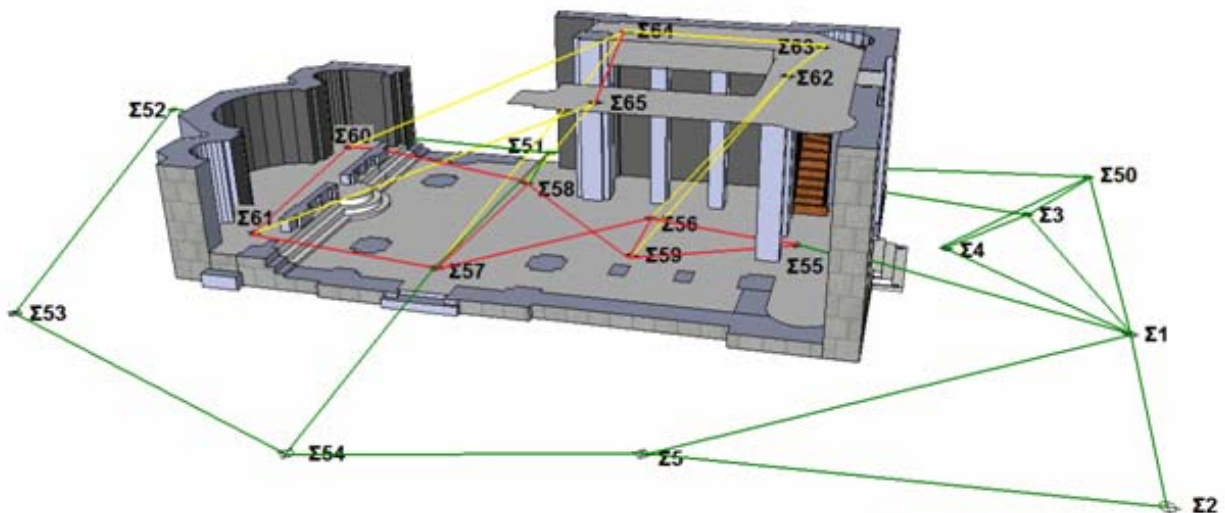




ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Γεωμετρική τεκμηρίωση του Ι. Ν. Γέννησης του Χριστού – Διερεύνηση δυνατοτήτων του εικονογεωδαιτικού σταθμού GPT-7003i της TOPCON»

ΤΕΥΧΟΣ Α



Τριάντου Ελευθερία

Επιβλέπων Καθηγητής: Ιωαννίδης Χαράλαμπος

Αθήνα 2009

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Γεωμετρική τεκμηρίωση του Ι. Ν. Γέννησης του Χριστού – Διερεύνηση δυνατοτήτων του εικονογεωδαιτικού σταθμού GPT-7003i της TOPCON»

Επιτρέπεται η μερική ή ολική αναπαραγωγή της παρούσας διπλωματικής εργασίας, χωρίς την έγγραφη άδεια του συγγραφέα, αρκεί να μην εξυπηρετεί εμπορευματικούς σκοπούς και τα παράγωγα έργα που πιθανώς προκύψουν να διατίθενται εξίσου ελεύθερα. Σε κάθε άλλη περίπτωση, επιτρέπεται η μερική αναδημοσίευσή της με αναφορά στην πηγή από την οποία προήλθε.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Όταν φτάνεις στο τέλος ενός μεγάλου στόχου και συνειδητοποιείς τη συνολική σου πορεία και τους ανθρώπους που την επηρέασαν, νιώθεις την ανάγκη να αναφερθείς σε αυτούς και να τους ευχαριστήσεις για την πολύτιμη συμβολή τους.

Θα ήθελα, επομένως, να ευχαριστήσω θερμά:

Τον καθηγητή μου Χαράλαμπο Ιωαννίδη, επιβλέπον της παρούσας διπλωματικής εργασίας, που μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ με ένα θέμα πολύ ενδιαφέρον και δημιουργικό. Του είμαι ευγνώμων για την εμπιστοσύνη, την υπομονή και τη βοήθειά του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησής της.

Τον καθηγητή μου Κώσταντίνο Παγάνη, για την πολύτιμη σύμπραξη του στις εργασίες πεδίου, το χρόνο που μου διέθεσε αλλά και για τη γενική βοήθεια που μου παρείχε.

Τον υπεύθυνο ιερέα του Ι. Ναού της Γέννησης του Χριστού, πατέρα Παύλο Νικολαρόπουλο, και την νεωκόρο Μαρία Τσεμπάν, για τη συνεχή τους παρουσία στον ναό και τη διευκόλυνση των εργασιών, όπου απαιτούνταν.

Τον Άγγελο Καμπουράκη, προϊστάμενο της Διεύθυνσης Τοπογραφίσεων, Φωτογραμμετρίας και Κτηματολογίου του Υπουργείου Πολιτισμού, για τη διάθεση τοπογραφικού συνεργείου, ορισμένες ημέρες των εργασιών πεδίου.

Τα μέλη του τοπογραφικού συνεργείου, Καρακασίδη Σοφία, Τοπογράφος Μηχανικός ΠΕ, Τσάκου Ευθυμία, Τοπογράφος Μηχανικός ΠΕ, Τσιλιγιάννης Νικόλαος, φοιτητής στο ΤΕΙ Αθηνών- τμήμα τοπογραφίας, για την πολύτιμη αρωγή τους κατά το στάδιο των εργασιών υπαίθρου.

Τον Δημήτρη Παγάνη, γιο του Κωνσταντίνου Παγάνη, για τη σύμπραξη του κατά το στάδιο των μετρήσεων στον ναό.

Τον Πολύβιο Μουκούλη, Αγρονόμο Τοπογράφο Μηχανικό, ΥΔ ΕΜΠ, για τη συνεχή βοήθεια και υποστήριξη που μου παρείχε, τόσο στο στάδιο συλλογής των δεδομένων όσο και στη μετέπειτα επεξεργασία τους.

Τα μέλη του εργαστηρίου φωτογραμμετρίας και ιδιαίτερα τη Σεβαστή Ταπεινάκη, Αγρονόμο Τοπογράφο Μηχανικό, και τη Σοφία Σοϊλέ, Αγρονόμο Τοπογράφο Μηχανικό, για την έμπρακτη και καθοριστική συμβολή τους στο στάδιο της επεξεργασίας των δεδομένων.

Τον πατέρα μου, Γεώργιο Τριάντο, προϊστάμενο εργαστηρίου δοκιμών του υπουργείου γεωργίας, για την ηθική υποστήριξη που μου παρείχε, τη διάθεση του αυτοκινήτου του για τη μεταφορά του απαιτούμενου εξοπλισμού και τη βοήθειά του στις εργασίες πεδίου.

Την οικογένεια μου, για τη συμπαράσταση, την κατανόηση και την υπομονή της στη διάρκεια αυτής της εργασίας και ιδιαίτερα στις δύσκολες στιγμές της. Είμαι ιδιαίτερα ευγνώμων σε ότι μου έχουν προσφέρει όλα αυτά τα χρόνια και για όλες τις θυσίες που έχουν κάνει ώστε να μπορώ απερίσπαστη να ασχοληθώ με την αναζήτηση της προσωπικής μου ακαδημαϊκής ολοκλήρωσης αλλά και τη γενική τους στήριξη σε ότι μέχρι τώρα έχω αποφασίσει να ασχοληθώ.

Τριάντου Ελευθερία

Ιούλιος 2009

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΙΣΤΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΟΥ Ι. ΝΑΟΥ	- 1 -
1.1.	Θέση.....	- 1 -
1.2.	Ιστορική Αναδρομή	- 1 -
1.3.	Αρχιτεκτονικά και Καλλιτεχνικά Στοιχεία	- 3 -
1.4.	Εσωτερικός Διάκοσμος.....	- 3 -
1.5.	Υφιστάμενη Κατάσταση.....	- 5 -
2.2.2.	Χαρακτηρισμός του ναού ως νεότερο μνημείο	- 5 -
2.	ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ	- 7 -
2.1.	Ορισμός Γεωμετρικής Τεκμηρίωσης Μνημείων	- 7 -
2.2.	Μέθοδοι Τεκμηρίωσης που Χρησιμοποιήθηκαν	- 8 -
3.	ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ	- 10 -
3.1.	Αναγνώριση Περιοχής	- 10 -
3.2.	Προγραμματισμός Εργασιών	- 10 -
3.3.	Σύνταξη Αυτοσχεδίων	- 14 -
3.4.	Ίδρυση Πολυγωνομετρικού Δικτύου	- 16 -
3.5.	Τοπογραφικές Μετρήσεις	- 17 -
3.6.	Φωτογραμμετρικές Μετρήσεις	- 18 -
3.7.	Τελικός Τοπομετρικός Έλεγχος.....	- 18 -
4.	ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΓΡΑΦΕΙΟΥ	- 20 -
4.1.	Επίλυση Τοπογραφικού Δικτύου	- 20 -
4.2.	Υπολογισμός Συντεταγμένων των Χαρακτηριστικών Σημείων	- 22 -
4.3.	Αποδόσεις	- 22 -
4.4.	Αναγωγές	- 24 -
4.5.	Έλεγχος του Ταυτόσημου της Γεωμετρικής Πληροφορίας των Διαγραμμάτων.....	- 25 -
4.6.	Προϊόντα	- 26 -
5.	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗΣ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ	- 31 -
6.	ΣΤΕΡΕΟΣΚΟΠΙΚΕΣ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΕΙΚΟΝΟΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ - 34	-
6.1.	Εικονογεωδαιτικός Σταθμός GPT 7003i της TOPCON	- 34 -
6.2.	Λογισμικό Image Master	- 45 -
6.2.1.	Περιβάλλον εργασίας του Image Master	- 46 -
7.	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΕΡΕΟΣΚΟΠΙΚΩΝ ΑΠΟΔΟΣΕΩΝ.....	- 54 -
7.1.	Προγραμματισμός Λήψεων	- 54 -
8.	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΟΡΘΟΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΦΩΤΟΜΗΧΑΝΗΣ	- 64 -
8.1.	Λήψεις Εικόνων	- 64 -
8.2.	Προετοιμασία Δεδομένων	- 66 -
8.3.	Εξωτερικός Προσανατολισμός	- 67 -
8.4.	Παραγωγή DTM	- 68 -
8.5.	Παραγωγή Ορθοφωτογραφίας.....	- 69 -
8.6.	Έλεγχοι και Συγκρίσεις.....	- 70 -
9.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	- 74 -

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. 1: Θέση του Ι. Ναού Γεννήσεως του Χριστού.....	- 1 -
Πηγή: google earth	- 1 -
Εικόνα 1. 2: Χάρτης των Μεσαιωνικών Αθηνών με τις εκκλησίες και το τείχος του 1778. Στον κόκκινο κύκλο επισημαίνεται ο ναός του Χριστοκοπίδη.....	- 2 -
Πηγή: Κ.Μπίρης, Αι εκκλησΐαι των παλαιών Αθηνών, Αθήναι 1940.	- 2 -
Εικόνα 1. 3: Το τέμπλο του ναού.....	- 3 -
Εικόνα 1. 4: Εσωτερικός Διάκοσμος του ναού - Νότια όψη.....	- 4 -
Εικόνα 1. 5: Εσωτερικός Διάκοσμος του ναού - Δυτική όψη.....	- 4 -
Εικόνα 1. 6: Τοιχογραφία στο εσωτερικό του ναού.....	- 4 -
Εικόνα 1. 7: Τοιχογραφία του Παντοκράτορος στον τρούλο.....	- 4 -
Εικόνα 1. 8: Δεσποτικός θρόνος.....	- 4 -
Εικόνα 1. 9: Μαρμαρόγλυπτος Άμβωνας.....	- 4 -
Εικόνα 1. 10: Θρόνος της βασίλισσας Αμαλίας.....	- 4 -
Εικόνα 3. 1: Εικονογεωδαιτικοί σταθμοί από αριστερά προς τα δεξιά: α) Leica TCR 303, β) Leica TCR 705, γ) Pentax R 323 NX, δ) Topcon GPT 3003 LN.....	- 12 -
Εικόνα 3. 3: Αυτοσχέδιο υπαίθρου που απεικονίζει το κάτω κεντρικό τμήμα του τέμπλου.....	- 15 -
Εικόνα 3. 4: Αυτοσχέδιο υπαίθρου που απεικονίζει από την μέση και πάνω την κάτοψη του αριστερού κλίτους του ναού, στο σημείο που βρίσκονται το υπερώο, και από την μέση και κάτω απεικονίζει την αντίστοιχη κατακόρυφη τομή του τμήματος αυτού.....	- 15 -
Εικόνα 3. 5: Λεπτομέρειες του βόρειου τόξου, κάτω από το τύμπανο του τρούλου.....	- 16 -
Εικόνα 3. 6: Λεπτομέρεια κιονόκρανου κολώνας στήριξης τόξου του αριστερού κλίτους.....	- 16 -
Εικόνα 3. 7: Σκαρίφημα Πολυγωνομετρικού Δικτύου.....	- 16 -
Εικόνα 4. 1: Σκαρίφημα πολυγωνομετρικού δικτύου.....	- 20 -
Πηγή: Πρόγραμμα «Ταχυμετρία».....	- 20 -
Εικόνα 4. 2: Θέσεις κατακόρυφων τομών.....	- 23 -
Εικόνα 4. 3: Φωτογραφία της δεξιάς πόρτας του τέμπλου (μη ανηγμένη).....	- 25 -
Εικόνα 4. 4: Ανηγμένη φωτογραφία της δεξιάς πόρτας του τέμπλου.....	- 25 -
Εικόνα 4. 5: Κάτοψη ναού.....	- 27 -
Εικόνα 4. 6: Διαμήκης τομή προς Δύση στο επίπεδο που διέρχεται από το κέντρο του αριστερού κλίτους.....	- 27 -
Εικόνα 4. 7: Διαμήκης τομή προς ανατολή στο επίπεδο που διέρχεται από το κέντρο του τρούλου.....	- 28 -
Εικόνα 4. 8: Διαμήκης τομή προς δύση στο επίπεδο που διέρχεται από το κέντρο του τρούλου.....	- 28 -
Εικόνα 4. 9: Εγκάρσια τομή προς νότο στο επίπεδο που διέρχεται από το κέντρο του τρούλου.....	- 29 -
Εικόνα 4. 10: Εγκάρσια τομή προς νότο στο επίπεδο που διέρχεται από το κέντρο του πρόναου.....	- 29 -
Εικόνα 4. 11: Εγκάρσια τομή προς βορρά στο επίπεδο που διέρχεται από το κέντρο του τρούλου.....	- 30 -
Εικόνα 6. 2: Εικόνα από την εξωτερική κάμερα του εικονογεωδαιτικού σταθμού.....	- 35 -
Εικόνα 6. 3: Εικόνα από την κάμερα του τηλεσκοπίου του εικονογεωδαιτικού σταθμού.....	- 35 -
Εικόνα 6. 4: Περιοχή κάλυψης κεντρικής λήψης α) οριζοντιογραφική προβολή β) προβολή όψης.....	- 38 -
Εικόνα 6. 5: Περιοχή κάλυψης αριστερής λήψης α) οριζοντιογραφική προβολή β) προβολή όψης.....	- 38 -
Εικόνα 6. 6: Περιοχή κάλυψης δεξιάς λήψης α) οριζοντιογραφική προβολή β) προβολή όψης.....	- 38 -
Εικόνα 6. 7: Θέσεις λήψεων του ειδικού φύλλου βαθμονόμησης.....	- 43 -
Εικόνα 6. 8: Εικόνες λήψεων του ειδικού φύλλου βαθμονόμησης από α) το κέντρο β) αριστερά γ) δεξιά δ) κάτω ε) επάνω.....	- 43 -
Εικόνα 6. 9: Παραμόρφωση καννάβου εξαιτίας της ακτινικής διαστολής, όπως προκύπτει με τη χρήση του ειδικού φύλλου και του προγράμματος “PI Calib”.....	- 44 -
Εικόνα 6. 10: Αποτελέσματα βαθμονόμησης, όπως προκύπτουν από τον μέσο όρο των παραπάνω τιμών.....	- 45 -
Εικόνα 6. 11: Οθόνη υποδοχής του προγράμματος “Image Master”.....	- 47 -
Εικόνα 6. 12: Οθόνη μοντέλου (model screen) του λογισμικού “Image Master”.....	- 48 -
Εικόνα 6. 13: Οθόνη τηλεχειρισμού (remote screen) του προγράμματος “Image Master”.....	- 49 -
Εικόνα 6. 14: Οθόνη εγγραφής (registration screen) του προγράμματος “Image Master” (πριν τη συνένωση των μοντέλων).....	- 49 -
Εικόνα 6. 15: Οθόνη εγγραφής (registration screen) του προγράμματος “Image Master” (μετά τη συνένωση των μοντέλων).....	- 50 -
Εικόνα 6. 16: Οθόνη προσανατολισμού (orientation screen) του προγράμματος “Image Master”.....	- 50 -
Εικόνα 6. 17: Οθόνη μονοεικονικών παρατηρήσεων ομόλογων σημείων του προγράμματος “Image Master”.....	- 51 -
Εικόνα 6. 18: Οθόνη στερεοσκοπικής παρατήρησης (stereo screen) του προγράμματος “Image Master” (επιλογή στόχευσης με στερεοσκοπική παρατήρηση).....	- 52 -
Εικόνα 7. 1: Θέσεις λήψης των εικόνων και τις σχηματιζόμενες βάσεις των στερεοζευγών.....	- 55 -

Εικόνα 7. 2: Εικόνα από τον εικονογεωδαιτικό σταθμό όπου το αριστερό της τμήμα έχει υπερφωτιστεί ...	- 56 -
Εικόνα 7. 3: Στόχευση σημείων σύνδεσης (tie points) και φωτοσταθερών (σημαινόμενα στον κόκκινο κύκλο)	- 57 -
Εικόνα 7. 4: Αποτελέσματα εξωτερικού προσανατολισμού	- 58 -
Εικόνα 7. 5: Αποτελέσματα εξωτερικού προσανατολισμού	- 58 -
Εικόνα 7. 6: Αποτελέσματα απόλυτου προσανατολισμού	- 58 -
Εικόνα 7. 7: Αποτελέσματα ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου χωρίς τη χρήση γραμμών απότομης αλλαγής αναγλύφου (breaklines)	- 59 -
Εικόνα 7. 8: Αποτελέσματα ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου με χρήση γραμμών απότομης αλλαγής αναγλύφου (breaklines) και σημείων υψομέτρου.....	- 60 -
Εικόνα 7. 9: Ορθοφωτογραφία, όπως προκύπτει από τη χρήση των εικόνων του εικονογεωδαιτικού σταθμού και του λογισμικού Image Master	- 61 -
Εικόνα 7. 10: Μοντέλο ισαπεχουσών καμπύλων στον άμβωνα	- 62 -
Εικόνα 7. 11: Εικόνα ίχνους επιπέδου διατομής	- 62 -
Εικόνα 7. 12: Εικόνα ίχνους επιπέδου διατομής	- 62 -
Εικόνα 8. 1: Περιοχή κάλυψης αριστερής λήψης α) οριζοντιογραφική προβολή β) προβολή όψης.....	- 64 -
Εικόνα 8. 2: Περιοχή κάλυψης κεντρικής λήψης α) οριζοντιογραφική προβολή β) προβολή όψης.....	- 65 -
Πίνακας 8. 3: Αποτελέσματα βαθμονόμησης , όπως προκύπτουν από τον μέσο όρο των παραπάνω τιμών	- 65 -
Εικόνα 8. 3: Στοιχεύσεις φωτοσταθερών στο ζεύγος των φωτογραφιών.....	- 67 -
Εικόνα 8. 4: Περίγραμμα όψης άμβωνα, απόδοση γραμμών απότομης αλλαγής αναγλύφου (breaklines) και εισαγωγή σημείων.....	- 69 -
Εικόνα 8. 5: Πλέγμα τριγώνων (TIN)	- 69 -
Εικόνα 8. 6: Ορθοφωτογραφία όπως προκύπτει από την επίθεση τμήματος διαφορετικής ορθοφωτογραφίας και μετά την εξομάλυνση των σημείων σύνδεσης.....	- 70 -
Εικόνα 8. 7: Τελικό προϊόν Ορθοφωτογραφίας, μετά τις επεξεργασίες.....	- 70 -
Εικόνα 8. 8: Αναλογία εικόνων του εικονογεωδαιτικού σταθμού (πάνω αριστερά) και της ψηφιακής κάμερας Canon Eos (κεντρική φωτογραφία).....	- 71 -

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3. 1: ακρίβειες μέτρησης γωνιών και αποστάσεων (<i>fine measurement mode</i>) των γεωδαιτικών σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν.....	- 12 -
Πίνακας 4. 1: Στοιχεία οριζοντιογραφικής και υψομετρικής επίλυσης δικτύου.....	- 21 -
Πίνακας 4. 2: Συντεταγμένες στάσεων πολυγωνομετρικού δικτύου.....	- 21 -
Πίνακας 6. 1: Γεωδαιτικές συντεταγμένες των στόχων του πεδίου ελέγχου.....	- 39 -
Πίνακας 6. 2: Αποτελέσματα βαθμονόμησης (Pixels) της κεντρικής λήψης με τη χρήση του προγράμματος Calibration_ccd.....	- 40 -
Πίνακας 6. 3: Αποτελέσματα βαθμονόμησης (mm) της κεντρικής λήψης με τη χρήση του προγράμματος Calibration_ccd.....	- 40 -
Πίνακας 6. 4: Αποτελέσματα βαθμονόμησης της αριστερής λήψης με τη χρήση του προγράμματος Calibration_ccd.....	- 41 -
Πίνακας 6. 5: Αποτελέσματα βαθμονόμησης της δεξιάς λήψης με τη χρήση του προγράμματος "Vatmonomisi".....	- 42 -
Πίνακας 6. 6: Αποτελέσματα βαθμονόμησης με τη χρήση του ειδικού φύλλου και του προγράμματος "PI Calib".....	- 43 -
Πίνακας 7. 1: Διαστάσεις κάδρου ανάλογα με την απόσταση λήψης.....	- 54 -
Πίνακας 8. 1: Αποτελέσματα βαθμονόμησης της αριστερής λήψης με τη χρήση του προγράμματος Calibration_ccd.....	- 65 -
Πίνακας 8. 2: Αποτελέσματα βαθμονόμησης της αριστερής λήψης με τη χρήση του προγράμματος Calibration_ccd.....	- 65 -
Πίνακας 8. 3: Αποτελέσματα βαθμονόμησης, όπως προκύπτουν από τον μέσο όρο των παραπάνω τιμών.....	- 65 -
Πίνακας 8. 4: Στοιχεία απόλυτου προσανατολισμού των εικόνων.....	- 67 -
Πίνακας 8. 5: Ακρίβειες στοιχείων εξωτερικού προσανατολισμού.....	- 68 -
Πίνακας 9. 1: Εικονοσυντεταγμένες σημείων ελέγχου όπως προκύπτουν από την κάμερα του εικονογεωδαιτικού σταθμού, από τη ψηφιακή μηχανή Canon EOS και από τις τοπογραφικές μετρήσεις.....	- 72 -
Πίνακας 9. 2: Σύγκριση των εικονοσυντεταγμένων των σημείων ελέγχου όπως προκύπτουν από την κάμερα του εικονογεωδαιτικού σταθμού, από τη ψηφιακή μηχανή Canon EOS και από τις τοπογραφικές μετρήσεις. Οι τιμές είναι σε cm.....	- 73 -

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 6. 1: Ακτινική Διαστροφή κεντρικής λήψης για $c=1440$ pixels.....	- 41 -
Διάγραμμα 6. 2: Κανονικοποιημένη παράσταση ακτινικής διαστροφής κεντρικής λήψης για μηδενική διαστροφή σε $r=320$ pixels και $c=1429$ pixels.....	- 41 -
Διάγραμμα 6. 3: Καμπύλη ακτινικής διαστροφής αριστερής λήψης για $c=1427$ pixels.....	- 42 -
Διάγραμμα 6. 4: Κανονικοποιημένη παράσταση ακτινικής διαστροφής αριστερής λήψης για μηδενική διαστροφή σε $r=320$ pixels και $c=1423$ pixels.....	- 42 -
Διάγραμμα 6. 5: Καμπύλη ακτινικής διαστροφής αριστερής λήψης για $c=1437$ pixels.....	- 44 -
Διάγραμμα 6. 6: Κανονικοποιημένη παράσταση ακτινικής διαστροφής αριστερής λήψης για μηδενική διαστροφή σε $r=320$ pixels και $c=1418$ pixels.....	- 44 -
Διάγραμμα 7. 1: Διάγραμμα διατομής.....	- 62 -
Διάγραμμα 7. 2: Διάγραμμα διατομής.....	- 62 -
Διάγραμμα 8. 2: Κανονικοποιημένη παράσταση ακτινικής διαστροφής κεντρικής λήψης για μηδενική διαστροφή σε $r=1836$ pixels και $c=1152$ pixels.....	- 66 -

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η προβολή των έργων πολιτισμού αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο των σύγχρονων αντιλήψεων για τις αναπτυξιακές στρατηγικές των χωρών. Με την πάροδο του χρόνου η προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς γίνεται ζήτημα μείζονος σημασίας με διεθνείς συμβάσεις για την προστασία των μνημείων, οι οποίες διαμορφώνουν το γενικότερο πλαίσιο δεοντολογίας που διέπει τις αρχές μελέτης και προστασίας της. Κρίνεται επομένως ως υποχρέωση κάθε χώρας η καλλιέργεια ενός πνεύματος πολιτιστικής ανάτασης, όπου δύναται να αναπτυχθεί με τη συντήρηση, την αναστήλωση, την τεκμηρίωση και την εν γένει προβολή του μνημειακού της πλούτου ή των σύγχρονων τεχνικών έργων της. Για τη διατήρηση και την εξέλιξή τους απαιτείται η πλήρης γνώση της κατάστασής τους σε δεδομένη χρονική στιγμή. Η γεωμετρική τεκμηρίωση παρέχει τα απαραίτητα στοιχεία και αποτελεί την υποδομή για την εκτέλεση εργασιών που καθιστούν δυνατή την ένταξη των μνημείων σε οποιοδήποτε επίπεδο χωροταξικού, αναπτυξιακού, περιβαλλοντικού και πολεοδομικού σχεδιασμού.

Για την περίπτωση της Ελλάδας, είναι γεγονός ότι σε ολόκληρη την έκτασή της διασώζεται πλήθος μνημειακών συνόλων διαφόρων εποχών και τεχνοτροπιών, με αριθμητική υπεροχή των λατρευτικών μνημείων, από τους αρχαίους ναούς μέχρι τις χριστιανικές εκκλησίες που αποτελούν νεώτερα μνημεία. Η σύνταξη μέτρων διαχείρισης της εθνικής κληρονομιάς είναι ανάγκη επιτακτική. Η προστασία των μνημείων είναι συνταγματικά κατοχυρωμένη, με το άρθρο 24 του Συντάγματος του 1975 να αναφέρεται στην ανάμειξη και αποδοχή ευθύνης από το κράτος για την προστασία του φυσικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος. Η χώρα μας έχει επιπλέον συνυπογράψει, από το 1981, τη Συνθήκη της UNESCO για την προστασία των μνημείων και περιοχών παγκόσμιας κληρονομιάς. Στόχος είναι η προφύλαξη τους από κάθε είδους φθορά και καταστροφή, προκειμένου αυτά να κληροδοτηθούν στις γενιές του μέλλοντος. Για τη διατήρηση και την εξέλιξη τους απαιτείται η πλήρης γνώση της κατάστασής τους σε δεδομένη χρονική στιγμή. Στις περισσότερες των περιπτώσεων, όμως, δεν υπάρχουν πληροφορίες, καθώς δεν έχουν συνταχθεί ή δεν έχουν διασωθεί σχέδια της αρχικής κατασκευής. Ακόμα και στο ενδεχόμενο όπου κατέχουμε τα σχέδια αυτά, η ταύτισή τους με την πραγματικότητα δεν είναι πάντα εφικτή καθώς η υλοποίηση των τεχνικών έργων εμπεριέχει αβεβαιότητα και επιπλέον, κάθε τεχνικό έργο είναι εκτεθειμένο σε κινδύνους όπως λανθασμένη μελέτη, κακοτεχνία, ελαττωματικό υλικό, ανθρώπινη αμέλεια, φυσικά φαινόμενα (σεισμό, πλημμύρα, παγετό κτλ.), αστοχίες κατασκευής, κατολισθήσεις πρανών κ.ά.

Συγκεκριμένα, η κατασκευή ενός κτίσματος προϋποθέτει την εκπόνηση μελέτης, η οποία καταλήγει σε σχέδια που εφαρμόζει ο κατασκευαστής. Το αντίστροφο πρόβλημα παρουσιάζεται κατά την αποτύπωση μιας υπάρχουσας τεχνικής κατασκευής, όπου υφίσταται το κτίσμα και ζητούνται τα κατασκευαστικά του σχέδια. Τέτοιες περιπτώσεις είναι οι περισσότερες που αφορούν τους Χριστιανικούς ναούς, όπου ζητείται η σύνταξη των τεκμηριωτικών σχεδίων τους ώστε να είναι δυνατή η συντήρηση και αναστήλωση τους όταν κριθεί απαραίτητη. Πρώτιστη προϋπόθεση για τη μελέτη και εφαρμογή οποιασδήποτε επέμβασης σε μια κατασκευή, αποτελεί η αποτύπωση της υπάρχουσας κατάστασής της. Κατά μείζονα λόγο, το ίδιο ισχύει στην περίπτωση τεκμηρίωσης της. Συνεπάγεται επομένως ότι είναι απαραίτητη η συστηματική καταγραφή και απεικόνιση των στοιχείων που ορίζουν αξιόπιστα τη γεωμετρική μορφή και τη θέση στο χώρο των επιμέρους τμημάτων της, σε δεδομένη χρονική στιγμή. Η ενέργεια αυτή κρίνεται ιδιαίτερα αναγκαία και επιβεβλημένη στις περιπτώσεις των μνημείων, όπου συνεχίζεται η επιστημονική έρευνα, τα διάφορα στάδια της οποίας πρέπει να συνοδεύονται από πλήρη τεκμηρίωση. Για το λόγο αυτό η γεωμετρική τεκμηρίωση των Χριστιανικών μνημείων κρίνεται αναγκαία προϋπόθεση για την εκπόνηση οποιασδήποτε μελέτης που τα αφορούν και επιπλέον συμβάλει στην κατάλληλη προβολή τους, και κατά συνέπεια στην προβολή και διατήρηση της εθνικής κληρονομιάς.

Οι απαιτήσεις των χρηστών (αρχιτέκτονες, αρχαιολόγοι, ιστορικοί τέχνης, πολιτικοί μηχανικοί, αναστηλωτές κ.α.) για λεπτομερή διαγράμματα μεγάλης ακριβείας επιβάλλουν την εφαρμογή εξειδικευμένων τοπογραφικών και φωτογραμμετρικών μεθόδων και τεχνικών, σε ολόκληρο το φάσμα συλλογής της πληροφορίας και παραγωγής διαγραμμάτων ή ηλεκτρονικών αρχείων, μέσω

των οποίων απεικονίζεται η παρούσα κατάσταση της κατασκευής. Επομένως η κλασική τοπογραφία σε συνδυασμό με μεθόδους φωτογραμμετρίας επωμίζεται το βάρος της λεπτομερούς αποτύπωσης των γεωμετρικών στοιχείων και μορφών του προς μελέτη τεχνικού έργου.

