποφασίστηκε να μετρηθεί και επιλυθεί η όδευση σε πρώτο στάδιο και έπειτα να ακολουθήσει η μέτρηση των φωτοσταθερών και σημείων τοπογραφικής αποτύπωσης. Επιλέχθηκε η μέθοδος αυτή που αν και πιο χρονοβόρα από την παράλληλη μέτρηση εξασφάλιζε το γεγονός ότι οι μετρήσεις των σημείων αποτύπωσης έγιναν πάνω σε μια σωστά μετρημένη όδευση.

Με την ολοκλήρωση των μετρήσεων πραγματοποιήθηκε μια επιτόπια επίλυση των μετρήσεων. Υπολογίστηκαν με αυτό τον τρόπο τα γραμμικά και γωνιακά σφάλματα κλεισίματος της όδευσης. Τέλος δόθηκαν και προσωρινές τιμές στις κορυφές της όδευσης στο αυθαίρετο τοπικό σύστημα που ιδρύθηκε.

### 3.5 Προγραμματισμός λήψεων

Ο προγραμματισμός των λήψεων των φωτογραφιών αποβλέπει στην εύρεση της βέλτιστης λήψης ώστε αυτή να γίνεται με το ελάχιστο κόστος και τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια και πληρότητα. Ο προγραμματισμός λήψεων εξαρτάται από πολλούς παράγοντες οι οποίοι είναι αλληλοεξαρτώμενοι και το επιθυμητό αποτέλεσμα μπορεί να προκύψει από συνδυασμό των παραμέτρων αυτών. Κατά τον προγραμματισμό καθορίζονται οι κλίμακες των εικόνων που θα ληφθούν, της φωτογραμμετρικής μεθόδου που θα ακολουθηθεί, η γεωμετρία λήψης, ο τρόπος απόδοσης και η τελική κλίμακα του διαγράμματος.

Η κλίμακα απόδοσης και η κλίμακα φωτογραφιών είναι άμεσα συνυφασμένες. Μελετώντας το μέγεθος της εκκλησίας και η λεπτομέρεια που χαρακτηρίζει την αρχιτεκτονική της αποφασίστηκε ως βέλτιστη κλίμακα απόδοσης η 1:50. Η κλίμακα των φωτογραφιών δεν πρέπει να είναι μικρότερη του 1:250 σύμφωνα με εμπειρικό κανόνα. Η κλίμακα αυτή προκύπτει από την εμπειρική σχέση  $\lambda\phi/\lambda\alpha < 5$ , όπου  $\lambda\phi$  συντελεστής κλίμακας φωτογράφισης και  $\lambda\alpha$  συντελεστής κλίμακας απόδοσης. Εφαρμόζοντας μικρότερη κλίμακα απόδοσης από αυτή που προκύπτει από την εμπειρική αυτή σχέση χαρακτηριστικά και λεπτομέρειες των όψεων αρχίζουν να γίνονται λιγότερο ευκρινή, λιγότερο ευδιάκριτα, χάνεται σημαντική πληροφορία. Αποτέλεσμα αυτού να προκύπτουν πολλά προβλήματα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας απόδοσης και να παράγονται τελικώς σχέδια ελλείπει, δίχως ιδιαίτερη ακρίβεια και αξιοπιστία.

Αφού πραγματοποιήθηκε λεπτομερής παρατήρηση της εκκλησίας αποφασίστηκε όπως η δυτική όψη αποδοθεί διεικονικά, λόγω του ανάγλυφου περιγράμματος της πόρτας. Στις υπόλοιπες πλευρές της εκκλησίας οι οποίες παρουσίαζαν μια επιπεδότητα χωρίς καμία ιδιαιτερότητα ανάγλυφου, θα εφαρμοζόταν μονοεικονική φωτογραμμετρική διαδικασία. Η πιο πάνω απόφαση λήφθηκε για τον ορθό προγραμματισμό των λήψεων, για κάλυψη των απαιτήσεων της κάθε μεθόδου και με γνώμονα την οικονομικότητα της διαδικασίας.

Ο καθορισμός της γεωμετρίας λήψης αποτελεί ένα από τα πλέον βασικά στάδια του επίγειου προγραμματισμού. Καθορίζοντας τη γεωμετρία λήψης, προσδιορίζεται η θέση και ο προσανατολισμός της φωτομηχανής σε σχέση με το φωτογραφούμενο αντικείμενο. Επιλέγοντας τη βέλτιστη γεωμετρία του συστήματος φωτομηχανή-αντικείμενο, ουσιαστικά επιτυγχάνονται μεγάλες γωνίες τομής των ομόλογων ακτινών. Γίνεται προσπάθεια επίσης οι γωνίες στροφής να προσεγγίζουν την μηδενική τιμή. Τα στοιχεία που καθορίζουν την γεωμετρία λήψης είναι η απόσταση λήψης  $H$ , οι γωνίες στροφής  $\omega$ ,  $\phi$ ,  $\kappa$  και ο λόγος βάση προς την απόσταση λήψης.

Για τον υπολογισμό της απόστασης λήψης έπαιξε ρόλο η επιτρεπτή κλίμακα φωτογραφιών καθώς και οι περιορισμοί από την μορφολογία του περιβάλλοντα χώρου. Στην δυτική πλευρά του ναού, όπου έγινε και στερεοφωτογραμμετρική εφαρμογή λήφθηκαν φωτογραφίες από τα έξι μέτρα για την πόρτα και από τα οκτώ μέτρα για κάλυψη ολόκληρης της πλευράς.

Στην ανατολική και νότια πλευρά λόγω της πυκνής βλάστησης δεν ήταν δυνατόν να ληφθούν φωτογραφίες από τα έξι ή τα οκτώ μέτρα, αλλά από πολύ πιο κοντινή απόσταση. Αντιθέτως στην βόρεια πλευρά όπου και πάλι θα εφαρμοζόταν μονοεικονική διαδικασία, η καθαρότητα του πεδίου έδωσε την δυνατότητα για λήψη φωτογραφιών από κοντινές και μακρινές αποστάσεις.

Στις πλευρές της εκκλησίας που αποφασίστηκε να εφαρμοστεί η μέθοδος της μονοεικονικής αναγωγής εξετάστηκε η αποχή των σημείων της επίπεδης επιφάνειας. Η αποχή των σημείων αυτών από το ιδανικό επίπεδο, είναι η κύρια πηγή σφαλμάτων,

αφού η αποχή αυτή μεταφράζεται σε ακτινική μετατόπιση λόγω αναγλύφου, με αρνητικά αποτελέσματα στο παραγόμενο προϊόν. Η μέγιστη ανεκτή αποχή των σημείων εξαρτάται από την απόσταση λήψης της εικόνας και την κλίμακα του προϊόντος. Η αποχή αυτή υπολογίζεται από τη σχέση  $\Delta H_{\max} = d \cdot K \cdot c / r_{\max}$ , όπου  $d$  το μέγιστο επιτρεπτό σχεδιαστικό σφάλμα στην κλίμακα του διαγράμματος σε χιλιοστά, που επιλέγεται συνήθως στα 0.2 χιλιοστά σύμφωνα με τη διακριτική ικανότητα του ματιού.

Ο προσδιορισμός του λόγου βάση λήψης προς απόσταση των στερεοζευγών έγινε κάτω υπό ορισμένες προϋποθέσεις. Η τιμή αυτή επιλέχθηκε να προσεγγίζει τον λόγο 1:4, ο οποίος θεωρείται ως ο βέλτιστος για φωτογράφιση όψεων που παρουσιάζουν έντονο ανάγλυφο, όπως έχει πειραματικά αποδειχθεί. Σχηματίζονται έτσι στερεοσκοπικά μοντέλα με ευκρίνεια η παρατήρηση των οποίων γίνεται με περισσή ευκολία. Επιλέχθηκε η φωτογράφιση να γίνει παράλληλα με το φωτογραφούμενο αντικείμενο, ορίζοντας με αυτό τον τρόπο τον  $x$  άξονα του συστήματος. Το επικαλυπτόμενο τμήμα των στερεοζευγών επιλέχθηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να απεικονίζεται το αντικείμενο ενδιαφέροντος, δηλαδή η πόρτα και το ανάγλυφο της. Τέλος οι φωτογραφίες αυτές λήφθηκαν με προσοχή ώστε να μην παρεμβάλλονται τα φυσικά εμπόδια, που στην προκειμένη περίπτωση ήταν τα κυπαρίσσια.

Απαραίτητο στοιχείο για τη σωστή φωτογραφική κάλυψη των αντικειμένων είναι η επιλογή της κατάλληλης ώρας λήψεων. Το φως είναι αυτό που καθορίζει τις συνθήκες φωτογράφισης, την ποιότητα του αποτελέσματος και την ακρίβεια της φωτογραμμετρικής απόδοσης. Στην παρούσα μελέτη, μοναδική πηγή φωτός ήταν η ηλιακή, επομένως η θέση του ήλιου ήταν ο σημαντικότερος παράγοντας που καθόρισε τη λεπτή διαδικασία της φωτογράφισης των αντικειμένων. Κατά τη συνήθη διαδικασία ο ήλιος πρέπει να βρίσκεται σε τέτοια θέση ούτως ώστε η φωτογραφική προσέγγιση των όψεων να γίνεται κάτω από τις ιδανικότερες συνθήκες και με τον πιο πλήρη και ολοκληρωμένο τρόπο. Βέλτιστη ώρα για πραγματοποίηση των λήψεων είναι όταν ο φωτισμός είναι τριών τετάρτων, δηλαδή όταν οι ηλιακές ακτίνες σχηματίζουν γωνία πρόσπτωσης 45 μοιρών με το επίπεδο του φωτογραφούμενου αντικειμένου. Με την κατάλληλη επιλογή στις συνθήκες φωτισμού το ανάγλυφο αναπαρίσταται με έντονο τρόπο ενώ δεν υπάρχει κίνδυνος υπερφωτισμού ή υποφωτισμού των φωτογραφιών. Στην περίπτωση των φωτογραφήσεων πέραν της θέσης του ήλιου λήφθηκε υπόψη και οι σκιά των δέντρων επί του αντικειμένου.

### 3.6 Τοποθέτηση φωτοσταθερών

Το πρώτο βήμα για την υλοποίηση της φωτογραμμετρικής διαδικασίας είναι η επιλογή των προς απόδοση όψεων και η μέθοδος που θα ακολουθηθεί σε κάθε μια από αυτές. Είναι επίσης γνωστό πως τα φωτοσταθερά είναι αναγκαία για την σύνδεση των φωτογραμμετρικών μετρήσεων με το γεωδαιτικό σύστημα.

Τα φωτοσταθερά είναι προσημασμένα, συνήθως, σημεία που τοποθετούνται στο αντικείμενο και επισημαίνονται με μικρούς αυτοκόλλητους στόχους, το μέγεθος των οποίων να εξασφαλίζει την ευκρίνειά τους πάνω στις εικόνες. Οι συντεταγμένες των φωτοσταθερών προσδιορίζονται με τοπογραφικές μεθόδους και χρησιμοποιούνται στην φωτογραμμετρική διαδικασία για τον υπολογισμό των προσανατολισμών των εικόνων.

Ο αριθμός και η κατανομή των φωτοσταθερών εξαρτώνται από τη φωτογραμμετρική διαδικασία που θα ακολουθηθεί. Επιλέγεται η διεικονική απόδοση για αντικείμενα που παρουσιάζουν έντονο ανάγλυφο και έντονες κλίσεις. Για όψεις που δεν έχουν ιδιαίτερο ανάγλυφο και όλα τα χαρακτηριστικά τους βρίσκονται σε ένα επίπεδο προτιμάται η μονοεικονική μέθοδος.

Στην μονοεικονική αναγωγή, ο ελάχιστος αριθμός φωτοσταθερών που απαιτούνται είναι τέσσερα. Ο προβολικός μετασχηματισμός που εκτελείται έχει οκτώ αγνώστους. Κάθε φωτοσταθερό δίνει δύο εξισώσεις παρατήρησης.

Στη δε στερεοφωτογραμμετρία ο απόλυτος προσανατολισμός έχει επτά αγνώστους και κάθε φωτοσταθερό δίνει τρεις εξισώσεις παρατήρησης. Σε κάθε περίπτωση και όπου αυτό είναι δυνατό τοποθετούνται περισσότερα από τα ελάχιστα φωτοσταθερά με σκοπό την πραγματοποίηση συνόρθωσης. Οι κατάλληλες θέσεις για τοποθέτηση των φωτοσταθερών είναι περιμετρικά του αντικειμένου. Ανάγκη βέβαια παρουσιάζεται για τοποθέτηση φωτοσταθερών στο εσωτερικό της περιοχής για να είναι πλήρως ελεγχόμενα και τα σφάλματα του υψομετρικού δικτύου (Σοφοκλέους 2006).

Λαμβάνοντας υπόψη τη φωτογραμμετρική διαδικασία που επιλέχθηκε για την κάθε πλευρά της εκκλησίας και τις απαιτήσεις τις κάθε μεθόδου σε αριθμό φωτοσταθερών, έγινε η τοποθέτηση αυτών, στις κατάλληλες θέσεις. Στην βόρεια και νότια πλευρά του ναού τοποθετήθηκαν έξι φωτοσταθερά στους τοίχους της εκκλησίας, αριθμός ικανός για την μονοεικονική αναγωγή. Στους πεσσούς που βρίσκονταν σε διαφορετικό επίπεδο, παράλληλο με αυτό του τοίχου τοποθετήθηκαν διαφορετικά φωτοσταθερά, ώστε να προσδιοριστεί σε αυτά η κλίμακα μετά την αναγωγή.