Η ανάγκη για ταχύτερη και πιο αποτελεσματική μέθοδο συλλογής στοιχείων πεδίου, που δεν θα απαιτεί την οποιαδήποτε επαφή με το μνημείο, οδήγησε στη χρήση σύγχρονων οργάνων που συνδυάζουν τις τοπογραφικές με τις φωτογραμμετρικές μεθόδους, με την ύπαρξη ψηφιακής φωτομηχανής (αισθητήρα) στο εσωτερικό ενός ψηφιακού τοπογραφικού σταθμού. Τα όργανα αυτά, όπου αποτελούν το πρώτο μέλος μιας νέας τεχνολογικής γενιάς, εκείνης των εικονογεωδαιτικών σταθμών, σχεδιάστηκαν και υλοποιήθηκαν με σκοπό τη διευκόλυνση των διαδικασιών συλλογής γεωμετρικής πληροφορίας και την μείωση του χρόνου των εργασιών πεδίου και αποτελούν εξέλιξη των φωτοθεολίχων, μιας αντίστοιχης προσπάθειας στο παρελθόν, στηριζόμενης στην τεχνολογία της τότε εποχής. Ανάμεσα στις καινοτομίες των εικονογεωδαιτικών σταθμών είναι η ενσωμάτωση δύο CCD μηχανών, που εισάγουν τη δυνατότητα ψηφιακής σκόπευσης, παράλληλης καταγραφής τεκμηριωτικών φωτογραφιών και της δημιουργίας «ψηφιακών αυτοσχέδιων υπαίθρου». Η εξέλιξη των οργάνων αυτών, και η εκμετάλλευση του πλήθους των δυνατοτήτων ταυτόχρονης εκτέλεσης πολλαπλών λειτουργιών που διαθέτουν, μπορεί να επιφέρει ριζικές αλλαγές στις μεθόδους συλλογής της γεωμετρικής πληροφορίας, συνδυάζοντας τις απαιτήσεις της τοπογραφίας και της φωτογραμμετρίας. Εμείς δεν έχουμε παρά να εκμεταλλευτούμε τις τεχνολογικές ευκολίες που προσφέρουν και να παρακολουθήσουμε την καθιέρωση των οργάνων αυτών στις μεθόδους της γεωμετρικής τεκμηρίωσης των μνημειακών συνόλων και όχι μόνο.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελείται από δύο βασικές ενότητες εργασιών. Στην πρώτη ενότητα περιγράφονται η διαδικασία και τα αποτελέσματα της γεωμετρικής τεκμηρίωσης του εσωτερικού μιας εκκλησίας, με βάση τοπογραφικές μεθόδους και συμπληρωματικά με τοπομετρικές και φωτογραμμετρικές. Πρόκειται για τον Ιερό ναό της Γέννησης του Χριστού (Χριστοκοπίδης), που βρίσκεται στην πυκνοδομημένη συνοικία του Ψυρρή στο Δήμο Αθηναίων. Έχει χαρακτηριστεί ως νεότερο μνημείο του Ελλαδικού χώρου και χρήζει άμεσης αποκατάστασης εξαιτίας φθορών που προκλήθηκαν από σεισμό, ενώ τα μόνα διαθέσιμα στοιχεία που υπάρχουν γι αυτόν περιορίζονται στις ιστορικές αναφορές της ύπαρξής του. Για την μελέτη αποκατάστασης προαπαιτείται η σύνταξη τομών και όψεων. Την απόδοση του εξωτερικού τμήματος και του περιβάλλοντα χώρου, έχει αναλάβει η Διεύθυνση Τοπογραφίσεων, Φωτογραμμετρίας και Κτηματολογίου του Υπουργείου Πολιτισμού. Το εσωτερικό τμήμα έχει προταθεί από τον τομέα Φωτογραμμετρίας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου να πραγματοποιηθεί στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Για την πλήρη απόδοση του εσωτερικού τμήματος του ναού, απαιτείται η σύνταξη δισδιάστατων τεκμηριωτικών σχεδίων. Συγκεκριμένα ζητείται μία οριζόντια τομή στο ύψος της μέσης των παραθύρων του βασικού επιπέδου και έξι κατακόρυφες τομές, εκ των οποίων οι τέσσερις θα διέρχονται από το κέντρο του τρούλου, θα είναι κατά ζεύγος διαμήκεις και εγκάρσιες και θα έχουν προσανατολισμό προς τα τέσσερα σημεία του ορίζοντα, αντίστοιχα. Η μία επιπλέον διαμήκης τομή θα διέρχεται από το μέσο του αριστερού κλίτους του ναού με προσανατολισμό προς δύση, ενώ η επιπρόσθετη εγκάρσια θα τέμνει τον πρόναο, διερχόμενη από το μέσο του και θα έχει προσανατολισμό προς νότο.

Αντικείμενο μελέτης της δεύτερης ενότητας της διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση των δυνατοτήτων ενός εικονογεωδαιτικού σταθμού, του GPT 7003i της TOPCON, για τη διενέργεια στερεοσκοπικών αποδόσεων. Το όργανο αυτό συνδυάζει τοπογραφικές και φωτογραμμετρικές μεθόδους με πλήθος δυνατοτήτων και καινοτομιών. Για την λεπτομερειακή του έρευνα πραγματοποιείται αρχικά η βαθμονόμηση της φωτομηχανής που διαθέτει και ο προσδιορισμός των φυσικών και γεωμετρικών της χαρακτηριστικών. Ακολουθεί η απόδοση του άμβωνα που βρίσκεται στο εσωτερικό του ιερού ναού, τόσο με την χρήση του GPT 7003i, όσο και με την χρήση συμβατικής ψηφιακής φωτομηχανής και έπεται η σύγκριση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν. Οι διαφορές που παρατηρούνται οφείλονται κυρίως στα χαρακτηριστικά της φωτομηχανής του σταθμού (π.χ. περιορισμένη ανάλυση, αστάθεια εσωτερικής γεωμετρίας)

Η γεωμετρική τεκμηρίωση του ναού και η διερεύνηση του εικονογεωδαιτικού σταθμού δομούνται στις παρακάτω ενότητες και κεφάλαια αυτών ως εξής:

Εισαγωγικά Στοιχεία:

Κεφάλαιο 1^ο: Στοιχεία Ιστορίας και Αρχιτεκτονικής του Ι. Ναού Γέννησης του Χριστού

Στα εισαγωγικά στοιχεία αναφέρεται το όνομα και η θέση του ναού και τα ιστορικά δεδομένα που τον αφορούν. Αναλύεται η αρχιτεκτονική του μορφή και περιγράφεται ο καλλιτεχνικός διάκοσμος που τον συνθέτει με παράλληλη έκθεση τεκμηριωτικών φωτογραφιών από το εσωτερικό του. Η ενότητα περατώνεται με παράθεση της ανάλυσης της υφιστάμενης κατάστασης του και του αντίστοιχου φύλλου της εφημερίδας της Κυβερνήσεως (ΦΕΚ) που το χαρακτηρίζει ως νεότερο μνημείο.

Ενότητα 1^η: Γεωμετρική τεκμηρίωση του Ιερού Ναού της Γέννησης του Χριστού

Κεφάλαιο 1^ο: Γεωμετρική Τεκμηρίωση

Στο κεφάλαιο αυτό εκτίθεται με σαφήνεια ο γενικός ορισμός της γεωμετρικής τεκμηρίωσης μιας

κατασκευής και κατ' επέκταση των μνημειακών συνόλων και γίνεται αναφορά των μεθόδων που χρησιμοποιούνται στην εκπόνηση της παρούσας μελέτης. Συγκεκριμένα αναλύονται οι χρησιμοποιηθείσες τοπομετρικές, τοπογραφικές και φωτογραφικές μέθοδοι και το ποσοστό συμβολής τους στην γεωμετρική τεκμηρίωση του ναού.

Κεφάλαιο 2^ο: Εργασίες Υπαίθρου

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα επιμέρους στάδια των εργασιών υπαίθρου. Αναλύονται οι διαδικασίες της αναγνώρισης της περιοχής, του προγραμματισμού των εργασιών, ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται και η διαδικασία της σύνταξης των αυτοσχεδίων υπαίθρου. Επιπλέον, γίνεται περιγραφική αναφορά στην ίδρυση του πολυγωνομετρικού δικτύου, στις τοπογραφικές και φωτογραμμετρικές μετρήσεις, όπως επίσης και στον τελικό τοπομετρικό έλεγχο των διαγραμμάτων που συντάσσονται.

Κεφάλαιο 3^ο: Εργασίες Γραφείου

Η φάση των εργασιών γραφείου αποτελείται κυρίως από διάφορους υπολογισμούς και συντάξεις διαγραμμάτων. Στους υπολογισμούς εμπεριέχεται η επίλυση της όδευσης, οι διάφοροι μετασχηματισμοί για την παραγωγή των τελικών συντεταγμένων που χρησιμοποιούνται για την σύνταξη των τομών-όψεων καθώς και η τελική σχεδίαση των ζητούμενων διαγραμμάτων. Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται η λεπτομερειακή εξέταση των σταδίων αυτών και ακολουθεί η περιγραφή της διαδικασίας έλεγχου της γεωμετρικής πληροφορίας που ακολουθήθηκε και της σύνταξης της τεχνικής έκθεσης.

Κεφάλαιο 5^ο: Προβλήματα- Συμπεράσματα της Γεωμετρικής Τεκμηρίωσης του Ι. Ναού

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στα προβλήματα που εμφανίσθηκαν στις διάφορες φάσεις της γεωμετρικής τεκμηρίωσης και που δεν είχαν προβλεφθεί κατά τη διαδικασία της αναγνώρισης της περιοχής και του προγραμματισμού. Παρουσιάζονται επίσης ορισμένα συμπεράσματα στα οποία καταλήγουμε από την εμπειρία της αποτύπωσης του συγκεκριμένου μνημείου.

Ενότητα 2^η: Διερεύνηση των δυνατοτήτων του εικονογεωδαιτικού σταθμού GPT 7003i για τις στερεοσκοπικές αποδόσεις.

Κεφάλαιο 6^ο: Στερεοσκοπικές Αποδόσεις με χρήση Εικονογεωδαιτικού Σταθμού

Στο πρώτο κεφάλαιο της δεύτερης ενότητας περιγράφεται το αντικείμενο μελέτης και γίνεται αναφορά των δυνατοτήτων του εικονογεωδαιτικού σταθμού GPT 7003i καθώς και της καινοτομίας που εμφανίζει ως προς τον τρόπο λήψης των στοιχείων υπαίθρου, η οποία το εντάσσει αυτόματα σε μια νέα κατηγορία οργάνων. Αναλύονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του, παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά του και εξετάζεται η εν δυνάμει ισοστάθμισή τους. Ακολουθεί η διαδικασία της βαθμονόμησης της εσωτερικής ψηφιακής μηχανής του, με την βοήθεια πεδίου ελέγχου, με φωτοσταθερά γνωστών συντεταγμένων, τόσο με την βοήθεια προγράμματος επίλυσης με την μέθοδο της δέσμης όσο και με την χρήση προγράμματος ενιαίας συνόρθωσης των αγνώστων. Παράλληλα πραγματοποιείται η παρουσίαση της εύρεσης του εσωτερικού προσανατολισμού της συγκεκριμένης μηχανής με την χρήση μιας ειδικής διάταξης βαθμονόμησης και του αντίστοιχου λογισμικού που τη συνοδεύει. Ακολουθεί η περιγραφή των αποτελεσμάτων, η ανάλυσή τους και η αιτιολόγηση των διαφορών που προκύπτουν.

Επιπλέον, στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται το λογισμικό που συνοδεύει τον εικονογεωδαιτικό σταθμό και το πλήθος των φωτογραμμετρικών εφαρμογών που δύναται να συστηματοποιήσει. Ανάμεσά τους αναλύεται η μεγάλη ευκολία εφαρμογής του σε μονοεικονικές αποδόσεις (λήψη απευθείας ανηγμένης εικόνας).

Κεφάλαιο 7^ο: Εφαρμογή Στερεοσκοπικών Αποδόσεων

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο αναλύονται όλες οι αποφάσεις οι οποίες χρειάζεται να ληφθούν για τον προγραμματισμό των λήψεων οι οποίες θα εξυπηρετούν τον σκοπό της αποτύπωσης και θα πληρούν τις προδιαγραφές της ώστε να καταλήξουμε στο επιθυμητό αποτέλεσμα. Περιγράφονται όλες οι διαδικασίες που απαιτούνται για την συλλογή και την προεργασία των δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν και παρατίθενται τα βήματα που ακολουθούνται για την παραγωγή του ψηφιακού μοντέλου επιφάνειας, ορθοφωτογραφίας, και διατομών του αντικειμένου.

Κεφάλαιο 8^ο: Παραγωγή ορθοφωτογραφίας με χρήση ψηφιακής φωτομηχανής

Το κεφάλαιο αρχίζει με τη διερεύνηση του φακού της συμβατικής φωτομηχανής που θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ώστε να υπάρχει αντιστοιχία με τον φακό του εικονογεωδαιτικού σταθμού. Ακολουθεί η περιγραφή συλλογής των στοιχείων και η επεξεργασία τους καθώς και τα στάδια αποκατάστασης της γεωμετρίας του συστήματος λήψης. Στην συνέχεια παρουσιάζονται οι προαπαιτούμενες ενέργειες για την παραγωγή της ορθοφωτογραφίας και δίνονται τα αποτελέσματα. Επίσης, παρατίθενται τα συμπεράσματα ως προς την ακρίβεια και την ταχύτητα των φωτογραμμετρικών εφαρμογών τόσο με την χρήση του εικονογεωδαιτικού σταθμού όσο και με τις συμβατικές μεθόδους ψηφιακής στερεοσκοπικής απόδοσης.

Εισαγωγικά Στοιχεία:

Κεφάλαιο 9^ο: Συμπεράσματα

Η παρούσα διπλωματική εργασία κλείνει με ένα κεφάλαιο αφιερωμένο στην αποτελεσματικότητα και ευχρηστία των τοπογραφικών και των φωτογραμμετρικών μεθόδων. Αξιολογείται η δυνατότητα σύνδεσης τους, αξιοποιώντας τις δυνατότητες που προσφέρει ο εικονογεωδαιτικός σταθμός και παρουσιάζεται μια κριτική αντιμετώπιση των καινούριων ιδεών και των νέων οργάνων αναφορικά με την εφαρμογή τους στη διαδικασία της γεωμετρικής τεκμηρίωσης.

ABSTRACT

The promotion of cultural monuments is an integral aspect/facet of contemporary development and growth strategies. By the time, the protection of cultural heritage is getting more of importance as international treaties shaping the general context of ethics and principles concerning monuments' studying and protection. It is therefore the duty of every country to cultivate a background of cultural uplift, which may be developed with the preservation, restoration, documentation and in general with the promotion of its monumental wealth or of its major works of modern engineering. As long as it concerns the monuments and their maintenance, it is required full knowledge of their situation at a certain time. The geometric documentation provides the necessary information and forms the background in which all future works will be based. This step is essential as it enables the integration of monuments in any level of spatial, developmental, environmental and urban planning.

In the case of Greece, there is a wide range of monuments of different eras and styles. The majority of these monuments are faith monuments, such as ancient temples or Christian churches which are modern monuments. Unfortunately, in most cases, the information and plans about these monuments is incomplete or unavailable. In this dissertation, through the combination of the theoretical background and the application of modern techniques and instruments, and with a guiding principal of respect and protection, we will attempt to export geometric documentation of monuments.

In the first section of the dissertation, there is a description of the process and the results of geometric documentation of the interior of a temple, based on surveying methods with additional topometric and photogrammetric methods. There will be also a description of the field work and the processing of collected data required for the preparation (or drawing up) of 2D documentary plans of a temple's interior (horizontal and vertical section and facades). This temple is the holy temple of the Birth of Christ (Christokopidis) and it is located in a densely built district of Athens' downtown called Psirris. This temple was built in 1860 in the position of an earlier, smaller, post-Byzantine Christian church, which in turn was built on the ruins ancient temple. That sequence has to the temple its current characteristics, including the orientation to north. The temple is recognized-declared as a modern monument and it must be immediately rehabilitated due to physical deterioration.

The need for more rapid and more effective method of field data collection, that will not require any contact with the monument, led to the use of modern measuring equipment which combines topographic with photogrammetric methods, with the existence of two CCD cameras in the interior of the digital total station. The second section of dissertation is reported in a such station, the imaging total station GPT 7003i of Topcon, that constitutes the development of phototheodolite and which is the first member of new technological generation that was made aiming at the facilitation of processes in collection geometric information and at the reduction of time in outside surveying working. One of the important innovations of the imaging total station is the two cameras which are built in their telescopes for finder and wide view. This aspect allows the telescope's image to be viewed directly on the instruments full-color display and make easier to point and get a desired feature.

Moreover, the Reality is captured by storing the image along with the survey data, so it is not necessary to create sketches. Then, follows the investigation of making geometric products using the stereoscopic view and with the use of the images of the GPT 7003i as for the achieved precisions and the analysis of final products in comparison of the results from the use of a conventional digital camera and a conventional photogrammetric software. The differences that are observed are owed mainly in the characteristics of CCD camera of imaging total station (limited analysis, measurement of light only in the centre of frame, instability of internal geometry).

Finally, in the third section of dissertation are mentioned the conclusions as for the precision and the speed of process of imprinting, not only with the use of classic topographic and photogrammetric methods but also with their combination developing the capabilities of the imaging total station. The development of the station and the exploitation of the crowd of capabilities in simultaneous implementation of multiple operations that it allocates, can involve radical changes in the methods of collection geometric information, combining the advantages of topography and photogrammetry.

1. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΙΣΤΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΟΥ Ι. ΝΑΟΥ

1.1. Θέση

Ο ναός της Γέννησης του Χριστού βρίσκεται στην πυκνοδομημένη συνοικία του Ψυρρή στο Δήμο Αθηναίων μεταξύ των οδών Χριστοκοπίδου και Αισώπου, κοντά στην πλατεία Μοναστηρακίου και στην Πλατεία Ηρώων (εικόνα 1.1). Έχει δημιουργηθεί στην θέση παλαιότερου μεταβυζαντινού Χριστιανικού ναού¹, μικρότερων διαστάσεων, ο οποίος με την σειρά του ήταν κτισμένος πάνω στα ερείπια αρχαίου ναού. Η διαδοχή αυτή προσέδωσε ιδιαίτερα χαρακτηριστικά στον σημερινό ναό, μεταξύ των οποίων ο προσανατολισμός του προς βορρά.



Εικόνα 1. 1: Θέση του Ι. Ναού Γεννήσεως του Χριστού
Πηγή: Google earth

1.2. Ιστορική Αναδρομή

Ο πρώτος Χριστιανικός ναός της Γέννησης του Χριστού, όπου αποτελεί στοιχείο της μεταβυζαντινής περιόδου, ήταν κτητορικός και ανήκε στην επιφανή αθηναϊκή οικογένεια Κοπίδη, γεγονός που οδήγησε στην προσωνυμία του, Χριστοκοπίδης – ο Χριστός του Κοπίδη. Πρόκειται για τον μοναδικό ναό στην Ελλάδα και το δεύτερο στον κόσμο, αφιερωμένο στην Γέννηση του Χριστού.² Υπάρχουν πληροφορίες και προσωπικές μαρτυρίες ότι στο εσωτερικό του διέθετε κρύπτη όπου επί Τουρκοκρατίας λειτουργούσε Κρυφό Σχολείο και η οποία έφερε περίτεχνες τοιχογραφίες. Επί των ημερών της Αγίας Φιλοθέης της Αθηναίας, γύρω στο 1570, ο ναός αποτελούσε κέντρο, το οποίο εκτελούσε διακονίες προς κάθε αναξιοπαθόντα, μοιράζοντας σουσσίπια και ρουχισμό.

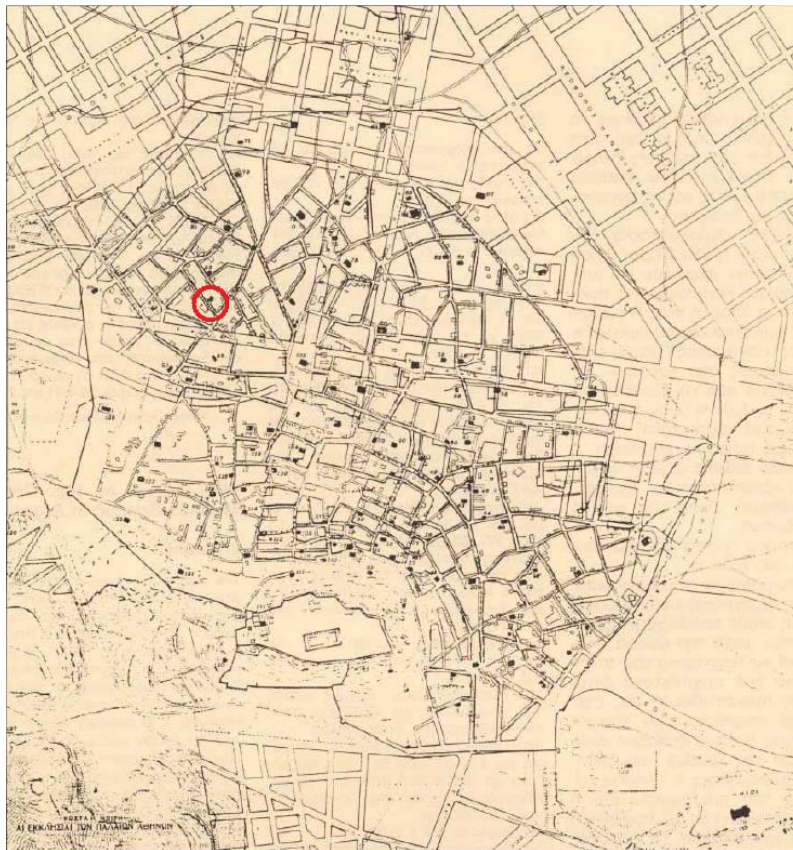
Σχετικά με τα ιστορικά δεδομένα, από έγγραφα του 19^{ου} αιώνα γνωρίζουμε ότι όταν η Αθήνα έγινε πρωτεύουσα της χώρας το 1834, κατεστραμμένη από την Επανάσταση, δεν διέθετε τα κατάλληλα κτίρια για να στεγαστούν οι δημόσιες υπηρεσίες. Το κλασικό παρελθόν και τα αρχαία μνημεία της αναγεννημένης πόλης προκαλούσαν το ενδιαφέρον όλης της πολιτισμένης Ευρώπης και ιδιαίτερα των ρομαντικών αρχιτεκτόνων που με ενθουσιασμό ασχολήθηκαν με τα προβλήματά της. Ο τότε

¹ Βλ. Link 1

² Ο πρώτος είναι στη Βηθλεέμ της Ιουδαίας, στο σπήλαιο της Γεννήσεως του Ιησού, και έχει θεμελιωθεί το 334-35 από τη μητέρα του Μεγάλου Κωνσταντίνου, την Αγία Ελένη.

υπουργός της Δικαιοσύνης, Γεώργιος Πραιΐδης, πρότεινε στον βασιλιά Όθωνα και την Αντιβασιλεία να χρησιμοποιηθούν ερειπωμένοι ναοί της νέας πρωτεύουσας για την κάλυψη των αναγκών των δικαστηρίων. Οι ναοί που επιλέχθηκαν ήταν της Αγίας Ελεούσης για την στέγαση του Κακουργιοδικείου, του Αγίου Αθανασίου για την λειτουργία του Εφετείου και του Χριστοκοπίδη για την στέγαση του Αρείου Πάγου. Και οι τρεις αυτοί ναοί βρίσκονταν στη συνοικία του Ψυρρή και σε μικρή απόσταση μεταξύ τους, ήταν όμως σε πολύ κακή κατάσταση και η στέγη των ναών της Αγίας Ελεούσης και του Χριστοκοπίδη είχε καταρρεύσει. Την μετατροπή τους σε αίθουσες δικαστηρίων ανέλαβε ο δανός αρχιτέκτονας Χριστιανός Χάνσεν³ ο οποίος εργαζόταν τότε στην τεχνική υπηρεσία του υπουργείου των Εσωτερικών. Σήμερα σώζεται μόνο η μετατροπή της Αγίας Ελεούσης⁴, στην ομώνυμη οδό, όπου στηριζόμενοι στα γεωμετρικά της στοιχεία και σε έγγραφο του υπουργού Δικαιοσύνης Γεώργιου Πραιΐδη⁵, μπορούμε να εξαγάγουμε πληροφορίες προσεγγιστικά για το μέγεθος του παλαιού ναού του Χριστοκοπίδη. Λέγεται ότι στα εγκαίνια της μετατροπής του σε αίθουσα απονομής της δικαιοσύνης, επτά αρχιερείς ιερούργησαν ενώπιων των ανωτάτων δικαστών του Αρείου Πάγου και στην τελετή παρευρίσκονταν πλήθος κόσμου, με εξέχουσα παρουσία εκείνη της βασίλισσας Αμαλίας, η οποία παρακολούθησε τη θεία Λειτουργία καθήμενη στον θρόνο της, στο κέντρο του ναού, στο σημείο όπου βρίσκεται αστέρας με δεκαέξι ακτίνες.

Ο σημερινός ναός της Γέννησης του Χριστού έχει κτιστεί γύρω στο 1860 αλλά τα στοιχεία που έχουν σχέση με το ιστορικό του είναι περιορισμένα, δεδομένου ότι ως τώρα δεν έχει γίνει η απαιτούμενη επιστημονική έρευνα. Οι κύριοι μελετητές των αρχιτεκτονικών μνημείων και της αρχιτεκτονικής τους, Κώστας Μπίρης και Ιωάννης Τραυλός, αναφέρονται απλώς στην ύπαρξη του (εικόνα 1.2).



Εικόνα 1. 2: Χάρτης των Μεσαιωνικών Αθηνών με τις εκκλησίες και το τείχος του 1778. Στον κόκκινο κύκλο επισημάνεται ο ναός του Χριστοκοπίδη.

Πηγή: Κ. Μπίρης, Αι εκκλησΐαι των παλαιών Αθηνών, Αθήναι 1940.

³ Οι αδερφοί Χάνσεν ανήκουν στους πέντε κορυφαίους αρχιτέκτονες του κλασικισμού στην Ευρώπη. Ορισμένα από τα έργα τους στην Ελλάδα είναι το Πανεπιστήμιο, η Ακαδημία, η Βιβλιοθήκη, το Αστεροσκοπείο και το Οφθαλμιατρείο.

⁴ Πρόκειται για ένα πρώιμο νεοκλασικό κτίριο το οποίο έχει ενσωματώσει την εκκλησία της Αγίας Ελεούσης διασώζοντας συγχρόνως τις διαστάσεις του ναού.

⁵ Στο έγγραφο αυτό αναφέρεται η υπεροχή στο μέγεθος του ναού του Χριστοκοπίδη συγκριτικά με αυτόν της Αγίας Ελεούσης.

1.3. Αρχιτεκτονικά και Καλλιτεχνικά Στοιχεία

Ο πρώτος ιερός ναός του Χριστοκοπίδη έχει κτιστεί στα ερείπια αρχαίου ειδωλολατρικού περίπτερου ναού, δωρικού ρυθμού, μικρότερων διαστάσεων και είναι πολύ πιθανό αρχιτεκτονικά μέλη του αρχαίου οικοδομήματος να είναι εντοιχισμένα στο σημερινό κτίσμα. Ο αρχιτέκτων του ναού, που θα πρέπει να αναζητηθεί στους καταξιωμένους της εποχής του, παραμένει άγνωστος.

Ο σημερινός ναός έχει κατασκευαστεί με πελεκητή πέτρα από τον Πειραιά και παρουσιάζει ενδιαφέροντα στοιχεία, χαρακτηριστικά της αρχιτεκτονικής της εποχής του. Έχει την μορφή τρίκλιτης βασιλικής με τρούλο⁶ αρμονικών αναλογιών με απόδοση στη στέγαση σταυροειδούς μορφής. Πρόκειται για ένα κατά βάση ορθογώνιο κτίριο, με μήκος περίπου διπλάσιο του πλάτους του, το οποίο διαιρείται επιπλέον σε τρία τμήματα ή κλίτη κατά μήκος της μεγαλύτερης διάστασής του, με το κεντρικό να υπερέχει σε πλάτος και ύψος. Τα κλίτη χωρίζονται με καμάρες και μαρμάρινες κολόνες, διακοσμημένες με κιονόκρανα. Πάνω από τα κλίτη σχηματίζεται υπερώο, που χρησιμοποιείται ως γυναικωνίτης και στο οποίο οδηγεί κλίμακα με κιγκλίδωμα χαρακτηριστικό των κιγκλιδωμάτων που τοποθετούσε ο γερμανός αρχιτέκτονας Ερνέστος Τσίλερ στις πάμπολλες οικοδομές του στην Ελλάδα. Οι κυλινδρικές καμάρες, στις οποίες καταλήγουν το μεσαίο διάμηκες και το εγκάρσιο κλίτος, διασταυρώνονται, και στο κοινό τμήμα τους υψώνεται ο τρούλος, λαμβάνοντας ο ναός τη μορφή της "τρουλαίας βασιλικής". Ο τρούλος στηρίζεται στους 4 κίονες που βρίσκονται μπροστά από την είσοδο προς το ιερό και πάνω στα ημισφαιρικά τρίγωνα που τους συνδέουν.

Ο ναός διαθέτει τρία μεγάλα τρίλοβα παράθυρα⁷ και δύο κωδωνοστάσια που πλαισιώνουν την πρόσοψη, προσδίδοντάς της μεγαλοπρέπεια και επιβλητικότητα. Ο διάκοσμος του είναι ένθετος (ορθομαρμαρώσεις, κοσμήτες, θυρώματα, θωράκια) και δεν αποτελείται από το ίδιο υλικό δόμησης. Εσωτερικά, το τμήμα του ιερού από το υπόλοιπο ναό, χωρίζει μαρμάρινο τέμπλο με γενικά χαρακτηριστικά το μεγάλο σχετικά ύψος του, την τριπλή διάρθρωση της επιφάνειάς του και τον φόρτο του αναγλύφου διακόσμου του (εικόνα 1.3).



Εικόνα 1. 3: Το τέμπλο του ναού

1.4. Εσωτερικός Διάκοσμος

Η εσωτερική διακόσμηση είναι ιδιαίτερα προσεγμένη και θυμίζει αναγεννησιακή τεχνοτροπία (εικόνες 1.4, 1.5). Τα παράθυρα του θόλου είναι ζωγραφισμένα με την μέθοδο της υαλογραφίας (βιτρό) και σε όλη την έκταση του ναού διατηρούνται τοιχογραφίες του τέλους του 19^{ου} και των αρχών του 20^{ου} αιώνα (εικόνα 1.6). Στην κόγχη του Ιερού κυριαρχεί η μορφή της Πλατυτέρας, μια θαυμάσια και επιβλητική σύνθεση. Στον τρούλο δεσπόζει η μορφή του Χριστού Παντοκράτορα πλαισιωμένη από διάφορους προφήτες, ενώ στα ημιχώνια που ανοίγονται κάτω από το τύμπανο

⁶ Σύμφωνα με το ΦΕΚ 73 /21 Ιανουαρίου 2004, δεύτερο τεύχος, άρθρο 2, αποφάσεις Αριθ. ΥΠΠΟ/ΓΔΑΠΚ/ΑΡΧ/Β1/Φ26/74822/5901, ο ναός χαρακτηρίζεται ως τρίκλιτη βασιλική με τρούλο. Αντιθέτως, σε άλλες πηγές όπως το κείμενο που συντάχθηκε από την αρχαιολόγο Αριστέα Παπανικολάου- Κρίστενσεν αλλά και σε πηγές στο διαδίκτυο (πχ. www.athensinfo.com) ο ναός αναφέρεται ως σταυροειδής με τρούλο. Για περισσότερα σχετικά με τις διαφορετικές αρχιτεκτονικές μορφές βλ. Iipk 4

⁷ Οι λοβοί τους χωρίζονται με κιονίσκους με ραδινές αναλογίες. Ο μεσαίος λοβός είναι ψηλότερος από τους άλλους δύο ενώ τα ανοίγματα που δημιουργούνται μεταξύ των κιονίσκων έχουν ίσα πλάτη.

του τρούλου επικρατεί η μορφή των τεσσάρων ευαγγελιστών (εικόνα 1. 7). Το τέμπλο του ναού έχει επιμεληθεί ο ζωγράφος και αγιογράφος Κωνσταντίνος Φανέλης⁸ ενώ την ίδια εποχή χρονολογείται και ο γλυπτός διάκοσμος, σημαντικός από καλλιτεχνικής απόψεως, ο οποίος αποδίδεται στον κ. Νομικό.

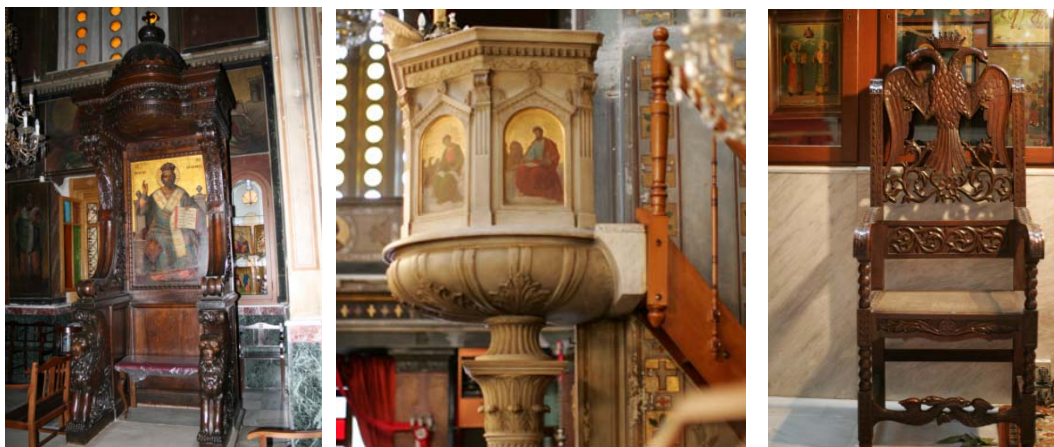


Εικόνα 1. 4: Εσωτερικός Διάκοσμος του ναού - Νότια όψη
Εικόνα 1. 5: Εσωτερικός Διάκοσμος του ναού - Δυτική όψη



Εικόνα 1. 6: Τοιχογραφία στο εσωτερικό του ναού
Εικόνα 1. 7: Τοιχογραφία του Παντοκράτορος στον τρούλο

Σήμερα, εκτός από τον βασιλικό θρόνο της βασίλισσας Αμαλίας⁹ (εικόνα 1.10) κοσμούν τον ναό και άλλα παλαιά κομμάτια. Άξια προσοχής είναι η Ωραία Πύλη, η Βασιλόθυρα, ο μαρμαρόγλυπτος άμβωνας με τριγλύφους, μετώπες και φαντώματα εσωτερικά ζωγραφισμένα με μάλαμα (εικόνα 1.9), ο θαυμάσιος δεσποτικός θρόνος (εικόνα 1.8), ένα ξυλόγλυπτο παγκάρι μεταξύ των δύο κίωνων, το προσκυνητάρι και ο Επιτάφιος, εξωραϊσμένος με περίτεχνες μινιατούρες.



Εικόνα 1. 8: Δεσποτικός θρόνος
Εικόνα 1. 9: Μαρμαρόγλυπτος Άμβωνας
Εικόνα 1. 10: Θρόνος της βασίλισσας Αμαλίας

⁸ Για περισσότερα βλ. link 2

⁹ Κατά τα εγκαίνια του Αρείου Πάγου η βασίλισσα Αμαλία καθόταν σε θρόνο, ο οποίος φυλάσσεται σήμερα ως κειμήλιο μέσα στο Ιερό Βήμα.