Με τη βοήθεια ανυψωτικού μηχανήματος τοποθετήθηκαν φωτοσταθερά στην πάνω πλευρά και των τεσσάρων όψεων της εκκλησίας ώστε να εξασφαλιστεί η απαιτούμενη περιμετρική κάλυψη από φωτοσταθερά. Στην ανατολική πλευρά, όπου το ιερό βήμα είχε μορφή οκταπλεύρου τοποθετήθηκαν φωτοσταθερά στην κάθε πλευρά ώστε να γίνει ξεχωριστή αναγωγή για την κάθε μία από αυτές. Τέλος στη δυτική πλευρά, όπου θα γινόταν στερεοφωτογραμμετρία, τοποθετήθηκαν πέντε φωτοσταθερά γύρω από την είσοδο και τέσσερα σε κάθε σκαλί που βρισκόταν σε διαφορετικό επίπεδο από την κυρίως πλευρά του ναού.

Στο τέλος της διαδικασίας τοποθέτησης των φωτοσταθερών συντάχθηκαν σκαριφήματα για την παρουσίαση των θέσεων τοποθέτησης και αρίθμηση των φωτοσταθερών.



### 3.7 Μέτρηση φωτοσταθερών και τοπογραφικών σημείων

Το επόμενο βήμα στην διαδικασία της τεκμηρίωσης απαιτούσε τις μετρήσεις για τον υπολογισμό των γεωδαιτικών συντεταγμένων των φωτοσταθερών και των σημείων αποτύπωσης. Τα σημεία αυτά μετρήθηκαν από την όδευση που ιδρύθηκε και προσδιορίστηκαν οι συντεταγμένες τους στο αυθαίρετο σύστημά της.

Φωτοσταθερά μετρήθηκαν από δύο ή και περισσότερες στάσεις όπου αυτό ήταν δυνατό. Πολλαπλές μετρήσεις λήφθηκαν επίσης και στα σημεία μεγάλων λεπτομερειών για αποφυγή λαθών.

Στο εσωτερικό της εκκλησίας εφαρμόστηκε κλασσική τοπογραφική μέθοδος, για την αποτύπωση των τομών και των σημείων λεπτομέρειας.

Τέλος με τη χρήση μετροταινίας μετρήθηκαν και διάφορα άλλα μήκη, όπως για παράδειγμα αποστάσεις μεταξύ φωτοσταθερών, μήκη και πλάτη χαρακτηριστικών αντικειμένων και ύψη σκαλιών ώστε να ελεγχθεί στο τέλος η ακρίβεια και ορθότητα του τελικού σχεδίου.

#### 4. ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΓΡΑΦΕΙΟΥ

Μετά το πέρας των μετρήσεων υπαίθρου ακολουθεί η επεξεργασία τους και η εξαγωγή των τελικών προϊόντων. Οι επεξεργασίες συμπεριλαμβάνουν επιλύσεις για τα τοπογραφικά και φωτογραμμετρικά δίκτυα, ο δε συνδυασμός των επιλύσεων αυτών θα δώσει την τελική μορφή του ναού.

##### 4.1 Συλλογή δεδομένων

Το πρώτο στάδιο στην επεξεργασία δεδομένων είναι η συγκέντρωση και η αποθήκευση των μετρήσεων σε ηλεκτρονικό υπολογιστή και η σωστή αρχειοθέτησή τους για να μην προκληθούν καθυστερήσεις στην πορεία.

Με την βοήθεια κατάλληλου λογισμικού που συνοδεύει τον γεωδαιτικό σταθμό αποθηκεύτηκαν όλες οι μετρήσεις σε μορφή excel ώστε να είναι ευκολότερη η υπολογιστική διαδικασία. Το αρχείο αυτό περιελάμβανε το όνομα της στάσης, το σημείο μηδενισμού, το στοχευόμενο σημείο, τις οριζόντιες αποστάσεις τα ύψη οργάνου και στόχου και τις γωνίες οριζόντιες και κατακόρυφες.

Τα φωτογραμμετρικά δεδομένα λήφθηκαν από την μηχανή CANON. Οι φωτογραφίες ήταν αποθηκευμένες σε μορφή RAW, μορφή μη επεξεργάσιμη από τα συνηθισμένα προγράμματα ηλεκτρονικών υπολογιστών. Με τη χρήση του λογισμικού viewer utility που συνοδεύει την φωτομηχανή, μετατράπηκαν οι φωτογραφίες σε μορφή tiff και αποθηκεύτηκαν σε αρχεία χωρισμένες ανά πλευρά της εκκλησίας.

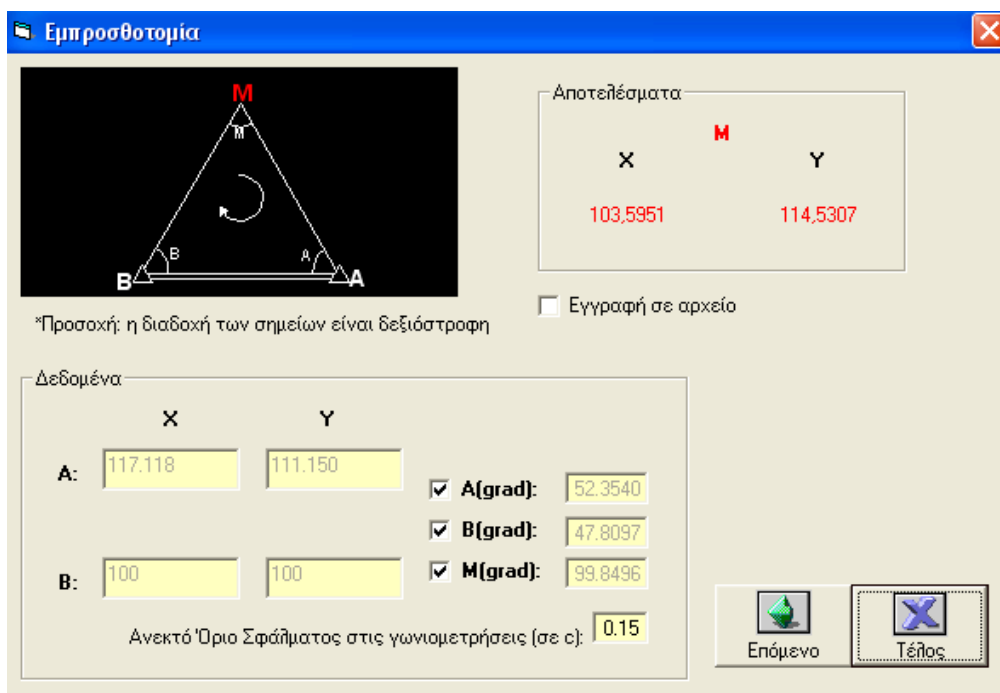
##### 4.2 Επίλυση πολυγωνομετρικού δικτύου

Μετά την πρόχειρη υπαίθρια επίλυση της όδευσης στο γραφείο απαιτείται η επανεπίλυση και υπολογισμός των συνορθωμένων πλέον συντεταγμένων. Η επίλυση του πολυγωνομετρικού δικτύου προηγείται των υπολοίπων, αφού πάνω σε αυτήν βασίζεται η πορεία των εργασιών.

Για την επίλυση της όδευσης στο αυθαίρετο τοπικό σύστημα που δημιουργήθηκε δόθηκαν αυθαίρετες συντεταγμένες στην πρώτη κορυφή. Θεωρήθηκε ότι η πρώτη στάση της όδευσης έχει συντεταγμένες  $X=100$ ,  $Y=100$  και  $Z=100$ . Θεωρήθηκε επίσης σταθερή η γωνία διεύθυνσης  $\alpha_{12}=100\text{grad}$ .

Η κύρια εξωτερική όδευση επιλύθηκε σαν κλειστή εξαρτημένη. Σε υπολογιστικό πρόγραμμα που συντάχθηκε σε λογισμικό excel, χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα οριζόντιες αποστάσεις μεταξύ κορυφών και γωνίες διεύθυνσης. Για την υψομετρική επίλυση της όδευσης χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα τα ύψη οργάνου και στόχου, οι ζενίθιες γωνίες και οι κεκλιμένες αποστάσεις. Η κύρια όδευση έκλεισε με γωνιακό σφάλμα 0.0023grad, μέσο γραμμικό σφάλμα κλεισίματος 0.007 μέτρα και υψομετρικό σφάλμα κλεισίματος 0.0055 μέτρα.

Η δευτερεύουσα όδευση, που συνδέει την κύρια με το εσωτερικό της εκκλησίας επιλύθηκε με τη μέθοδο εμπροσθοτομίας χρησιμοποιώντας το αντίστοιχο λογισμικό. Από την επίλυση προέκυψαν γωνιακά σφάλματα 0.15c, υψομετρικό σφάλμα κλεισίματος 0.012.



Εικόνα 10: Υπολογισμός συντεταγμένων δευτερεύουσας όδευσης

Τέλος η στάση εντός του ιερού βήματος υπολογίστηκε μετρώντας απόσταση επί της ευθυγραμμίας των στάσεων 9 και 7. Το υψόμετρο της στάσης αυτής υπολογίστηκε με αφετηρία την κορυφή 9 της δευτερεύουσας όδευσης.

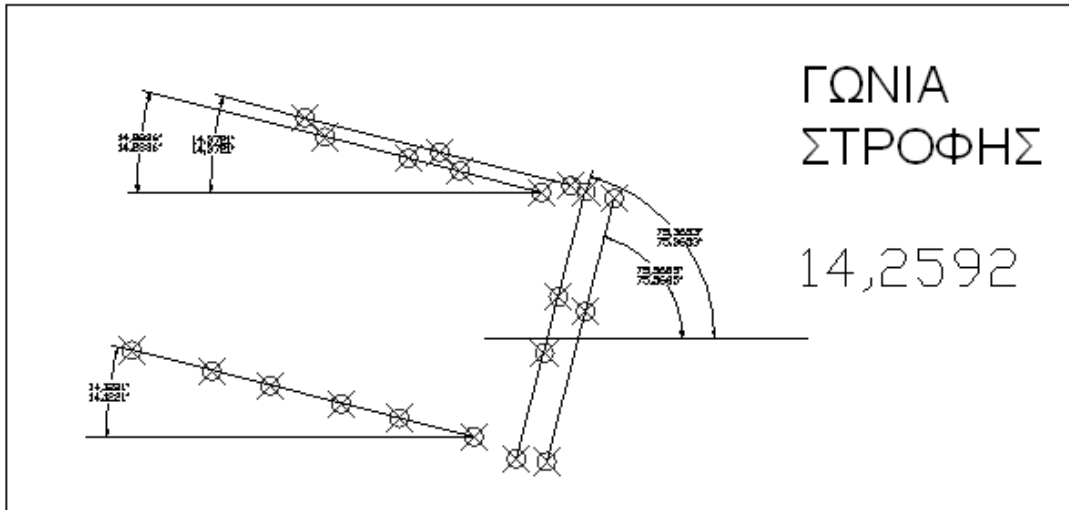
ΣΤΑΣΗ	X	Y	Z
2	113,697	99,999	100,128
3	117,118	111,150	100,686
4	129,252	119,562	101,413
5	106,451	126,849	100,145
6	89,940	124,586	100,075
7	90,314	117,600	100,408
8	88,966	105,283	99,942
1	100,000	100,000	100,000
10	99,094	115,573	101,306
9	1035951,000	114,531	101,140

Εικόνα 11: Συντεταγμένες στάσεων

### 1.1 Υπολογισμός συντεταγμένων και στροφές αξόνων

Αφού υπολογίστηκαν οι συντεταγμένες των κορυφών της όδευσης υπολογίστηκαν οι συντεταγμένες των σημείων αποτύπωσης καθώς και των φωτοσταθερών. Όταν το αντικείμενο είναι γεωμετρική τεκμηρίωση όψεων ή τομών του μνημείου τότε πρέπει οι συντεταγμένες των σημείων που ανήκουν στην όψη ή στην τομή να στρέφονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να είναι παράλληλα προς το επίπεδο αναφοράς. Αυτό επιτυγχάνεται με δύο μετασχηματισμούς, αρχικά το γεωδαιτικό σύστημα στρέφεται για να είναι παράλληλο με το ίχνος προβολής της όψης και μια εναλλαγή των αξόνων του συστήματος ώστε να ταυτίζεται με το σύστημα αξόνων των φωτογραμμετρικών λήψεων (Σοφοκλέους 2006).

Οι αρχικές συντεταγμένες των σημείων που υπολογίζονται είναι αυτές στο αυθαίρετο γεωδαιτικό σύστημα. Το πλήθος των σημείων αυτών κείται επί ευθείας εκτός μικρών αποκλίσεων που οφείλονται σε σφάλματα αποτύπωσης. Από το σύνολο των σημείων, τα οποία είχαν ραπορταριστεί σε σχεδιαστικό λογισμικό, επιλέχθηκαν τα δύο που ορίζουν ευθεία τέτοια ώστε η απόσταση κάθε σημείου από αυτήν να είναι η ελάχιστη. Με βάση τα δύο αυτά σημεία υπολογίζεται το αζιμούθιο του ίχνους του επιπέδου. Το αζιμούθιο πρέπει να είναι τέτοιο ώστε διατρέχοντας το ίχνος προβολής τα προς προβολή στοιχεία να βρίσκονται στα αριστερά. Θεωρήθηκε για το σκοπό αυτό μια καθετότητα μεταξύ βόρειας και δυτικής πλευράς και μια παραλληλία μεταξύ νότιας και βόρειας πλευράς.



Εικόνα 12:Υπολογισμός γωνίας στροφής γεωδαιτικού συστήματος

Στη συνέχεια εφαρμόστηκε ο πρώτος μετασχηματισμός ώστε το επίπεδο προβολής γίνει παράλληλο με το ίχνος προβολής:

$$X=X_{\gamma}*\cos\varphi+Y_{\gamma}*\sin\varphi,$$

$$Y=-X_{\gamma}*\sin\varphi+Y_{\gamma}*\cos\varphi$$

όπου  $X_{\gamma}$ ,  $Y_{\gamma}$  οι γεωδαιτικές συντεταγμένες και  $X$ ,  $Y$  οι συντεταγμένες προβολής. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν εναλλαγές των αξόνων για παραγωγή των φωτογραμμετρικών συντεταγμένων κάθε όψης ξεχωριστά. Η ίδια εναλλαγή πραγματοποιήθηκε και για τις συντεταγμένες των σημείων αποτύπωσης των τομών.

ΟΨΗ	X0	Y0	Z0
ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ	Y	Zπ	Xπ
ΒΟΡΕΙΑ	-Xπ	Zπ	Yπ
ΔΥΤΙΚΗ	-Yπ	Zπ	-Xπ
ΝΟΤΙΑ	Xπ	Zπ	-Yπ

Εικόνα 13:Εναλλαγή αξόνων-Συντεταγμένες όψεων

Ο υπολογισμός της γωνίας στροφής στον πρώτο μετασχηματισμό υπολογίστηκε από το σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD και οι υπολογισμοί των εναλλαγών αξόνων στο excel.

Χρησιμοποιώντας τις συντεταγμένες που προέκυψαν από τους μετασχηματισμούς συντάχθηκαν σχεδιαγράμματα της οριζόντιας τομής του ναού, της δυτικής πλευράς και της βόρειας.

### 4.3 Μονοεικονική απόδοση

Μια εικόνα από μόνη της όπως είναι γνωστό, δεν αρκεί για την ανακατασκευή ενός τρισδιάστατου αντικειμένου. Έχουν αναπτυχθεί στις μέρες μας μέθοδοι που χρησιμοποιούν μια και μόνο φωτογραφία, ο μετασχηματισμός δηλαδή της κεντρικής προβολής της φωτογραφίας σε ορθή. Απαραίτητη προϋπόθεση η γνώση της γεωμετρίας του αντικειμένου και η επιπεδότητά του, σε διαφορετική περίπτωση χρησιμοποιείται ψηφιακό μοντέλο του αντικειμένου ή τα γεωμετρικά σχήματα που την προσομοιάζουν. Μειονέκτημα της μεθόδου αυτής το ότι δεν προσδιορίζεται η τρίτη διάσταση.

Η αναγωγή μπορεί να γίνει με ή χωρίς τη γνώση του εσωτερικού προσανατολισμού της φωτομηχανής, καθώς πρόκειται για σχέσεις μεταξύ επιπέδων στις οποίες εφαρμόζεται προβολικός μετασχηματισμός. Στην πράξη επίσης πολλές φορές δεν είναι γνωστά τα στοιχεία του εσωτερικού προσανατολισμού. Στις περιπτώσεις αυτές πρέπει και οι οκτώ παράμετροι, δύο στροφές, δύο κλίμακες, μια κατά X και μία κατά Y, δύο μεταθέσεις και δύο διαφορικές στροφές, της προοπτικής αναγωγής να υπολογιστούν με τη χρήση φωτοσταθερών. Για το λόγο αυτό ραπορτάρονται το ελάχιστο τέσσερα φωτοσταθερά στην κατάλληλη κλίμακα δίνοντας έτσι οκτώ εξισώσεις παρατήρησης.

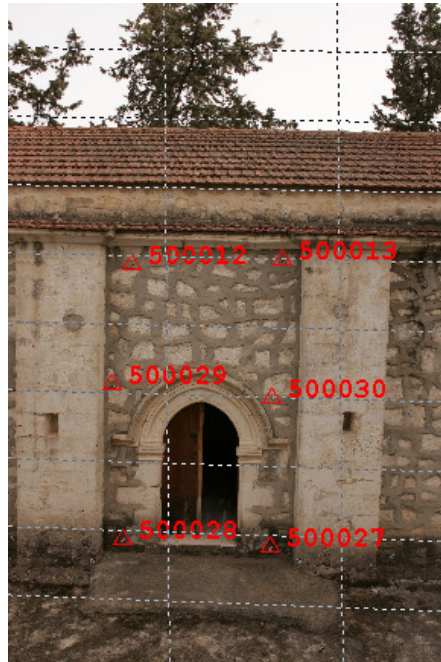
Κατά την προοπτική αναγωγή τα σφάλματα προσαρμογής στα φωτοσταθερά προστίθενται στα σφάλματα, τα οποία οφείλονται στις αποκλίσεις της πραγματικής επιφάνειας του αντικειμένου από το επίπεδο αναφοράς (KARL KRAUS 2003).

Στην παρούσα εργασία μονοεικονική απόδοση εφαρμόστηκε στις τρεις πλευρές της εκκλησίας, που αναφέρονται πιο πάνω, οι οποίες παρουσιάζουν επιπεδότητα επιφανειών. Η πραγματοποίηση των αναγωγών εφαρμόστηκε στο πρόγραμμα Archis της SISCAM, που διατέθηκε από το εργαστήριο φωτογραμμετρίας. Η αναγωγές πραγματοποιήθηκαν χωρίς γνώση του εσωτερικού προσανατολισμού.

Για κάθε πλευρά της εκκλησίας δημιουργήθηκε ξεχωριστό project, στο κάθε ένα από αυτά εισήχθησαν οι φωτογραφίες της αντίστοιχης όψης σε μορφή .tiff. Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω στις περιπτώσεις που δεν είναι γνωστός ο εσωτερικός προσανατολισμός η επίλυση γίνεται με τη στόχευση φωτοσταθερών. Για το σκοπό αυτό εισήχθησαν στο λογισμικό και οι συντεταγμένες των φωτοσταθερών, στραμμένες για την κάθε όψη, σε μορφή αρχείου .txt.

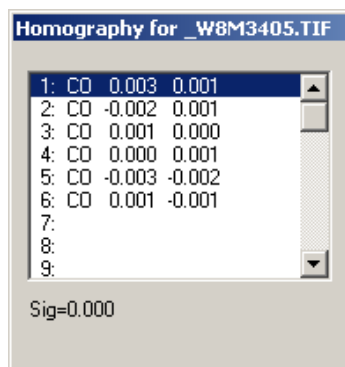
Για την επίλυση της αναγωγής εισήχθησαν στο λογισμικό οι φωτογραφίες και στοχεύτηκαν σε αυτές τα αντίστοιχα φωτοσταθερά. Τέσσερα φωτοσταθερά ήταν αρκετά για την επίλυση του μετασχηματισμού, αλλά στις περιπτώσεις που περιστάσεις το επέτρεπαν στοχεύτηκαν περισσότερα από τα απαιτούμενα. Κατά τη μέτρηση και στόχευση των φωτοσταθερών λήφθηκε υπόψη η περιμετρικότητα που

πρέπει αυτά να έχουν ως προς την εικόνα. Μετά και την στόχευση των φωτοσταθερών το λογισμικό δίνει την δυνατότητα δημιουργίας καννάβου για έλεγχο οριζοντιότητας και καθετότητας της ανηγμένης πλέον εικόνας.



**Εικόνα 14: Κάνναβος ελέγχου αναγωγής**

Το λογισμικό έχει επίσης τη δυνατότητα να παρουσιάζει την απόκλιση κάθε στοχευόμενου φωτοσταθερού. Στην περίπτωση που η απόκλιση ενός φωτοσταθερού υπερβαίνει το αρχικό ανεκτό σφάλμα αφαιρείται από την εικόνα και ταυτόχρονα δεν συμμετέχει στην επίλυση του μετασχηματισμού. Η εργασία αυτή ολοκληρώνεται με επαναστόχευση των προβληματικών φωτοσταθερών ή οριστική μη συμπερίληψη του. Κατά τη διαδικασία αφαίρεσης εξασφαλιζόταν πάντα η περιμετρικότητα, και η διατήρηση του ελάχιστου αριθμού φωτοσταθερών.



**Εικόνα 15: Απόκλιση στοχευόμενων φωτοσταθερών**

Με την εξασφάλιση της απαιτούμενη ακρίβειας δίνεται η δυνατότητα για μετάβαση στο επόμενο στάδιο, την επιλογή της προς αναγωγή περιοχής. Προσδιορίζεται η κλίμακα του τελικού προϊόντος και στη συνέχεια πραγματοποιείται η αναδόμηση της εικόνας με εφαρμογή της διγραμμικής παρεμβολής.

Το τελικό ανηγμένο εισήχθηκε στο σχεδιαστικό πρόγραμμα, στο οποίο υπήρχαν ήδη ραπορταρισμένα τα φωτοσταθερά της αντίστοιχης όψης. Η εικόνα προσαρμόστηκε στην κλίμακα και στην θέση των φωτοσταθερών.

#### 4.4 Διεικονική απόδοση

Η διεικονική μέθοδος εφαρμόζεται σε περιπτώσεις προσδιορισμού της μορφής, του σχήματος και της θέσης αντικειμένου με πολύπλοκη μορφή. Μια τέτοια πολύπλοκη μορφή στην παρούσα μελέτη αποτελούσε η δυτική όψη της εκκλησίας, στην οποία εφαρμόστηκε η μέθοδος αυτή.

Η μέθοδος συνίσταται στη μέτρηση μηκών και γωνιών πάνω σε ένα ζευγάρι φωτογραφιών και στη συνεχή επίλυση εμπροσθοτομίας για τον προσδιορισμό των γεωδαιτικών συντεταγμένων κάθε σημείου που απεικονίζεται στο επικαλυπτόμενο τμήμα του στερεοζεύγους. Η εξαγωγή μετρητικής πληροφορίας από ένα ζευγάρι φωτογραφιών επιτυγχάνεται με την στερεοσκοπική παρατήρηση του επικαλυπτόμενου τμήματος. Τελικό προϊόν της διαδικασίας αυτής είναι είτε η δημιουργία γραμμικού σχεδίου σε ορθή προβολή, είτε η δημιουργία ορθοφωτογραφιών και εξαγωγή του ψηφιακού μοντέλου επιφανείας του αντικειμένου.

Ορθοφωτογραφία είναι μια φωτογραφική εικόνα που έχει αναχθεί διαφορεικά ώστε να εξαλειφθούν οι παραμορφώσεις της αρχικής εικόνας, που οφείλονται στην επίδραση των κλίσεων και στις εκτροπές λόγω αναγλύφου. Οι κυριότερες ιδιότητες είναι ότι έχει ενιαία κλίμακα, περιέχει ποιοτική πληροφορία, έχει μετρητική αξιοπιστία και αποτελεί ευέλικτο ψηφιακό προϊόν (Καρράς-Πέτσα). Για την παραγωγή της ορθοφωτογραφίας απαραίτητη προϋπόθεση είναι η αποκατάσταση του εσωτερικού και η επίλυση του εξωτερικού προσανατολισμού.

Ο εσωτερικός προσανατολισμός αποκαθίσταται με τον προσδιορισμό και εφαρμογή της σταθεράς της μηχανής, της θέσης του πρωτεύοντος σημείου και της ακτινικής διαστροφής. Με τον προσδιορισμό των στοιχείων του εσωτερικού προσανατολισμού καθορίζεται το μοντέλο της κεντρικής προβολής που περιγράφει την φωτομηχανή.

Ο προσδιορισμός των στοιχείων του εσωτερικού προσανατολισμού επιτεύχθηκε με βαθμονόμηση της μηχανής στο εργαστήριο της φωτογραμμετρίας. Λήφθηκαν εικόνες σε προσημασμένα φωτοσταθερά στο εργαστήριο οι γεωδαιτικές συντεταγμένες των οποίων ήταν γνωστές εκ των προτέρων. Οι αποστάσεις λήψης ήταν οι ίδιες με αυτές της λήψης υπαίθρου. Στη συνέχεια προσδιορίστηκαν και οι εικονοσυντεταγμένες κάθε φωτοσταθερού σε σχεδιαστικό πρόγραμμα. Τα πιο πάνω χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα και εισήχθησαν σε πρόγραμμα επίλυσης mat lab, για εξαγωγή των στοιχείων του εσωτερικού προσανατολισμού τα οποία παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:



	x <sub>o</sub>	y <sub>o</sub>	c	kl	k2	p1	p2	y/x	apoklisi	so
6mO	1769,4766	1176,5835	3002,3688	-8,45E-09	9,34E-16	-3,30E-08	2,67E-08	0,99991	-0,00613	0,142
6mL	1771,0814	1174,4255	3001,8754	-9,62E-09	1,23E-15	1,30E-08	8,20E-08	0,99974	-0,01934	0,213
8mO	1773,0202	1176,1683	3000,5577	-8,35E-09	7,51E-16	5,31E-08	1,10E-07	0,99978	0,00016	0,113
8mL	1769,9463	1176,0419	3000,1058	-7,35E-09	1,87E-16	-4,87E-08	7,78E-08	1,00001	-0,01455	0,252
8mR	1773,1654	1176,5201	3000,6699	-9,82E-09	1,56E-15	1,50E-07	3,88E-08	0,99978	0,0037	0,111
M.O	1772,04397	1176,2434	3000,44447	-8,508E-09	8,316E-16	5,153E-08	7,53971E-08	0,99986	-0,0035633	
MEGETHOS(mm)	14,53076053	9,64519615	24,60364463							

Εικόνα 16:Στοιχεία εσωτερικού προσανατολισμού (Πηγή: Χρυσοστόμου 2008)

Εξωτερικός προσανατολισμός καλείται η διαδικασία προσδιορισμού της θέσης λήψης της φωτογραφίας. Η διαδικασία αυτή επιτυγχάνεται με την επίλυση της συνθήκης συγγραμμικότητας, η οποία θεωρεί ότι το προβολικό κέντρο Ο μιας λήψης, η εικόνα ενός σημείου στη φωτογραφία και το αντίστοιχο σημείο στο έδαφος κείνται επ' ευθείας. Η συνθήκη περιγράφεται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$x = -c \frac{r_{11}(X - X_o) + r_{12}(Y - Y_o) + r_{13}(Z - Z_o)}{r_{31}(X - X_o) + r_{32}(Y - Y_o) + r_{33}(Z - Z_o)} = -c \frac{A_1}{\Pi}$$

$$y = -c \frac{r_{21}(X - X_o) + r_{22}(Y - Y_o) + r_{23}(Z - Z_o)}{r_{31}(X - X_o) + r_{32}(Y - Y_o) + r_{33}(Z - Z_o)} = -c \frac{A_2}{\Pi}$$

Όπου  $r_{ij}$  τα στοιχεία του πίνακα στροφής  $R$ :

$$R_{\omega\phi\kappa} = \begin{pmatrix} \cos\phi \cos\kappa & \sin\omega \sin\phi \cos\kappa + \cos\omega \sin\kappa & -\cos\omega \sin\phi \cos\kappa + \sin\omega \sin\kappa \\ -\cos\phi \sin\kappa & -\sin\omega \sin\phi \sin\kappa + \cos\omega \cos\kappa & \cos\omega \sin\phi \sin\kappa + \sin\omega \cos\kappa \\ \sin\phi & -\sin\omega \cos\phi & \cos\omega \cos\phi \end{pmatrix}$$

Δηλαδή με στοιχεία εισόδου τα στοιχεία του εσωτερικού προσανατολισμού, τις εικονοσυντεταγμένες και τις γεωδαιτικές συντεταγμένες επιλεγμένων σημείων που βρίσκονται περιμετρικά της εικόνας προσδιορίζονται οι γεωδαιτικές συντεταγμένες του σημείου λήψης. Τα στοιχεία του εξωτερικού προσανατολισμού μιας εικόνας είναι έξι ( $X_o, Y_o, Z_o, \omega, \phi, \kappa$ ), επομένως για την αποκατάσταση των γεωδαιτικών συντεταγμένων απαιτείται η γνώση των γεωδαιτικών συντεταγμένων τουλάχιστον τριών φωτοσταθερών. Στην περίπτωση που δύο φωτογραφίες αποτελούν στερεοζεύγος προτιμάται η αποκατάσταση σχετικού και απόλυτου προσανατολισμού, παρά τον ξεχωριστό υπολογισμό εξωτερικού προσανατολισμού για κάθε φωτογραφία.