1.5. Υφιστάμενη Κατάσταση

Εξαιτίας των φυσιολογικών φθορών του χρόνου αλλά και των σεισμών του 1981 και 1999, ο ναός υπέστη πολλές αλλοιώσεις. Τα καμπαναριά έχουν κοπεί από την βάση τους και τμήματα της επικάλυψης του τρουλίσκου του βόρειου κωδωνοστασίου καταρρέουν συνεχώς, προκαλώντας βλάβες στην επικεράμωση και εγκυμονώντας παράλληλα κινδύνους για τους διερχόμενους. Οι απότομες δονήσεις, έχουν δημιουργήσει μία μεγάλη ρωγμή που ξεκινάει από το εξωτερικό, στα τόξα του υπερύθρου της κεντρικής εισόδου και στο μαρμάρινο γείσο, περνάει εσωτερικά στη στεφάνη του Παντοκράτορος και καταλήγει στην Κόγχη του Ιερού στην μορφή της Πλατυτέρας. Μικρότερες ρωγμές εμφανίζονται στα τόξα όλων των παραθύρων.

Σημαντικές φθορές εμφανίζονται επίσης εξαιτίας της υγρασίας κυρίως στις αγιογραφίες και στα θυρόφυλλα, τα οποία αντικαταστάθηκαν λόγω σήψης. Ο χώρος φύτευσης στο πίσω μέρος του ναού έχει μερικώς μεταβληθεί, καθώς παρήγαγε υψηλή ποσότητα υδρατμών η οποία εισέρχονταν στο εσωτερικό του ιερού βήματος εγκυμονώντας κινδύνους αποσάθρωσης των πετρωμάτων του. Μία άλλη σημαντική τροποποίηση που έχει υποστεί ο ναός εξωτερικά, είναι η επίχριση της επιφάνειας του με σοβά. Η επέμβαση αυτή αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα ατοπήματα παρέμβασης πρακτικής και αισθητικής σημασίας, καθιστώντας επιτακτική την ανάγκη επαναφοράς του ναού στην προηγούμενη κατάστασή του. Τέλος, προς διευκόλυνση των μετακινήσεων ή προς αποκατάσταση της μορφής του ναού, ανοίχθηκε θύρα στον ανατολικό τοίχο η οποία είχε κλειστεί επί Τουρκοκρατίας.

2.2.2. Χαρακτηρισμός του ναού ως νεότερο μνημείο

Με τον όρο μνημείο χαρακτηρίζουμε κάθε στοιχείο που αποτελεί τεκμήριο του ιστορικού παρελθόντος ενός προσώπου, ενός γεγονότος, μιας περιοχής ή μιας εποχής. Για την παρούσα διπλωματική εργασία, με τον γενικό όρο μνημείο θα εννοείται κάθε ακίνητη κατασκευή αρχιτεκτονικού, πολεοδομικού, και καλλιτεχνικού κυρίως ενδιαφέροντος. Σύμφωνα με τον νόμο ΥΠ' Αριθ. 3028 για την προστασία των αρχαιοτήτων και εν γένει της Πολιτιστικής Κληρονομιάς (Φ.Ε.Κ Αρ. Φύλλου 153/28 Ιουνίου 2002, πρώτο τεύχος):

Ως νεότερα μνημεία νοούνται τα πολιτιστικά αγαθά που είναι μεταγενέστερα του 1830 και των οποίων η προστασία επιβάλλεται λόγω της ιστορικής, καλλιτεχνικής ή επιστημονικής σημασίας τους (ΦΕΚ 153 /28 Ιουνίου 2002, πρώτο τεύχος, άρθρο 2, «έννοια όρων»).

Ο ναός της γέννησης του Χριστού ο οποίος πληροί όλες τις παραπάνω προϋποθέσεις παρουσιάζοντας μεγάλο ενδιαφέρον τόσο ιστορικό, όσο και αρχιτεκτονικό-καλλιτεχνικό, κατατάσσεται σε ένα από τα σημαντικότερα μνημεία της νεοκλασικής Αθήνας. Ο χαρακτηρισμός του ως νεότερο μνημείο, που χρήζει άμεσης αποκατάστασης, θεσμοθετείται με απόφαση του τότε Υπουργού Πολιτισμού, Ευάγγελου Βενιζέλου, στις 23 Δεκεμβρίου του 2003 (ΦΕΚ 73 /21 Ιανουαρίου 2004, δεύτερο τεύχος, άρθρο 2, αποφάσεις Αριθ. ΥΠΠΟ/ΓΔΑΠΚ/ΑΡΧ/Β1/Φ26/74822 /5901).

ΜΕΡΟΣ Α:

**ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΤΟΥ Ι. ΝΑΟΥ ΤΗΣ ΓΕΝΝΗΣΗΣ ΤΟΥ ΧΡΙΣΤΟΥ
ΜΕ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΚΑΙ ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΚΕΣ ΑΝΑΓΩΓΕΣ**

2. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ

2.1. Ορισμός Γεωμετρικής Τεκμηρίωσης Μνημείων

Αποτύπωση είναι η λεπτομερής σχεδιαστική παρουσίαση των μνημείων, ώστε να αποδίδεται με πληρότητα η μορφή τους. Αντιθέτως, με τον όρο τεκμηρίωση νοείται η πλήρης καταγραφή και αρχειοθέτηση όλων των πληροφοριών που σχετίζονται με τα ιστορικά στοιχεία, την γεωμετρική πληροφορία και την παθολογία του προς μελέτη μνημειακού τόπου. Επομένως ο όρος τεκμηρίωση εμπεριέχει τον όρο αποτύπωση, καθώς η τεκμηρίωση μιας κατασκευής εμπεριέχει τα δεδομένα της αποτύπωσης και τη διαδικασία προσδιορισμού της θέσης, του σχήματος και του μεγέθους της, τη δεδομένη χρονική στιγμή. Συνεπώς:

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 συγκεκριμένη χρονική στιγμή (Γεωργόπουλος, 2008).

Σκοπός της γεωμετρικής τεκμηρίωσης είναι η παρουσίαση της υφιστάμενης κατάστασης της κατασκευής. Είναι έργο των ειδικών μελετητών να αποκαλύψουν αν οι αποκλίσεις ή οι παραμορφώσεις που καταγράφονται με την γεωμετρική τεκμηρίωση, είναι αποτέλεσμα δράσεων (φυσική φθορά, ανθρώπινες επεμβάσεις, σεισμοί, μικρομετακινήσεις εδάφους, κ.α.), αρχικών σφαλμάτων χάραξης και κατασκευής ή έκφραση της σχετικής ελευθερίας των δημιουργών. Η γεωμετρική τεκμηρίωση μπορεί να εξυπηρετεί σκοπούς θεωρητικής-επιστημονικής έρευνας, πρακτικούς, όπως η κάλυψη αναγκών μελετών προστασίας ή ακόμα και συστηματικούς, που αφορούν την αρχειοθέτηση και προβολή των μνημείων.

Οι τεχνικές κατασκευές, όπως κάθε πραγματικό αντικείμενο, ορίζονται στον χώρο των τριών διαστάσεων από σημειοσύνολα άπειρου αριθμού σημείων. Ως εκ τούτου, η πιστότητα της γεωμετρικής τεκμηρίωσης είναι, μεταξύ άλλων, συνάρτηση του πλήθους των σημείων, που αποσπώνται εκλεκτικώς από το σύνολο, για να το αναπαραστήσουν. Για την γεωμετρική αποτύπωση κάθε μνημείου εξετάζονται οι ιδιαιτερότητες του συγκεκριμένου χώρου και η αναγκαία πληροφορία και λεπτομέρεια που απαιτείται. Ο σκοπός και η χρήση των προϊόντων καθώς και το επίπεδο λεπτομερειών στα τελικά παράγωγα συνθέτουν ουσιαστικά τις προδιαγραφές της μελέτης, που είναι προσαρμόσιμες και διαφορετικές για κάθε μνημείο και που αναφέρονται στο αποτέλεσμα και όχι στην μέθοδο εργασίας που ακολουθείται¹⁰. Ο τρόπος και ο αριθμός των σημείων που τελικώς θα επιλεγούν να αποτυπωθούν είναι επίσης συνάρτηση του μεγέθους, της θέσης, της πολυσυνθετότητας του ίδιου του έργου και του γενικού χρόνου εργασιών. Εξαρτώνται επίσης από τη σημαντικότητα, τους σκοπούς της τεκμηρίωσης και το κόστος.

Τα στάδια της γεωμετρικής τεκμηρίωσης δεν διαφέρουν κατά πολύ από τα στάδια οποιαδήποτε άλλης μελέτης τοπογραφικής φύσης. Αρχικά ορίζεται το χρονοδιάγραμμα και ο προγραμματισμός των εργασιών. Στην συνέχεια συλλέγονται τα δεδομένα και αφού πραγματοποιηθεί η κατάλληλη διαχείριση και αρχειοθέτησή τους, ακολουθεί η επεξεργασία τους. Ακολουθεί η προετοιμασία των προϊόντων και η τελική παρουσίαση τους με παράλληλη σύνταξη της τεχνικής έκθεσης. Δυσχέρειες εμφανίζονται κυρίως σε ότι αφορά τις εργασίες υπαίθρου και στη σωστή διαχείριση των δεδομένων που συλλέγονται, εξαιτίας του πλήθους και της ανομοιογένειάς τους.

Για να καταλήξουμε στο επιθυμητό αποτέλεσμα υπάρχουν πολλές μέθοδοι και τεχνικές που μπορούν να επιλεγούν και να συνδυαστούν, οι οποίες καθορίζουν μεταξύ άλλων και τα είδη των οργάνων όπου τελικώς χρησιμοποιούνται. Στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζονται εκείνες που ακολουθήθηκαν για την γεωμετρική τεκμηρίωση του συγκεκριμένου ναού.

¹⁰ Βασικό μειονέκτημα σε ότι αφορά την γεωμετρική τεκμηρίωση των μνημείων είναι το γεγονός ότι δεν έχουν ορισθεί προδιαγραφές που να καλύπτουν τις ανάγκες της αποτύπωσης τους ίσως εξαιτίας της δυσκολίας να συνταχθούν κανόνες που θα είναι σαφείς, πλήρεις, ευέλικτοι και προσαρμόσιμοι στις ειδικές ανάγκες κάθε μνημείου. Αποτελεί ένα καίριο ερώτημα το κατά πόσο μπορούν να τεθούν τέτοιου είδους προδιαγραφές.

2.2. Μέθοδοι Τεκμηρίωσης που Χρησιμοποιήθηκαν

Οι τεχνικοί κανόνες που διευκρινίζουν σαφώς το αποτέλεσμα της μελέτης, ως προς την ακρίβεια, το είδος και την παρουσίαση, σε συνδυασμό με την ιδιαίτερη φύση κάθε μνημείου, καθορίζουν την επιλογή της εκάστοτε κατάλληλης μεθόδου γεωμετρικής τεκμηρίωσης. Οι μέθοδοι γεωμετρικής τεκμηρίωσης-αποτύπωσης ενός μνημείου, καταταγμένες κατά αυξημένη απαίτηση σε τεχνολογικό εξοπλισμό και ειδικευμένο προσωπικό είναι η τοπομετρική, η τοπογραφική και η φωτογραμμετρική. Αν και ο καλύτερος τρόπος για την παραγωγή υψηλής ακρίβειας πλήρως ελεγχόμενης αποτύπωσης αντικειμένων, ειδικά σε μεγάλη κλίμακα, είναι ο συνδυασμός τους, για τη γεωμετρική τεκμηρίωση του ναού κρίνεται απαραίτητη η χρησιμοποίηση κυρίως της τοπογραφικής μεθόδου και συμπληρωματικά η εφαρμογή των υπολοίπων. Παρακάτω γίνεται μια σύντομη ανάλυση των μεθόδων αυτών.

2.2.1. Τοπομετρική μέθοδος

Πρόκειται για την απλούστερη διαδικασία συλλογής δεδομένων, η οποία υπακούει σε γενικούς γεωμετρικούς κανόνες. Η μέτρηση των αναγκαίων στοιχείων υλοποιείται με τη μέθοδο των τριγώνων, προσδιορίζοντας διαδοχικά τις συντεταγμένες των σημείων που απαιτούνται για την πλήρη αναπαραγωγή της γεωμετρίας και της μορφής του προς μελέτη αντικειμένου. Δύναται να χρησιμοποιηθεί εύκολα από το σύνολο των μηχανικών υποδομής, καθώς ο απαιτούμενος εξοπλισμός είναι απλός και εύκολα διαθέσιμος (μετροταινία, αλφάδι, νηματοκάνναβος, ορθογωνιές, κ.α.). Η πολυπλοκότητα των αντικειμένων δεν επιτρέπει πάντα την εφαρμογή της μεθόδου αυτής, η όποια πλεονεκτεί σε ταχύτητα, υστερεί όμως σε ακρίβεια στις περιπτώσεις των μετρήσεων στον χώρο (μικρή αντικειμενική ακρίβεια οργάνων, προσθετική μεταφορά σφάλματος στον προσδιορισμό των σημείων). Επιπλέον, η μέθοδος αυτή δεν παρέχει ενιαία ακρίβεια και αξιοπιστία αποτελεσμάτων.

2.2.2. Τοπογραφική μέθοδος

Η τοπογραφική μέθοδος, οικεία στο σύνολο των τοπογράφων μηχανικών, πραγματοποιείται με χρήση εξελιγμένων οργάνων ακριβείας όπως είναι οι γεωδαιτικοί σταθμοί ολοκληρωμένων αποδόσεων, οι οποίοι μετρούν άμεσα οριζόντιες και κατακόρυφες γωνίες και κεκλιμένες ή οριζόντιες αποστάσεις. Οι συντεταγμένες των προς απόδοση σημείων προσδιορίζονται με πολικές συντεταγμένες ή με εμπροσθοτομία στο χώρο. Για την χρήση της μεθόδου αυτής αναγκαία προϋπόθεση είναι η ίδρυση τριγωνομετρικού ή και πολυγωνομετρικού δικτύου, από το οποίο εξαρτάται η αποτύπωση ώστε να δημιουργείται η δυνατότητα σύνδεσης των επιμέρους χώρων της κατασκευής. Σήμερα, με την ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας είναι δυνατόν να υπολογίζονται σε σύντομο χρονικό διάστημα, οι συντεταγμένες των προς αποτύπωση σημείων με μεγάλες ακρίβειες και στις τρεις διαστάσεις, γεγονός που συνάδει στην ευρεία χρήση της μεθόδου. Βασικό μειονέκτημα της μεθόδου είναι ο περιορισμένος αριθμός σημείων που μπορούν να μετρηθούν και ο αυξημένος χρόνος εργασιών υπαίθρου.

2.2.3. Φωτογραμμετρική μέθοδος

Πρόκειται για ακριβή και ολοκληρωμένη μέθοδο που βασίζεται σε άμεσες μετρήσεις επί εικόνων, με στόχο τον προσδιορισμό τρισδιάστατων συντεταγμένων σημείων του αντικειμένου. Εξασφαλίζει την από απόσταση εκτέλεση των εργασιών τεκμηρίωσης, καθιστώντας εφικτή την αποτύπωση δυσπρόσιτων ή και απρόσιτων σημείων, και δεν απαιτείται παρά στοιχειώδης, για τη τοποθέτηση των φωτοσταθερών, επαφή του τοπογραφικού συνεργείου με το μνημείο, προφυλάσσοντας το από ενδεχόμενες φθορές. Η μέθοδος αυτή απαιτεί εξειδικευμένους στην φωτογραμμετρία μηχανικούς καθώς και δαπανηρό εξοπλισμό. Δεν δύναται να εφαρμόζεται αυτόνομα, καθώς προϋποθέτει την παράλληλη εφαρμογή τοπογραφικών μεθόδων για την σύνθεση του απαραίτητου υποβάθρου. Υπερτερεί σημαντικά έναντι των υπολοίπων μεθόδων γεωμετρικής τεκμηρίωσης. Η έκταση της πληροφορίας που συνήθως απαιτείται να αποδοθεί σε ένα μνημείο είναι τέτοια, που καθιστά συνήθως αντισυμβατικές τις κλασικές τοπογραφικές μεθόδους. Επομένως, ενώ με μία πρώτη ματιά οι φωτογραμμετρικές μέθοδοι είναι υψηλού

κόστους και απαιτούν υψηλή εξειδίκευση και ακριβό εξοπλισμό, με κριτήρια κόστους-απόδοσης, συνήθως προκύπτουν ως οι οικονομικότερες. Επιπλέον, οι φωτογραφίες που λαμβάνονται, περιέχουν το σύνολο της πληροφορίας που το μνημείο περιλαμβάνει και κατ' επέκταση, ο μηχανικός διαθέτει τη δυνατότητα άντλησης επιπρόσθετων δεδομένων, ελαχιστοποιώντας την ανάγκη συμπληρωματικών εργασιών υπαίθρου. Τα προϊόντα που προκύπτουν με την μέθοδο αυτή είναι εικονιστικά και διανυσματικά.

3. ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ

3.1. Αναγνώριση Περιοχής

Το πρώτο και ουσιαστικό στάδιο στη διαδικασία της γεωμετρικής τεκμηρίωσης είναι η μετάβαση και η αναγνώριση της προς αποτύπωση περιοχής. Στο στάδιο αυτό διερευνήθηκαν οι τυχόν ιδιομορφίες του εσωτερικού του ναού και του περιβάλλοντα χώρου και σχηματίστηκε μια πρώτη εικόνα των δυσκολιών που θα προέκυπταν. Επιπλέον, συλλέχθηκαν στοιχεία που θα ενίσχυαν τον προγραμματισμό των εργασιών. Με τον τρόπο αυτό εξοικονομήθηκε πολύτιμος χρόνος και αποφεύχθηκαν καίρια λάθη.

Η διαδικασία της αναγνώρισης περιλάμβανε τη καταγραφή βασικών διαστάσεων του ναού, του ελεύθερου χώρου και των εμποδίων που υπάρχουν μέσα και γύρω από αυτόν καθώς και την επισήμανση των επιπέδων και των αρχιτεκτονικών στοιχείων που τον συνθέτουν. Επιπλέον, στο στάδιο αυτό, ελήφθησαν τεκμηριωτικές φωτογραφίες που βοηθούν στη συνολική αντίληψη του χώρου και συντάχθηκαν τα πρώτα αυτοσχέδια υπαίθρου (κροκί).

Βασικά ζητήματα που προκύπτουν από την αναγνώριση του ναού

Ένα από τα βασικά προβλήματα που παρουσιάστηκε αναφορικά με τη διαδικασία των μετρήσεων που θα ακολουθούσε, είναι η αδυναμία κάλυψης μεγάλης περιοχής αποτύπωσης από κάθε πιθανή στάση όδευσης, καθώς η ορατότητα προς ορισμένα γεωμετρικά στοιχεία του ναού εμποδίζεται από τους πολυάριθμους πολυελείους και τα λατρευτικά αντικείμενα αλλά και από τους υπάρχοντες κίονες που τα άλλα κατασκευαστικά και αρχιτεκτονικά στοιχεία του ναού. Το δάπεδο είναι λείο και ολισθηρό, με αποτέλεσμα να υπάρχει ανάγκη χρήσης βάσης σταθεροποίησης του τρίποδα του οργάνου που θα χρησιμοποιηθεί, για την αποσόβηση της πτώσης του ή ακόμη και για την αποφυγή μικρομετακινήσεων της κέντρωσης οι οποίες δεν θα μπορούν να γίνουν αντιληπτές. Εξαιτίας του μεγάλου ύψους του ναού και της περιορισμένης οριζοντιογραφικής επιφάνειάς του, κρίθηκε απαραίτητη η χρήση αγκωνοειδούς πρίσματος για τη μέτρηση των ακραίων ζενίθιων γωνιών.

Ένα ζήτημα που έπρεπε να εξεταστεί κατά την οργάνωση της αποτύπωσης είναι η φύση και ο χαρακτήρας τόσο του αντικειμένου που μελετάται όσο όμως και του ευρύτερου χώρου. Ο ναός, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, βρίσκεται στη γειτονιά του Ψυρρή η οποία και αποτελεί σημαντικό πόλο έλξης. Συγκεκριμένα, στον ναό, καθ' όλη τη διάρκεια που παραμένει ανοιχτός, εισέρχεται πλήθος κόσμου (κάτοικοι της περιοχής ή/και επισκέπτες), καθώς αποτελεί χώρο λατρείας και προσκύνησης. Από την άλλη μεριά, άνθρωποι όλων των ηλικιών προσελκύονται από τις επιχειρήσεις εστίασης-ψυχαγωγίας και αναψυχής (καφενεία-καφετέριες, μεζεδοπωλεία, κ.α.), που γειτνιάζουν με τον ναό αλλά και που αποτελούν χαρακτηριστικό γνώρισμα της ευρύτερης περιοχής. Οι επιχειρήσεις αυτές εκμεταλλεύονται τον ελεύθερο χώρο με τραπέζοκαθίσματα, γεγονός που δυσχεραίνει το έργο του τοπογραφικού συνεργείου. Κρίνεται, επομένως, απαραίτητο να ορισθεί μια χρυσή τομή, όπου η διαδικασία των μετρήσεων δεν θα κωλύεται από το διερχόμενο πλήθος αλλά και αντίθετα να μην παρεμποδίζεται το πλήθος από την παρουσία και τις ενέργειές του συνεργείου. Τέλος, πρέπει να επισημανθεί και ο προσωρινός χαρακτήρας της οποιασδήποτε μορφής παρέμβασης θεωρούταν αναγκαία κατά την εξέλιξη των εργασιών (σήμανση στάσεων, φωτοσταθερών κ.τ.λ.), δεδομένου ότι δεν θα έπρεπε να αλλοιωθεί η αισθητική του χώρου.

3.2. Προγραμματισμός Εργασιών

Μετά την αναγνώριση της περιοχής ακολούθησε ο προγραμματισμός των εργασιών για την απρόσκοπτη ροή των ενεργειών που απαιτούνται. Στο στάδιο αυτό καθορίστηκαν σημαντικοί

παράγοντες, οι οποίοι εξαρτώνται από μια σειρά αποφάσεων που ελήφθησαν σύμφωνα με τις προδιαγραφές του θέματος, σε σχέση με την ακρίβεια και την αναλυτικότητα των παραγόμενων στοιχείων. Συγκεκριμένα, προγραμματίστηκε το είδος των μετρήσεων, η σειρά και ο χρόνος που θα πραγματοποιηθούν, τα όργανα που θα χρησιμοποιηθούν και τα παρελκόμενά τους, η μορφή και οι κορυφές της όδευσης και ο τρόπος σήμανσης των χαρακτηριστικών σημείων. Εξαιτίας της πολυπλοκότητας της μελέτης ο προγραμματισμός, σε ότι αφορά τις μετρήσεις, ήταν μια διαδικασία που πραγματοποιούνταν εκ νέου στα διάφορα στάδια που είχαν προκαθορισθεί, ανάλογα με τις συνθήκες δυσκολίας και τα προβλήματα που εμφανίζονταν στην εξέλιξη των εργασιών και τα οποία δεν δύνανται να προβλεφθούν εξ αρχής.

3.2.1. Κλίμακα αναλογικών προϊόντων

Ο βασικότερος παράγοντας κατά τη διαδικασία του προγραμματισμού που καθορίζει το είδος των μετρήσεων είναι η κλίμακα εκτύπωσης των απαιτούμενων αναλογικών σχεδίων. Ως κλίμακα εκτύπωσης ορίζεται η κλίμακα στην οποία θα παρουσιαστούν τα μετρούμενα στοιχεία στα σχέδια που θα παραδοθούν. Επομένως, η κλίμακα των παραγόμενων διαγραμμάτων καθορίζει την ακρίβεια των μετρήσεων, την επιλογή του κατάλληλου εξοπλισμού και κατ' επέκταση τον χρόνο των εργασιών. Στην παρούσα μελέτη ζητήθηκε να συνταχθούν σχέδια κλίμακας 1:50. Ο περιορισμός που υπεισέρχεται αυτόματα, είναι ότι τα στοιχεία που θα αποδοθούν να απέχουν περισσότερο από 12,5mm¹¹ μεταξύ τους ώστε να είναι διακριτά¹². Για ευκολία στις μετρήσεις και για εξοικονόμηση χρόνου, στοιχεία με μικρότερη μεταξύ τους απόσταση δεν καταγράφηκαν, γεγονός σημαντικό αν αναλογισθεί κανείς την πληθώρα των αρχιτεκτονικών στοιχείων και λεπτομερειών του ναού. Βάσει της κλίμακας εκτύπωσης καθορίζεται η ακρίβεια των τελικών προϊόντων, που επηρεάζει με τη σειρά της την επιλογή του εξοπλισμού και της μεθόδου της αποτύπωσης.

3.2.2. Εξοπλισμός

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για τη γεωμετρική τεκμηρίωση του ναού είναι τοπογραφικός. Η επιλογή του πραγματοποιήθηκε με βάση τα επιτρεπόμενα ανεκτά σφάλματα μετρήσεων γωνιών και αποστάσεων, όπως αυτά προκύπτουν με κριτήριο την κλίμακα και εφαρμόζοντας τον νόμο μετάδοσης σφαλμάτων στις σχέσεις επίλυσης της ταχυμετρίας. Για την απόδοση λεπτομερειών, η οποία όμως δεν ζητήθηκε, αλλά επιλέχθηκε να πραγματοποιηθεί για την εξαγωγή πιο ολοκληρωμένων σχεδίων, χρησιμοποιήθηκε συμπληρωματικά φωτογραμμετρικός εξοπλισμός.

Τοπογραφικός Εξοπλισμός

Η πολυπλοκότητα της γεωμετρίας του ναού απαιτεί μεγάλο χρονικό διάστημα εργασιών για την ολοκλήρωση της αποτύπωσής του. Ο εξοπλισμός που ήταν διαθέσιμος κατά τη διάρκεια των εργασιών ή ο εξοπλισμός που θεωρήθηκε απαραίτητος ανάλογα με το είδος των μετρήσεων¹³, δεν ήταν πάντα ο ίδιος και στο γεγονός αυτό οφείλεται η ποικιλία των γεωδαιτικών σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη: Leica TCR 303 και TCR 705, Pentax R 323 NX και Topcon GPT 3003 LN (εικόνα 3.1).

¹¹ Η συγκεκριμένη απόσταση απορρέει από τη διακριτική ικανότητα των ματιών και θεωρείται ότι ισούται με το ¼ του χιλιοστού. Με την παραδοχή αυτή και βάσει της κλίμακας εκτύπωσης, στοιχεία με μεταξύ τους απόσταση μικρότερη από 12.5mm αποκλείονται από την τελική απόδοση, καθώς δεν θα είναι ορατά. Για ευκολία και εξοικονόμηση χρόνου στις μετρήσεις τα στοιχεία αυτά δεν χρειάζεται να καταγραφούν.

¹² Όπως είναι φυσικό, στην περίπτωση που θέλουμε να παράγουμε σχέδια από τα παραπάνω στοιχεία με κλίμακα μικρότερη της 1:50, θα πρέπει το σχέδιο να υποστεί την αντίστοιχη διαδικασία γενίκευσης, όπου και θα αφαιρεθούν κάποιες λεπτομέρειες, ώστε να μη γίνεται σύγχυση των γεωμετρικών πληροφοριών που παρέχουν. Στην αντίθετη περίπτωση, δηλαδή εκτύπωση σε μεγαλύτερη κλίμακα, το παραγόμενο εκτυπωμένο σχέδιο θα είναι ελλιπές.

¹³ Για παράδειγμα, το αγκωνοειδές πρίσμα που διαθέτει το εργαστήριο προσαρμόζεται μόνο στον ένα γεωδαιτικό σταθμό.



Εικόνα 3. 1: Εικονογεωδαιτικοί σταθμοί από αριστερά προς τα δεξιά: α) Leica TCR 303, β) Leica TCR 705, γ) Pentax R 323 NX, δ) Topcon GPT 3003 LN.

Τα παραπάνω όργανα διαθέτουν μερικά αξιοσημείωτα χαρακτηριστικά. Αρχικά, επιτρέπουν την ψηφιακή μέτρηση και καταγραφή γωνιών και μηκών σε ειδική ενσωματωμένη καταγραφική μονάδα, ενώ συνδέονται με ηλεκτρονικό υπολογιστή με τη βοήθεια σειριακής εξόδου RS232, επιτυγχάνοντας αμφίδρομη επικοινωνία για τη μεταφορά δεδομένων, εξασφαλίζοντας παράλληλα τη δυνατότητα εγκατάστασης λογισμικού από τον υπολογιστή στο όργανο. Οι κοχλίες των οργάνων είναι ατέρμονοι χωρίς πάκτωση οριζόντιου και κατακόρυφου δίσκου (με εξαίρεση του Topcon GPT 3003 LN). Επιπλέον, παρέχουν τη δυνατότητα μέτρησης αποστάσεων χωρίς τη χρήση πρίσματος με την υποστήριξη μιας ακτίνας laser. Ο χρόνος καταγραφής κάθε μέτρησης εξαρτάται από τη μέθοδο που χρησιμοποιείται και είναι περίπου της τάξης των 1-1.2 sec. Η ακρίβειά των οργάνων στη μέτρηση των γωνιών κυμαίνεται από $\pm 3''-5''$, και στις αποστάσεις, με χρήση κατάφωτου, από $\pm(2\text{mm}-3\text{mm})+ 2 \text{ ppm} \times D$, ενώ με χρήση laser $\pm(3\text{mm}-5\text{mm})+ 2 \text{ ppm} \times D$ (πίνακας 3.1)¹⁴.

όργανο	Γωνίες	αποστάσεις - prism (mm)	αποστάσεις - non prism (mm)
Leica TCR 303	$\pm 3''$ ($\pm 9^{\text{cc}}$)	$\pm 2\text{mm} + 2 \text{ ppm} \times D$	$\pm 3\text{mm} + 2 \text{ ppm} \times D$
Leica TCR705	$\pm 5''$ ($\pm 15^{\text{cc}}$)	$\pm 2\text{mm} + 2 \text{ ppm} \times D$	$\pm 3\text{mm} + 2 \text{ ppm} \times D$
Pentax R 323 NX	$\pm 3''$ ($\pm 9^{\text{cc}}$)	$\pm 2\text{mm} + 2 \text{ ppm} \times D$	$\pm 5\text{mm} + 2 \text{ ppm} \times D$
Topcon GPT 3003	$\pm 3''$ ($\pm 9^{\text{cc}}$)	$\pm 3 + 2 \text{ ppm} \times D$	± 10

Πίνακας 3. 1: ακρίβειες μέτρησης γωνιών και αποστάσεων (fine measurement mode) των γεωδαιτικών σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν.

Στον τοπογραφικό εξοπλισμό προστίθενται δύο τρίποδες αλουμινίου στήριξης των οργάνων, δύο πρίσματα της εταιρίας Topcon με σταθερά 0.00mm, δύο στυλεοί πρίσματος με ενσωματωμένη σφαιρική αεροστάμμη και ένας τρίποδας στήριξής τους, δίμετρη μεταλλική ταινία, δεκάμετρη κορδέλα και δύο «αράχνες»(βάσεις στήριξης τριπόδων).

Φωτογραμμετρικός Εξοπλισμός

Τα στοιχεία για την απόδοση των λεπτομερειών στις πόρτες του ναού (πόρτες εισόδου και τέμπλου) αντλήθηκαν μέσω φωτογραμμετρικών διαδικασιών. Για τη λήψη των απαραίτητων εικόνων χρησιμοποιήθηκε η ψηφιακή φωτογραφική μηχανή της Canon, EOS-1D Mark II¹⁵ (εικόνα 3.2). Πρόκειται για μια μηχανή μικρού φορμάτ (35mm) η οποία συνδυάζει την ταχύτητα με την υψηλή ανάλυση των 8.2 Megapixels (μέγιστη δυνατή ανάλυση: 3504x2336). Για την επίτευξη αυτού του συνδυασμού έχουν ενσωματωθεί τρεις νέες τεχνολογίες: ο επεξεργαστής νέας γενιάς DIGIC II της Canon, ένας αισθητήρας CMOS και ένα νέο σύστημα μνήμης προσωρινής αποθήκευσης (buffer) με εξαιρετικά μεγάλο μέγεθος. Χάρη στη συνεργασία αυτών των

¹⁴ Οι ακρίβειες στις αποστάσεις είναι για μετρήσεις χωρίς πρίσμα μέχρι τα 25 m.

¹⁵ Φυσικά χαρακτηριστικά της μηχανής: Διαστάσεις, 156x156.6x79.9mm, βάρος (μόνο το σώμα), περίπου 1155gr. Για περισσότερες πληροφορίες σχετικές με τα τεχνικά χαρακτηριστικά της μηχανής βλ. Link 3



Εικόνα 3. 2: Ψηφιακή μηχανή Canon EOS-1D Mark II

τεχνολογιών, η EOS 1D Mark II παρέχει δυνατότητα συνεχούς λήψης με ταχύτητα 8.5 καρέ ανά δευτερόλεπτο (fps), έως 40 φωτογραφίες σε μορφή JPEG, ή 20 φωτογραφίες σε μορφή RAW. Η μηχανή καταγράφει και επεξεργάζεται πάνω από 69 Megapixel δεδομένων ανά δευτερόλεπτο, ενώ οι εικόνες αποθηκεύονται σε κάρτα Compact Flash (CF/SD). Το υψηλό επίπεδο απόδοσης μπορεί να επιτευχθεί είτε σε κατάσταση αυτόματης εστίασης μιας λήψης, είτε σε κατάσταση συνεχούς μεταβολής της εστίασης.