Η επίλυση των προσανατολισμών και η δημιουργία ορθοφωτογραφίας πραγματοποιήθηκε στο πρόγραμμα PHOTOMOD.

Το πρόγραμμα αυτό δίνει δυνατότητα επίλυσης προσανατολισμών, παραγωγή ή εισαγωγή ψηφιακού μοντέλου επιφάνειας, παραγωγή ορθοφωτογραφίας, σύνταξη φωτομωσαϊκού και στερεοαπόδοσης. Το πρόγραμμα αυτό χρησιμοποιείται για πρώτη

φορά στην παραγωγή ορθοφωτογραφίας και για το σκοπό αυτό ακολουθεί μια αναλυτική περιγραφή της πορείας των εργασιών στο πρόγραμμα αυτό.

#### **4.4.1 Δημιουργία μοντέλου στο λογισμικό**

Στο αρχικό στάδιο της επεξεργασίας, δημιουργείται νέο μοντέλο, στο οποίο δίνεται η επιθυμητή ονομασία. Το κάθε project που δημιουργείται αποθηκεύεται στο πρόγραμμα μαζί με τις επιμέρους εργασίες οι οποίες εκτελούνται, ώστε να γίνεται εύκολη ανάκληση τους από τον διαχειριστή του προγράμματος.

Το εν λόγω λογισμικό έχει την δυνατότητα επεξεργασίας εικόνων κεντρικής προβολής, εικόνων που προήλθαν από σάρωση. Η επεξεργασία μπορεί να είναι μονοεικονική ή διεικονική. Κατά τη δημιουργία του νέου project ορίζεται το είδος των εικόνων που θα χρησιμοποιηθούν.

Τέλος στο στάδιο αυτό ορίζεται το σύστημα των γεωγραφικών συντεταγμένων του μοντέλου. Στην βιβλιοθήκη του προγράμματος υπάρχει πλήθος τέτοιων συστημάτων για να καλύπτονται όλες οι περιοχές του πλανήτη. Στην περίπτωση που για οποιοδήποτε λόγω ένα σύστημα συντεταγμένων δεν περιλαμβάνεται στη βιβλιοθήκη δίνεται η δυνατότητα για δημιουργία του με ορισμό ελλειψοειδούς αναφοράς, του μέσου μεσημβρινού και προσαρμογής οποιοδήποτε συστήματος σε αυτό. Για αποτυπώσεις μνημείων σε αυθαίρετο τοπικό σύστημα, όπως και η παρούσα μελέτη, ορίζεται σαν σύστημα αναφοράς το down left, από τη βιβλιοθήκη. Δηλαδή το σύστημα αναφοράς έχει αρχή κάτω αριστερά.

Με την συμπλήρωση των πιο πάνω στοιχείων έχει δημιουργηθεί ήδη ένα νέο project. Το επόμενο βήμα είναι η εισαγωγή των εικόνων που θα συμμετάσχουν στην διαδικασία της ορθοαναγωγής. Από το παράθυρο εργασίας BLOCK EDITOR, γίνεται η εισαγωγή των εικόνων, οι οποίες πρέπει να έχουν raster format αναγνωρίσιμο από το λογισμικό (tiff, bmp, img, jpeg, gif, png, pcidsk, nitf). Γίνεται τοποθέτηση των φωτογραφιών με τη σειρά λήψης και χωρίζονται κατά επικαλυπτόμενες λωρίδες, όπου αυτές υπάρχουν. Στις δορυφορικές εικόνες δίνεται η δυνατότητα, από το λογισμικό για ραδιομετρική διόρθωση.

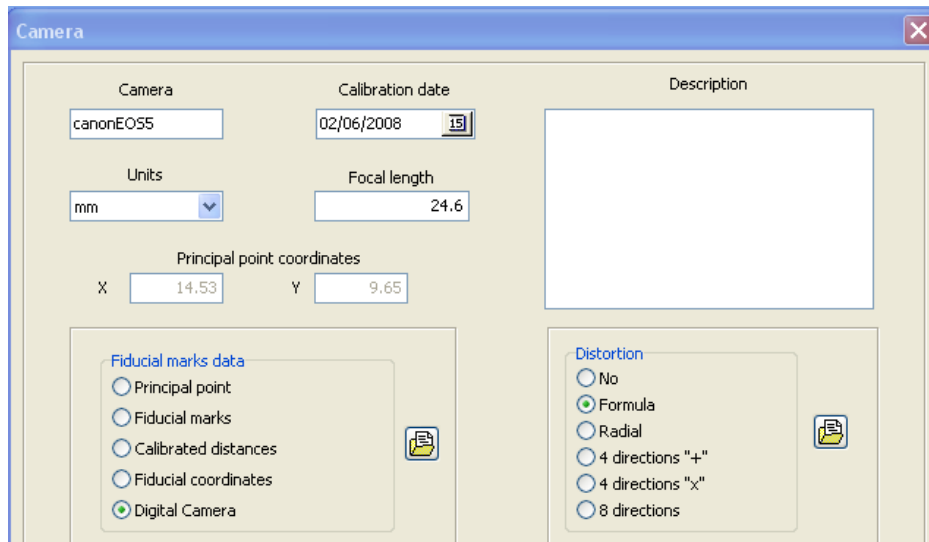
#### **4.4.2 Εσωτερικός προσανατολισμός**

Στο περιβάλλον cameras editor, εισάγονται τα χαρακτηριστικά της φωτομηχανής που χρησιμοποιήθηκε για το κάθε project. Τα στοιχεία της μηχανής αποθηκεύονται στην βιβλιοθήκη του προγράμματος και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μελλοντικές εφαρμογές. Για κάθε είδος φωτομηχανής τα στοιχεία που εισάγονται είναι διαφορετικά.

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε ψηφιακή φωτομηχανή, προσδιορίστηκαν οι μονάδες μέτρησης που θα χρησιμοποιούνταν στην πορεία των εργασιών, δόθηκαν οι συντεταγμένες του πρωτεύοντος σημείου, η εστιακή απόσταση και το μέγεθος εικονοστοιχείου της μηχανής. Καταγράφηκε επίσης η ημερομηνία καλιμπραρίσματος της μηχανής και το όνομα αυτής, για διευκόλυνση μελλοντικών χρήσεων. Τα

παραπάνω στοιχεία χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό του εσωτερικού προσανατολισμού της μηχανής.

Σε αναλογικές φωτομηχανές στο παρόν στάδιο της επεξεργασίας καταγράφονται οι συντεταγμένες του πρωτεύοντος σημείου και των εικονοστοιχείων. Προσδιορίζεται επίσης ο αλγόριθμος για τον υπολογισμό της ακτινικής διαστρόφης της εκάστοτε μηχανής.



Εικόνα 17: Προσδιορισμός χαρακτηριστικών φωτομηχανής

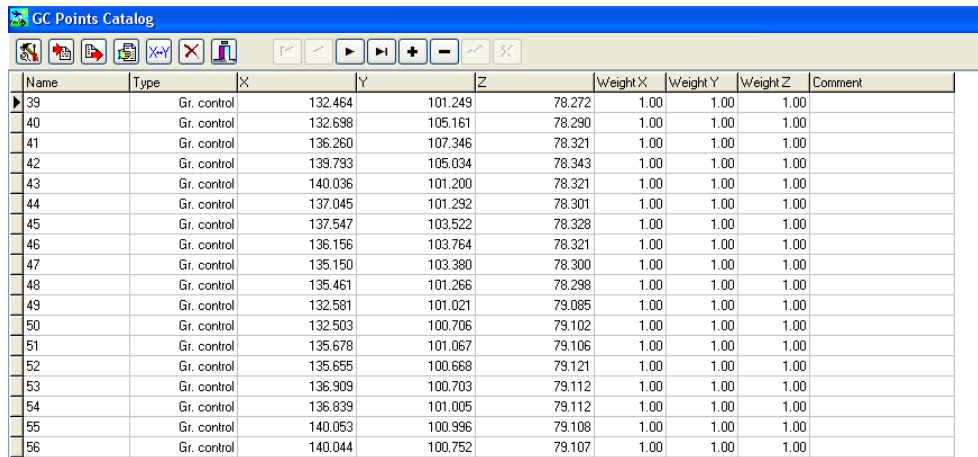
Η επίλυση των προσανατολισμών, η εξαγωγή ψηφιακού μοντέλου επιφάνειας και η παραγωγή ορθοφωτογραφίας λαμβάνει χώρα στο παράθυρο εργασιών PHOTOMOD AT. Από τη γραμμή εντολών

Πρώτο βήμα είναι η επίλυση του εσωτερικού προσανατολισμού. Στο παράθυρο εργασιών interior orientation του AT γίνεται η παραπάνω επίλυση. Από το σύνολο των εικόνων που έχουν εισαχθεί στο project επιλέγονται αυτές που θα συμμετάσχουν στην επίλυση, ο διαχωρισμός των εικόνων μπορεί να γίνει ανά λωρίδα ή όπως αυτό κρίνεται χρήσιμο. Από το δεξιό μέρος του παραθύρου επιλέγεται η μηχανή η οποία χρησιμοποιήθηκε για την λήψη των πιο πάνω φωτογραφιών. Στην λίστα αυτή βρίσκονται όλες οι μηχανές που έχουν αποθηκευτεί στην βιβλιοθήκη του προγράμματος.

Τέλος από την αριστερή πλευρά του παραθύρου επιλέγουμε το είδος της μηχανής. Στις ψηφιακές φωτομηχανές η επίλυση του προσανατολισμού είναι αυτοματοποιημένη διαδικασία, ενώ στις αναλογικές απαιτείται η στόχευση των εικονοστοιχείων. Με την επίλυση του εσωτερικού προσανατολισμού αποκαταστάθηκαν οι δέσμες των εικόνων ώστε να υπακούουν στους νόμους της κεντρικής προβολής.

#### 4.4.3 Εξωτερικός προσανατολισμός

Η επίλυση του εξωτερικού προσανατολισμού, που είναι το επόμενο βήμα της διαδικασίας εκτελείται και πάλι στο παράθυρο εργασίας PHOTOMOD AT. Ως πρώτο βήμα στην επίλυση του εξωτερικού προσανατολισμού είναι η εισαγωγή των συντεταγμένων των φωτοσταθερών ή Ground Control Points, όπως ονομάζονται στο πρόγραμμα. Οι συντεταγμένες αυτές είναι στραμμένες στους αντίστοιχους άξονες αναφοράς.



Name	Type	X	Y	Z	Weight X	Weight Y	Weight Z	Comment
39	Gr. control	132.464	101.249	78.272	1.00	1.00	1.00	
40	Gr. control	132.698	105.161	78.290	1.00	1.00	1.00	
41	Gr. control	136.260	107.346	78.321	1.00	1.00	1.00	
42	Gr. control	139.793	105.034	78.343	1.00	1.00	1.00	
43	Gr. control	140.036	101.200	78.321	1.00	1.00	1.00	
44	Gr. control	137.045	101.292	78.301	1.00	1.00	1.00	
45	Gr. control	137.547	103.522	78.328	1.00	1.00	1.00	
46	Gr. control	136.156	103.764	78.321	1.00	1.00	1.00	
47	Gr. control	135.150	103.380	78.300	1.00	1.00	1.00	
48	Gr. control	135.461	101.266	78.298	1.00	1.00	1.00	
49	Gr. control	132.581	101.021	79.085	1.00	1.00	1.00	
50	Gr. control	132.503	100.706	79.102	1.00	1.00	1.00	
51	Gr. control	135.678	101.067	79.106	1.00	1.00	1.00	
52	Gr. control	135.695	100.668	79.121	1.00	1.00	1.00	
53	Gr. control	136.909	100.703	79.112	1.00	1.00	1.00	
54	Gr. control	136.839	101.005	79.112	1.00	1.00	1.00	
55	Gr. control	140.053	100.996	79.108	1.00	1.00	1.00	
56	Gr. control	140.044	100.752	79.107	1.00	1.00	1.00	

Εικόνα 18:Εισαγωγή συντεταγμένων φωτοσταθερών

Η εισαγωγή των συντεταγμένων αυτών γίνεται στο παράθυρο εργασίας Measuring GCP. Η εισαγωγή μπορεί να γίνει με την καταγραφή των συντεταγμένων μια προς μια ή την συνολική εισαγωγή τους σαν αρχείο .txt format. Στο στάδιο αυτό γίνεται και η προαιρετική εισαγωγή συντεταγμένων των κέντρων προβολής. Η διαδικασία αυτή δεν είναι απαραίτητη για την πορεία των εργασιών αλλά σε περιπτώσεις όπως η παρούσα μελέτη, εξάγονται οι συντεταγμένες των κέντρων των φωτογραφιών από το σχεδιαστικό πρόγραμμα και εισάγονται ως επιπλέον στοιχείο στην επίλυση των προσανατολισμών. Στο ίδιο παράθυρο εργασίας επιλέγοντας την εντολή measure point, γίνεται η στόχευση των φωτοσταθερών στην αριστερή φωτογραφία του μοντέλου. Η ακρίβεια στόχευσης έγινε με μεγάλη προσοχή, αφού τυχόν σφάλματα στη στόχευση θα καθιστούσαν αδύνατη την επίλυση των προσανατολισμών.

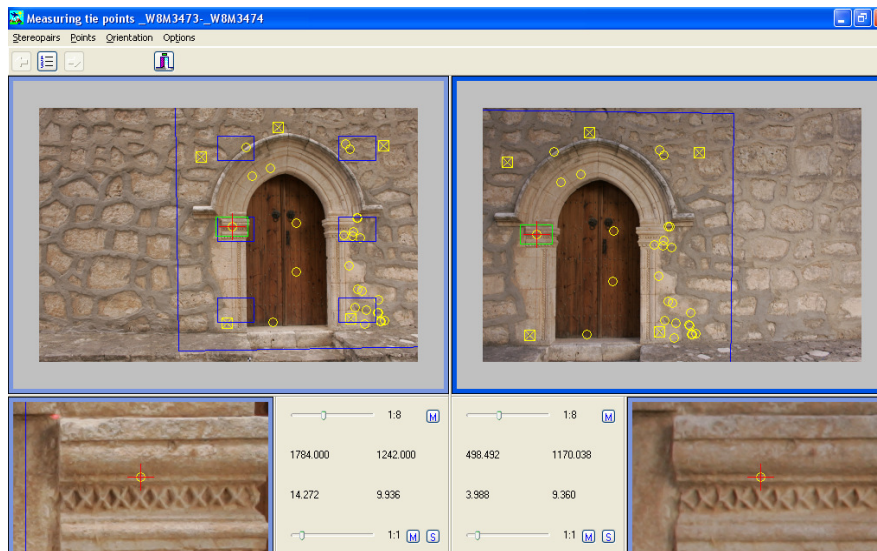
Σε περιπτώσεις που εργαζόμαστε για την παραγωγή ορθοφωτοχάρτη, οι συντεταγμένες των φωτοσταθερών μπορούν να εξαχθούν από χάρτη. Ο χάρτης αυτός εισάγεται στο πρόγραμμα και παρουσιάζεται στην ίδια οθόνη με την φωτογραφία ώστε να είναι δυνατός ο εντοπισμός των φωτοσταθερών.

Ακολουθεί η επίλυση του σχετικού προσανατολισμού, υπεύθυνου για την αποκατάσταση του σχήματος του αντικειμένου και την εξασφάλιση της στερεοσκοπικής αντίληψης. Κατά τη διαδικασία του σχετικού προσανατολισμού εξαλείφεται η  $y$  παράλλαξη, δηλαδή της φαινόμενης μετακίνησης ενός σημείου όταν αλλάζει το σημείο θέασης του. Η επίλυσή του επιτυγχάνεται με αλληλοτομία

ακτίνων, δηλαδή εξάλειψη της  $y$  παράλλαξης σε τουλάχιστον πέντε σημεία του μοντέλου.

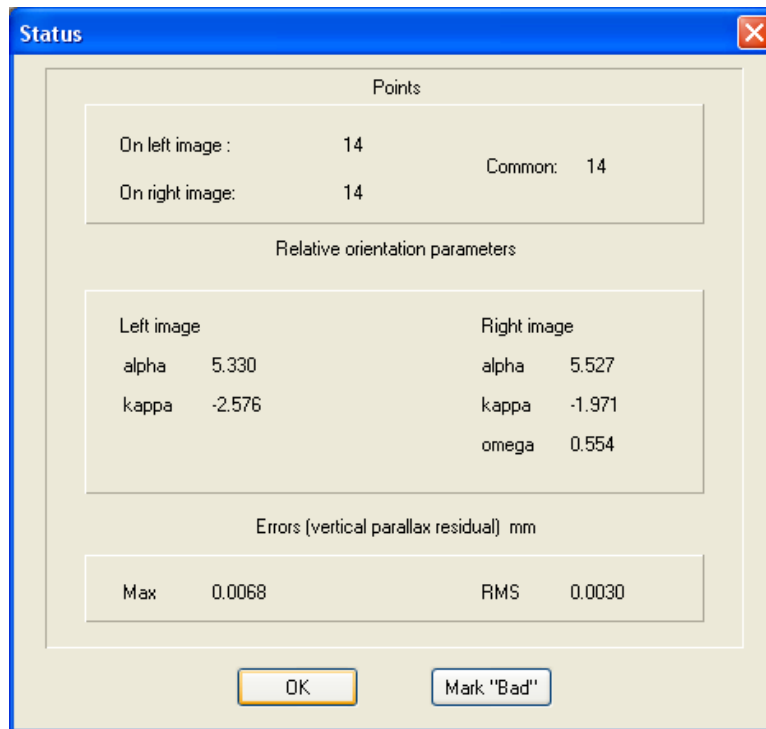
Το επόμενο στάδιο έλαβε χώρα στο περιβάλλον εργασίας Tie point measurements. Στο παράθυρο αυτό υπήρχε ταυτόχρονη προβολή της αριστερής και της δεξιάς φωτογραφίας. Έγινε στο σημείο αυτό η στόχευση ομόλογων σημείων στην δεξιά και αριστερή φωτογραφία για επίλυση του σχετικού προσανατολισμού. Επιλέχθηκαν περισσότερα από τα πέντε που απαιτούνται για την επίλυση ώστε να γίνει και αυτόματα από το πρόγραμμα συνόρθωση. Επιλέχθηκαν σημεία εύκολα αναγνωρίσιμα που βρίσκονταν σε διαφορετικά επίπεδα. Αυστηρή ήταν και η προσπάθεια εξασφάλισης της περιμετρικότητας των σημείων αυτών επί του επικαλυπτόμενου τμήματος.

Μετά την στόχευση και των σημείων αυτών επιλέγεται η εντολή calculate relative orientation από το εν λόγω παράθυρο και γίνεται η επίλυση του σχετικού προσανατολισμού. Στα αποτελέσματα του προσανατολισμού καταγραφόταν η υπολειπόμενη παράλλαξη κάθε σημείου σύνδεσης. Με τη βοήθεια του λογισμικού επιλέχθηκαν τα σημεία που παρουσίαζαν παράλλαξη μεγαλύτερη των 0.005mm. Τα σημεία αυτά επαναστοχεύτηκαν ή αφαιρέθηκαν από το σύστημα. Ακολούθησε η επανεπίλυση του προσανατολισμού μέχρι η υπολειπόμενη παράλλαξη να βρίσκεται εντός του ανεκτού ορίου σφάλματος.



Εικόνα 19:Στόχευση tie-points

Με επιλυμένο πλέον τον σχετικό προσανατολισμό, είναι δυνατή η στερεοσκοπική παρατήρηση του επικαλυπτόμενου τμήματος των φωτογραφιών. Με την εντολή stereocomparator γίνεται η στόχευση των φωτοσταθερών και στην δεξιά εικόνα του μοντέλου σε στερεοσκοπικό πλέον περιβάλλον. Η ανάγνωση της εικόνας και στόχευσης των φωτοσταθερών γίνεται με την χρήση ειδικών γυαλιών.

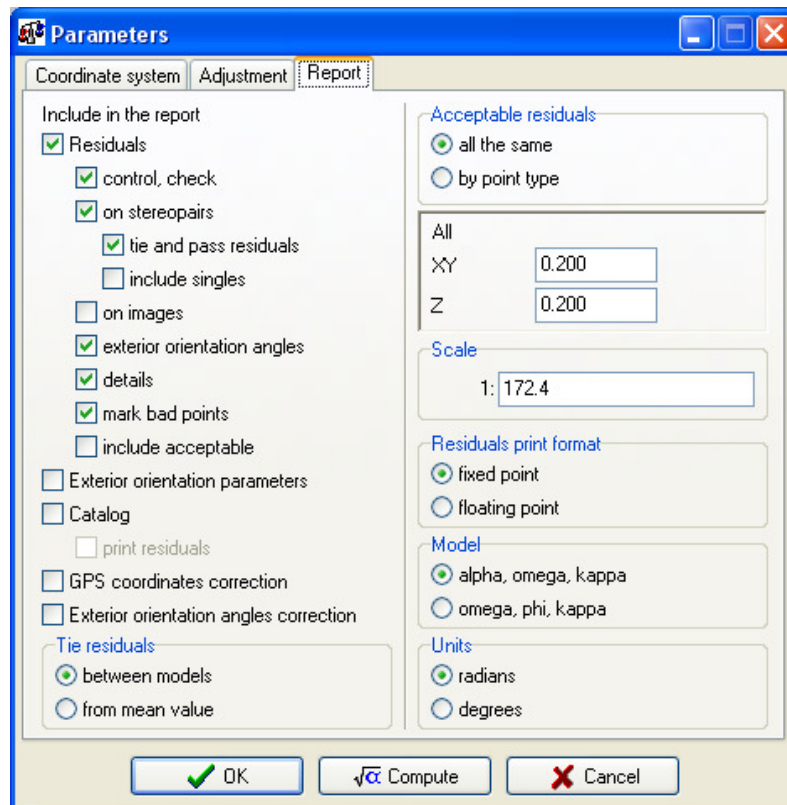


Εικόνα 20: Αναφορά σχετικού προσανατολισμού

Ακολουθεί η επίλυση του απόλυτου προσανατολισμού, του τελικού σταδίου της διαδικασίας των προσανατολισμών των ζευγών. Στόχος του εν λόγω προσανατολισμού είναι η συσχέτιση του στερεοσκοπικού μοντέλου με το γεωδαιτικό σύστημα. Αυτό επιτυγχάνεται με τον προσδιορισμό της κατάλληλης κλίμακας και θέσης του αντικειμένου.

Για την επίλυση του απόλυτου προσανατολισμού χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα τα φωτοσταθερά που στοχεύτηκαν στο προηγούμενο στάδιο. Στο παράθυρο εργασίας automatic tie point measurement του AAT γίνεται αυτόματος υπολογισμός tie points που χρησιμοποιούνται από το πρόγραμμα στην μετέπειτα πορεία για υπολογισμό του προσανατολισμού. Στο παράθυρο αυτό συμπληρώνονται τα χαρακτηριστικά, όπως ο αριθμός των νέων αυτών σημείων, ανάλογα με το προϊόν επεξεργασίας μας και την απαιτούμενη ακρίβεια των τελικών αποτελεσμάτων.

Η επίλυση του προσανατολισμού γίνεται στην επιφάνεια εργασίας block adjustments του stereo solver. Από το πάνω μέρος του παραθύρου γίνεται επιλογή της εντολής parameters. Στη νέα επιφάνεια εργασίας που ανοίγει γίνεται ο προσδιορισμός των παραμέτρων που θα ληφθούν υπόψη κατά τη διαδικασία επίλυσης του προσανατολισμού. Αρχικά επαναπροσδιορίζεται το σύστημα συντεταγμένων που χρησιμοποιείται, με την αρχή των αξόνων κάτω και αριστερά. Προσδιορίζεται ότι η επίλυση του προσανατολισμού θα γίνει σε ανεξάρτητο στερεοζεύγος και όχι σε μπλοκ πολλών φωτογραφιών. Ορίζεται το βάρος με το οποίο θα συμμετείχαν τα tie points και τα φωτοσταθερά στην επίλυση του προσανατολισμού. Τέλος ορίζονται στο πρόγραμμα ποια στοιχεία της, θα εμφανίζονται στην αναφορά της επίλυσης.



Εικόνα 21: Παράμετροι επίλυσης απόλυτου προσανατολισμού

Ο προσδιορισμός των παραμέτρων αυτών είναι για κάθε εργασία ξεχωριστός και έχει να κάνει με τα δεδομένα που υπάρχουν και τις απαιτήσεις των τελικών προϊόντων.

Με την ολοκλήρωση της εισαγωγής των παραμέτρων επιλέγοντας την εντολή compute επιλύθηκε αυτόματα ο απόλυτος προσανατολισμός. Στην οθόνη τώρα του υπολογιστή παρουσιάζεται το επικαλυπτόμενο τμήμα του ζεύγους, πάνω στα οποία παρουσιάζονται τα tie points που στοχεύτηκαν, τα φωτοσταθερά καθώς και σημεία σύνδεσης τα οποία τοποθετήθηκαν αυτόματα από το πρόγραμμα κατά τη διαδικασία επίλυσης. Έγινε έλεγχος στην ορθότητα του αποτελέσματος συγκρίνοντας γεωδαιτικές συντεταγμένες μετρημένων σημείων, με τις συντεταγμένες του αντίστοιχου σημείου στο επικαλυπτόμενο τμήμα του στερεοζεύγους.

#### 4.4.4 Συλλογή Ψηφιακού Μοντέλου Αναγλύφου

Μετά και την ολοκλήρωση της επίλυσης των προσανατολισμών, στην πορεία για παραγωγή ορθοφωτογραφίας, ακολουθεί η συλλογή ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου. Για τον προσδιορισμό των υψομέτρων του αντικειμένου χρησιμοποιείται η X παράλλαξη, η απαλοιφή της οποίας γίνεται με στερεοσκοπική παρατήρηση.