Ο αισθητήρας CMOS έχει διαστάσεις 28.7mm x 19.1mm, ενώ το μέγεθος του κάθε εικονοστοιχείου είναι περίπου 8.19μm. Ένα νέο κύκλωμα καταστολής θορύβου έχει υλοποιηθεί στον αισθητήρα και έχει τοποθετηθεί μπροστά του χαμηλοπερατό φίλτρο, μειώνοντας έτσι την εμφάνιση ανεπιθύμητων φαινομένων αλλοίωσης χρωμάτων. Επιπλέον, το φίλτρο υπεριώθρων αποτρέπει την εμφάνιση κόκκινων εικονοστοιχείων στα περιγράμματα.

Η αυξημένη ισχύς του επεξεργαστή καθιστά εφικτή τη χρήση πιο εξελιγμένων αλγορίθμων επεξεργασίας εικόνας για τη βελτίωση της ισορροπίας του λευκού, της αυτόματης έκθεσης και της συνολικής ποιότητας. Το σύστημα E-TTL II που διαθέτει, βελτιστοποιεί τις εκθέσεις φλας, κυρίως στις περιπτώσεις όπου το θέμα της εικόνας κινείται ή βρίσκεται εκτός κέντρου. Βασισμένο σε έναν νέο αλγόριθμο, το σύστημα αυτό, διασυνδέει τις πληροφορίες απόστασης που λαμβάνει από το σύστημα μηχανής/φακού με τα δεδομένα φωτομέτρησης (21 ζώνες) που λαμβάνει από το προφλας. Οι περιοχές με αφύσικα υψηλά επίπεδα τόνων αγνοούνται, γεγονός που μειώνει σημαντικά την πιθανότητα σφαλμάτων, οφειλόμενα στις αντανακλάσεις από το θέμα.

Η δυνατότητα μεγέθυνσης της εικόνας στην οθόνη κατά 10x (σε 15 βήματα) επιτρέπει τον έλεγχο συγκεκριμένων λεπτομερειών. Η μηχανή διαθέτει έξοδο Video (NTSC και PAL), καθώς και θύρες IEEE1394 (Firewire) και USB 2.0. Επίσης, είναι συμβατή με τα πρότυπα PictBridge και Direct Print για απευθείας εκτυπώσεις σε οποιονδήποτε συμβατό φωτογραφικό εκτυπωτή, χωρίς τη μεσολάβηση ηλεκτρονικού υπολογιστή. Μαζί με τις εικόνες δύναται να εμφανίζεται ιστόγραμμα κατανομής τιμών φωτεινότητας ή RGB στην οθόνη. Οι ταχύτητες κλείστρου κυμαίνονται από 1/8000 του δευτερολέπτου έως 30 δευτερόλεπτα, με μόλις 40 ms καθυστέρηση για την ελευθέρωση του κλείστρου και λειτουργία μείωσης του θορύβου καθοριζόμενη λειτουργίας. Τέλος, η συγκεκριμένη φωτογραφική μηχανή διατηρεί σαράντα πέντε σημεία εστίασης και είναι συμβατή με 60 και πλέον φακούς της σειράς EF καθώς και με όλα τα φλας Speedlite της σειράς EX.

Για τη λήψη ορισμένων φωτογραφιών, καθώς ο φωτισμός του ναού είναι ελλιπής, έγινε χρήση προβολέων στραμμένων προς τις επιφάνειες που ζητούνται να αποδοθούν. Οι φακοί που χρησιμοποιήθηκαν έχουν σταθερά $c=50\text{mm}$ και οι φωτογραφίες που ελήφθησαν θα χρησιμοποιηθούν για μονοεικονικές αποδόσεις.

3.2.3. Χρονικός προγραμματισμός

Ένας άλλος βασικός παράγοντας για την εκπόνηση του θέματος είναι η ζητούμενη ημερομηνία παράδοσης. Τα τελικά σχέδια που θα προέκυπταν, πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για τη μελέτη αποκατάστασης των ζημιών που έχει υποστεί ο ναός, και η οποία θα υποβληθεί στο Υπουργείο Πολιτισμού και στη Διεύθυνση Ναοδομίας. Τίθεται επομένως η ανάγκη γρήγορης και έγκαιρης σύνταξης και παράδοσης τους. Επιπλέον, οι ημερομηνίες εκπόνησης των διπλωματικών εργασιών είναι καθορισμένες, γεγονός που θα έπρεπε να ληφθεί εξίσου υπόψη στη διαδικασία του προγραμματισμού.

Το χρονοδιάγραμμα των εργασιών υπαίθρου έγινε πολύ προσεκτικά καθώς υφίστανται χρονικοί περιορισμοί που αφορούσαν τη φύση του αντικειμένου μελέτης. Αν και το ωράριο λειτουργίας του ναού δεν ήταν σαφές, ο ναός παρέμενε ανοιχτός συγκεκριμένες ώρες της ημέρας ως επί το

πλείστον πρωινές, γεγονός που αυτόματα περιορίζει τον εκμεταλλεύσιμο χρόνο για τη διεξαγωγή των μετρήσεων. Καθώς ο ναός αυτός έχει ενεργή δράση σε ότι αφορά τα θρησκευτικά δρώμενα, ο περιορισμός γινόταν ακόμα μεγαλύτερος, για τον λόγο ότι δεν επιτρέπονται εργασίες κατά τη διάρκεια της εκκλησιαστικής λειτουργίας.

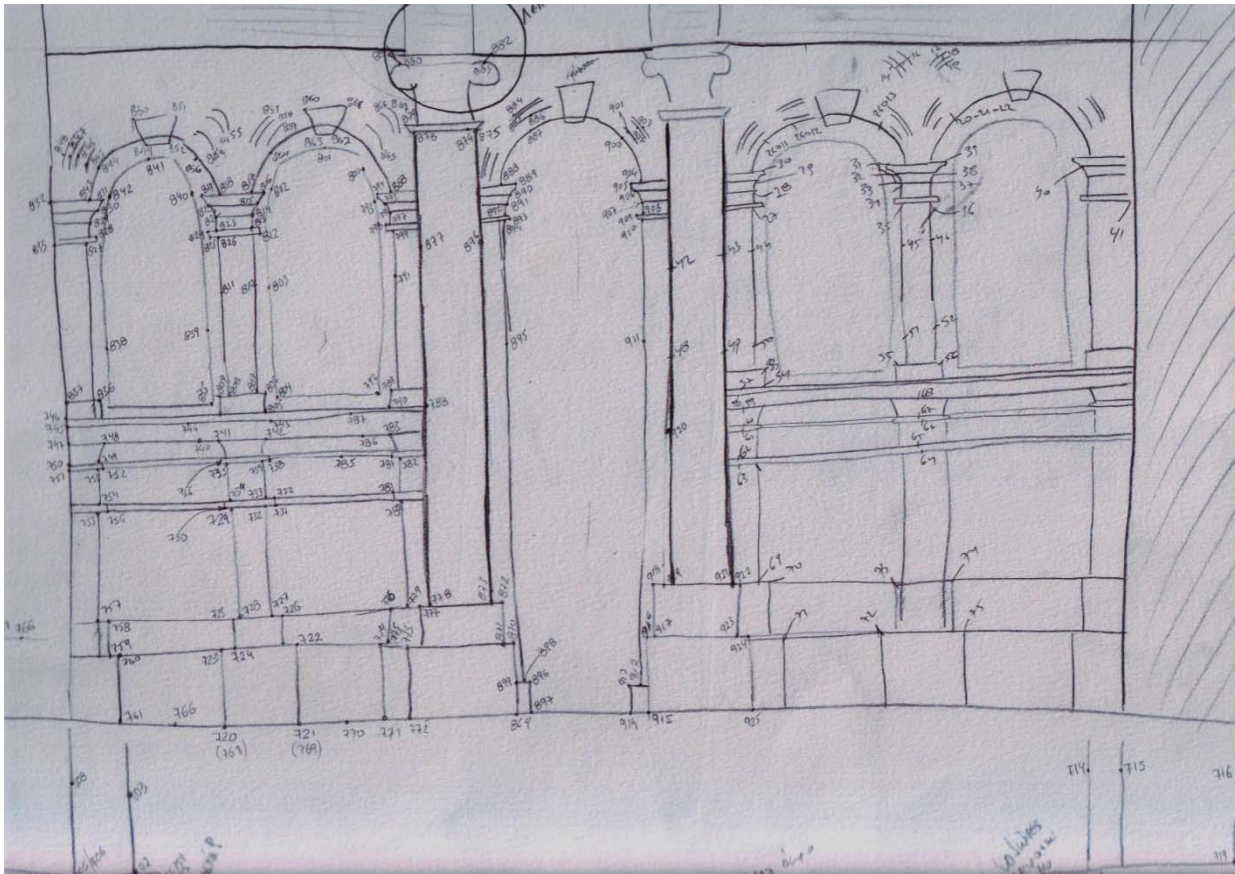
Προγραμματίστηκαν, επομένως, τα στάδια συλλογής των δεδομένων και η επεξεργασία τους κατά τέτοιον τρόπο ώστε να υπάρχει συνέπεια ως προς τις ημερομηνίες παράδοσης του θέματος. Επιπλέον, υπολογίσθηκε το χρονοδιάγραμμα με κάποια ανοχή ώστε οποιοδήποτε πρόβλημα ή παράβλεψη προέκυπτε να μην καθυστερούσε τη ροή των εργασιών και να υπήρχε παράλληλα το περιθώριο ελέγχου και διόρθωσης του.

3.3. Σύνταξη Αυτοσχεδίων

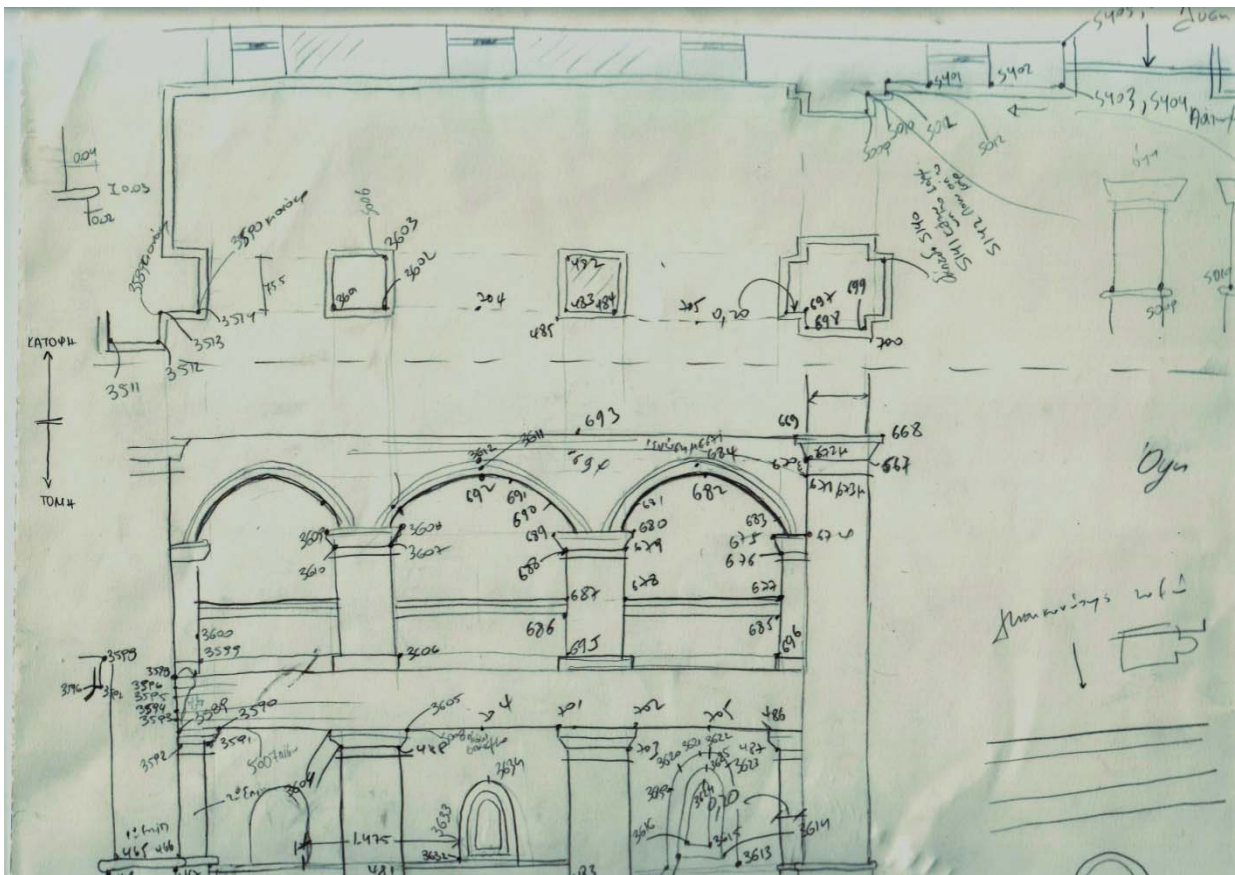
Τα αυτοσχέδια υπαίθρου (κροκί) είναι ιδιαίτερα σημαντικά στη γεωμετρική τεκμηρίωση, εξαιτίας της πολυπλοκότητας του αντικειμένου. Ένα καλό κροκί είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την εκτέλεση των εργασιών γραφείου, γιατί προβάλλει σε μικρογραφία την πραγματική εικόνα του χώρου επισημαίνοντας τα σημεία λεπτομερειών και άλλες δηλωτικές πληροφορίες και αποτελεί ένα από τα βασικά εργαλεία του μηχανικού που τον βοηθούν να εξοικονομήσει χρόνο και να απαλλαγεί από επιπλέον εργασία. Συντάχθηκαν με μεγάλη προσοχή και σε μεγάλη κλίμακα¹⁶, περιέχοντας την ανάλογη λεπτομέρεια, πληρότητα και αναλυτικότητα που πηγάζει από την τελική κλίμακα απόδοσης του αντικειμένου (εικόνες 3.3, 3.4). Τα αυτοσχέδια υπαίθρου που δημιουργήθηκαν για τη ζητούμενη μελέτη είναι ουσιαστικά μια πρώτη εικόνα των διαγραμμάτων που θα συνταχθούν και θα παραδοθούν τελικώς.

Ο προς αποτύπωση ναός, έχει αρκετές ιδιομορφίες όσον αφορά τα στοιχεία που τον συνθέτουν. Πρόκειται για ένα κτίσμα με δύο βασικά επίπεδα και αρκετές δομικές λεπτομέρειες που το καθιστούν ιδιαίτερο αλλά παράλληλα αρκετά δύσκολο στον ορθό σχεδιασμό του. Οι τομές-όψεις που θα προκύψουν από τη γεωμετρική τεκμηρίωσή του περιέχουν μεγάλο όγκο πληροφορίας και ο σαφής διαχωρισμός των διάφορων επιπέδων και των προβαλλόμενων, στο κύριο επίπεδο, αντικειμένων του κάθε αυτοσχεδίου, αποτελούσε μια δύσκολη και επίπονη διαδικασία. Τα αυτοσχέδια που τελικώς συντάχθηκαν είναι περίπου τριάντα, αριθμός λογικός αν αναλογιστεί κανείς πως οι ζητούμενες τομές είναι επτά και πως το αντικείμενο μελέτης είναι αρκετά πολύπλοκο. Χρειάστηκε επομένως, να σχεδιαστούν επιπρόσθετα ορισμένα πιο αναλυτικά σκαριφήματα (εικόνες 3.5, 3.6) για σημεία λεπτομερειών και για στοιχεία που εξαιτίας των μικρών μεταξύ τους αποστάσεων επικρατεί σύγχυση στον σαφή γεωμετρικό τους καθορισμό. Η σωστή οργάνωση των σκαριφημάτων αυτών (σωστή αρίθμηση χαρακτηριστικών σημείων που μετρώνται, καταγραφή συμπληρωματικών στοιχείων χαρακτηρισμού του κάθε σχεδίου κ.α.) και η κατάλληλη κλίμακά τους συνετέλεσε στην κατά το δυνατόν ομαλότερη διεκπεραίωση των εργασιών γραφείου που ακολούθησε.

¹⁶ Δεν υπάρχει η έννοια της κλίμακας στα αυτοσχέδια υπαίθρου. Στη συγκεκριμένη περίπτωση αναφερόμαστε στο επίπεδο λεπτομέρειας η οποία θα συμπεριληφθεί στο αυτοσχέδιο.

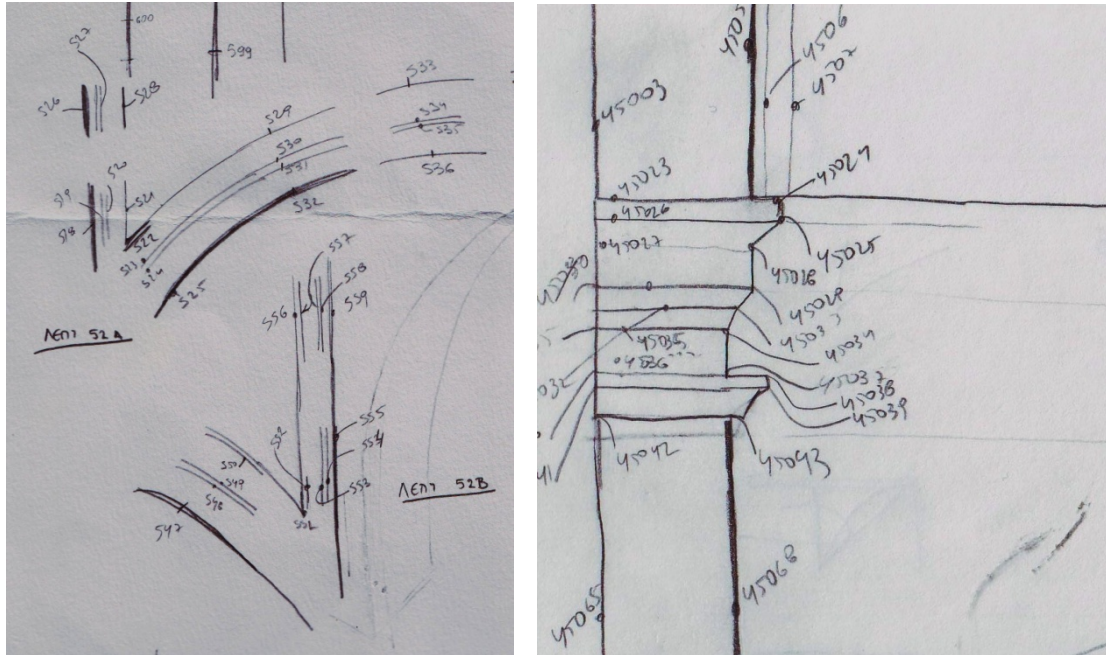


Εικόνα 3. 3: Αυτοσχέδιο υπαίθρου που απεικονίζει το κάτω κεντρικό τμήμα του τέμπλου



Εικόνα 3. 4: Αυτοσχέδιο υπαίθρου που απεικονίζει από την μέση και πάνω την κάτση του αριστερού κλίτους του ναού, στο σημείο που βρίσκονται το υπερώο, και από την μέση και κάτω απεικονίζει την αντίστοιχη κατακόρυφη τομή του τμήματος

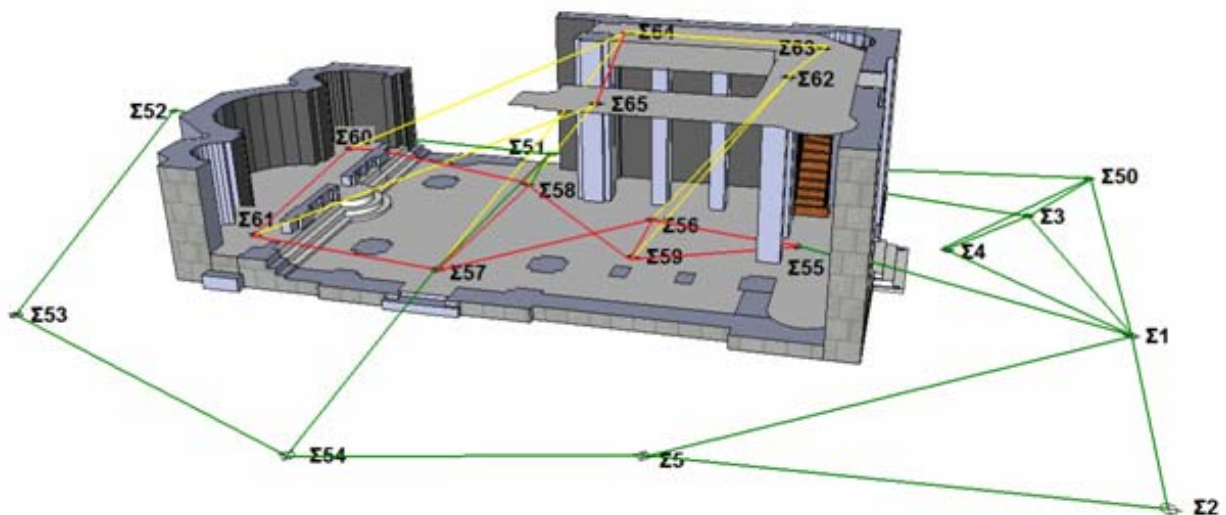
αυτού.



Εικόνα 3. 5: Λεπτομέρειες του βόρειου τόξου, κάτω από το τύμπανο του τρούλου
Εικόνα 3. 6: Λεπτομέρεια κιονόκρανου κολώνας στήριξης τόξου του αριστερού κλίτους

3.4. Ίδρυση Πολυγωνομετρικού Δικτύου

Για την εκτέλεση των τοπογραφικών εργασιών ακολούθησε η ίδρυση πολυγωνομετρικού δικτύου. Το δίκτυο αυτό αποτελείται από δέκα στάσεις περιμετρικά του ναού και έντεκα εσωτερικά (επτά στάσεις στο βασικό του επίπεδο, δύο στάσεις στο επίπεδο του ιερού και τέσσερις στάσεις στο επίπεδο του γυναικωνίτη) (εικόνα 3.7)¹⁷. Έχει μέγιστη απόσταση κορυφών 19.5m (S1-S5) και η επιλογή του είναι αποτέλεσμα πολλών παραμέτρων.



Εικόνα 3. 7: Σκαρίφημα Πολυγωνομετρικού Δικτύου

Αρχικά, κατά την εκλογή των στάσεων δόθηκε προσοχή στην αμοιβαία ορατότητα μεταξύ τους αλλά και στην κατάλληλη επιλογή των θέσεων ώστε να εξυπηρετούν τον σκοπό της αποτύπωσης (όλα τα χαρακτηριστικά σημεία που κρίνονται αναγκαία για την πλήρη απόδοση του ναού θα

¹⁷ Η τρισδιάστατη απεικόνιση του ναού έχει δημιουργηθεί στο σχεδιαστικό πρόγραμμα «Google sketchup» και συντάχθηκε για λόγους προβολής του πολυγωνομετρικού δικτύου. Οι οριζοντιογραφικές διαστάσεις του ναού είναι οι πραγματικές υπό κλίμακα ενώ οι διαστάσεις κατά τον άξονα του ύψους έχουν επιλεγεί κατά τρόπο ώστε το αποτέλεσμα να είναι ευκρινές. Δεν αποτελεί προϊόν με μετρητική αξία.

πρέπει να είναι ορατά από τις επιλεγμένες στάσεις), χρησιμοποιώντας παράλληλα τα κριτήρια της οικονομίας και της πληρότητας. Για να μπορεί η εσωτερική και η εξωτερική απόδοση του ναού να πραγματοποιηθεί στο ίδιο σύστημα αναφοράς, έγινε προσπάθεια ορισμένες πολυγωνομετρικές στάσεις να τοποθετούνται κοντά στα ανοίγματα, ώστε να είναι δυνατή η επέκταση του εξωτερικού δικτύου στο εσωτερικό και αντίστροφα. Καθώς η παρουσία μας και οι επεμβάσεις στο χώρο επιβαλλόταν να είναι διακριτικές, εξαιτίας της φύσης του αντικειμένου, και εξανάγκαζαν έναν προσωρινό χαρακτήρα στη σήμανση των κορυφών της όδευσης που ιδρύθηκε, ο μεγάλος χρόνος εργασιών και παραμονής αντιτίθονταν σε αυτή την επιλογή. Για το λόγο αυτό επιλέξαμε να τοποθετήσουμε καρφιά στους αρμούς των πλακών του δαπέδου, και καλύψαμε την επιφάνεια τους με διαφανή κολλητική ταινία, επιτυγχάνοντας ένα είδος προστασίας που θα διαρκούσε καθ' όλη τη διάρκεια της αποτύπωσης και που θα επέτρεπε την αφαίρεση τους μετά το πέρας αυτής.

3.5. Τοπογραφικές Μετρήσεις

Οι τοπογραφικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν είναι οι μετρήσεις των στοιχείων του πολυγωνομετρικού δικτύου και των χαρακτηριστικών σημείων για την οριζόντια και τις κατακόρυφες τομές-όψεις που ζητούνται. Δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στη σωστή καταγραφή των ονομάτων τόσο της στάσης και της κορυφής μηδενισμού όσο και των χαρακτηριστικών σημείων. Επίσης, μέγιστης σημασίας ήταν η ταύτιση των σημείων που στοχεύονταν με εκείνα που αναγράφονταν στα αυτοσχέδια υπαιθρου. Όλες οι τοπογραφικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν και εκτελέστηκαν με τη μέθοδο των πολικών συντεταγμένων παρουσιάζονται πιο αναλυτικά στα παρακάτω υποκεφάλαια.

3.5.1. Μετρήσεις των στοιχείων του δικτύου

Οι μετρήσεις των στοιχείων του δικτύου υλοποιήθηκαν με τη χρήση του γεωδαιτικού σταθμού Leica TCR 705 και του αντίστοιχου καταφώτου του οργάνου, αποφεύγοντας τη λειτουργία Reflectorless, καθώς η ακρίβεια που τελικώς επιτυγχάνεται είναι σαφώς καλύτερη. Για ορθότερα αποτελέσματα, σταθεροποιήσαμε τον σπειρώ του καταφώτου με τρίποδα, ενώ μεριμνήσαμε για την εντελέστερη σκόπευση του σημείου. Κατά τη διαδικασία αυτή μετρούνται οι οριζόντιες και κατακόρυφες γωνίες που σχηματίζονται από κάθε στάση ως προς τις όμορες της, σε μία περίοδο και σε δύο θέσεις τηλεσκοπίου, και παράλληλα καταγράφεται η οριζόντια απόστασή τους. Επιπλέον καταχωρίζεται το ύψος οργάνου, που μετριέται με μεταλλική μετροταινία, όπως επίσης και το ύψος στόχου, που είναι προσαρμοσμένο κάθε φορά κατά τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται η αμοιβαία ορατότητα μεταξύ αυτού και του οργάνου.

Οι μετρήσεις έγιναν σε τοπικό σύστημα αναφοράς και το δίκτυο εξαρτήθηκε από δύο στάσεις που είχε τοποθετήσει το υπουργείο πολιτισμού στον περιβάλλοντα χώρο του ναού για την εξωτερική αποτύπωση του. Οι στάσεις αυτές δεν είναι ενταγμένες στο κρατικό σύστημα και δεν κρίθηκε απαραίτητη η ένταξη του δικτύου μας σε αυτό.

3.5.2. Μετρήσεις των στοιχείων της οριζόντιας τομής και της κατακόρυφης τομής-όψης

Για τη γεωμετρική τεκμηρίωση της υπάρχουσας κατάστασης του ναού αξιώνεται η μέτρηση χαρακτηριστικών σημείων που αναπαριστούν την πλήρη και ακριβή μορφή του αντικειμένου. Ο ορθός καθορισμός τους και το πλήθος αυτών προέκυψε από την προσωπική εκτίμηση του μηχανικού συναρτήσει της πολυπλοκότητας του ναού. Ως χαρακτηριστικά σημεία θεωρούνται εκείνα που ορίζουν τα επίπεδα της κατασκευής και των βασικών δομικών στοιχείων της (κίονες, πλάκες, κ.α.), τις διαστάσεις των ανοιγμάτων και των κουφωμάτων της που είναι υποστατά, το μέγεθος και τη μορφή των κλιμάκων, τα διακριτικά των λεπτομερειών (διακοσμητικά στοιχεία τέμπλου, καλλιτεχνικές λεπτομέρειες στα τρίλοβα παράθυρα κ.α.) και γενικώς οποιοδήποτε

σημεία ορίζουν στοιχεία της εκάστοτε τομής.

Για την απόδοση της θέσης των σημείων αυτών καταγράφεται η οριζόντια και η κατακόρυφη γωνία που σχηματίζουν με τον γεωδαιτικό σταθμό καθώς και η οριζόντια απόσταση τους. Η μέτρηση των αποστάσεων υλοποιείται χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα και με παράλληλη λειτουργία της ακτίνας laser, ώστε να καθίσταται δυνατή, όταν η πρόσβαση σε αυτά δεν είναι εφικτή, κυρίως εξαιτίας του μεγάλου ύψους. Παράλληλα, με τη χρήση της ακτίνας laser επιτυγχάνεται γενικώς η ευκολότερη και γρηγορότερη μέτρηση όλων των χαρακτηριστικών στοιχείων χωρίς την απαραίτητη σύμπραξη επιπλέον ατόμου. Η ακρίβεια και η πιστότητα που προκύπτουν είναι ικανοποιητικές και μέσα στα πλαίσια των επιθυμητών τιμών, αρκεί να ληφθούν υπόψη ορισμένες προϋποθέσεις. Αρχικά, επιβάλλεται να μην παρεμβάλλονται στην πορεία της δέσμης αντικείμενα που την ανακλούν και έχουν ως αποτέλεσμα ψευδή ένδειξη μήκους. Επιπλέον, κρίνεται απαραίτητο να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή σε εξωτερικές ακμές, όπου υπάρχει πιθανότητα διάχυσης της¹⁸. Η σωστή οργάνωση στην καταγραφή των σημείων (όνομα-κωδικός τομής) καθώς και η κατάλληλη εισαγωγή της σταθεράς του εκάστοτε καταφώτου, είναι καίριας σημασίας, εξαιτίας του μεγάλου πλήθους των μετρούμενων χαρακτηριστικών στοιχείων και της χρήσης οργάνων διαφορετικών τύπων και εταιριών αντίστοιχα. Συνολικά, για τις ανάγκες της αποτύπωσης, μετρήθηκαν 7.665 σημεία.

3.6. Φωτογραμμετρικές Μετρήσεις

Για να αποδοθούν οι λεπτομέρειες στις πόρτες του ναού ελήφθησαν φωτογραφίες, οι οποίες στη συνέχεια επεξεργάστηκαν μονοεικονικά. Ο φακός που χρησιμοποιήθηκε έχει σταθερά $c=50\text{mm}$ με ταχύτητα κλείστρου $1/125$. Εξαιτίας ακατάλληλου φωτισμού χρησιμοποιήθηκαν επιπρόσθετα προβολείς στραμμένοι στις προς απόδοση επιφάνειες ώστε να είναι δυνατή η εξαγωγή της απαιτούμενης πληροφορίας από τις εικόνες που θα προέκυπταν. Θα ακολουθήσει εκτέλεση αναγωγής και επιλέχθηκε να μην χρησιμοποιηθούν και μετρηθούν φωτοσταθερά σημεία αλλά παράλληλα με τη λήψη των φωτογραφιών να πραγματοποιηθούν τοπομετρικές μετρήσεις χαρακτηριστικών οριζόντιων και κατακόρυφων ευθύγραμμων τμημάτων στην επιφάνεια κάθε πόρτας.

3.7. Τελικός Τοπομετρικός Έλεγχος

Μετά τη σύνταξη των διαγραμμάτων απαιτείται μετάβαση στην περιοχή μελέτης για τον τοπομετρικό έλεγχο της γεωμετρικής τεκμηρίωσης έχοντας τα τελικά σχέδια σε έντυπη μορφή. Αρχικά, εξετάστηκε η ύπαρξη οποιασδήποτε παράλειψης στοιχείου που θεωρείται απαραίτητο για την πλήρη απόδοση του ναού. Στην περίπτωση της παρούσας μελέτης, εξαιτίας της σύνθετης δομής του αντικειμένου, η σύνταξη των σχεδίων εξελίχθηκε παράλληλα με τη διαδικασία των μετρήσεων, επομένως κάθε φορά μετά την ολοκλήρωση απόδοσης τμήματος του ναού γινόταν τοπομετρικός έλεγχος ώστε να επακολουθούσε προγραμματισμός των επόμενων ενεργειών. Ουσιαστικά, με τον τοπομετρικό έλεγχο ανά στάδιο, εμφανίζονται οι ελλείψεις χαρακτηριστικών σημείων που δεν έχουν μετρηθεί ή δεν έχουν αποδοθεί, καθώς και εκείνων που έχουν αποδοθεί εσφαλμένα και προγραμματίζεται αυτόματα η διαδικασία επαναμέτρησής τους στην επόμενη φάση των τοπογραφικών μετρήσεων. Παράλληλα, με τη χρήση μετροταινίας, μετρήθηκαν χαρακτηριστικές αποστάσεις και ελέγχθηκε η ταύτιση τους με τις υπολογιζόμενες από τα διαγράμματα. Το γεγονός ότι τα αποτελέσματα του τελικού ελέγχου είναι πλήρως ικανοποιητικά, καθώς δεν εμφανίζονται διαφορές μεταξύ των πραγματικών διαστάσεων στοιχείων του ναού και της απόδοσης, δεν θα πρέπει να προκαλεί έκπληξη, διότι όπως προαναφέρθηκε, είχαν προηγηθεί

¹⁸ Για να αποτραπεί η διάχυση της δέσμης προεκτείνουμε τεχνικά το επίπεδο, τοποθετώντας κάποια επίπεδη επιφάνεια στη συνέχεια της ακμής (ένα τετράδιο για παράδειγμα), όταν αυτό είναι δυνατόν, ώστε να αποφεύγεται η αβέβαιη ένδειξη του μήκους.