Η συλλογή του ψηφιακού μοντέλου εδάφους γίνεται στο παράθυρο εργασίας DTM του προγράμματος, το οποίο παρέχει τρεις επιλογές για την επίλυση του προβλήματος. Μπορεί να ζητηθεί από το πρόγραμμα να σχηματίσει κάρναβο με υψομετρικές κορυφές, με βήμα σταθερό το οποίο ορίζεται ανάλογα με την κλίμακα απόδοσης. Είναι δυνατή η εισαγωγή ψηφιακού μοντέλου του αντικειμένου, από laser

scanning, αν αυτό υπάρχει, και τέλος την χειροκίνητη τοποθέτηση σημείων που θα χρησιμοποιηθούν ως κορυφές για την επίλυση του τριγωνισμού. Για τον υπολογισμό των υψομέτρων της αυτοματοποιημένης διαδικασίας καννάβου χρησιμοποιούνται ως σημεία αναφοράς οι συντεταγμένες των φωτοσταθερών, βάση των οποίων γίνεται η παρεμβολή.

Μελετώντας τις δυνατότητες, τις τελικές απαιτήσεις και τις ιδιαιτερότητες του αντικειμένου επιλέχθηκε η χειροκίνητη τοποθέτηση σημείων ως η βέλτιστη λύση. Αυτό γιατί στην περιοχή γύρω από την πόρτα με τις έντονες διακυμάνσεις αναγλύφου χρειαζόντουσαν κορυφές γνωστών υψομέτρων σε πολύ κοντινές αποστάσεις, ενώ περιμετρικά της πόρτας ένα μεγαλύτερο βήμα καννάβου ήταν αρκετά ικανοποιητικό.

Με τις εντολές editing points και χρησιμοποιώντας τα ειδικά γυαλιά, εργαζόμενοι σε στερεοσκοπικό περιβάλλον τοποθετήθηκαν τα απαραίτητα σημεία κορυφών, εξαλείφοντας την χ παραλλαγή με τη χρήση της ιπτάμενης μάρκας.

Στις περιοχές που παρουσιαζόταν έντονη εναλλαγή κλίσεων χρησιμοποιήθηκαν και break lines, με την εντολή editing polylines, τέτοιες περιοχές ήταν τα σκαλιά και το τέλος του μαρμάρου με την αρχή της πόρτας.

Ολοκληρώνοντας την τοποθέτηση των σημείων και των γραμμών απότομης αλλαγής κλίσης, ζητήθηκε από το πρόγραμμα ο υπολογισμός του ψηφιακού μοντέλου με παρεμβολή. Ως βέλτιστη μέθοδος επίλυσης, από τις υπάρχουσες, επιλέχθηκε η TIN. Ως σημεία ελέγχου του καννάβου χρησιμοποιήθηκαν τα φωτοσταθερά και τα tie points. Βάση της κλίμακας του τελικού προϊόντος η ακρίβεια των σημείων (RMS), έπρεπε να είναι μικρότερη των 0.005m.

#	X	Y	Z	Name	Type	Residual
1	135.537	102.492	78.336	*2	Tie	.002
2	135.807	103.135	78.291	*3	Tie	-.005
3	137.038	103.548	78.328	*4	Tie	.002
4	137.102	102.404	78.343	*5	Tie	.000
5	135.047	103.240	78.294	*6	Tie	-.004
6	137.038	101.963	78.321	*7	Tie	-.003
7	136.089	101.197	78.001	*8	Tie	.001
8	136.420	101.875	78.021	*9	Tie	.002
9	136.427	102.541	78.029	*10	Tie	.000
10	137.048	101.292	78.304	44	GC	-.001

Εικόνα 22: Ακρίβεια προσδιορισμού DTM

Μετά και τον υπολογισμό του ψηφιακού μοντέλου μπορεί να εξαχθεί από το πρόγραμμα το dem σε ascii ή σε dxf μορφή για απεικόνιση του σε άλλο λογισμικό.

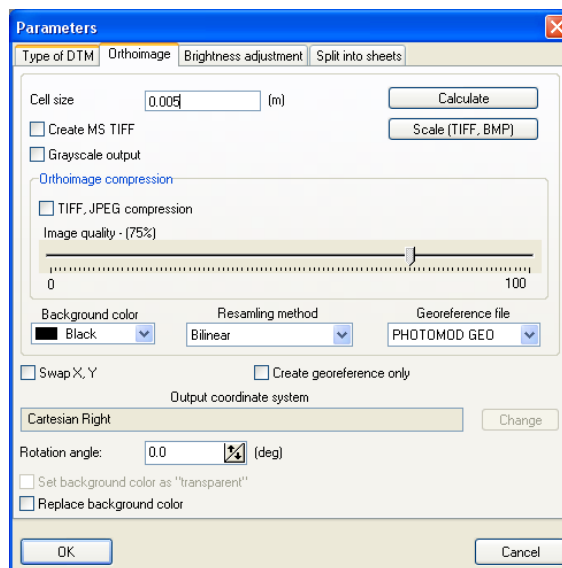
#### 4.4.5. Παραγωγή ορθοφωτογραφίας

Το τελικό στάδιο της επεξεργασίας έγινε στο παράθυρο εργασιών mosaic του προγράμματος. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η παραγωγή των ορθοφωτογραφιών χρησιμοποιώντας ως δεδομένα τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τα προηγούμενα στάδια.



Πρώτο βήμα στο στάδιο αυτό είναι η υπόδειξη στο πρόγραμμα από ποιο project θα παράγουμε την ορθοφωτογραφία. Το βήμα αυτό είναι απαραίτητο για να γνωρίζει και ο υπολογιστής ποιες φωτογραφίες θα χρησιμοποιήσει, σε ποιο επικαλυπτόμενο θα εργαστεί και τι στοιχεία θα χρησιμοποιήσει. Με την εντολή roi editor επιλέγονται περιοχές μεγάλης σημασίας για το τελικό προϊόν και αποκλείονται περιοχές αδιάφορες που η συμπερίληψη τους θα επέφερε μείωση της ακρίβειας του τελικού αποτελέσματος.

Για την παραγωγή της ορθοφωτογραφίας πέραν των στοιχείων που προκύπτουν από τις επιλύσεις των αεροτριγωνισμών, χρειάστηκε και ο προσδιορισμός επιπρόσθετων παραμέτρων. Στο παράθυρο εργασίας parameters ορίστηκαν οι επιπλέον αυτές παράμετροι. Αρχικά ορίζεται το ποιο ψηφιακό μοντέλο εδάφους θα χρησιμοποιήσει και ότι στον υπολογισμό θα λάβει υπόψη του και της γραμμές απότομης αλλαγής κλίσεων. Στο παράθυρο orthoimage ορίσαμε το μέγεθος του εικονοστοιχείου στα 5mm όπως απαιτεί η τελική κλίμακα απόδοσης και την μέθοδο παρεμβολής, του εγγύτερου γείτονα, για τον υπολογισμό του χρώματος των νέων εικονοστοιχείων που προκύπτουν μετά τη διαφορική αναγωγή. Τέλος καθορίζεται η φωτεινότητα της εικόνας που θα προκύψει, ποια από τις εικόνες θα τοποθετηθεί πάνω και ποια κάτω για την παραγωγή του τελικού προϊόντος.



Εικόνα 23: Παράμετροι παραγωγής ορθοφωτογραφίας

Αφού συμπληρωθούν τα απαραίτητα στοιχεία για την παραγωγή δίνουμε την εντολή για έναρξη της διαδικασίας παραγωγής. Στο σημείο παραγωγής της ορθοφωτογραφίας σε κάθε εικονοστοιχείο της εικόνας δίνεται μια τιμή υψομέτρου με την παρεμβολή του ψηφιακού μοντέλου εδάφους που ορίστηκε. Ακολούθως εφαρμόζεται η συνθήκη συγγραμμικότητας με στοιχεία εισόδου τα στοιχεία του εσωτερικού προσανατολισμού και τις συντεταγμένες X, Y, Z των εικονοστοιχείων της ορθοφωτογραφίας. Έτσι προκύπτουν οι εικονοσυντεταγμένες του φατνίου της αρχικής εικόνας που αντιστοιχούν στο φατνίο της ορθοφωτογραφίας. Έπειτα

πραγματοποιείται ο αντίστροφος αφηνικός μετασχηματισμός για να καταλήξει η διαδικασία σε ένα φατνίο στην αρχική ψηφιακή εικόνα, από όπου υπολογίζεται η τιμή του χρώματος μέσω της μεθόδου παρεμβολής που ορίστηκε.

Η διαδικασία που περιγράφηκε πιο πάνω εφαρμόζεται σε διαφορετικά στερεοζεύγοι και το τελικό προϊόν προκύπτει σαν φωτομωσαϊκό των επιμέρους ορθοφωτογραφιών. Στην παρούσα μελέτη έγινε εφαρμογή διαδοχικά σε στερεοζεύγος που κάλυπτε την είσοδο του ναού, σε στερεοζεύγος που το επικαλυπτόμενο τμήμα κάλυπτε την συνολική δυτική όψη και σε δύο στερεοζεύγοι που παρουσίαζαν τα σκαλιά στο μπροστινό μέρος της όψης. Το σύνολο των παραγόμενων ορθοφωτογραφιών με την χρήση του προγράμματος επεξεργασίας ενοποιήθηκαν σε μια ορθοφωτογραφία.

#### **4.5 Επεξεργασία εικόνων**

Για βελτίωση της ποιότητας των εικόνων και για να είναι ενιαίος ο χρωματισμός και ο φωτισμός σε όλα τα σημεία του αντικειμένου πραγματοποιήθηκε ραδιομετρική διόρθωση και επεξεργασία τους σε περιβάλλον λογισμικού Adobe Photoshop.

Αφού πραγματοποιήθηκε η ένωση των ορθοφωτογραφιών και η ραδιομετρική διόρθωση εντοπίστηκαν τα σημεία έλλειψης πληροφορίας και σημειώθηκαν με κατάλληλη διαγράμμιση. Προστέθηκε ακόμα η κλίμακα υψών, υψομετρικές στάθμες με σχετικά υψόμετρα, η γραμμή εδάφους και τέλος συντάχθηκε το υπόμνημα και προστέθηκε ο τίτλος με τα στοιχεία της μελέτης.

## 5. ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΧΕΔΙΩΝ

Όπως αναφέρθηκε και στα εισαγωγικά της τεχνικής έκθεσης η επίγεια φωτογραμμετρία αποτελεί σήμερα ένα πολύ ισχυρό όπλο στα χέρια των μηχανικών. Στην παρούσα μελέτη όπως έγινε κατανοητό χρησιμοποιώντας την μέθοδο αυτή έγινε παραγωγή ορθοφωτογραφιών και αρχιτεκτονικών τομών της Ιεράς Μονής Αγίου Γεωργίου Νικοξυλίτη.

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται ο έλεγχος των τελικών προϊόντων ως προς την ποιότητα, την ακρίβεια και την απόκριση τους στις αρχικές απαιτήσεις. Η σύγκριση αυτή θα γίνει χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα που προκύπτουν από μετρήσεις στα τελικά προϊόντα και αυτές που προέκυψαν από την τοπομετρική μέθοδο.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται αποστάσεις που μετρήθηκαν με την χρήση της μετροταινίας στο ύπαιθρο και οι αντίστοιχες αποστάσεις που προέκυψαν από τις ορθοφωτογραφίες:

α/α	ΜΕΤΡΗΜΕΝΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ Ο/Φ( Δs (m)	
1	1.07	1.063	0.007
2	0.86	0,865	-0.005
3	2.64	2.639	0.001
4	1.09	1.075	0.014
5	2.64	2.647	-0.007
6	1.09	1,1	-0.01
7	2.65	2.642	0.008
8	0.83	0,843	-0.013
9	1.09	1.096	-0.006
10	0.17	0,182	-0.012
11	0.180	0,189	-0.009
12	3.28	3.283	-0.003
13	3.27	3.263	0.007
14	1.17	1.161	0.009
15	0.08	0,076	0.004
16	1.47	1.474	0.004
17	0.52	0,5135	0.0065
18	1.16	1.152	0.008
19	2.62	26.277	-0.0077
20	0.80	0,803	-0.003
21	1.08	1.091	-0.011
	<b>Δs</b>		<b>0.0072</b>
	<b>RMS</b>		<b>0,002</b>

Εικόνα 24: Έλεγχος αποστάσεων

Οι μετρήσεις των αποστάσεων σύγκρισης λήφθηκαν σε οριζόντιες και κάθετες αποστάσεις, επί των όψεων. Παρατηρείται ότι οι διαφορές που προκύπτουν δεν ξεπερνούν, στις πλείστες των περιπτώσεων, την ακρίβεια που υπαγορεύεται από την

κλίμακα των προϊόντων, δηλαδή το 1.5cm. Επίσης η μέση διαφορά αποστάσεων προκύπτει 7.2mm, γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το συστηματικό σφάλμα σε τυχαία διεύθυνση είναι ανεκτό.

Πραγματοποιήθηκε έλεγχος στις μετατοπίσεις κατά  $\chi$  και κατά  $\psi$  διεύθυνση. Για τον έλεγχο αυτό χρησιμοποιήθηκαν προσημασμένα φωτοσταθερά των οποίων οι συντεταγμένες ήσαν γνωστές. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μετατοπίσεις όπως προκύπτουν από την παρατήρηση των αντίστοιχων φωτοσταθερών στις τελικές όψεις.