μικρότεροι τοπομετρικοί έλεγχοι με την ολοκλήρωση κάθε χαρακτηριστικής ενότητας μετρήσεων¹⁹ και κατ' επέκταση διορθώσεις των αβλεψιών.

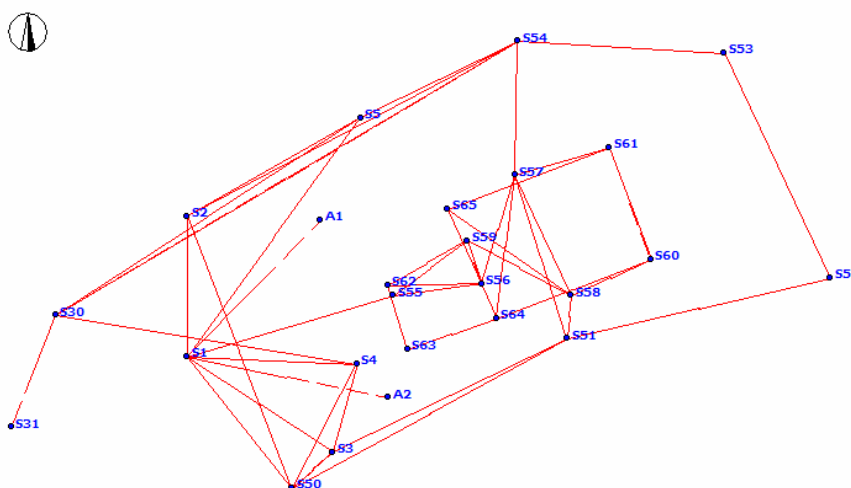
¹⁹ Για την παρούσα εργασία και στηριζόμενη σε προσωπική θεώρηση, ως χαρακτηριστική ενότητα μετρήσεων ορίζεται το σύνολο των τοπογραφικών ενεργειών που υλοποιούνται από κάθε κορυφή της όδευσης.

4. ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΓΡΑΦΕΙΟΥ

Μετά την ολοκλήρωση των εργασιών υπαίθρου, ή/και παράλληλα με αυτές, όπου απαιτείται, ακολούθησε το στάδιο των εργασιών γραφείου. Ως εργασίες γραφείου ορίζονται όλοι οι υπολογισμοί και οι επεξεργασίες των στοιχείων που έχουν συλλεχθεί από την περιοχή μελέτης και καταλήγουν στην παραγωγή των προϊόντων της γεωμετρικής τεκμηρίωσης και στον έλεγχο της ορθότητας και της αξιοπιστίας τους. Κρίνεται απαραίτητη η ιδιαίτερη προσοχή κατά το στάδιο αυτό, ώστε να αποφευχθούν λάθη που θα οδηγούσαν σε εσφαλμένα αποτελέσματα και κατά συνέπεια σε χρονική υστέρηση και ταλαιπωρία του μηχανικού.

Οι εργασίες γραφείου είναι μια αρκετά χρονοβόρα και επίπονη διαδικασία. Παρακάτω παρατίθενται και αναλύονται οι διάφορες φάσεις και υπολογισμοί των εργασιών αυτών.

4.1. Επίλυση Τοπογραφικού Δικτύου



Εικόνα 4. 1: Σκαρίφημα πολυγωνομετρικού δικτύου
Πηγή: Πρόγραμμα «Ταχυμετρία»

Αρχικά, για την επίλυση του δικτύου (εικόνα 4.1) εισήχθησαν τα δεδομένα των μετρήσεων στο λογισμικό «Ταχυμετρία»²⁰, διορθώνοντας τις μετρήσεις υπαίθρου, όπου απαιτήθηκε (λάθη στην αρίθμηση, στα ύψη οργάνου-στόχου κ.α.). Η επίλυση του επιλέχθηκε να πραγματοποιηθεί με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων. Στη συνέχεια τέθηκαν όλες οι βασικές παράμετροι για τον υπολογισμό του δικτύου και την πραγματοποίηση των στατιστικών ελέγχων. Οι παράμετροι αυτές είναι ο μέγιστος αριθμός επαναλήψεων, η τυπική απόκλιση διευθύνσεων, αποστάσεων, υψομετρικών διαφορών, το επίπεδο εμπιστοσύνης για τον συνολικό στατικό έλεγχο της επίλυσης και για κάθε μέτρηση χωριστά, το επίπεδο εμπιστοσύνης για τις ελλείψεις σφάλματος, το κατώφλι κανονικοποιημένου δείκτη περίσσειας μετρήσεως και τέλος ο στατιστικός έλεγχος MDE. Πριν από την επίλυση του δικτύου εκτελέστηκε ένας έλεγχος ποιότητας των μετρήσεων, υπολογίζοντας το ολικό γωνιακό σφάλμα των τριγώνων που σχηματίζονται στο δίκτυο. Στην περίπτωση μας, για να βελτιστοποιηθούν οι τιμές των σφαλμάτων διατηρήθηκαν σταθερές ή επιτρέπεται η συνόρθωση ορισμένων συντεταγμένων και απόκλιση σημείων από τη διαδικασία της επίλυσης. Αποκλείοντας ένα σημείο, αυτόματα αποκλείονται και όλες οι μετρήσεις που έχουν ληφθεί από και προς αυτό. Ακολούθησε η εκτέλεση της οριζοντιογραφικής επίλυσης και ο υπολογισμός του σ_0 a posteriori και στη συνέχεια πραγματοποιείται ένα test χ^2 με μηδενική υπόθεση $\sigma = \sigma_0$. Ύστερα από διορθώσεις στις επιλογές των μετρήσεων, επαληθεύθηκε η υπόθεση και επιλέχθηκε το τελικό σ_0 a posteriori για την εκτέλεση των υπόλοιπων στατιστικών ελέγχων οι οποίοι στέφονται με επιτυχία. Καθώς

²⁰ Η «Ταχυμετρία» είναι ένα αυτόνομο πρόγραμμα που λειτουργεί σε περιβάλλον Windows. Στόχος του είναι η αυτοματοποίηση της επεξεργασίας και επίλυσης αρχείων μετρήσεων υπαίθρου μέχρι και τη φάση της παραγωγής αρχείων συντεταγμένων ή σχεδίων (drawings) του AutoCAD.

ζητούνται και τα υψόμετρα των κορυφών, ακολούθησε η υψομετρική επίλυση, με τη διαφορά ότι στην περίπτωση αυτή δεν υπήρχαν επαναλήψεις, γιατί το σύστημα των κανονικών εξισώσεων είναι γραμμικό. Μετά το πέρας των υπολογισμών της υψομετρικής επίλυσης εφαρμόστηκε το test χ^2 για το σ_0 και προτάθηκε ο χρήστης να επιλέξει το σ_0 a priori ή a posteriori για την πραγματοποίηση των υπόλοιπων στατιστικών ελέγχων. Κατά τη λύση της όδευσης ελέγχθηκαν οι τιμές των ανεκτών σφαλμάτων σύμφωνα με τις προδιαγραφές του ΠΔ 696/74.

Παρακάτω, παρατίθενται τα γενικά στοιχεία της οριζοντιογραφικής και της υψομετρικής επίλυσης (πίνακας 4.1) καθώς και πίνακας των συντεταγμένων των κορυφών του δικτύου και τα αντίστοιχα σφάλματά τους (πίνακας 4.2).

Οριζοντιογραφική Επίλυση:		Υψομετρική Επίλυση:	
σ_0 a posteriori	0.7265	σ_0 a posteriori	0.3184
Αριθμός Διευθύνσεων	28	Αριθμός Υψομετρικών διαφορών	234
Αριθμός Αποστάσεων	212	Γνωστά Υψόμετρα	25
Γνωστές Συντεταγμένες	4	Άγνωστα Υψόμετρα	21
Άγνωστοι προσανατολισμοί	173	Βαθμοί Ελευθερίας	213
Άγνωστες Συντεταγμένες	40		
Βαθμοί Ελευθερίας	317		

Πίνακας 4. 1: Στοιχεία οριζοντιογραφικής και υψομετρικής επίλυσης δικτύου

Στάση	Συνορθωμένες Συντεταγμένες			Τυπικό Σφάλμα σ_0		
	X	Y	Z	X	Y	Z
S1	100	100	10	-	-	-
S2	100	109.307	10.147	-	-	-
S3	109.603	93.689	9.935	0	0	0
S30	91.309	102.747	19.661	0.001	0.001	0.001
S31	88.364	95.323	18.715	0.002	0.003	0.001
S4	111.177	99.545	10.157	0	0	0
S50	106.88	91.33	9.846	0	0	0
S51	125.047	101.206	10.463	0.001	0.001	0
S52	142.435	105.225	11.121	0.001	0.001	0.001
S53	135.425	120.151	11.392	0.002	0.001	0.001
S54	121.793	120.906	11.031	0.001	0.001	0
S55	113.59	104.059	10.964	0.001	0	0
S56	119.414	104.823	10.969	0.001	0.001	0.001
S57	121.59	112.04	10.995	0.001	0.001	0
S58	125.298	104.047	10.989	0.001	0.001	0.001
S59	118.443	107.685	10.978	0.001	0.001	0.001
S60	130.553	106.431	11.507	0.001	0.001	0.001
S61	127.827	113.837	11.481	0.001	0.001	0.001
S62	113.208	104.723	14.709	0.001	0	0.001
S63	114.52	100.488	14.715	0.001	0.001	0.001
S64	120.381	102.541	14.717	0.001	0.001	0.001
S65	117.179	109.79	14.719	0.001	0.001	0.001

Πίνακας 4. 2: Συντεταγμένες στάσεων πολυγωνομετρικού δικτύου

4.2. Υπολογισμός Συντεταγμένων των Χαρακτηριστικών Σημείων

Για την απόδοση των σημείων που ορίζουν τα βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά του ζητούμενου προς αποτύπωση χώρου, επιλέχθηκε η μέθοδος των πολικών συντεταγμένων. Στηριζόμενοι στις μετρήσεις που είχαν πραγματοποιηθεί στο στάδιο των εργασιών υπαίθρου και στις κατάλληλες σχέσεις μετασχηματισμού της γεωδαισίας, προέκυψαν οι συντεταγμένες των σημείων αυτών στο τοπικό σύστημα αναφοράς που έχει ορισθεί.

$$x_i = x_{i-1} + D_{i-1,i} \cdot \sin z \cdot \sin(a_{i-1,i} + Hz)$$

$$y_i = y_{i-1} + D_{i-1,i} \cdot \sin z \cdot \cos(a_{i-1,i} + Hz)$$

$$z_i = x_{i-1} + D_{i-1,i} \cdot \cos z + Y.O$$

Ο υπολογισμός των συντεταγμένων των χαρακτηριστικών σημείων έγινε με την βοήθεια του λογισμικού «Ταχυμετρία», αφού είχε προηγηθεί η εύρεση των συντεταγμένων των κορυφών του πολυγωνομετρικού δικτύου.

4.3. Αποδόσεις

Τα προϊόντα μιας γεωμετρικής τεκμηρίωσης μπορεί να είναι διαγράμματα τομών και όψεων είτε οριζόντιων είτε κατακόρυφων και πιο σπάνια πλάγιων σε διάφορες θέσεις, τρισδιάστατα σχέδια ή και αναπτύγματα. Για την παρούσα εργασία ζητήθηκε η σύνταξη μιας οριζόντιας τομής στο ύψος της μέσης των παραθύρων και έξι κατακόρυφων τομών-όψεων σε διάφορες θέσεις. Έχοντας υπολογίσει τις συντεταγμένες των χαρακτηριστικών σημείων στο τοπικό σύστημα, πραγματοποιήθηκαν οι στροφές του ως προς το επίπεδο της κάθε τομής. Οι νέες συντεταγμένες που προέκυψαν, εισήχθησαν με τη βοήθεια του λογισμικού TopoRest²¹ στο σχεδιαστικό περιβάλλον AutoCAD ώστε να πραγματοποιηθεί η τελική απόδοση.

4.3.1. Σύνταξη οριζόντιας τομής – όψης

Πρόκειται για τομή της κατασκευής με οριζόντιο επίπεδο στο επιθυμητό υψόμετρο. Η οριζόντια τομή συνδυάζεται με προβολές, υπό μορφή όψης, των υποκείμενων του επιπέδου προβολής στοιχείων και των υπερκείμενων. Η διαδικασία επεξεργασίας και απόδοσης των σημείων πραγματοποιήθηκε στο σχεδιαστικό περιβάλλον AutoCAD. Συγκεκριμένα, μετά την εισαγωγή των χαρακτηριστικών σημείων, ορίστηκαν θεματικές κατηγορίες-επίπεδα σχεδίασης (layers)²², όπου σε κάθε μία από αυτές δημιουργούνται τα στοιχεία που συνθέτουν τον ναό και επιλέγεται το κατάλληλο είδος και πάχος γραμμών που τα ορίζουν. Τα βασικά επίπεδα που δημιουργήθηκαν είναι εκείνα των χαρακτηριστικών σημείων και των κορυφών του δικτύου (συμβολισμοί, υψόμετρα κ.α.), το επίπεδο των τεμνόμενων στοιχείων και των προβαλλόμενων, όπου επιλέχθηκε διαφορετικό είδος γραμμής για τα προβαλλόμενα στοιχεία που υπόκεινται στο επίπεδο της προβολής και για όσα υπέρκεινται αυτής και τέλος δημιουργήθηκαν διαφορετικά επίπεδα σχεδίασης για την πινακίδα, τα κείμενα (τίτλος, υπόμνημα, παρατηρήσεις) τον βορρά και για τα λοιπά στοιχεία.

Τη σχεδίαση των στοιχείων που ορίζουν την κατασκευή, ακολούθησε η στροφή της οριζόντιας τομής κατά τρόπο ώστε ο βορράς να ταυτίζεται με τη θετική φορά του άξονα y του συστήματος

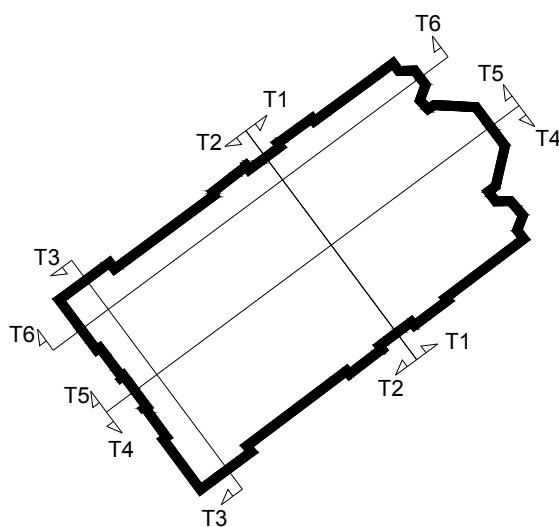
²¹ Το TopoRest είναι ένα πρόγραμμα εισαγωγής, οργάνωσης, διαχείρισης και χαρτογραφικής απόδοσης ψηφιακών δεδομένων εδάφους, για τη σύνταξη τοπογραφικών ή φωτογραμμετρικών διαγραμμάτων, το οποίο λειτουργεί ως κάθετη εφαρμογή στο σχεδιαστικό περιβάλλον του AutoCAD. Τα δεδομένα του TopoRest μπορούν να εισαχθούν στο σχέδιο είτε απευθείας από την «Ταχυμετρία» είτε από το ίδιο το TopoRest μέσω οδηγού εισαγωγής, το οποίο μπορεί να ραπορτάρει σημεία από ASCII αρχεία με οποιαδήποτε μορφή, τα οποία στη συνέχεια χρησιμοποιεί σαν «δεδομένα» για τη χαρτογραφική απόδοση.

²² Εξαιτίας του πλήθους της πληροφορίας και για την καλύτερη διαχείριση της, ομαδοποιούμε τα layers και «παγώνουμε» όσα δεν χρησιμοποιούνται ή δεν επιτρέπεται η επεξεργασία τους.

αναφοράς. Συγκεκριμένα, μέσα από την εφαρμογή Google Earth²³ προσδιορίστηκε η γωνία που σχηματίζει ο κεντρικός διαμήκης άξονας του ναού με τον βορρά και προστέθηκε σε αυτήν η γωνία που σχηματίζει ο ίδιος άξονας με τον άξονα των x του γεωδαιτικού συστήματος αναφοράς. Έπεται η ένταξη του τελικού διαγράμματος σε κάρναβο βήματος 10 cm και η τοποθέτηση του συμβόλου του βορρά. Ολοκληρώθηκε η τομή με τη σύνταξη του τίτλου μελέτης και του υπομνήματος.

4.3.2. Σύνταξη κατακόρυφων τομών – όψεων

Πρόκειται για τομές σε κατακόρυφα επίπεδα σε διάφορες θέσεις, κατά μήκος και εγκάρσια του ναού (εικόνα 4.2). Οι τομές συνδυάζονται με προβολές κατακόρυφων στοιχείων και επιφανειών του κτιρίου και η διαχείριση των διαφόρων στοιχείων σε σχεδιαστικά επίπεδα είναι αντίστοιχη με αυτή που αναφέρεται στην κατακόρυφη τομή. Επιπρόσθετα στο διάγραμμα αυτό εισάγονται οι υψομετρικές στάθμες χαρακτηριστικών σημείων καθώς και μια μικρογραφία της κάτοψης στην οποία σχεδιάζεται η θέση και ο προσανατολισμός της εκάστοτε κατακόρυφης τομής. Λαμβάνοντας υπόψη ότι τα σχέδια της γεωμετρικής τεκμηρίωσης θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια από άλλους επιστήμονες ως υπόβαθρο για τις δικές τους μελέτες, έγινε μέριμνα πέραν από την ακρίβεια τους και την αξιοπιστία τους, για την καθαρότητα, την ευκρίνεια, την παραστατικότητα και τη σαφήνιά τους.



Εικόνα 4. 2: Θέσεις κατακόρυφων τομών

Όπως προαναφέρθηκε, τόσο οι όψεις όσο και οι κατακόρυφες τομές πρέπει να σχεδιάζονται στο επίπεδο της προβολής ή στο επίπεδο τομής αντιστοίχως (επίπεδο αναφοράς), το οποίο δεν είναι κατά ανάγκη παράλληλο με ένα από τα βασικά επίπεδα του γεωδαιτικού συστήματος αναφοράς της αποτύπωσης και του οποίου ο προσανατολισμός ως προς την κατασκευή είναι τυχαίος. Η επιλογή και ο ορισμός του κατάλληλου επιπέδου αναφοράς για τη σχεδίαση της όψης-τομής είναι μείζονος σημασίας για την ακρίβεια της απόδοσης και κατά συνέπεια της γεωμετρικής τεκμηρίωσης. Μη κατάλληλα επίπεδα αναφοράς οδηγούν σε σχέδια με σοβαρές παραμορφώσεις. Για την αποφυγή τους, ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία.

Αρχικά, έγινε ο υπολογισμός της γωνίας διεύθυνσης του γεωδαιτικού συστήματος και του επιπέδου αναφοράς της κάθε τομής. Για το γεωδαιτικό σύστημα ο υπολογισμός είναι εύκολος, εισάγοντας στις θεμελιώδεις σχέσεις της γεωδαισίας τις συντεταγμένες δύο κορυφών του. Για να ορισθεί όμως το επίπεδο κάθε τομής και κατά συνέπεια το ίχνος αυτού, πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένα μοντέλο βέλτιστης προσαρμογής στο εκάστοτε σύνολο των φυσικών σημείων που το

²³ Το Google Earth είναι ένα πρόγραμμα γραφικής απεικόνισης της Γης το οποίο είναι διαθέσιμο στο διαδίκτυο. Το πρόγραμμα αυτό συνθέτει εικόνες και πληροφορίες από δορυφορικές φωτογραφίες, αεροφωτογραφίες, στοιχείων GIS και από πολλές πηγές σε επάλληλα στρώματα, με σημαντική ευκολία χρήσης, όπου η ανάλυση και η ηλικία των εικόνων ποικίλλουν.

περιγράφουν με βάση ενός αντίστοιχου κριτηρίου προσαρμογής²⁴. Για την περίπτωση των συγκεκριμένων τομών δεν χρησιμοποιήθηκε αυτό το κριτήριο, αλλά επιλέχθηκε η γραφική προσαρμογή απευθείας στο διάγραμμα της οριζόντιας τομής. Επόμενο στάδιο είναι η μετατροπή των συντεταγμένων στα νέα συστήματα, σε περιβάλλον MS Excel. Η μετατροπή αυτή έγινε σε δύο βήματα. Στο πρώτο βήμα με διαδικασία στροφής του συστήματος αναφοράς, ένας από τους άξονες του έγινε παράλληλος με το επίπεδο της κάθε τομής, ενώ στο δεύτερο βήμα με εναλλαγή των αξόνων, το σύστημα έγινε ομοπαράλληλο με το σύστημα θέασης της²⁵. Τελικό στάδιο για τη δημιουργία των κατακόρυφων τομών είναι η εισαγωγή των μετρήσεων σε σχεδιαστικό περιβάλλον και η επεξεργασία τους ώστε να προκύψουν τα τελικά προϊόντα.

4.4. Αναγωγές

Σε μερικές περιπτώσεις, η απουσία αναγλύφου και η απλότητα της γεωμετρίας ενός αντικειμένου μπορεί να οδηγήσει σε χρήση μονοεικονικής διαδικασίας για τον προσδιορισμό της θέσης των εικονιζόμενων λεπτομερειών. Συγκεκριμένα, για την απόδοση κάθε πόρτας του ναού, μπορεί να θεωρηθεί ότι όλα τα χαρακτηριστικά σημεία της όψης της βρίσκονται σε ένα κατακόρυφο επίπεδο επομένως, αν θεωρήσουμε ότι η μια από τις τρεις συντεταγμένες του επίγειου συστήματος είναι το βάθος κάθετα στο κατακόρυφο αυτό επίπεδο, προκύπτει ότι για κάθε σημείο λεπτομερειών υπάρχουν μόνο δύο άγνωστες τιμές συντεταγμένων (η οριζόντια και κάθετη απόσταση επάνω στην όψη του). Μαθηματικά η σχέση που συνδέει το κατακόρυφο επίπεδο της όψης και της φωτογραφικής εικόνας ορίζεται από τις σχέσεις:

$$x = \frac{a_1X + a_2Y + a_3}{c_1X + c_2Y + 1} \quad y = \frac{b_1X + b_2Y + b_3}{c_1X + c_2Y + 1} \quad (\text{φωτογραμμετρική αναγωγή})$$

,όπου x, y οι εικονοσυντεταγμένες των λεπτομερειών, X, Y οι αντίστοιχες συντεταγμένες στο επίγειο σύστημα και $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3, c_1, c_2$ οι άγνωστοι παράμετροι.

Για την επίλυση του παραπάνω συστήματος απαιτούνται τέσσερα τουλάχιστον γνωστά σημεία στον πραγματικό χώρο (φωτοσταθερά) και η μέτρηση των εικονοσυντεταγμένων τους. Η ανηγμένη εικόνα που δημιουργείται αποτελεί την ορθή προβολή της όψης της κάθε πόρτας, όπου κάθε σημείο θα αντιστοιχεί βάσει των παραπάνω παραμέτρων σε γνωστά σημεία στο χώρο που υλοποιεί το κατακόρυφο επίπεδο. Όμως, στην περίπτωση μας, δεν επιλέξαμε τη χρήση φωτοσταθερών σημείων αλλά τοπομετρικές μετρήσεις χαρακτηριστικών ευθύγραμμων οριζόντιων και κατακόρυφων τμημάτων (κάθετων μεταξύ τους).

Συγκεκριμένα, είναι δυνατόν να δημιουργηθεί η ανηγμένη εικόνα μιας φωτογραφικής λήψης έχοντας στη διάθεσή μας μία ή δύο το πολύ μετρήσεις με την προϋπόθεση ότι στην αρχική εικόνα παρουσιάζεται ένα αντικείμενο στο οποίο είναι υλοποιημένα δύο ζεύγη παράλληλων γραμμών στους άξονες του καρτεσιανού συστήματος συντεταγμένων του χώρου. Στην περίπτωση αυτή γίνεται η χρήση των σημείων φυγής για τον προσδιορισμό των οκτώ παραμέτρων της προβολικής σχέσης που συνδέει τα επίπεδα της εικόνας και του φυσικού αντικειμένου, επομένως δεν υπάρχει ανάγκη για μέτρηση φωτοσταθερών και υλοποίηση τους σε ένα δισδιάστατο σύστημα συντεταγμένων. Έτσι λοιπόν, η χρήση μιας φωτογραφικής μηχανής και μιας μετροταινίας μπορεί να οδηγήσει άμεσα και σε ελάχιστο χρόνο σε ένα προστιθέμενης αξίας φωτογραμμετρικό προϊόν.

²⁴ Στις περισσότερες περιπτώσεις, από λογική και φυσική άποψη, κριτήριο προσαρμογής είναι η ελαχιστοποίηση του αθροίσματος των τετραγώνων των κάθετων αποστάσεων των φυσικών σημείων από το μοντέλο, δηλαδή η ελαχιστοτετραγωνική ευθεία. Για τον προσδιορισμό της εφαρμόζεται η μέθοδος της γενικευμένης συνόρθωσης και στα αποτελέσματα περιλαμβάνονται οι τελικές παράμετροι του μοντέλου με τις αβεβαιότητές τους.

²⁵ Σχέσεις στροφής του πρώτου βήματος:

$$\begin{aligned} x_i &= x_{1102} + \cos\varphi \cdot (x_i - x_{1102}) - \sin\varphi \cdot (y_i - y_{1102}) \\ y_i &= y_{1102} + \sin\varphi \cdot (x_i - x_{1102}) + \cos\varphi \cdot (y_i - y_{1102}) \end{aligned}$$

όπου φ είναι η γωνία στροφής των δύο συστημάτων.

Σχέσεις στροφής 2^{ου} βήματος: $x_{si} = y_i, y_{si} = z_i = z_i, z_{si} = x_i$ για στροφή στον άξονα των y

Η διαδικασία της φωτογραμμετρικής αναγωγής υπερτερεί έναντι άλλων διαδικασιών που επιφέρουν το ίδιο αποτέλεσμα, από άποψη οικονομίας χρόνου και ευκολίας στη συλλογή των δεδομένων και στην επεξεργασία τους. Το λογισμικό που χρησιμοποιήσαμε είναι το Archis 2D και τα προϊόντα που προέκυψαν (εικόνες 4.3, 4.4) ενσωματώθηκαν με μεγάλη ευκολία σε ένα σύστημα ψηφιοποίησης CAD, οδηγώντας εύκολα στον γραμμικό σχεδιασμό της ζητούμενης επιφάνειας. Η πληροφορία που προέκυψε προστέθηκε στα διαγράμματα που έχουν συνταχθεί.



Εικόνα 4. 3: Φωτογραφία της δεξιάς πόρτας του τέμπλου (μη ανηγμένη)
Εικόνα 4. 4: Ανηγμένη φωτογραφία της δεξιάς πόρτας του τέμπλου

4.5. Έλεγχος του Ταυτόσημου της Γεωμετρικής Πληροφορίας των Διαγραμμάτων

Πριν την παράδοση των τελικών διαγραμμάτων κρίθηκε απαραίτητος ο σχολαστικός τους έλεγχος καθώς περιέχουν ένα μεγάλο όγκο πληροφοριών και είναι πολύ πιθανόν να υπάρχουν παραλήψεις ή ακόμα και εσφαλμένες σχεδιάσεις. Ο τοπομετρικός έλεγχος, όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, πραγματοποιείται με μετάβαση στην περιοχή μελέτης και εξετάζει την πιστότητα των σχεδίων. Ακολουθεί τον έλεγχο που εφαρμόζεται στο γραφείο και αφορά το ταυτόσημο της γεωμετρικής πληροφορίας που παρέχουν τα διαγράμματα των οριζόντιων και κατακόρυφων τομών. Πιο συγκεκριμένα, οι διαστάσεις των στοιχείων που εμφανίζονται στο διάγραμμα της οριζόντιας τομής θα πρέπει να είναι ίσες με τις αντίστοιχες διαστάσεις των ίδιων στοιχείων όπως εμφανίζονται στα διαγράμματα των κατακόρυφων τομών. Αντίστοιχα, στις κατακόρυφες τομές δεν νοείται να υπάρχει διαφορά στα ύψη των ομόλογων στοιχείων. Για να εκτελέσουμε τον έλεγχο αυτό, αρχικά τοποθετήσαμε το διάγραμμα της οριζόντιας τομής υποκείμενα του διαγράμματος κάθε κατακόρυφης κατά τρόπο ώστε ένα γνωστό σημείο στο πρώτο σχέδιο να βρίσκεται με το ομόλογό του την ίδια κάθετη διεύθυνση. Στη συνέχεια προσανατολίσαμε το δεύτερο σχέδιο ως προς το πρώτο ώστε οι ομόλογες πλευρές τους (η πλευρά δηλαδή της τομής) να είναι παράλληλες μεταξύ τους. Χαράσσοντας κάθετες διευθύνσεις

που να διέρχονται από τα χαρακτηριστικά σημεία της κατακόρυφης τομής, ελέγξαμε αν αυτές συναντούν και τα ομόλογα σημεία τους στην οριζόντια τομή, γεγονός που πιστοποιεί την ορθότητα των δύο σχεδίων. Στη συνέχεια τοποθετήσαμε τις κατακόρυφες τομές διαδοχικά τη μία δίπλα στην άλλη, με ευθεία αγκίστρωσης την οριζόντια που διέρχεται από την αρχή μέτρησης των υψών κάθε τομής. Χαράσσοντας ευθείες παράλληλες με αυτήν ελέγξαμε το κατά πόσον αυτές διέρχονται από τα ίδια σημεία.

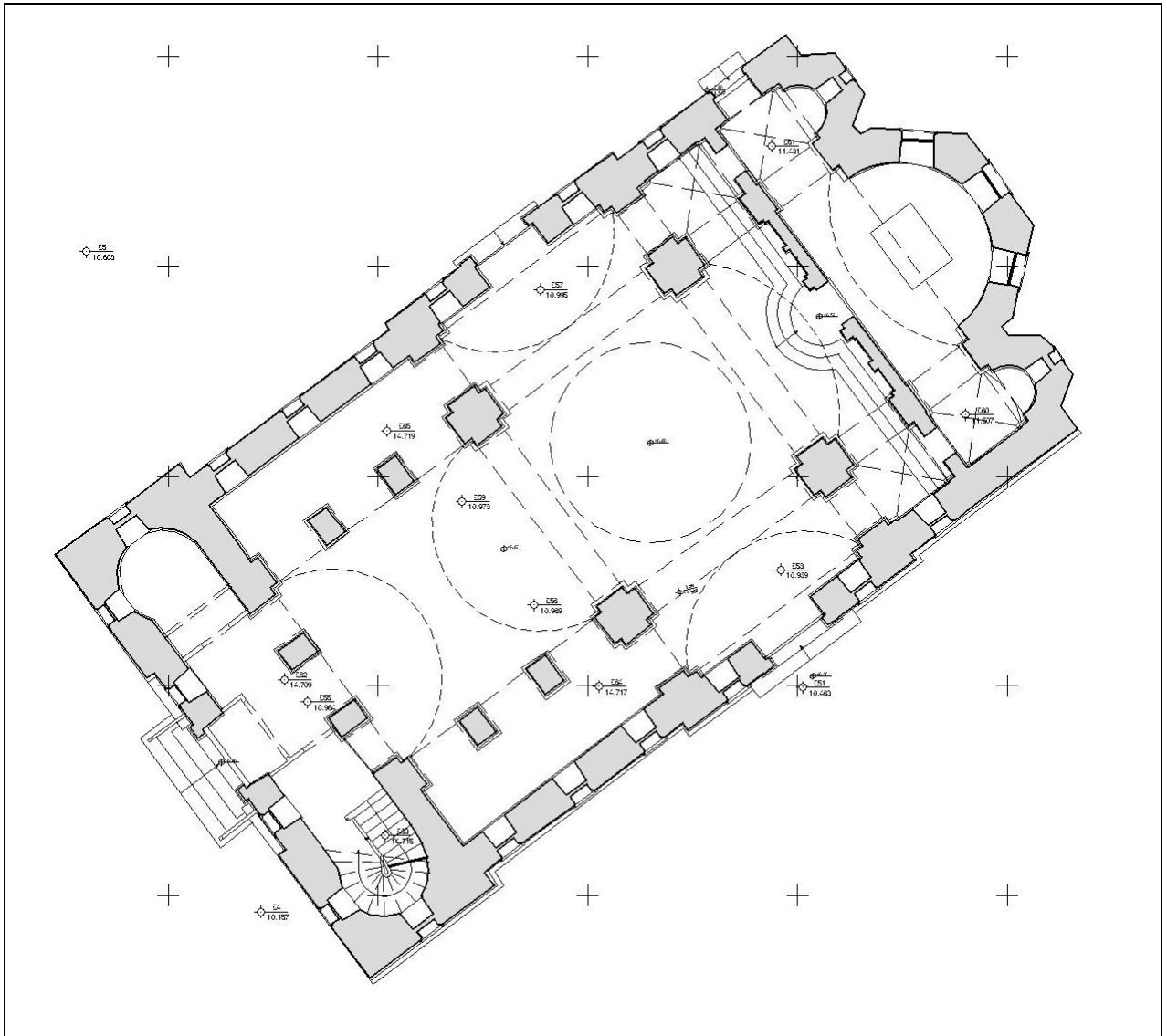
Οι αποκλίσεις που προέκυψαν από τον έλεγχο του ταυτοσήμου της γεωμετρικής πληροφορίας είναι της τάξης των μερικών χιλιοστών και επομένως μέσα στα ανεκτά όρια που επιτρέπει η κλίμακα απόδοσης (<1.25cm). Η ύπαρξή τους δικαιολογείται εξαιτίας του θορύβου της σκόπευσης και εξαιτίας της ανυπαρξίας απόλυτης καθετότητας των δομικών στοιχείων²⁶.

4.6. Προϊόντα

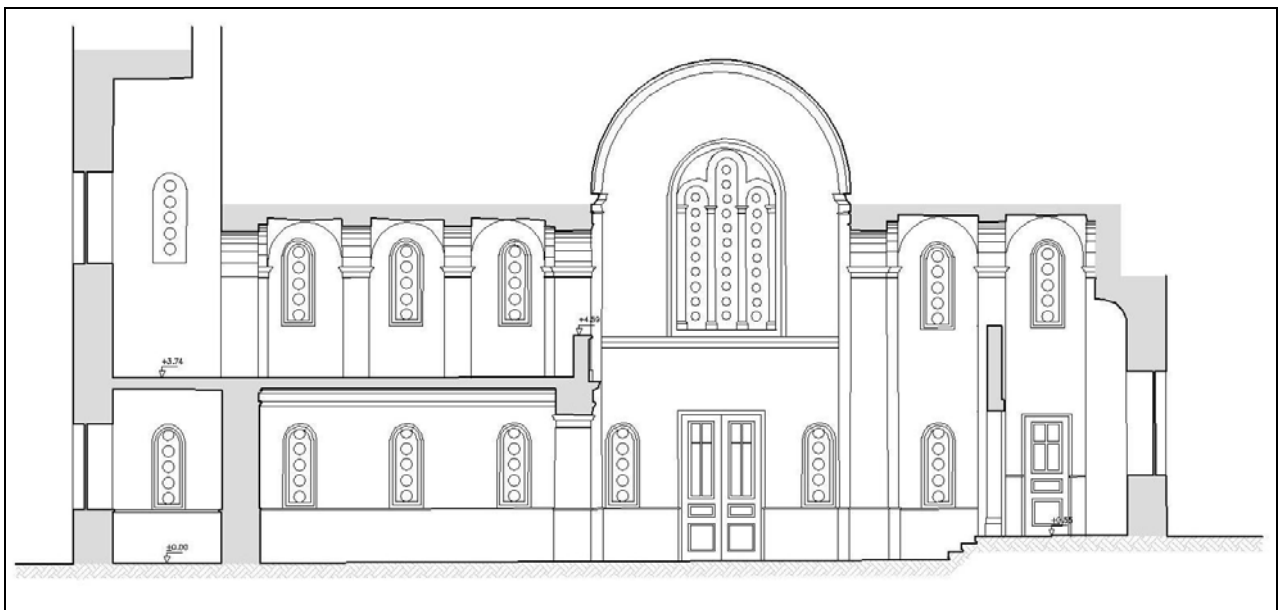
Τελικό στάδιο στις εργασίες γραφείου είναι η εκτύπωση των διαγραμμάτων και η σύνταξη της τεχνικής έκθεσης. Κατά τη διαδικασία της εκτύπωσης λαμβάνονται υπόψη οι προδιαγραφές των σχεδίων, όπως η κλίμακα απόδοσής τους, και γίνεται η επιλογή των αναγκαίων παραμέτρων. Συγκεκριμένα επιλέγονται τα κατάλληλα πάχη των γραμμών καθώς και το κατάλληλο μέγεθος και η ποιότητα του χαρτιού εκτύπωσης. Αναφορικά με την τεχνική έκθεση που συντάχθηκε δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην ορθότητα και πληρότητα των περιεχομένων της. Η σύνταξή της προτιμήθηκε να γίνεται παράλληλα με τα διάφορα στάδια της μελέτης ώστε να αποφεύγονται κατά το δυνατόν παραλείψεις.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα τελικά διαγράμματα της γεωμετρικής τεκμηρίωσης σε κλίμακα προσαρμοσμένη στο μέγεθος του χαρτιού.

²⁶ Σε μια κολώνα για παράδειγμα, η στόχευση των χαρακτηριστικών της σημείων έχει γίνει στο ύψος της μέσης των παραθύρων για την απόδοση της στην οριζόντια τομή. Αντίθετα, για τις κατακόρυφες τομές η σκόπευση έχει γίνει σε διαφορετικό ύψος. Οι ακμές της κολώνας δεν μπορεί να είναι απόλυτα κατακόρυφες, ώστε να συμπίπτουν τα ίχνη των στοιχείων στο οριζόντιο επίπεδο, γεγονός που δικαιολογεί τις αποκλίσεις.



Εικόνα 4. 5: Κάτοψη ναού



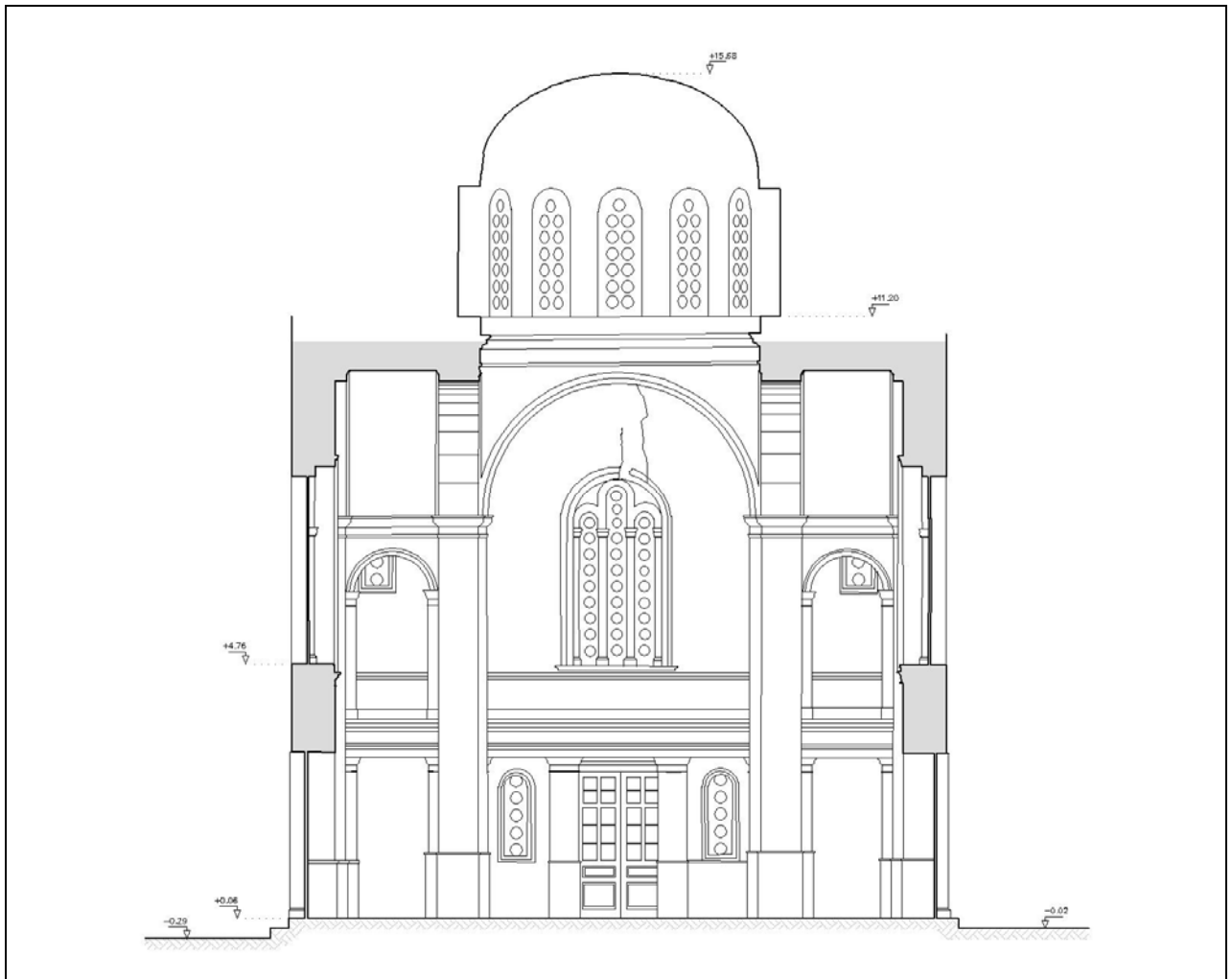
Εικόνα 4. 6: Διαμήκης τομή προς Δύση στο επίπεδο που διέρχεται από το κέντρο του αριστερού κλίτους



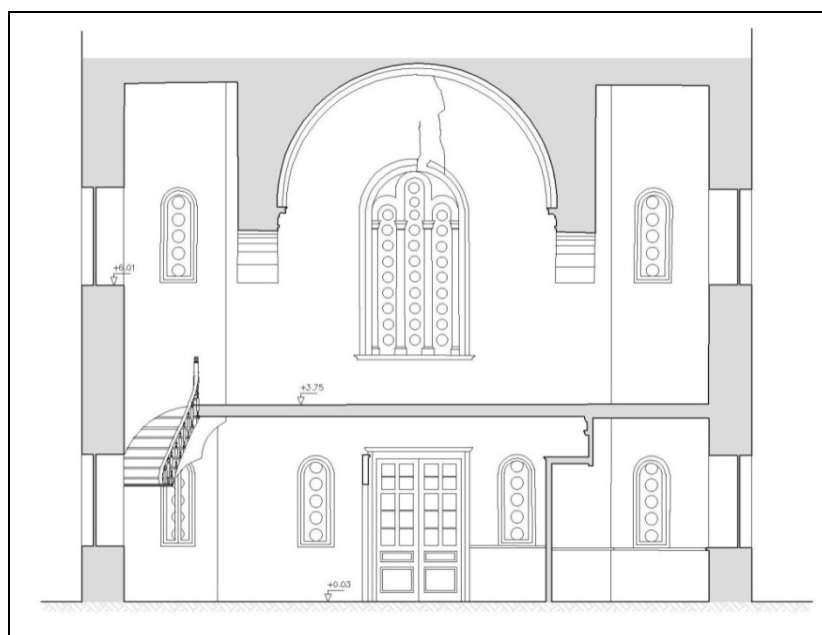
Εικόνα 4. 7: Διαμήκης τομή προς ανατολή στο επίπεδο που διέρχεται από το κέντρο του τρούλου



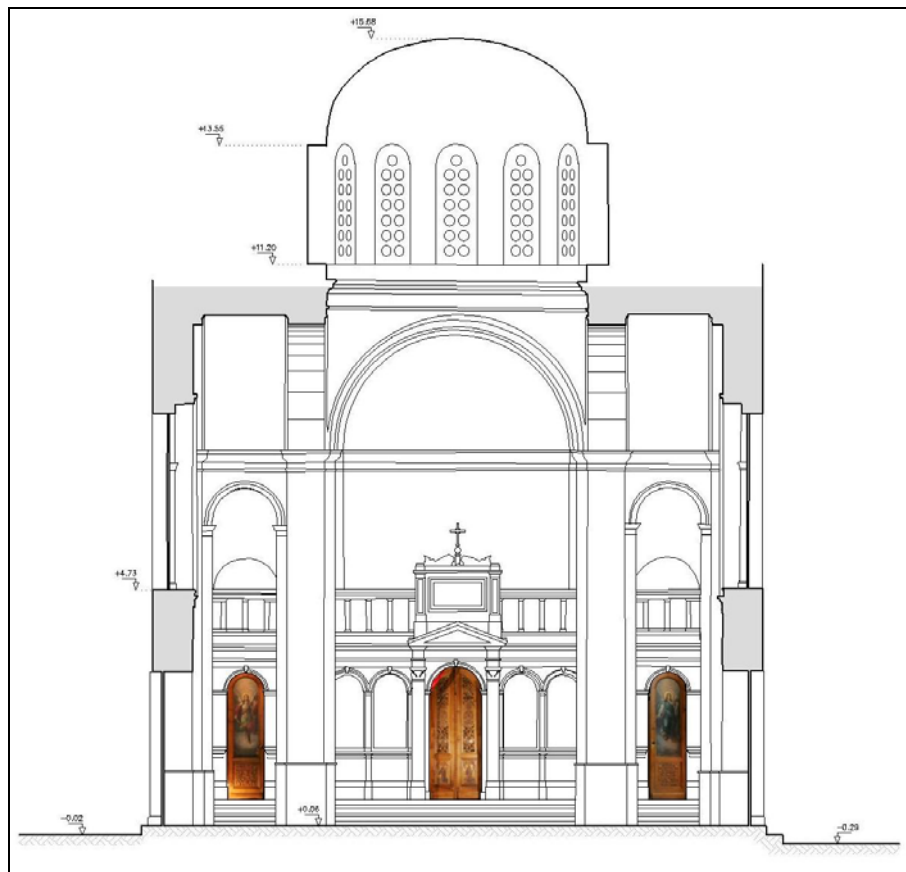
Εικόνα 4. 8: Διαμήκης τομή προς δύση στο επίπεδο που διέρχεται από το κέντρο του τρούλου



Εικόνα 4. 9: Εγκάρσια τομή προς νότο στο επίπεδο που διέρχεται από το κέντρο του τρούλου



Εικόνα 4. 10: Εγκάρσια τομή προς νότο στο επίπεδο που διέρχεται από το κέντρο του πρόναου



Εικόνα 4. 11: Εγκάρσια τομή προς βορρά στο επίπεδο που διέρχεται από το κέντρο του τρούλου

Τα παραπάνω διαγράμματα έχουν σχεδιαστεί για κλίμακα εκτύπωσης 1:50. Όμως, για λόγους προβολής μέσα στο παρόν κείμενο παρουσιάζονται σε μικρότερη κλίμακα. Η σμίκρυνση των στοιχείων από μόνη της συνοδεύεται από αναπόφευκτες μεταβολές στην οπτική ευκρίνεια τους. Περιορίζουμε επομένως το ενδιαφέρον μας στα στοιχεία που εξυπηρετούν τον σκοπό της αποτύπωσης και τα προσαρμόζουμε στη νέα κλίμακα προβολής. Η γενική σύλληψη των διαγραμμάτων, δηλαδή ο σκοπός και το προκαταρκτικό σχέδιο τους, κατευθύνουν τα στοιχεία και τις ιδιότητες που επιλέγονται προς απεικόνιση και αντίστοιχα τον όγκο πληροφορίας που αφαιρείται. Επόμενο στάδιο για την ορθή προβολή των διαγραμμάτων είναι η γενίκευση (αφαίρεση και μετατροπή πληροφορίας, αλλαγή παχών γραμμής, κ.α.), με βασικό περιορισμό τα γραφικά όρια (τεχνικά όρια και όρια αντίληψης της ανθρώπινης όρασης), και με κύρια μέριμνα τη διατήρηση της οπτικής ιεραρχίας.

Στο παράρτημα δίνονται τα τελικά σχέδια σε κλίμακα 1:50.

5. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗΣ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ ΤΟΥ Ι. ΝΑΟΥ

Για τον εντοπισμό και την αποφυγή σφαλμάτων σε όλη τη διάρκεια της γεωμετρικής τεκμηρίωσης είναι αναγκαία η παρακολούθηση, ο έλεγχος και η εξακρίβωση της ποιότητας των προϊόντων. Συγκεκριμένα πραγματοποιείται συνεχής έλεγχος για την ακρίβεια, την πληρότητα και την πιστότητα των παραγόμενων διαγραμμάτων. Παράλληλα, γίνεται προσπάθεια εύρεσης τρόπων επίλυσης των προβλημάτων που προκύπτουν αναφορικά με τις εργασίες της γεωμετρικής τεκμηρίωσης και τα οποία δεν έχουν προβλεφθεί κατά το στάδιο της αναγνώρισης των εργασιών στο ναό. Τα προβλήματα αυτά είναι κυρίως απόρροια απειρίας σε αντίστοιχα θέματα αποτύπωσης του εσωτερικού τμήματος ναών και είναι κατά βάση προβλήματα που προκύπτουν από τη φύση του αντικειμένου. Αφορούν θέματα οργάνωσης εργασίας και συνθηκών των μετρήσεων. Παρακάτω γίνεται μία εκτενής αναφορά τους.

Ακραίες θερμοκρασίες - υψηλά ποσοστά υγρασίας

Τα υλικά δόμησης και η θέση του ναού, σε συνδυασμό με την έλλειψη ύπαρξης κλιματισμού και τα υψηλά ποσοστά υγρασίας²⁷, προκαλούν φαινόμενα χαμηλών θερμοκρασιών τους χειμερινούς μήνες και υψηλών κατά τους θερινούς, με αισθητή διαφορά στη διαβάθμιση τους ως προς τις θερμοκρασίες του εξωτερικού περιβάλλοντος ή ακόμα και συγκριτικά με τις μέσες θερμοκρασίες που επικρατούν σε άλλους εσωτερικούς χώρους την ίδια χρονική στιγμή, με αποτέλεσμα να δυσχεραίνεται η ομαλή διεξαγωγή των μετρήσεων. Εξαιτίας του μεγάλου χρόνου εργασιών υπαίθρου αντιμετωπίστηκαν και οι δύο αυτές καταστάσεις.

Κάλυψη δαπέδου με χαλιά κατά τους χειμερινούς μήνες

Ένα σημαντικό πρόβλημα, που δεν έχει προβλεφθεί εξ αρχής, είναι η κάλυψη του δαπέδου με χαλιά κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου. Πριν την έναρξη των εργασιών κάθε ημέρας έπρεπε να απομακρύνονται μαζί με τα καθίσματα που υπέρκεινται αυτών και αντίστοιχα να επανατοποθετούνται μετά το πέρας των εργασιών, φροντίζοντας να μην προκύπτει οποιαδήποτε αλλαγή στη διαρρύθμιση του χώρου. Η διαδικασία αυτή ήταν επίπονη και χρονοβόρα.

Δυσμενής Φωτισμός

Ένα άλλο ζήτημα που παρουσιάστηκε κατά τη διαδικασία των μετρήσεων ήταν ο δυσμενής έως ανύπαρκτος φυσικός φωτισμός. Οι πόρτες του ναού παραμένουν συνήθως κλειστές και τα υπόλοιπα ανοίγματα έχουν τροποποιηθεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αποτελούν, εσωτερικά, αποθηκευτικούς χώρους. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τη μέθοδο της υαλογραφίας που έχει επιλεγεί να φιλοτεχνηθούν τα παράθυρα αποτρέπουν την είσοδο του φυσικού φωτός. Ο τεχνητός φωτισμός, αντίθετα, που χρησιμοποιείται συμπληρωματικά, δεν επαρκεί σε όλα τα τμήματα του ναού, με αποτέλεσμα η εικόνα του τηλεσκοπίου του οργάνου να είναι σκοτεινή και η στόχευση των σημείων να είναι αβέβαιη ή και αδύνατη στις περιπτώσεις αυτές. Αντίθετα, σε ορισμένες επιφάνειες ο τεχνητός φωτισμός είναι έντονος ή/και η ανακλαστικότητα τους είναι μεγάλη με αποτέλεσμα να εμφανίζεται σφάλμα ή/και αδυναμία καταγραφής κατά τη μέτρηση του μήκους.

Ανάγκη ίδρυσης επιπλέον πολυγωνικών στάσεων

Αναφορικά με το σύνολο των απαιτούμενων χαρακτηριστικών σημείων κρίνεται απαραίτητη η ίδρυση δύο επιπλέον στάσεων όδευσης («τυφλών»), ώστε να καλυφθούν τα τμήματα του ναού που δεν δύναται να μετρηθούν από τις αρχικά ορισμένες στάσεις. Η σήμανση των στάσεων αυτών ακολουθεί τους κανόνες που έχουν εφαρμοστεί στις υπόλοιπες κορυφές της όδευσης και ο υπολογισμός των συντεταγμένων τους γίνεται με το πρόγραμμα «Ταχυμετρία» κατ' αντίστοιχο τρόπο.

Εσφαλμένη μεταφορά δεδομένων από το όργανο στον ηλεκτρονικό υπολογιστή

Το σημαντικότερο πρόβλημα που οδήγησε σε χρονική υστέρηση των εργασιών και που οδήγησε στην επανεπεξεργασία των μετρήσεων ήταν η εσφαλμένη μεταφορά τους από το όργανο Topcon GPT 3003 μέσω του αντίστοιχου λογισμικού του Topcon Link στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Η

²⁷ Τα ποσοστά υγρασίας στον ναό είναι υψηλά, αλλά τα σφάλματα που προκαλούν στις μετρήσεις θεωρούνται αμελητέα με βάση τις επιθυμητές ακρίβειες.

διαφορά στις τιμές των μετρήσεων όπως καταγράφονταν στη μνήμη του οργάνου και σε αυτές που εμφανίζονταν στον υπολογιστή έγινε ορατή περίπου στο μέσο των εργασιών σύνταξης των διαγραμμάτων και μόνο όταν παρατηρήθηκαν αδικαιολόγητες στροφές των επιπέδων στα σημεία που μετρήθηκαν από συγκεκριμένη στάση και που είχαν ακραίες ζενίθιες γωνίες. Για όλα τα υπόλοιπα σημεία, οι μεταβολές στις μετρήσεις ήταν μικρές και οι σχετικές θέσεις των σημείων φαινομενικά σωστές, με αποτέλεσμα να μη γίνει εμφανές το πρόβλημα νωρίτερα. Αφού πραγματοποιήθηκαν εκ νέου μετρήσεις των σημείων αυτών και τα αποτελέσματα εξακολουθούσαν να είναι τα ίδια, ερευνήσαμε τις υπόλοιπες πιθανές αιτίες σφάλματος και καταλήξαμε στον εντοπισμό του συγκεκριμένου φαινομένου. Αν και πιθανολογείται πως η διαφορά αυτή πραγματοποιείται εξαιτίας εσφαλμένης παραμετροποίησης, είτε του οργάνου, είτε του λογισμικού, δεν ήταν δυνατός ο εντοπισμός της παραμέτρου που επέφερε το πρόβλημα αυτό. Το παράδοξο ήταν πως η εγκατάσταση του ίδιου λογισμικού σε άλλον υπολογιστή και χωρίς τη μεταβολή των παραμέτρων του, εκτελούσε ορθή μεταφορά των δεδομένων. Καθώς ο εντοπισμός των σημείων τα οποία εμφανιζόταν να αποκλίνουν από την ορθή τους θέση δεν μπορούσε να συστηματοποιηθεί με κάποιον μη πιθανολογικό τρόπο και επειδή οι μεταβολές στις μετρήσεις δεν είχαν συστηματικό χαρακτήρα, κρίθηκε απαραίτητη η επεξεργασία όλων των μετρήσεων από την αρχή ακυρώνοντας όλη την προηγούμενη διεργασία που είχε πραγματοποιηθεί για μήνες.

Έλλειψη επιπλέον ατόμων για σύμπραξη στις διαδικασίες της γεωμετρικής τεκμηρίωσης

Τέλος, ένα ζήτημα που παρουσιάζεται σε όλα τα στάδια της εξέλιξης της γεωμετρικής αποτύπωσης είναι το γεγονός ότι το μεγαλύτερο μέρος αυτής πραγματοποιήθηκε από ένα άτομο με αποτέλεσμα να προκαλούνται δυσχέρειες σε θέματα που υπό άλλες συνθήκες δεν θα ήταν τόσο σύνθετα. Για παράδειγμα, η κατάσταση αυτή επέφερε μεγάλες δυσκολίες στη σχεδίαση, συμπλήρωση και γενική οργάνωση και διαχείριση των αυτοσχεδίων υπαίθρου. Καθώς έπρεπε ένα άτομο μόνο να μεριμνεί για τα σκαριφήματα αυτά και παράλληλα να πραγματοποιεί τις μετρήσεις, η σύγχυση των καταγραφέντων στοιχείων και της οργάνωσης της διαδικασίας που πολλές φορές δημιουργούνταν αποτελούσε τροχοπέδη της ορθής εξέλιξης των μετρήσεων. Επιπτώσεις και καθυστερήσεις εμφανίζονταν προφανώς και στο στάδιο των εργασιών γραφείου.

Οι εργασίες υπαίθρου τελικώς διήρκησαν εννέα μήνες χωρίς συνεχή εργασία στο πεδίο και με διακοπές κατά τις ημέρες όπου γινόταν η επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν. Ο πραγματικός χρόνος εργασιών ήταν περίπου τρεις μήνες. Αντίστοιχος ήταν και ο χρόνος εργασιών γραφείου. Εν κατακλείδι, αποδείχθηκε, παρά τα όποια προβλήματα εμφανίστηκαν κατά τη διαδικασία της γεωμετρικής τεκμηρίωσης του ναού, ότι τόσο η επιλογή των οργάνων και του παρελκόμενου εξοπλισμού όσο και η επιλογή των διαδικασιών επεξεργασίας των δεδομένων ήταν η ενδεδειγμένη για το συγκεκριμένο αντικείμενο μελέτης.

ΜΕΡΟΣ Β:
ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ ΤΟΥ ΕΙΚΟΝΟΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ
GPT-7003i ΤΗΣ TOPCON

6. ΣΤΕΡΕΟΣΚΟΠΙΚΕΣ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΕΙΚΟΝΟΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ

Η ανάγκη για ταχύτερες και αποτελεσματικότερες διαδικασίες συλλογής στοιχείων υπαίθρου και διαχείρισης αυτών σε συνδυασμό με την εξέλιξη της τεχνολογίας, οδήγησαν στη σχεδίαση και υλοποίηση μιας νέας γενιάς οργάνων, των εικονογεωδαιτικών σταθμών, και των αντίστοιχων λογισμικών πακέτων που τα συνοδεύουν. Όπως μαρτυρά και το όνομά τους, οι σταθμοί αυτοί συνδυάζουν τις τοπογραφικές με τις φωτογραμμετρικές διαδικασίες λήψης δεδομένων, μια καινοτομία η οποία αν τελικώς αποδώσει, τόσο σε ακρίβεια όσο και σε πλήθος εφαρμογών, θα επιφέρει ριζικές αλλαγές στον τομέα της γεωμετρικής τεκμηρίωσης.

Αντικείμενο του δεύτερου μέρους της διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση του οργάνου GPT 7003i της TOPCON που ανήκει σε αυτή την κατηγορία οργάνων με σκοπό την αξιολόγηση και τη βέλτιστη αξιοποίηση των παραγόμενων προϊόντων. Το λογισμικό που θα χρησιμοποιηθεί για την επεξεργασία των δεδομένων είναι το Image master, το οποίο είναι βασισμένο στις δυνατότητες του εικονογεωδαιτικού σταθμού και συστηματοποιεί πλήθος φωτογραμμετρικών διαδικασιών. Για να προκύψουν κριτήρια σύγκρισης, πραγματοποιήθηκαν παράλληλα εφαρμογές με χρήση ψηφιακής φωτογραφικής μηχανής και ενός κλασικού ψηφιακού φωτογραμμετρικού σταθμού, του «Imagestation SSK».

Αντικείμενο των εφαρμογών είναι η απόδοση του μαρμαρόγλυπτου άμβωνα που βρίσκεται στο εσωτερικό του Ι. Ναού της Γέννησης του Χριστού. Πρόκειται για μια πολύπλοκη σύνθεση με πολλά επίπεδα και λεπτομέρειες, ιδανικό για την εξαγωγή των απαραίτητων συμπερασμάτων.

6.1. Εικονογεωδαιτικός Σταθμός GPT 7003i της TOPCON



Εικόνα 6. 1: Εικονογεωδαιτικός σταθμός GPT 7003i της TOPCON

Η σειρά GPT-7000i της TOPCON²⁸ (εικόνα 6.1) εισάγει τη ψηφιακή τεχνολογία των φωτομηχανών στη βελτίωση της συλλογής δεδομένων πεδίου. Διατηρώντας τις κλασικές λειτουργίες ενός ολοκληρωμένου γεωδαιτικού σταθμού, ενσωματώνει στο σώμα του δύο CCD κάμερες (Charge Coupled Device – Συσκευή Συζευγμένου φορτίου) για τη λήψη ψηφιακών εικόνων, επεκτείνοντας με αυτό τον τρόπο το φάσμα των εφαρμογών. Το μοντέλο που διερευνήθηκε για τις φωτογραμμετρικές δυνατότητες του ήταν το GPT 7003i.

Όπως φαίνεται και από την ονομασία του οργάνου, η ακρίβεια του στη μέτρηση γωνιών είναι της τάξης των 3", δηλαδή 9^{cc}. Στη μέτρηση αποστάσεων η ακρίβεια εξαρτάται τόσο από την

επιλογή ή όχι χρήσης πρίσματος (με πρίσμα ± (2mm + 2ppm) και χωρίς πρίσμα ± 5mm) όσο και από τη μέθοδο που χρησιμοποιείται αναφορικά με τον χρόνο²⁹. Η εμβέλεια μέτρησης

απόστασης με πρίσμα είναι στα 3000m που μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 5000m με ισχυρό φακό μεγάλης μεγέθυνσης 30X (ελάχιστη απόσταση εστίασης 1.3m) για ευκρινές είδωλο ακόμα και στις μεγάλες αποστάσεις. Όσον αφορά τη μη χρησιμοποίηση πρίσματος, αξιοποιώντας τη νέα τεχνολογία παλμικού Laser³⁰ το όργανο διαθέτει μια στενή, σταθερή δέσμη αποδίδοντας έτσι ένα

²⁸ Για περισσότερες πληροφορίες βλ. Link 5, 6, 7, 8, 9 και 10

²⁹ Υπάρχουν τρεις επιλογές:

«Fine»: 1,2sec με ανάλυση ανά 0.2mm,

«Tracking»: 0,4sec με ανάλυση ανά 1mm

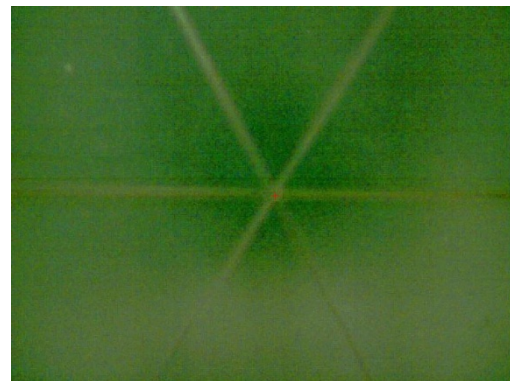
«Coarse»: 0.7sec με ανάλυση ανά 10mm

³⁰ κατηγορία laser 1 για τη μέτρηση αποστάσεων και κατηγορία 2 για το ορατό laser

σαφές στίγμα για τις χωρίς πρίσμα μετρήσεις. Με αυτό τον τρόπο διασφαλίζεται η ακρίβεια μέτρησης σε μεγάλες αποστάσεις (μέχρι 250m) αλλά και η δυνατότητα μέτρησης σε δύσκολες κοντινές επιφάνειες σκόπευσης. Για τη μέτρηση γωνιών-ακμών ή άλλων σημείων όπου η δέσμη συνήθως ανακλάται, η τεχνολογία παλμικού Laser της Topcon έχει την ιδιότητα να αναγνωρίζει τις ανακλάσεις από το επιθυμητό σημείο, φιλτράροντας παράλληλα τα μη αναγκαία σήματα (ελάχιστη απόσταση μέτρησης 1.5m). Ο σταθμός αυτός παρέχει, επίσης, τη δυνατότητα σάρωσης 20 σημείων ανά δευτερόλεπτο σε μια επιφάνεια που ορίζεται από τον χρήστη, με χρήση της τεχνολογίας “Reflectorless” και ανάμεσα στα αξιοσημείωτα τεχνικά χαρακτηριστικά που διαθέτει και που διευκολύνουν τη διαδικασία των εργασιών είναι οι φωτεινοί οδηγοί χάραξης.

Οι ψηφιακές εικόνες του πεδίου, που λαμβάνονται από τις κάμερες CCD του σταθμού, έχουν διαστάσεις 640x480pixels (VGA), με μέγεθος pixel ίσο με 5.6μm, και καταγράφονται στη μνήμη του οργάνου μαζί με τα αρχεία των συντεταγμένων των σημείων, για μετέπειτα χρήση και επεξεργασία. Η ελάχιστη απόσταση λήψης για τις δύο φωτομηχανές είναι τα 2m, η εστίαση που μπορεί να επιτευχθεί είναι κατά 0.25, 0.5, 1.0 και 2.0 φορές και η γωνία θέασης για την κάμερα του τηλεσκοπίου είναι 1° ενώ για την εξωτερική 30°.

Με τη μία από τις δύο ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές ενσωματωμένη στον άξονα του τηλεσκοπίου, η εικόνα του σκοπευόμενου σημείου και της περιοχής που είναι ορατή μέσα από το τηλεσκόπιο απεικονίζεται στην οθόνη του οργάνου (εικόνα 6.3), καθιστώντας πιο εύκολη τη στόχευση του σημείου, καθώς μπορεί να γίνει απευθείας πάνω στην οθόνη. Με αυτόν τον τρόπο εξαλείφονται προβλήματα ορατότητας αφού γίνεται πιο απλή η παρατήρηση και αναγνώριση των ζητούμενων σημείων και επιπλέον δεν απαιτείται πια η χρήση αγκωνοειδούς σε δύσκολες-ακραίες γωνίες σκόπευσης κοντά στο ζενίθ. Η δεύτερη κάμερα είναι εξωτερική και ανεξάρτητη από τον άξονα του τηλεσκοπίου, το κέντρο της βρίσκεται επάνω και πιο μπροστά από το κέντρο του τηλεσκοπικού φακού, και λαμβάνει εικόνες της ευρείας περιοχής των στοχευόμενων στοιχείων (εικόνα 6.2).