$\alpha/\alpha$	X	Y	Χόψης	Υόψης	$\Delta x$	$\Delta y$
F103	-136,382	107,245	-136,397	107,219	0,014	0,026
F200	-136,587	106,368	-136,606	106,344	0,019	0,024
F100	-136,941	103,337	-132,949	103,346	-3,992	-0,009
F89	-139,075	103,484	-139,076	103,484	0,001	0,000
F39	132,464	101,249	132,472	101,247	-0,008	0,002
F40	132,698	105,161	132,698	105,162	0,000	0,000
F41	136,260	107,346	136,277	107,361	-0,017	-0,015
F42	139,793	105,034	139,836	105,064	-0,043	-0,030
F43	140,036	101,200	140,041	101,190	-0,005	0,010
F44	137,045	101,292	137,068	101,299	-0,022	-0,007
F45	137,547	103,522	137,550	103,530	-0,002	-0,008
F46	136,156	103,764	136,158	103,766	-0,003	-0,002
F48	135,461	101,266	135,476	101,270	-0,015	-0,004
F50	132,503	100,706	132,505	100,695	-0,002	0,012
F51	135,678	101,067	135,691	101,055	-0,013	0,012
F52	135,655	100,668	135,666	100,645	-0,011	0,023
F53	136,909	100,703	136,929	100,699	-0,020	0,004
F47	135,149	103,385	135,142	103,385	0,007	-0,001
F77	-70,743	101,894	-70,745	101,881	0,002	0,014
F78	-70,325	105,218	-70,326	105,205	0,001	0,013
F79	-69,649	101,300	-69,649	101,299	0,000	0,001
F80	-69,302	103,117	-69,301	103,118	-0,001	0,000
F81	-67,426	101,451	-67,427	101,452	0,002	-0,001
F82	-67,335	103,014	-67,336	103,015	0,001	-0,001
F83	-67,092	102,527	-67,092	102,528	0,000	0,000
F84	-66,119	102,524	-66,115	102,526	-0,003	-0,002
F85	-66,580	103,463	-66,579	102,466	-0,001	0,997
F86	-66,591	100,987	-66,589	103,466	-0,002	-2,479
		<b>ΜΕΣΗ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ</b>			<b>-0,005</b>	<b>-0,002</b>
		<b>RMS</b>			<b>0.014</b>	<b>0.009</b>

Εικόνα 25:Μετατόπιση κατά X και Y άξονα

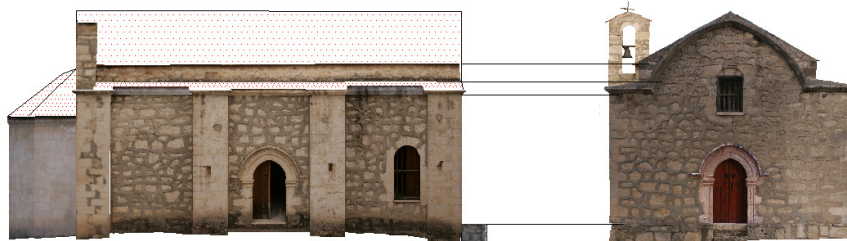
Η συστηματική μετατόπιση στην διεύθυνση X προκύπτει 0,0052 μέτρα και στην Y 0,0018 μέτρα. Οι δύο αυτές ποσότητες θεωρούνται αμελητέες αν ληφθεί υπόψη ότι στο ανεκτό σφάλμα προσδιορισμού σημείων στην τελική κλίμακα απόδοσης της μελέτης μας είναι στο 1,5 εκατοστά του μέτρου.

Η ποσότητα που δείχνει την ακρίβεια των τελικών προϊόντων, απαλλαγμένη από τυχόν συστηματικά σφάλματα, είναι το τυπικό σφάλμα. Υπολογίστηκε το τυπικό

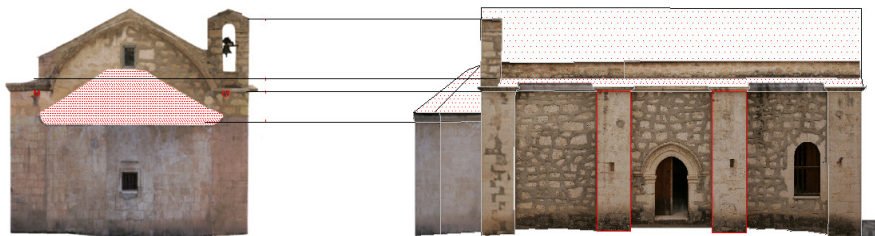
σφάλμα των αποστάσεων καθώς και κατά τις διευθύνσεις X και Y. Παρατηρείται ότι και στις τρεις πιο πάνω περιπτώσεις το τυπικό σφάλμα είναι μικρότερο από 1.5cm, σφάλμα ανεκτό για την κλίμακα απόδοσης.

Τέλος πραγματοποιήθηκε έλεγχος των όψεων μεταξύ τους. Στο σχεδιαστικό πρόγραμμα τοποθετήθηκαν οι όψεις έτσι ώστε να ελεγχθούν οι αποκλίσεις των κοινών σημείων. Οι αποκλίσεις που παρατηρήθηκαν ήταν στο πλαίσιο του ανεκτού σφάλματος. Μεγάλες αποκλίσεις της τάξης των μερικών εκατοστών του μέτρου παρατηρήθηκαν στα ψηλά σημεία της εκκλησίας. Το πρόβλημα αυτό προέκυψε επειδή λόγω αδυναμίας τοποθέτησης φωτοσταθερών στην κορυφή των πλευρών, η αναγωγή έγινε με φωτοσταθερά που μετρήθηκαν σε χαμηλότερο ύψος.

Το σύνολο των αποκλίσεων οφείλεται σε σφάλματα στόχευσης των φωτοσταθερών κατά τη διαδικασία επίλυσης των προσανατολισμών κατά την αναγωγή. Οι στροφές των όψεων κυρίως στην ανατολική πλευρά επέφερε μικροαποκλίσεις που φάνηκαν στην σύγκριση. Τέλος οι αποκλίσεις που παρατηρήθηκαν στην δυτική ορθοφωτογραφία, οφείλονται στην παραγωγή του DTM. Η παραγωγή του ψηφιακού μοντέλου φέρει σφάλματα από των υπολογισμό των συντεταγμένων των φωτοσταθερών και σφάλματα που δημιουργήθηκαν στη διαδικασία επίλυσης των προσανατολισμών.



Εικόνα 26: Σύγκριση βόρειας και δυτικής όψης



Εικόνα 27: Σύγκριση ανατολικής και βόρειας όψης

**6.ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ-ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ**

Ολοκληρώνοντας το σύνολο των εργασιών και την παραγωγή των τελικών προϊόντων εξετάζεται σε ποιο βαθμό επιτεύχθηκαν οι αρχικοί στόχοι. Κατά τη διάρκεια των εργασιών υπαίθρου αντιμετωπίστηκαν διάφορα προβλήματα πρακτικού, τεχνικού και θεωρητικού χαρακτήρα. Τα προβλήματα αυτά καταγράφονται στις επόμενες παραγράφους ώστε να γίνουν οδηγός αποφυγής και αντιμετώπισης παρόμοιων προβλημάτων σε μελλοντικές εφαρμογές.

Παρά την ακρίβεια των τελικών σχεδίων επισημάνθηκαν και ελλείψεις στα τελικά προϊόντα, η γνώση των οποίων και η εμπειρία που αποκτήθηκε θα οδηγήσει στην αποφυγή τους σε επόμενες προσπάθειες του τμήματος.

Η γεωμετρική τεκμηρίωση είναι μια διαδικασία χρονοβόρα άρα κάθε προσπάθεια για εφαρμογή χρήζει προσεκτικής μελέτης. Η αρχή κάθε καλής γεωμετρικής τεκμηρίωσης μνημείου σε μεγάλη κλίμακα γίνεται με την ανάγνωση και κατανόηση των λεπτομερών αρχιτεκτονικών σχεδίων του μνημείου. Το βήμα αυτό βοηθά στην επιλογή της κατάλληλης μεθόδου και στον πρώτο καταρτισμό στρατηγικού σχεδίου εκτέλεσης των εργασιών. Ακολουθεί η επίσκεψη στον χώρο και με την επιτόπου μελέτη και καταγραφή της υπάρχουσας κατάστασης με σκοπό την ολοκλήρωση του στρατηγικού σχεδίου.

Στην μελέτη της Ιεράς Μονής Αγίου Γεωργίου σημαντικότερο, ίσως, πρόβλημα που αντιμετωπίστηκε ήταν η πυκνή φυτοκάλυψη στον περιβάλλοντα χώρο του ναού. Το γεγονός αυτό επέφερε αλυσιδωτές επιδράσεις στην πορεία των διαδικασιών. Με τη βοήθεια του ανυψωτικού μηχανήματος αφαιρέθηκαν κάποια κλαδιά, με γνώμονα πάντα τη μη αλλοίωση του χώρου, για να καταστεί δυνατή η τοποθέτηση φωτοσταθερών και η λήψη φωτογραφιών. Στην νότια και ανατολική πλευρά του ναού η προσέγγιση ακόμα και με το όχημα ήταν αδύνατη με αποτέλεσμα την ύπαρξη ελλείψεων στο τελικό προϊόν.

Ένα άλλο πρόβλημα που αντιμετωπίστηκε ήταν η απόδοση του διακοσμητικού κοσμήτη, περιμετρικά της εκκλησίας, στερεοσκοπικά. Η πολυπλοκότητα του αντικειμένου αυτού απαιτούσε στερεοσκοπική απόδοση και εξαγωγή ψηφιακού μοντέλου αντικειμένου για την παραγωγή ορθοφωτογραφίας. Η λύση στο πρόβλημα αυτό δόθηκε με μονοεικονική απόδοση κάθε τμήματος του διακόσμου και αναγωγή του στην κατάλληλη κλίμακα.

Σημείο ιδιαίτερης δυσκολίας ήταν και τα φρεάτια απομάκρυνσης νερού στην ανατολική και δυτική όψη. Το μπροστινό τμήμα των φρεατίων αυτών απέχει περίπου 35 εκατοστά του μέτρου, από την κυρίως επιφάνεια της αναγωγής. Αποτέλεσμα του πιο πάνω, τα φρεάτια να παρουσιάζονται σε μεγαλύτερη κλίμακα στις φωτογραφίες που λήφθηκαν. Το εν λόγω πρόβλημα αντιμετωπίστηκε χρησιμοποιώντας τις μετρήσεις που λήφθηκαν για τις τομές. Με τον τρόπο αυτό τα τέσσερα φρεάτια τοποθετήθηκαν στην ακριβή τους θέση επί των όψεων και στο σωστό μέγεθος.

Ένα άλλο πρόβλημα που αντιμετωπίστηκε ήταν ότι στις τομές υπήρχαν ελλείψεις λεπτομερειών που απαιτούσε η κλίμακα των τελικών προϊόντων. Η λύση στο πρόβλημα δόθηκε με εξαγωγή των σημείων αυτών από τις ορθοφωτογραφίες.

Σημαντικό πρόβλημα στην τελική απόδοση ήταν αυτό των κρυφών σημείων. Τα κεραμίδια στην ανατολική, νότια και βόρεια πλευρά επικαλύπτουν τμήμα του διακόσμου κοσμήτη, με αποτέλεσμα αυτός να μην αποδοθεί στο πραγματικό του μέγεθος στο τελικό σχέδιο.

Τέλος πρέπει να γίνει αναφορά και στην στέγη του ναού η οποία στο τελικό σχέδιο αποδίδεται με διαγράμμιση. Η στέγη στην ανατολική, νότια και βόρεια πλευρά του ναού αποτελούσαν ξεχωριστά επίπεδα, συνεπώς κάθε τμήμα έπρεπε να αναχθεί ξεχωριστά και να στραφεί στο ενιαίο σύστημα. Η αδυναμία τοποθέτησης φωτοσταθερών στις εν λόγω περιοχές ήταν δύσκολη λόγω της τοπογραφίας της περιοχής και δυσκολίας προσέγγισης. Το πρόβλημα θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί με την λήψη χαρακτηριστικών σημείων επί των κεραμιδιών τα οποία θα χρησιμοποιούνταν ως φωτοσταθερά για τις αναγωγές.

Η διπλωματική αυτή είχε σαν αρχικό στόχο την μεταφορά τεχνογνωσίας στο Τμήμα Αναδασμού και στους αρμόδιους λειτουργούς του τμήματος, ώστε να καταστεί δυνατή η εφαρμογή και σε άλλα μνημεία αυτού του είδους που εμπίπτουν στην αρμοδιότητα του τμήματος. Χρησιμοποιήθηκαν απλές μέθοδοι αναγωγής και παραγωγής ορθοφωτογραφιών, που εύκολα μπορούν να μεταφερθούν στους λειτουργούς του τμήματος για περαιτέρω εφαρμογή σε αποτυπώσεις μεγάλης κλίμακας, 1:50 ή 1:100.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν αν και απλές, είχαν αποτελέσματα καλής ακρίβειας, λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τον έλεγχο των σχεδίων. Τα αποτελέσματα αυτά κρίνονται ικανοποιητικά ώστε να αποτελέσουν βάση για την αποκατάσταση της μονής και του περιβάλλοντα χώρου για την δημιουργία πολιτιστικού πάρκου.