Εικόνα 6. 2: Εικόνα από την εξωτερική κάμερα του εικονογεωδαιτικού σταθμού
Εικόνα 6. 3: Εικόνα από την κάμερα του τηλεσκοπίου του εικονογεωδαιτικού σταθμού

Καθώς είναι εύκολη η οπτική παρουσίαση των στοιχείων που έχουν ήδη μετρηθεί ή/και αυτών που μπορεί να έχουν χαθεί, καταργείται η ανάγκη σύνταξης παραδοσιακού αυτοσχεδίου υπαίθρου (κροκί), εξοικονομώντας πολύτιμο χρόνο και κόπο καθώς απομακρύνεται η ανάγκη για πολλαπλές επισκέψεις αναγνώρισης στο πεδίο. Επιπλέον με τις εικόνες αυτές μπορεί να υπάρξει άμεση ενημέρωση του μηχανικού σε πραγματικό χρόνο³¹ ή/και ανάκληση της κατάστασης του πεδίου στο γραφείο του οποιαδήποτε στιγμή επιθυμεί.

Εκτός από τις δύο ψηφιακές μηχανές, ο σταθμός διαθέτει δύο δίδυμες έγχρωμες οθόνες αφής, τεχνολογίας TFT LCD 3.5 ιντσών, ορατές σε όλες τις συνθήκες. Μέσω αυτών επιτυγχάνεται τόσο

³¹ Ο χρήστης του οργάνου μπορεί εύκολα να δημιουργήσει έναν χάρτη στην οθόνη του σταθμού με τα μετρημένα σημεία ενώνοντας τα με έγχρωμες γραμμές, ελέγχοντας με αυτό τον τρόπο την ορθότητα και την πληρότητα των εργασιών του ή/και υπολογίζοντας εκείνη τη στιγμή τα εμβαδά των μετρημένων επιφανειών. Επιπλέον, υπάρχει άμεση οπτική καταγραφή των σημείων ελέγχου για την ενίσχυση πιθανότητας μετεγκατάστασης.

η σκόπευση των σημείων³², όπως προαναφέρθηκε, αλλά και η εύκολη περιήγηση στις υπόλοιπες επιλογές του οργάνου.

Ο GPT 7003i συνδυάζει την τελευταία τεχνολογία υπολογιστών σε μία πλατφόρμα που μπορεί να ακολουθήσει τη ραγδαία εξέλιξη στον τομέα αυτό. Το λειτουργικό περιβάλλον Windows CE.NET™³³ που χρησιμοποιεί παρέχει τα πλεονεκτήματα του οικείου “PC” interface, την Οθόνη αφής, τις δυνατότητες επέκτασης του λογισμικού και τις αυξημένες δυνατότητες επικοινωνίας αλλά και ευρεία γκάμα συμβατών συστημάτων. Διαθέτει γρήγορο επεξεργαστή ταχύτητας 177Mhz, εσωτερική μνήμη 128 MB καθώς και τη δυνατότητα υποδοχής κάρτας Compact Flash. Ο σταθμός συνοδεύεται και με το απαραίτητο λογισμικό³⁴ για τη μεταφορά και αποκωδικοποίηση των δεδομένων από το όργανο στον ηλεκτρονικό υπολογιστή και για περαιτέρω επεξεργασία. Η αμφίδρομη επικοινωνία με τον Η/Υ επιτυγχάνεται μέσω της θύρας RS232C και του σειριακού καλωδίου, μέσω USB Θύρας ή και μέσω Bluetooth™ επικοινωνίας.

Όπως προκύπτει από τις παραπάνω δυνατότητες του γεωδαιτικού σταθμού, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλές εφαρμογές, όχι μόνο τοπογραφικές αλλά και φωτογραμμετρικές, γεγονός καινοτόμο για την κατηγορία των οργάνων αυτών. Πιο συγκεκριμένα, στις τοπογραφικές εφαρμογές, εκτός των κλασικών διαδικασιών της ίδρυσης δικτύων και της αποτύπωσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη δημιουργία διατομών, στην εκ των υστέρων μέτρηση αποστάσεων και στον υπολογισμό όγκων. Όσον αφορά τις φωτογραμμετρικές εφαρμογές, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή απευθείας ανηγμένων εικόνων, προσανατολίζοντας τον κεντρικό άξονα της μηχανής κάθετα στο προς αποτύπωση επίπεδο, και την παραγωγή φωτομωσαϊκών, χωρίς τη χρήση φωτοσταθερών (κεφάλαιο 6.3). Με τη βοήθεια των κατάλληλων λογισμικών παράγονται ορθοφωτογραφίες και γίνεται επεξεργασία στερεοζεύγους εικόνων που έχουν ληφθεί από το όργανο για τη δημιουργία τρισδιάστατων ψηφιακών μοντέλα των αντικειμένων που έχουν αποτυπωθεί.

Ανάμεσα στα βασικά μειονεκτήματα του σταθμού είναι η δυσχρηστία του σε ορισμένες διαδικασίες αποτύπωσης, η χαμηλή ανάλυση των εικόνων και το υψηλό κόστος του. Επιπλέον, για οικονομία στη μνήμη, το όργανο αποθηκεύει μία μόνο εικόνα της ευρύτερης περιοχής για σημεία που βρίσκονται εντός του κάδρου που καταγράφει και επομένως, για να μπορέσει ο χρήστης να αποθηκεύσει παραπάνω εικόνες για την ίδια περιοχή, θα πρέπει να ορίσει καινούριο όνομα στάσης, για κάθε νέα εικόνα. Η διαδικασία αυτή είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα.

Η επόμενη και πιο σύγχρονη σειρά εικονογεωδαιτικών σταθμών της εταιρίας Topcon είναι η GPT 9000 IS. Οι βελτιώσεις που εισάγει αυτή η σειρά είναι η καλύτερη ανάλυση κάμερας (2 Mpixel) και η δυνατότητα μέτρησης απόστασης χωρίς πρίσμα έως και 2000m. Επιπλέον, παρέχει την επιλογή χειρισμού των οργάνων από απόσταση, με χρήση του απαραίτητου λογισμικού, μέσω ασύρματης σύνδεσης. Ως προς τα υπόλοιπα τεχνικά χαρακτηριστικά των φωτομηχανών, δεν δίνονται στοιχεία που να υποδεικνύουν τις ποιοτικές βελτιώσεις τους, εφ’ όσον υπάρχουν.

Βαθμονόμηση της εξωτερικής ψηφιακής κάμερας του οργάνου

³² Η σκόπευση των σημείων γίνεται μέσω ενός ηλεκτρονικού σταυρονήματος που εμφανίζεται πάνω στις οθόνες. Το σταυρόνημα αυτό θα πρέπει να ταυτίζεται με το σταυρόνημα του τηλεσκοπίου. Συνεπώς, πριν από τις μετρήσεις κάθε στάσης είναι απαραίτητο να ελέγχεται αυτή η ταύτιση και να αποκαθίσταται η απόκλιση, εφόσον υπάρχει. Ο έλεγχος αυτός γίνεται καθώς υπάρχει η κατακόρυφη εκκεντρότητα μεταξύ τηλεσκοπίου και κάμερας και επιτυγχάνεται σκοπεύοντας το ίδιο σημείο τόσο από το τηλεσκόπιο όσο και από την οθόνη του οργάνου, όπου η σκόπευση αναφέρεται στις μέσες αποστάσεις που πρόκειται να σκοπευτούν από τη συγκεκριμένη στάση. Σε περίπτωση που οι αποστάσεις σκόπευσης διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους η ρύθμιση πρέπει να επαναλαμβάνεται.

³³ Το λειτουργικό Windows CE™ πλεονεκτεί καθώς αποτελεί βιομηχανικό πρότυπο στη τεχνολογική εξέλιξη, επιτρέποντας έτσι πιο εύκολες και αποτελεσματικές αναβαθμίσεις εφαρμογών.

³⁴ TopSURV OnBoard for GPT-7000i : Η εφαρμογή TopSURV με πλήρη ελληνικό μενού διαλόγων σχεδιάστηκε ώστε να διαχειρίζεται με τη βοήθεια των Windows CE.NET όλα τα συνήθη τοπογραφικά προβλήματα στο πεδίο (αποτύπωση με τη βοήθεια απεικόνισης οθόνης χάρτη, χάραξη με εισαγωγή σημείων από αρχείο AutoCAD™ (.dxf), επίλυση οδύσεων, οπισθοτομία με την εισαγωγή μέχρι και 17 διαφορετικών σημείων, συμβατότητα με εξωτερικές εφαρμογές). Επίσης υπάρχει η δυνατότητα να μετατραπεί άμεσα το αρχείο των μετρήσεων μέσα στο πρόγραμμα σε μορφή ASCII ή DXF, χωρίς να γίνει καν σύνδεση με το PC.

Ο εντοπισμός και η εκτίμηση των συστηματικών σφαλμάτων που προέρχονται από ένα όργανο μέτρησης αποτελεί αναγκαία ενέργεια σε τακτά χρονικά διαστήματα, εξαιτίας των μεταβολών των σταθερών του οργάνου με την πάροδο του χρόνου ή εξαιτίας της κακής ή παρατεταμένης χρήσης του. Ο εντοπισμός αυτός πραγματοποιείται με τη διαδικασία της βαθμονόμησης. Ο όρος βαθμονόμηση, που αποδίδει τον αγγλικό όρο *calibration*, σε ότι αφορά τις ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές, είναι το σύνολο των μετρητικών και υπολογιστικών διαδικασιών που προσδιορίζουν τα γεωμετρικά και φυσικά χαρακτηριστικά τους. Πρόκειται για μια σημαντική διαδικασία και απαραίτητη έτσι ώστε οι εικόνες που θα προκύψουν να είναι μετρητικά αξιοποιήσιμες.

Σκοπός της βαθμονόμησης είναι η προσαρμογή του γεωμετρικού μοντέλου της συγκεκριμένης κεντρικής προβολής³⁵ η οποία περιγράφει κατά τον καλύτερο τρόπο τη γεωμετρία της προς εξέταση μηχανής (Γεωργόπουλος, 2007). Για να καθοριστεί η θέση του κέντρου προβολής σε σχέση με το επίπεδο της εικόνας απαιτείται η γνώση των εικονοσυντεταγμένων του πρωτεύοντος σημείου και η σταθερά της μηχανής. Εκτός όμως από τις παραπάνω παραμέτρους, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι αποκλίσεις της δέσμης των οπτικών ακτινών από την ιδανική κεντρική προβολή εξαιτίας των σφαλμάτων των φακών, της ατμοσφαιρικής διάθλασης, της καμπυλότητας της γης, των συστηματικών σφαλμάτων μέτρησης συντεταγμένων και διαφόρων άλλων. Υπερβαίνοντας, λοιπόν, τις τρεις βασικές παραμέτρους η έννοια του εσωτερικού προσανατολισμού πρέπει επίσης να συμπεριλάβει και την αντιμετώπιση των παραπάνω σφαλμάτων με κατάλληλη διόρθωση Δx , Δy των εικονοσυντεταγμένων. Ως πιο σημαντική ανάμεσά τους θεωρείται η ακτινική διαστροφή του φακού.

Η βαθμονόμηση των επίγειων φωτογραφικών μηχανών γίνεται είτε εργαστηριακά, όπου αφορά μόνο τις μετρητικές μηχανές και πραγματοποιείται από τον κατασκευαστή ή/και από άλλα ειδικά εργαστήρια (με προϊόν το πρωτόκολλο βαθμονόμησης) είτε στο πεδίο (Πατιάς, 1991). Στη δεύτερη περίπτωση η βαθμονόμηση μπορεί να προηγηθεί των φωτογραφικών λήψεων, με τη χρήση πεδίου ελέγχου, είτε να διεξαχθεί κατά την ίδια τη φωτογραμμετρική εργασία. Πρόκειται για μία αμιγώς φωτογραμμετρική διαδικασία, όπου σε μία ή περισσότερες εικόνες, ανάλογα με τη μέθοδο, μετρούνται και συνορθώνονται σημεία με γνωστές γεωδαιτικές συντεταγμένες (“πεδίο ελέγχου φωτοσταθερών σημείων”) είτε και άγνωστες (“αυτοβαθμονόμηση” ή “αυτορρύθμιση”).

Στην περίπτωση της βαθμονόμησης της εξωτερικής κάμερας CCD του εικονογεωδαιτικού σταθμού GPT 7003i που εξετάζουμε, η διαδικασία πραγματοποιήθηκε με τη χρήση πεδίου ελέγχου φωτοσταθερών με γνωστές συντεταγμένες και με τη χρήση ειδικού φύλλου βαθμονόμησης.

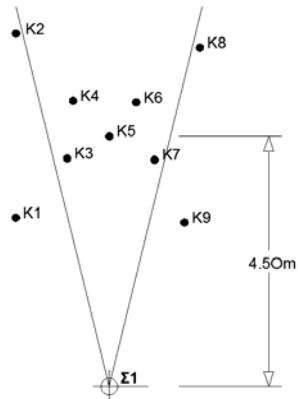
Βαθμονόμηση με τη χρήση πεδίου ελέγχου φωτοσταθερών με γνωστές συντεταγμένες

Το πεδίο ελέγχου που χρησιμοποιήθηκε βρίσκεται στην αίθουσα Υ23 του κτιρίου Λαμπαδαρίου των Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών στην Πολυτεχνειούπολη. Πρόκειται για μια σύνθεση 9 στηλών³⁶ όπου σε καθέναν από αυτούς είναι τοποθετημένοι 4 κυκλικοί στόχοι. Εξαιτίας της κοντινής εστιακής απόστασης (επιλέγουμε να στηθούμε στα 4.50m) και της γωνίας θέασης της μηχανής (30°) σε κάθε λήψη είναι ορατό μερικό τμήμα του πεδίου ελέγχου.

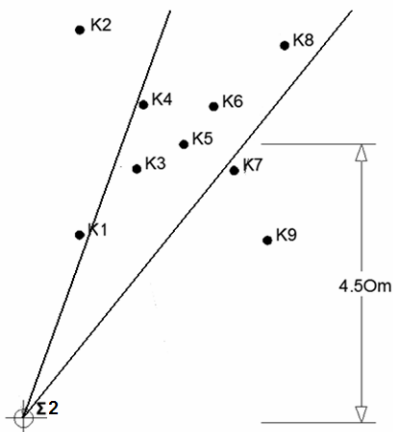
Οι λήψεις των φωτογραφιών πραγματοποιήθηκαν από τρεις διαφορετικές θέσεις. Η οριζοντιογραφική διάταξη των στηλών του πεδίου ελέγχου και οι θέσεις του οργάνου, καθώς και το τμήμα που είναι ορατό σε κάθε λήψη παρουσιάζονται στις παρακάτω εικόνες (εικόνες 6.4, 6.5, 6.6).

³⁵ Οι ψηφιακές μηχανές που χρησιμοποιούνται στη Φωτογραμμετρία παράγουν μετρητικές εικόνες, οι οποίες μπορούν να θεωρηθούν με ικανοποιητική ακρίβεια σαν κεντρικές προβολές του χώρου στο επίπεδο δημιουργίας της εικόνας. Επομένως, το μοντέλο που περιγράφει τη φωτογραφική απεικόνιση είναι η κεντρική προβολή.

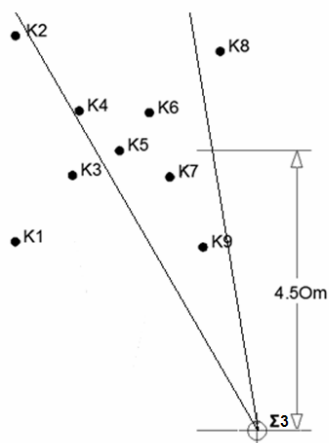
³⁶ Στην αίθουσα Υ23 υπάρχουν και άλλες διατάξεις στόχων, τις οποίες όμως δεν χρησιμοποιήσαμε και δεν αναφέρουμε.



Εικόνα 6. 4: Περιοχή κάλυψης κεντρικής λήψης α) οριζοντιογραφική προβολή β) προβολή όψης



Εικόνα 6. 5: Περιοχή κάλυψης αριστερής λήψης α) οριζοντιογραφική προβολή β) προβολή όψης



Εικόνα 6. 6: Περιοχή κάλυψης δεξιάς λήψης α) οριζοντιογραφική προβολή β) προβολή όψης

Το πρώτο λογισμικό που χρησιμοποιήσαμε για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων της βαθμονόμησης είναι το «calibration_CCD»³⁷. Το πρόγραμμα αυτό, που είναι εκτελέσιμο σε περιβάλλον «Matlab», χρησιμοποιεί μία εικόνα και προσδιορίζει τα στοιχεία του εσωτερικού και εξωτερικού προσανατολισμού σε ενιαία συνόρθωση με τη μέθοδο της δέσμης, αφού πρώτα έχει

³⁷ Το λογισμικό αυτό αναπτύχθηκε από την Σαμαρά Αρετή, στη μεταπτυχιακή εργασία «Διερεύνηση Βαθμονόμησης Ψηφιακής Μηχανής», και τα περισσότερα από τα στοιχεία λειτουργίας του που αναφέρονται σε αυτή την παράγραφο προέρχονται από την εργασία αυτή.

υπολογίσει προσωρινές τιμές, όταν αυτές δεν είναι γνωστές, με τη μέθοδο του άμεσου γραμμικού μετασχηματισμού-DLT. Στα στοιχεία του εσωτερικού προσανατολισμού περιλαμβάνει: τη σταθερά της μηχανής και τη θέση του πρωτεύοντος σημείου (x_0, y_0), την ακτινική διαστροφή, την ασύμμετρη παραμόρφωση και τις αφινικές παραμορφώσεις του εικονοστοιχείου³⁸. Χρησιμοποιεί ως στοιχεία εισόδου δύο αρχεία txf, όπου το πρώτο περιέχει τις γεωδαιτικές συντεταγμένες των στόχων που εμφανίζονται στη συγκεκριμένη λήψη (κωδικός στόχου_X_Y_Z) και το δεύτερο περιέχει τις αντίστοιχες εικονοσυντεταγμένες τους (κωδικός στόχου_x_y). Οι γεωδαιτικές συντεταγμένες των στόχων του πεδίου ελέγχου είναι γνωστές καθώς έχουν υπολογισθεί από το Κέντρο Μετρολογίας του Τομέα Τοπογραφίας της Σ.Α.Τ.Μ. και δίνονται με ακρίβεια $\pm 0.2\text{mm}$ κατά τον άξονα των x, $\pm 0.1\text{mm}$ κατά τον άξονα y και $\pm 0.2\text{mm}$ κατά τον άξονα z (πίνακας 6.1), ενώ το τοπικό σύστημα αναφοράς στο οποίο αναφέρονται έχει τον άξονα των y με θετική φορά προς τα αριστερά, τον άξονα των x να συμπληρώνει το δεξιόστροφο σύστημα και τον άξονα των z με φορά προς τα επάνω.

Σημείο	X	Y	Z	Σημείο	X	Y	Z
1	28.4759	19.2885	9.4157	19	29.9283	17.6531	10.6941
2	28.4684	19.2876	10.128	20	29.9262	17.6674	11.3048
3	28.4622	19.2892	10.6916	21	30.5503	17.1421	9.4104
4	28.458	19.2911	11.2665	22	30.5295	17.132	10.1206
5	31.785	19.2864	9.3813	23	30.5129	17.1219	10.6953
6	31.7795	19.2666	10.0452	24	30.4979	17.1106	11.3037
7	31.7729	19.2543	10.7038	25	29.518	16.8147	9.4313
8	31.7689	19.245	11.2829	26	29.5277	16.7915	10.1553
9	29.5426	18.3741	9.4374	27	29.534	16.7787	10.6969
10	29.5468	18.3748	10.3222	28	29.544	16.7625	11.3071
11	29.5505	18.3872	10.8793	29	31.5359	16.009	9.4067
12	29.5548	18.3933	11.4232	30	31.528	16.003	10.0615
13	30.5788	18.2656	9.4042	31	31.521	15.9942	10.698
14	30.5886	18.2657	10.1438	32	31.5173	15.9909	11.2786
15	30.5956	18.273	10.6991	33	28.3896	16.281	9.701
16	30.6065	18.2799	11.2918	34	28.3658	16.2757	10.3307
17	29.941	17.6224	9.3869	35	28.3472	16.2736	10.8892
18	29.9336	17.6381	10.1736	36	28.3242	16.2683	11.606

Πίνακας 6. 1: Γεωδαιτικές συντεταγμένες των στόχων του πεδίου ελέγχου

Για να εξαγάγει το πρόγραμμα ορθά αποτελέσματα θα πρέπει οι γεωδαιτικές συντεταγμένες των στόχων να δίνονται σε ένα σύστημα με μικρές σχετικά στροφές ως προς το επίπεδο της φωτογραφίας (τα δύο συστήματα να είναι σχεδόν παράλληλα). Κατά λογική ακολουθία, μετατρέπουμε το παραπάνω σύστημα αναφοράς στο αντίστοιχο φωτογραμμετρικό του. Η μετατροπή αυτή γίνεται σε δύο βήματα. Στο πρώτο βήμα με διαδικασία στροφής του συστήματος αναφοράς, ο άξονας των x γίνεται παράλληλος με το ίχνος του επιπέδου της φωτογραφίας ενώ στο δεύτερο βήμα με εναλλαγή των αξόνων το σύστημα γίνεται ομοπράλληλο με το επίπεδο της³⁹. Αναφορικά με το αρχείο των εικονοσυντεταγμένων, το πρόγραμμα αναγνωρίζει ως σύστημα αξόνων εκείνο με αρχή την πάνω αριστερή γωνία της εικόνας, τον άξονα των x οριζόντιο με φορά προς τα δεξιά και τον άξονα των y κατακόρυφο με φορά προς τα κάτω. Για τον προσδιορισμό των εικονοσυντεταγμένων της κάθε φωτογραφίας εργαζόμαστε στο σχεδιαστικό περιβάλλον «AutoCAD Land Desktop 2009». Συγκεκριμένα, εισάγουμε τις εισημμένες εικόνες της εξωτερικής κάμερας στην αρχή των αξόνων, αγκιστρώνοντας τες από την επάνω αριστερή τους γωνία στην αρχή των αξόνων και για να μπορέσουμε να έχουμε άμεσα μετρήσιμη πληροφορία σε pixels

³⁸ Η ακτινική διαστροφή περιγράφεται με πολυώνυμο των περιπτώσεων δυνάμεων της ακτινικής απόστασης, χρησιμοποιώντας τις παραμέτρους K_1 και K_2 : $\delta r = K_1 r^3 + K_2 r^5$, ενώ η ασύμμετρη παραμόρφωση υπολογίζεται μέσω της συνάρτησης $P(r): P(r) = (P_1^2 + P_2^2)^{1/2} r^2$, χρησιμοποιώντας τις παραμέτρους P_1 και P_2 . Για τις αφινικές παραμορφώσεις, η συντάξασα του προγράμματος χρησιμοποίησε την παράμετρο ϵ ως την απόκλιση από την καθετότητα του άξονα y από τον x και την παράμετρο λ που ορίζεται ως ο συντελεστής κλίμακας του άξονα y, θεωρώντας τον συντελεστή κλίμακας του x ισοδύναμο με τη μονάδα.

³⁹ Σχέσεις στροφής για τη συγκεκριμένη εφαρμογή: $X=-Y$, $Y=Z$ και $Z=-X$.

επιλέγουμε την κλίμακα της εικόνας κατά τέτοιο τρόπο ώστε οι διαστάσεις της να είναι ίσες με το format της (επεμβαίνουμε δηλαδή στην κλίμακα της εικόνας έτσι ώστε η μεγάλη της διάσταση να είναι 640 units και αντίστοιχα η μικρή της 480). Αφού ετοιμάσουμε και εισάγουμε τα παραπάνω αρχεία στο πρόγραμμα και καθορίσουμε τις κατάλληλες παραμέτρους⁴⁰ προσδιορίζονται τα στοιχεία του εσωτερικού προσανατολισμού.

Αρχικό μέλημά είναι η διερεύνηση της ευστάθειας της εσωτερικής γεωμετρίας της κάμερας (επαναληψιμότητα). Από την κεντρική στάση (Σ1) πραγματοποιούνται πέντε λήψεις⁴¹, τα αποτελέσματα της βαθμονόμησης των οποίων παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες (πίνακες 6.2, 6.3), σε μονάδες pixels.

	xo	yo	c	K1	K2	P1	P2
kentriki_01	335±8	206±7	1444±3	-9.405E-08	2.046E-13	6.654E-06	5.536E-06
kentriki_02	302±10	186±9	1440±4	-9.988E-08	1.857E-13	2.764E-06	9.074E-06
kentriki_03	318±10	208±9	1437±4	-1.334E-07	3.112E-13	3.481E-06	5.423E-06
kentriki_04	331±10	197±9	1441±5	-9.176E-08	1.584E-13	5.458E-06	6.798E-06
kentriki_05	320±9	209±8	1440±4	-8.961E-08	1.576E-13	4.526E-06	4.858815E-06
Μέσος όρος	321±5	201±1	1440±1	-1.017E-07	2.035E-13	4.585E-06	6.34E-06

Πίνακας 6. 2: Αποτελέσματα βαθμονόμησης (Pixels) της κεντρικής λήψης με τη χρήση του προγράμματος Calibration_CCD

Γνωρίζοντας ότι το μέγεθος του pixel είναι 5.6μm υπολογίζονται τα στοιχεία της βαθμονόμησης σε μονάδες mm.

	xo	yo	c	K1	K2
kentriki_01	1.875±0.045	1.154±0.039	8.085±0.017	-3.00E-03	2.08E-04
kentriki_02	1.692±0.056	1.044±0.050	8.064±0.022	-3.19E-03	1.89E-04
kentriki_03	1.782±0.056	1.164±0.050	8.048±0.022	-4.25E-03	3.17E-04
kentriki_04	1.851±0.056	1.101±0.050	8.070±0.028	-2.93E-03	1.61E-04
kentriki_05	1.792±0.050	1.168±0.045	8.066±0.022	-2.86E-03	1.60E-04
Μέσος Όρος	1.799±0.028	1.126±0.006	8.067±0.006	-3.24E-03	2.07E-04

Πίνακας 6. 3: Αποτελέσματα βαθμονόμησης (mm) της κεντρικής λήψης με τη χρήση του προγράμματος Calibration_CCD

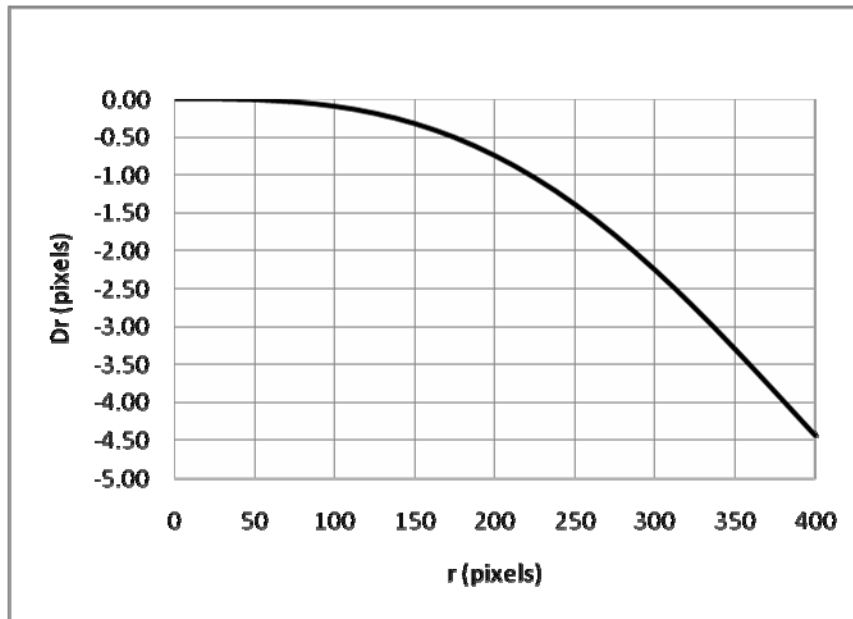
Η διακύμανση των τιμών που παρατηρούνται δεν μπορεί με σιγουριά να αποδοθεί ως αστάθεια της εσωτερικής γεωμετρίας της μηχανής καθώς στην παραπάνω διαδικασία υπεισέρχονται σημαντικά σφάλματα εξαιτίας της χαμηλής ανάλυσης των εικόνων. Το βασικότερο είναι πως ο προσδιορισμός των εικονοσυντεταγμένων γίνεται με μικρή ακρίβεια καθώς το κέντρο των στόχων δεν είναι σαφώς εντοπίσιμο⁴², με συνέπεια την εισαγωγή σφάλματος κατά τον προσδιορισμό τους.

Από τις παραπάνω τιμές προσδιορίζουμε τον μέσο όρο των στοιχείων της βαθμονόμησης και με βάση αυτόν υπολογίζουμε την καμπύλη της ακτινικής διαστρόφης για $c=1440$ pixels:

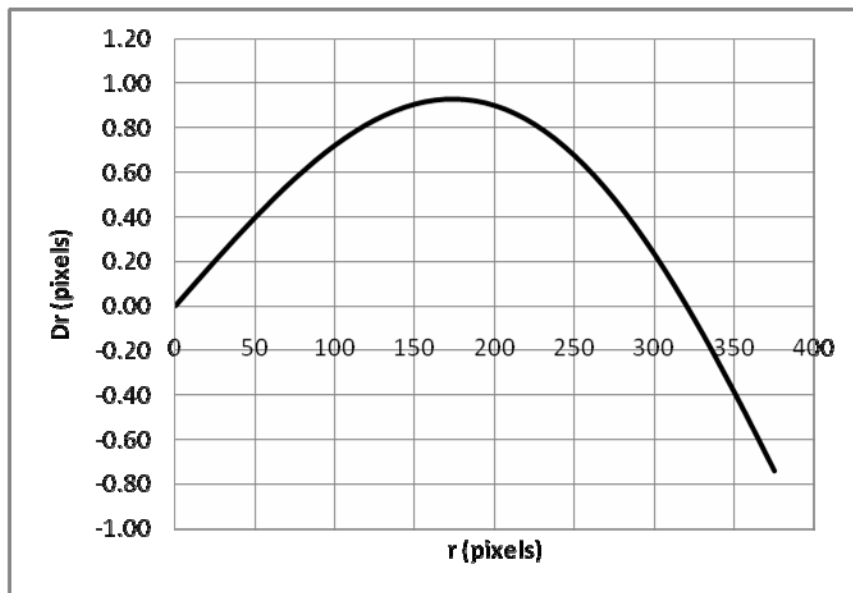
⁴⁰ Διαδρομή αποθήκευσης, μονάδες γωνιών, είδος και όνομα μηχανής, προσδιορισμός ή μη των προσωρινών τιμών και format της εικόνας.

⁴¹ Για οικονομία στη μνήμη, το όργανο αποθηκεύει μία μόνο εικόνα της ευρύτερης περιοχής για σημεία που βρίσκονται εντός του κάδρου που καταγράφει. Για να μπορέσουμε επομένως να αποθηκεύσουμε παραπάνω εικόνες, ορίζουμε κάθε φορά καινούριο όνομα στάσης, μια διαδικασία ιδιαίτερα χρονοβόρα.

⁴² Η διάσταση του pixel είναι μικρή (5.6μm), παρόλα αυτά η ευκρίνεια της εικόνας δεν επιτρέπει τον εντοπισμό του κέντρου των στόχων.



Διάγραμμα 6. 1: Ακτινική Διαστροφή κεντρικής λήψης για $c=1440$ pixels

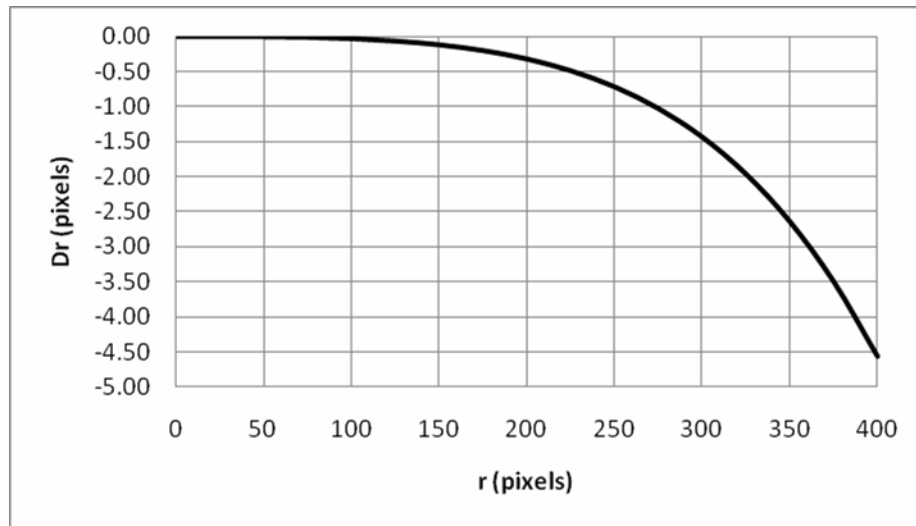


Διάγραμμα 6. 2: Κανονικοποιημένη παράσταση ακτινικής διαστροφής κεντρικής λήψης για μηδενική διαστροφή σε $r=320$ pixels και $c=1429$ pixels.