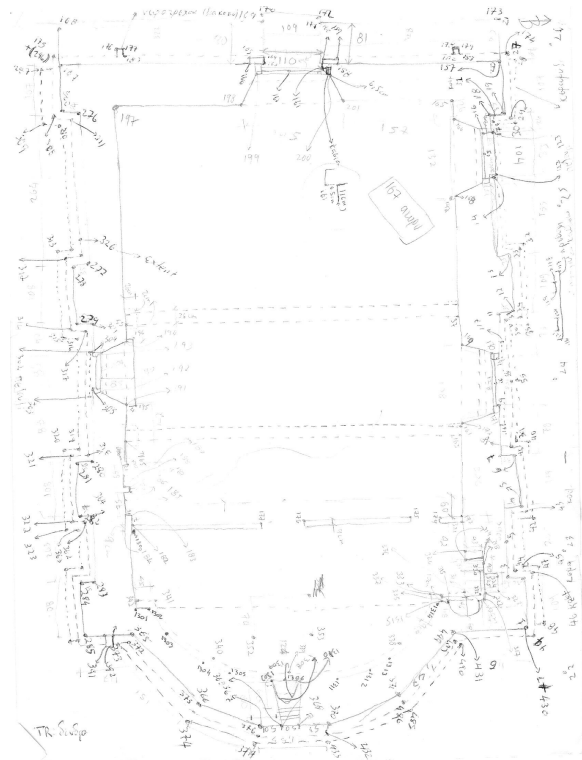
Εν κατακλείδι πρέπει να γίνει και μια αναφορά για τις προοπτικές που διανοίγονται μετά την εφαρμογή αυτή. Η μεταφορά της τεχνογνωσίας στο Τμήμα Αναδασμού και στο Τμήμα Αρχαιοτήτων μπορεί να γίνει η αρχή για την δημιουργία ενός Συστήματος Πληροφοριών στο οποίο θα περιλαμβάνονται όλα τα μνημεία που εμπίπτουν στις αρμοδιότητες των δύο οργανισμών. Το σύστημα αυτό θα τροφοδοτείται εκτός από τα σχέδια και με πληροφορίες, ιστορικές και αρχιτεκτονικές για το εκάστοτε μνημείο. Με την πιο πάνω εφαρμογή θα δημιουργηθεί ένα πολύ ισχυρό εργαλείο για τα μνημεία στη διάθεση του πολίτη, αλλά και σαν παρακαταθήκη για τις γενιές που ακολουθούν.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

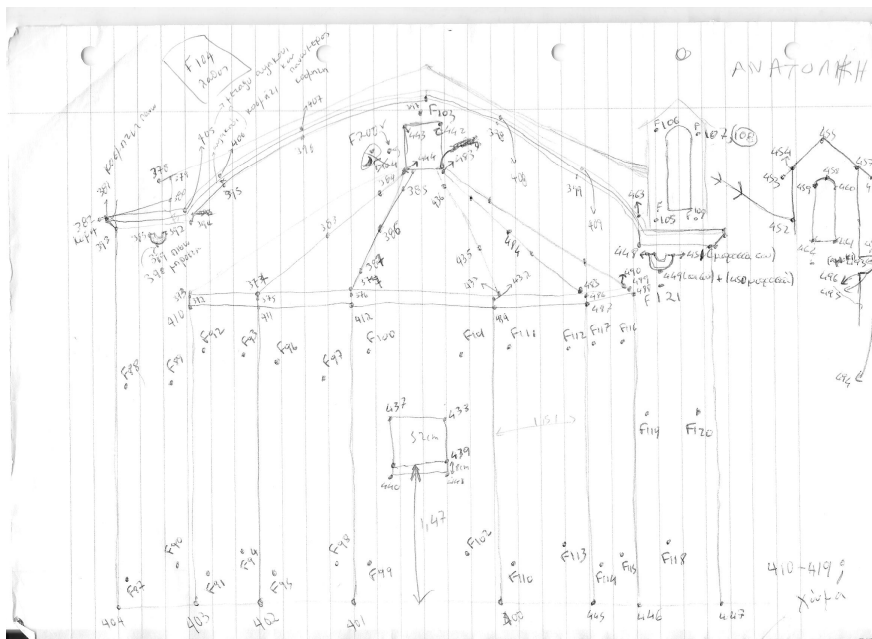
- Γεωργόπουλος Α. – Δ.Δ Μπαλοδήμος, Σύγχρονες Τεχνολογίες στη Γεωμετρική Τεκμηρίωση Μνημείων,  
([http://www.ntua.gr/temp\\_announce/170/parousiaseis170/files170/SYNEDRIA%20II/2404\\_presentation.pdf](http://www.ntua.gr/temp_announce/170/parousiaseis170/files170/SYNEDRIA%20II/2404_presentation.pdf))
- Γεωργόπουλος Ανδρέας , Χλιβερού Ρεγγίνα, *Στοιχεία Φωτογραφικής Τεχνικής*, Αθήνα 2003
- Ιωαννίδης Χ., Φωτογραμμετρία II Συμπληρωματικές Σημειώσεις από τις παραδόσεις ΑΘΗΝΑ 2008
- Ιωαννίδης Χ., Η Συμβολή των Συστημάτων Πληροφοριών στη Γεωμετρική Τεκμηρίωση Μνημείων, «Το ΕΜΠ στην πρωτοπορία της έρευνας και της τεχνολογίας»,  
[http://www.ntua.gr/temp\\_announce/170/parousiaseis170/files170/SYNEDRIA%20II/2405\\_presentation.pdf](http://www.ntua.gr/temp_announce/170/parousiaseis170/files170/SYNEDRIA%20II/2405_presentation.pdf))
- Καρράς Γ.- Πέτσα Ε., Σύγχρονες ψηφιακές τεχνικές τεκμηρίωσης στην επίγεια φωτογραμμετρία,  
([www.survey.ntua.gr/main/labs/photo/staff/gkarras/Karras\\_PSDATM\\_2006.pdf](http://www.survey.ntua.gr/main/labs/photo/staff/gkarras/Karras_PSDATM_2006.pdf))
- Παπαδοπούλου Φ., Η Μονή του Αγίου Γεωργίου του Νικοζυλίτη στη Δρούσια
- Πατιάς Π., Εισαγωγή στη φωτογραμμετρία, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, 1991
- Σοφοκλέους Ε., Γεωμετρική Τεκμηρίωση του Ναού της Παναγίας Φορβιώτισσας , 2006
- Συμεωνίδης Π., Συστήματα τεκμηρίωσης πολιτιστικών πόρων, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2004
- Τοκμακίδης Κ., Αποτυπώσεις μνημείων, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2004
- KARL KRAUS, Εισαγωγή στη φωτογραμμετρία, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, ΑΘΗΝΑ 2003
- Χρήση των ιστορικών εικόνων για την τεκμηρίωση και η μετρική μελέτη της πολιτισμικής κληρονομιάς με τη βοήθεια των ψηφιακών φωτογραμμετρικών τεχνικών, Bitelli G., Girelli A., 2006,  
(<http://cipa.icomos.org/fileadmin/papers/Athens2007/FP028.pdf>)
- Η ολοκληρωμένη έρευνα για τη γνώση και η τεκμηρίωση της αρχαιολογικής κληρονομιάς, Canciani M., Maestri D., 2006,  
(<http://cipa.icomos.org/fileadmin/papers/Athens2007/FP037.pdf>)
- Photomod user manual, ([www.racurus.ru/?page=353](http://www.racurus.ru/?page=353))



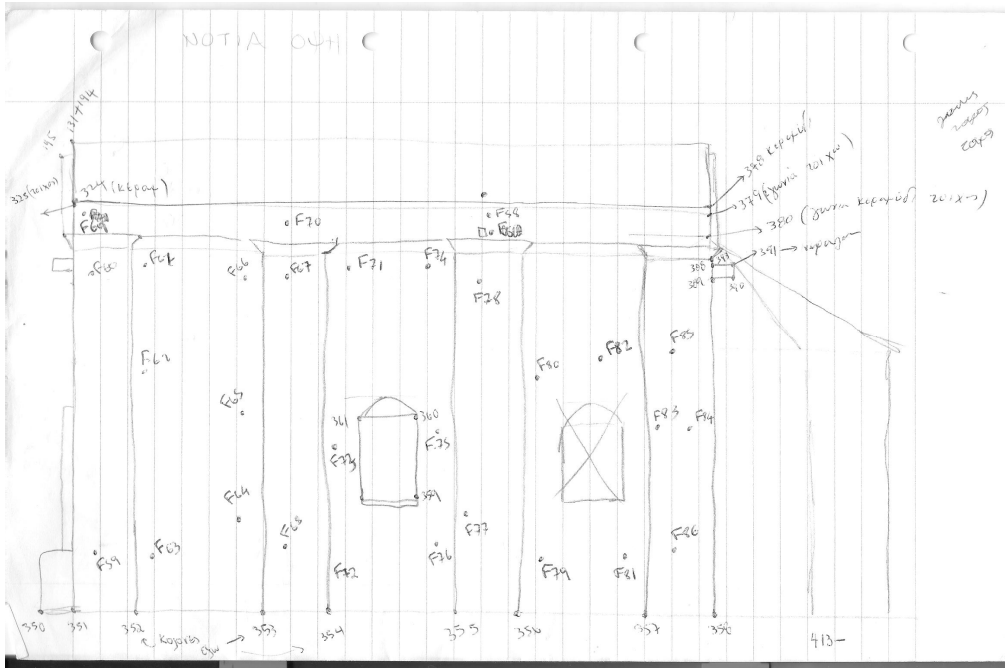
# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 Σκαριφήματα



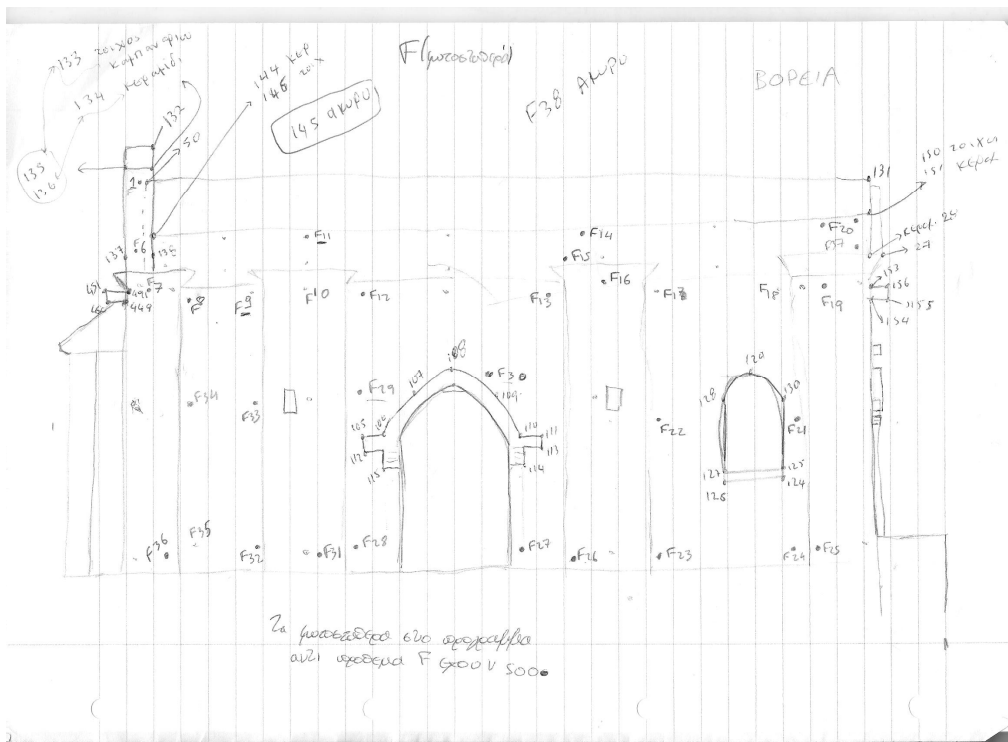
Εικόνα 28: Οριζόντια τομή



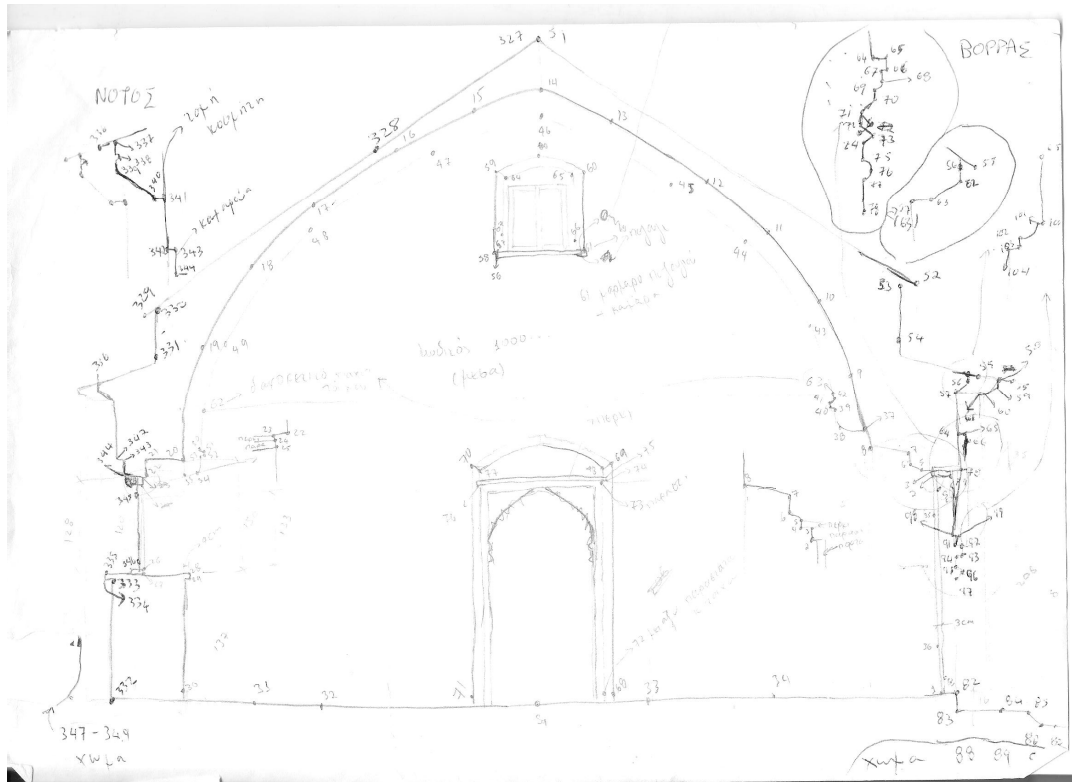
Εικόνα 29: Ανατολική όψη



Εικόνα 30: Νότια όψη



Εικόνα 31: Βόρεια όψη



Εικόνα 32: Τομή βορρά - νότου