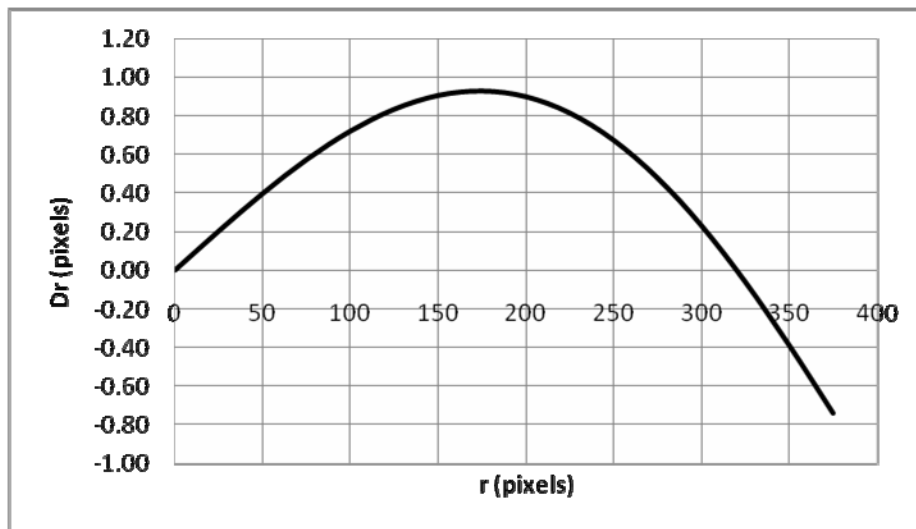
Από την αριστερή στάση έγινε λήψη μιας εικόνας και τα στοιχεία που προκύπτουν για τον εσωτερικό προσανατολισμό της είναι τα εξής (πίνακας 6.4):

	x_0	y_0	c	K_1	K_2	P_1	P_2
Αριστερή (pixels)	286 ± 13	180 ± 18	1427 ± 5	$-2.987E-008$	$-2.588E-013$	$-7.345E-007$	$8.800E-006$
Αριστερή (mm)	1.604 ± 0.073	1.007 ± 0.101	7.993 ± 0.028	$-9.525E-04$	$-2.632E-04$		

Πίνακας 6. 4: Αποτελέσματα βαθμονόμησης της αριστερής λήψης με τη χρήση του προγράμματος Calibration_ccd



Διάγραμμα 6. 3: Καμπύλη ακτινικής διαστοφής αριστερής λήψης για $c=1427$ pixels



Διάγραμμα 6. 4: Κανονικοποιημένη παράσταση ακτινικής διαστοφής αριστερής λήψης για μηδενική διαστοφή σε $r=320$ pixels και $c=1423$ pixels.

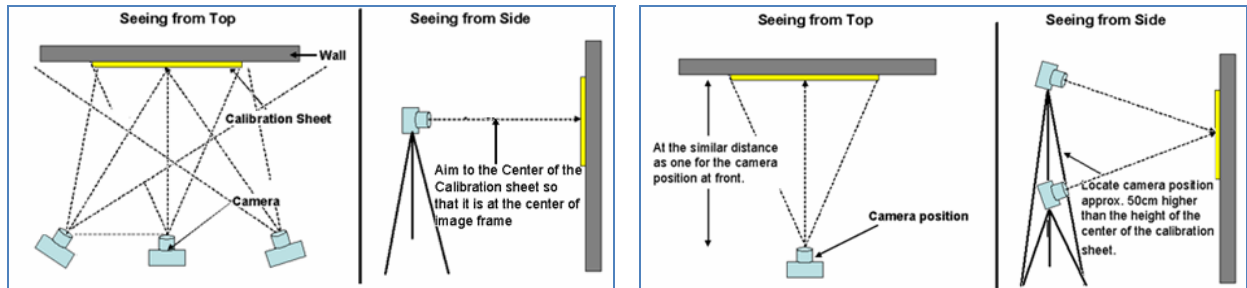
Για τη δεξιά λήψη το πρόγραμμα «calibration_CCD» δεν καταλήγει σε λύση, εξαιτίας ίσως των κριτηρίων σύγκλισης που έχουν επιλεγεί για την επίλυση της βαθμονόμησης. Χρησιμοποιείται επομένως συμπληρωματικά το πρόγραμμα vathmonomisi⁴³ που έχει συνταχθεί επίσης σε περιβάλλον Matlab. Καθώς το πρόγραμμα αυτό έχει τη δυνατότητα ενιαίας επίλυσης με τη μέθοδο των δεσμών πολλών φωτογραφιών, στο αρχείο των εικονοσυντεταγμένων προστίθεται στην αρχή μια στήλη με τον αριθμό της εικόνας. Στη συνέχεια υπολογίζονται τα στοιχεία του εσωτερικού προσανατολισμού για τη δεξιά φωτογραφία (πίνακας 6.5):

	X_0 (pixels)	Y_0 (pixels)	C (pixels)	X_0 (mm)	Y_0 (mm)	C (mm)
Κεντρική Λήψη	321±5	201±1	1440±1	1.799±0.028	1.126±0.006	8.067±0.006
Αριστερή Λήψη	286±13	180±18	1427±5	1.604±0.073	1.007±0.101	7.993±0.028
Δεξιά Λήψη	313±12	208±15	1429±6	1.753±0.067	1.165±0.084	8.002±0.034
Μέσος όρος	304±2	194±2	1430±1	1.702±0.011	1.086±0.011	8.008±0.006

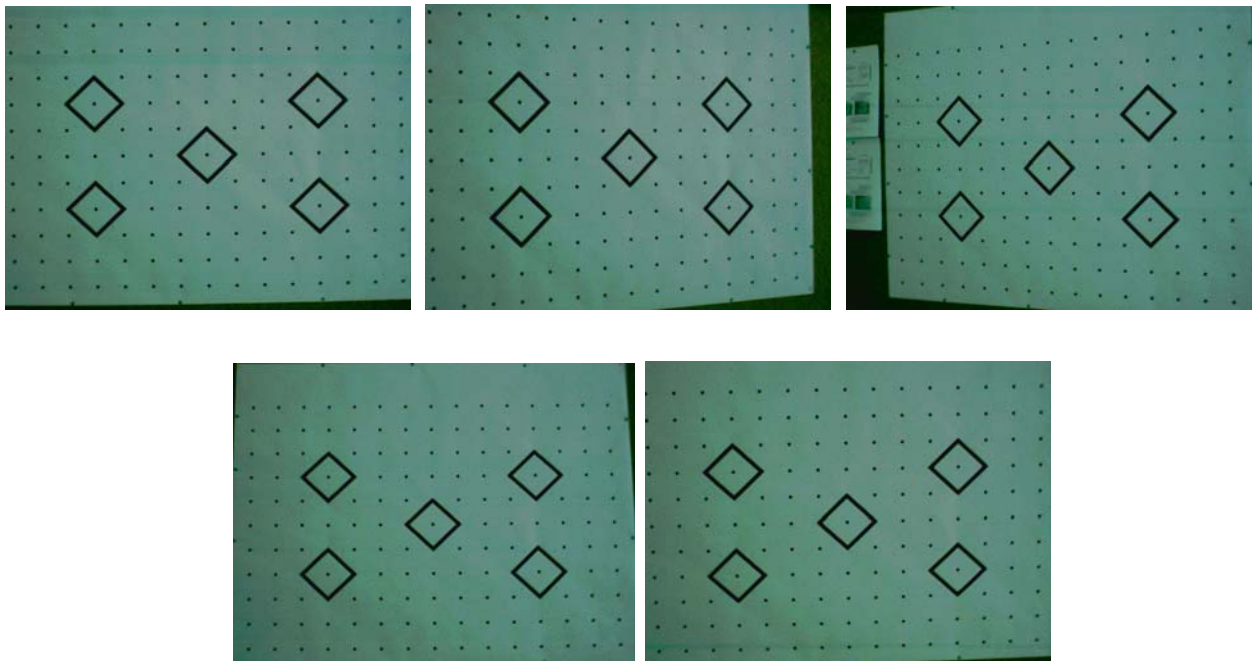
Πίνακας 6. 5: Αποτελέσματα βαθμονόμησης της δεξιάς λήψης με τη χρήση του προγράμματος “Vatmonomisi”
Βαθμονόμηση με τη χρήση ειδικού φύλλου ελέγχου της Topcon

⁴³ Πραγματοποιείται αρχικά η βαθμονόμηση της μηχανής με χρήση της κεντρικής λήψης 1 ώστε να ελεγχθεί η αξιοπιστία του προγράμματος «vathmonomisi». Τα αποτελέσματα που προκύπτουν συμπίπτουν με εκείνα που έχουν προσδιορισθεί από την επίλυση με το λειτουργικό «calibration_CCD»

Για ερευνητικούς σκοπούς, επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί μια διαφορετική μέθοδος βαθμονόμησης της εξωτερικής κάμερας του εικονογεωδαιτικού σταθμού, με χρήση ειδικού φύλλου ελέγχου της Topcon. Αρχικά τοποθετείται το ειδικό φύλλο σε κάθετη επίπεδη επιφάνεια κατά τρόπο ώστε να μην παραμορφώνεται η μορφή του. Στη συνέχεια φωτογραφίζεται από απόσταση 2.00m (η ελάχιστη δυνατή ώστε να απεικονίζεται στο κάδρο της κάμερας όλη η επιφάνεια του φύλλου βαθμονόμησης) από πέντε διαφορετικές γωνίες, στοχεύοντας πάντα στο κέντρο του φύλλου. Οι θέσεις της ψηφιακής μηχανής και οι εικόνες παρουσιάζονται παρακάτω (εικόνες 6.7, 6.8):



Εικόνα 6. 7: Θέσεις Λήψεων του ειδικού φύλλου βαθμονόμησης



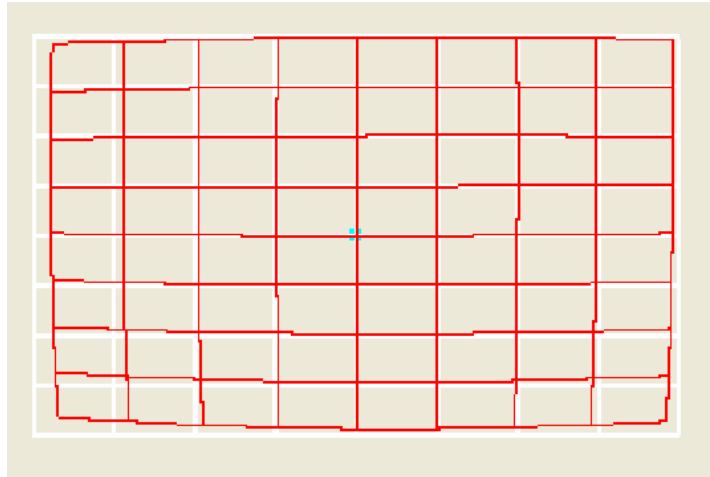
Εικόνα 6. 8: Εικόνες Λήψεις του ειδικού φύλλου βαθμονόμησης από α) το κέντρο β) αριστερά γ) δεξιά δ) κάτω ε) επάνω

Στη συνέχεια εισάγονται οι εικόνες λήψης στο λογισμικό «PL Calib» που συνοδεύει το φύλλο βαθμονόμησης⁴⁴ και με την κατάλληλη επεξεργασία καταλήγουμε στα παρακάτω στοιχεία του εσωτερικού προσανατολισμού (πίνακας 6.6).

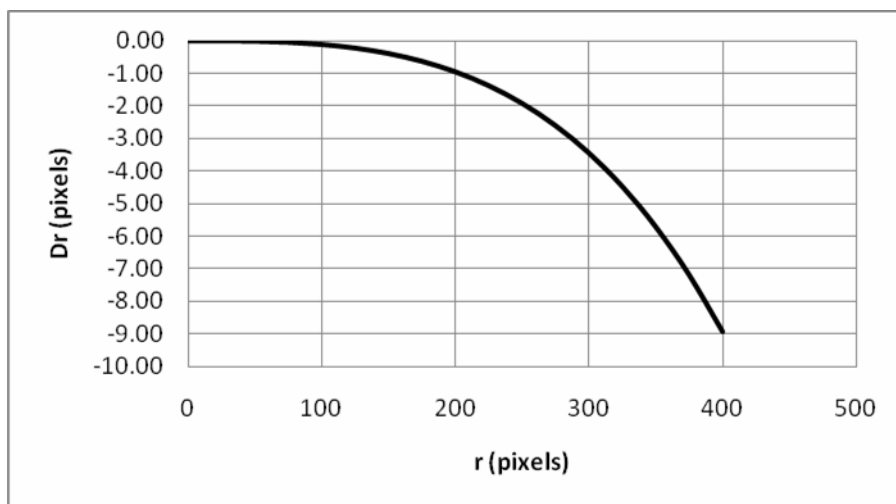
	xo	yo	c	K1	K2	P1	P2
pixels	315	194	1437	1.12609E-07	-1.70047E-13		
mm	1.764	1.087	8.048	0.003590845	-0.000172909	-0.00076	-0.00109

Πίνακας 6. 6: Αποτελέσματα βαθμονόμησης με τη χρήση του ειδικού φύλλου και του προγράμματος “PL Calib”

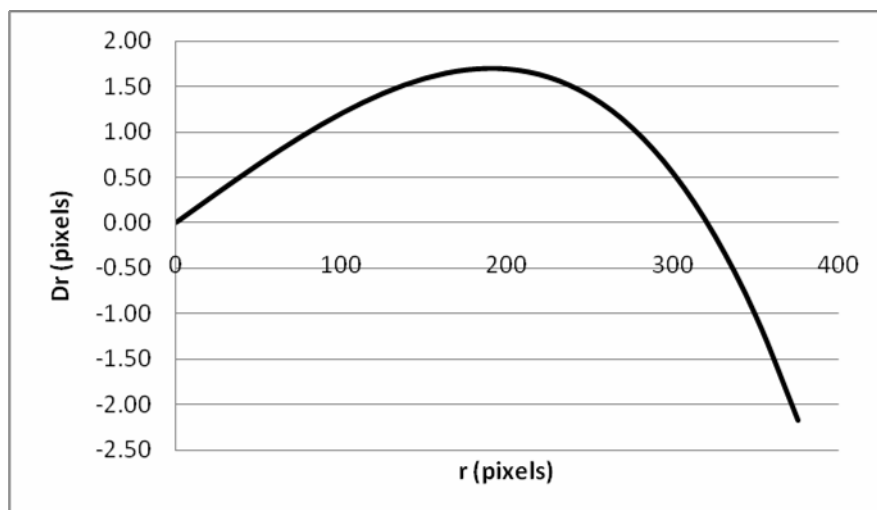
⁴⁴ Πρόκειται για ένα συμπληρωματικό πρόγραμμα που δίνεται μαζί με την αγορά του εικονογεωδαιτικού σταθμού. Αποτελεί ενότητα (module) του όλου προγράμματος της Topcon που συνοδεύει τον σταθμό.



Εικόνα 6. 9: Παραμόρφωση καννάβου εξαιτίας της ακτινικής διαστρόφης, όπως προκύπτει με τη χρήση του ειδικού φύλλου και του προγράμματος "PI Calib"



Διάγραμμα 6. 5: Καμπύλη ακτινικής διαστρόφης αριστερής λήψης για $c=1437$ pixels



Διάγραμμα 6. 6: Κανονικοποιημένη παράσταση ακτινικής διαστρόφης αριστερής λήψης για μηδενική διαστρόφη σε $r=320$ pixels και $c=1418$ pixels.

Το συγκεκριμένο πρόγραμμα βαθμονόμησης προσδιορίζει τα στοιχεία του εσωτερικού προσανατολισμού σε ενιαία συνόρθωση με δέσμες σε μονάδες mm. Η εύρεση των στοιχείων πραγματοποιείται ταχύτατα, καθώς δεν απαιτεί χρήση φωτοσταθερών και κατά συνέπεια, τη μέτρηση των γεωδαιτικών συντεταγμένων τους και τον αντίστοιχο προσδιορισμό των εικονοσυντεταγμένων τους. Αρκεί μόνο να επισημανθούν⁴⁵ οι στόχοι κάθε φωτογραφίας, που περικλείονται από τους ρόμβους και στην συνέχεια η διαδικασία αυτοματοποιείται. Το μειονέκτημα του προγράμματος είναι ότι εμφανίζει την παραμόρφωση του καννάβου της εικόνας (εικόνα 6.9) αλλά όχι και το διάγραμμα ακτινικής διαστροφής.

Συμπεράσματα Βαθμονόμησης

Οι τελικές τιμές των στοιχείων του εσωτερικού προσανατολισμού προκύπτουν ως ο γενικευμένος μέσος όρος των στοιχείων που έχουν υπολογισθεί με χρήση του πεδίου ελέγχου με γνωστά φωτοσταθερά αλλά και με τις διαφορετικές γωνίες λήψεων ως προς το κέντρο του πεδίου ελέγχου (πίνακας 6.10).

	X ₀ (pixels)	Y ₀ (pixels)	C (pixels)	X ₀ (mm)	Y ₀ (mm)	C (mm)
Κεντρική Λήψη	321±5	201±1	1440±1	1.799±0.028	1.126±0.006	8.067±0.006
Αριστερή Λήψη	286±13	180±18	1427±5	1.604±0.073	1.007±0.101	7.993±0.028
Δεξιά Λήψη	313±12	208±15	1429±6	1.753±0.067	1.165±0.084	8.002±0.034
Μέσος όρος	304±2	194±2	1430±1	1.702±0.011	1.086±0.011	8.008±0.006

Εικόνα 6. 10: Αποτελέσματα βαθμονόμησης, όπως προκύπτουν από τον μέσο όρο των παραπάνω τιμών

Η τυπική απόκλιση της μονάδας μέτρησης είναι 18 pixels για τον υπολογισμό του x₀, 15 pixels για τον υπολογισμό του y₀ και 7 pixels για τον υπολογισμό του c. Οι αποκλίσεις αυτές δικαιολογούνται εξαιτίας του έντονου αναγλύφου του πεδίου ελέγχου και των μεγάλων στροφών από τις ακραίες θέσεις στάσης του οργάνου.

Συμπεράσματα σχετικά με την ακτινική διαστροφή δεν μπορούμε να εξάγουμε με σιγουριά, καθώς οι τιμές που προκύπτουν είναι πολύ μικρές (<1pixel) συγκριτικά με τη μεγάλη αβεβαιότητα που υπάρχει στη διαδικασία της βαθμονόμησης. Δεν μπορούμε να διακρίνουμε αν οι τιμές που προκύπτουν οφείλονται σε αστάθεια της γεωμετρίας της μηχανής, σε παραμορφώσεις των φακών ή στο σφάλμα που υπεισέρχεται εξαιτίας της πολύ χαμηλής ανάλυσης των εικόνων. Για τον λόγο αυτό, θεωρούμε την ακτινική διαστροφή μηδέν και δεν τη λαμβάνουμε υπόψη στους υπολογισμούς και τις διαδικασίες που θα ακολουθήσουν.

6.2. Λογισμικό Image Master

Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για τη φωτογραμμετρική επεξεργασία των εικόνων που προέκυψαν από τον εικονογεωδαιτικό σταθμό είναι το "Image Master". Ανάμεσα στις δυνατότητες του προγράμματος είναι η παραγωγή ορθοφωτογραφιών, οι στερεοαποδόσεις, η σύνταξη DTM και η παραγωγή και επεξεργασία τρισδιάστατων μοντέλων⁴⁶.

Το πρόγραμμα προσδιορίζει τον εξωτερικό προσανατολισμό είτε σε ένα βήμα, με την διαδικασία της οπισθοτομίας, είτε σε δύο βήματα, μέσω του σχετικού και του απόλυτου προσανατολισμού. Η δεύτερη μέθοδος απαιτεί την αναγνώριση ομόλογων σημείων που χρησιμοποιούνται ως σημεία σύνδεσης των εικόνων (tie points) καθώς και τον εντοπισμό των φωτοσταθερών και την σήμανση των σημείων αυτών στις εικόνες. Αναφορικά με την επιλογή των σημείων σύνδεσης, το λογισμικό

⁴⁵ Δεν απαιτεί μεγάλη ακρίβεια, καθώς διαθέτει σύστημα αυτόματου εντοπισμού του κέντρου.

⁴⁶ Για να υπολογισθούν οι ακρίβειες που δίνει το πρόγραμμα αρκεί η εφαρμογή των τύπων μετάδοσης σφάλματος στη συνθήκη συγγραμμικότητας.

διαθέτει την δυνατότητα αυτόματου σχετικού προσανατολισμού, μέσω μιας λειτουργίας που ανιχνεύει ακμές και που καθιστά δυνατό τον αυτόματο εντοπισμό σημείων λεπτομερειών. Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται ειδικοί κυκλικοί στόχοι, υιοθετείται η αυτόματη λειτουργία κεντραρίσματος, όπου η μέτρηση πραγματοποιείται με ακρίβεια καλύτερη του pixel, επιτυγχάνοντας ορθές στοχεύσεις. Παρέχεται επίσης η δυνατότητα φωτοτριγωνισμού για περισσότερες από δύο εικόνες, με συνόρθωση με δέσμες.

Για να γίνουν στερεοαποδόσεις με φωτογραμμετρική παρατήρηση απαιτείται ειδικός εξοπλισμός, που θα αποτελείται από μια διάταξη ειδικής οθόνης υγρών κρυστάλλων 3D (3D screen), η οποία θα διαθέτει μ-πολικό φίλτρο, και ειδικά πολωτικά γυαλιά. Στην περίπτωση που δεν είναι δυνατή η στερεοσκοπική παρατήρηση, το λογισμικό διαθέτει μια συμπληρωματική λειτουργία στερεοαπόδοσης, με μονοεικονικές μετρήσεις σε σαφώς καθορισμένα σημεία του αντικειμένου. Η μέθοδος αυτή είναι πρακτικά εφαρμόσιμη μόνο για αντικείμενα απλής γεωμετρίας, με σαφείς ακμές.

Τέλος, το λογισμικό αυτό επιτρέπει την εξαγωγή ψηφιακού μοντέλου (DSM) χρησιμοποιώντας διαστήματα της επιλογής του χρήστη, με αυτόματες διαδικασίες όπου παράγεται δίκτυο ακανόνιστων τριγώνων (TIN-Triangulated Irregular Network). Ψηφιακό μοντέλο μπορεί να εισαχθεί και εξωτερικά, από αρχείο, στην περίπτωση που έχει δημιουργηθεί με άλλη διαδικασία. Χρησιμοποιώντας τα DSM, μπορούν να παραχθούν γραμμές περιγράμματος, διατομές, ορθοφωτογραφίες, να υπολογισθούν εμβαδά διατομών και όγκοι και να πραγματοποιηθούν μετρήσεις στον χώρο. Επίσης, μπορούν να δημιουργηθούν τρισδιάστατα φωτορεαλιστικά μοντέλα, δηλαδή τρισδιάστατες ψηφιακές αποδόσεις των οποίων τα στοιχεία έχουν αντιστοιχιστεί φωτορεαλιστικά πρότυπα επιπέδων και καμπύλων επιφανειών.

6.2.1. Περιβάλλον εργασίας του Image Master

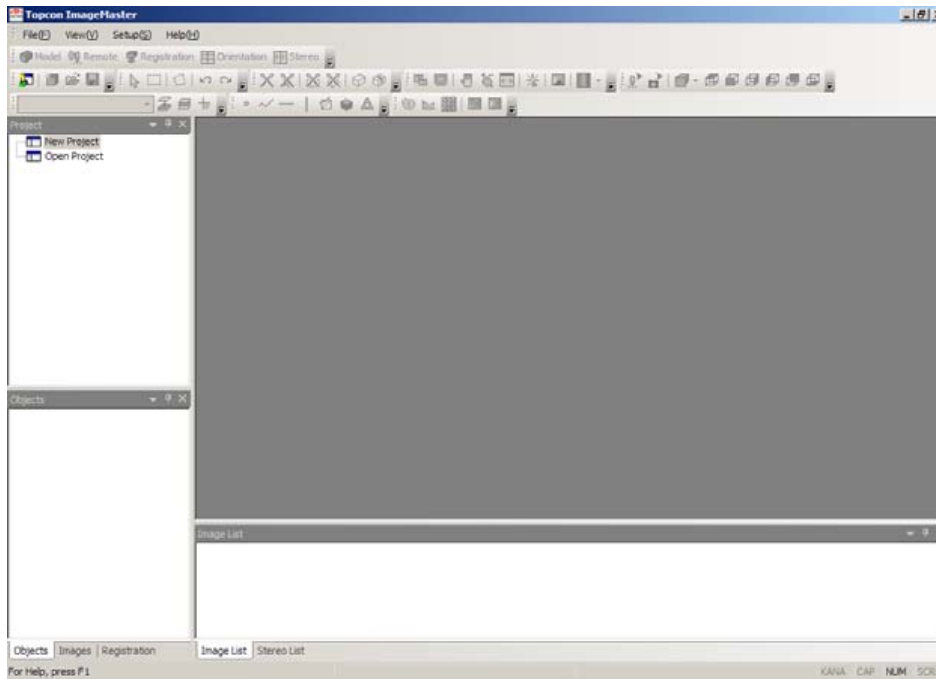
Το λογισμικό Image Master διαθέτει έξι οθόνες χειρισμού και πέντε τρόπους λειτουργίας (mode). Όταν εργαζόμαστε με το λογισμικό αυτό, επιλέγουμε αρχικά, από τη λειτουργία εργασίας (work mode), τον τρόπο και τις παραμέτρους που είναι κατάλληλες σύμφωνα με τις προδιαγραφές που απαιτεί το έργο. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι βασικές λειτουργίες του προγράμματος.

- ✓ Αρχική οθόνη
- ✓ Διαχείριση μοντέλου (Model Mode)
- ✓ Λειτουργία τηλεχειρισμού (Remote Mode)
- ✓ Λειτουργία συνένωσης (Registration Mode)
- ✓ Προσανατολισμός (Orientation Mode)
- ✓ Στερεοσκοπική απόδοση (Stereo Mode)

Οι επιλογές (menus) και τα κουμπιά εργαλείων που είναι διαθέσιμα για χρήση εξαρτώνται από την επιλεγμένη κάθε φορά λειτουργία εργασίας.

Αρχική οθόνη

Αυτή η οθόνη (εικόνα 6.11) ανοίγει πρώτη όταν ο χρήστης ξεκινάει να εργάζεται με το λογισμικό αυτό. Εμφανίζεται επίσης όταν όλες οι άλλες οθόνες προγράμματος είναι κλειστές. Χρησιμοποιείται από για τη δημιουργία μιας νέας εργασίας (project) ή για το άνοιγμα μιας υπάρχουσας. Επίσης χρησιμοποιείται για να διαμορφώσει τις βασικές ρυθμίσεις του περιβάλλοντος εργασίας.



Εικόνα 6. 11: Οθόνη υποδοχής του προγράμματος “Image Master”

Διαχείριση μοντέλου

Η λειτουργία διαχείρισης μοντέλου δημιουργεί και διαμορφώνει το περιβάλλον της απεικόνισης των τελικών προϊόντων (εικόνα 6.12). Στο περιβάλλον αυτό παρουσιάζονται οι λεπτομέρειες των ειδικών ρυθμίσεων της εργασίας και οι μετρημένες πληροφορίες, επιτρέποντας στον χρήστη την διαμόρφωση και επεξεργασία τους, την εκτέλεση υπολογισμών και την διαχείριση και τροποποίηση των μετρημένων στοιχείων. Η λειτουργία αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την τρισδιάστατη προβολή των δεδομένων και των γραμμικών στοιχείων που θα δημιουργηθούν καθώς και των μοντέλων TIN, στο αντίστοιχο παράθυρο «προβολής στοιχείων». Επιπλέον, χρησιμεύει για την ελεύθερη περιστροφή τους, ώστε να είναι δυνατή η παρατήρησή τους από διάφορες γωνίες προβολής, με την βοήθεια του ποντικιού, και την παρουσίαση των τρισδιάστατων μοντέλων ή/και την διαχείρισή τους από διαφορετικές θέσεις θέασης. Μπορεί επίσης να εμφανίζει στο αντίστοιχο περιβάλλον τα μοντέλα σε δισδιάστατη απεικόνιση, ώστε να επιτρέπεται ο εύκολος έλεγχος των μετρημένων σημείων τους. Το περιβάλλον της συγκεκριμένης λειτουργίας αποτελείται από τις παρακάτω πέντε ενότητες (sections).

Δέντρο εργασιών (πάνω αριστερά):

Το δέντρο εργασιών εμφανίζει την λίστα με τα μοντέλα που περιέχονται στην εργασία. Ένα μοντέλο αποτελεί ένα σύνολο στοιχείων μετρημένων στο ίδιο σύστημα αναφοράς. Επιπλέον, το δέντρο εργασιών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία καινούριου μοντέλου και για την επιλογή, προσθήκη, αφαίρεση ή αντιγραφή του .

Δέντρο Αντικειμένων (κάτω αριστερά)

Το δέντρο αντικειμένων εμφανίζει τη λίστα των δεδομένων που περιέχονται στην εργασία, μαζί με άλλα στοιχεία παρουσίασής τους. Ο χρήστης μπορεί να εμφανίσει ή να αποκρύψει πληροφορίες, όπως είναι οι συντεταγμένες σημείων, τα πλέγματα, οι ρυθμίσεις της κάμερας και του γεωδαιτικού σταθμού, η πανοραμική εικόνα κ.α. Μπορεί επίσης να ελέγξει και να τροποποιήσει στοιχεία που σχετίζονται με το είδος των δεδομένων (σημεία, γραμμικά σύμβολα, σύννεφο σημείων), την ποσότητά τους, τα θεματικά επίπεδα (layers) στα οποία ανήκουν και τις θέσεις των στάσεων λήψεων δεδομένων από εικονογεωδαιτικούς σταθμούς

Δέντρο Εικόνων (κάτω αριστερά)

Το δέντρο εικόνων παρουσιάζει μια διάταξη των φωτογραφικών μηχανών και των αρχικών

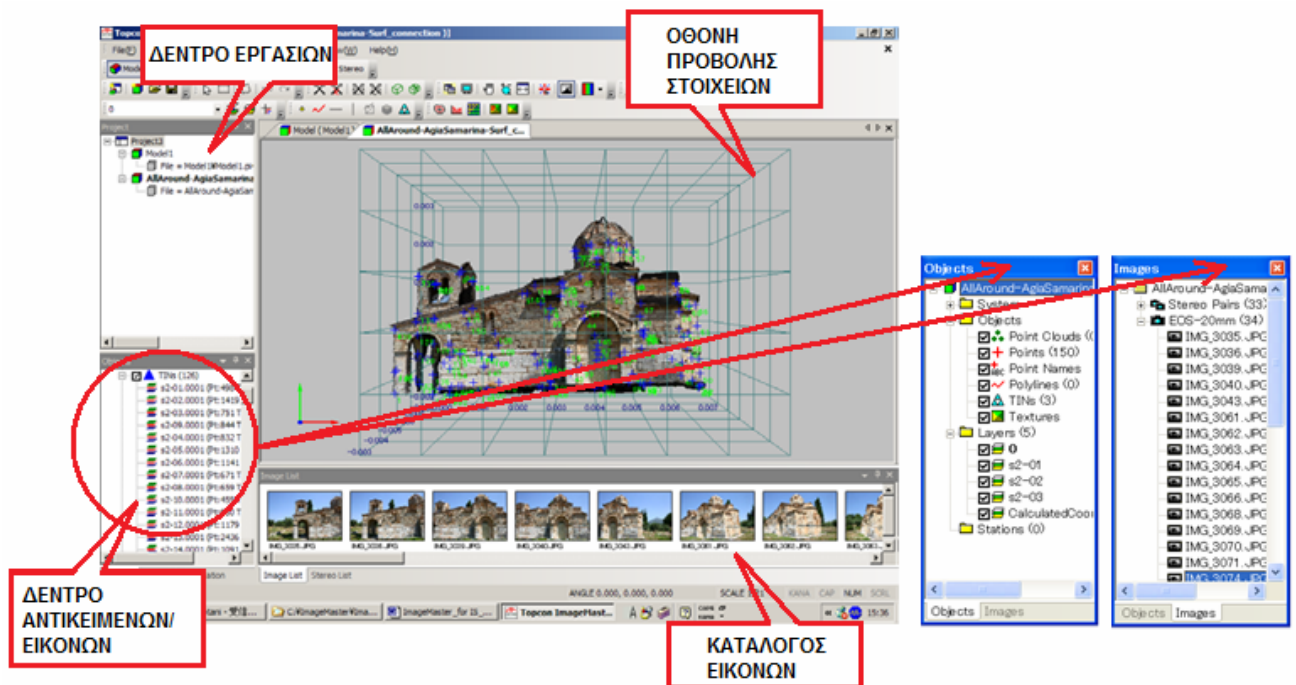
θέσεων εγγραφής. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν ο χρήστης επιθυμεί να εργαστεί με μια συγκεκριμένη φωτογραφική μηχανή, μια εικόνα, ή ένα στερεοσκοπικό ζευγάρι. Οι καρτέλες κάτω από το δέντρο επιλέγονται για την εναλλαγή των πληροφοριών αντικειμένων και εικόνων.

Κατάλογος εικόνων

Ο κατάλογος των εικόνων απαριθμεί και παρουσιάζει τις φωτογραφίες που είναι καταχωρημένες στην συγκεκριμένα εργασία (project). Με την επιλογή μιας εικόνας, εκείνη εμφανίζεται στην γενική οθόνη. Για την εμφάνιση ζεύγους εικόνων, απαιτείται η επιλογή του από το δέντρο εικόνων. Η σειρά των φωτογραφιών όπως παρουσιάζεται στον κατάλογο μπορεί να ρυθμιστεί ελεύθερα, εκ νέου.

Οθόνη προβολής στοιχείων

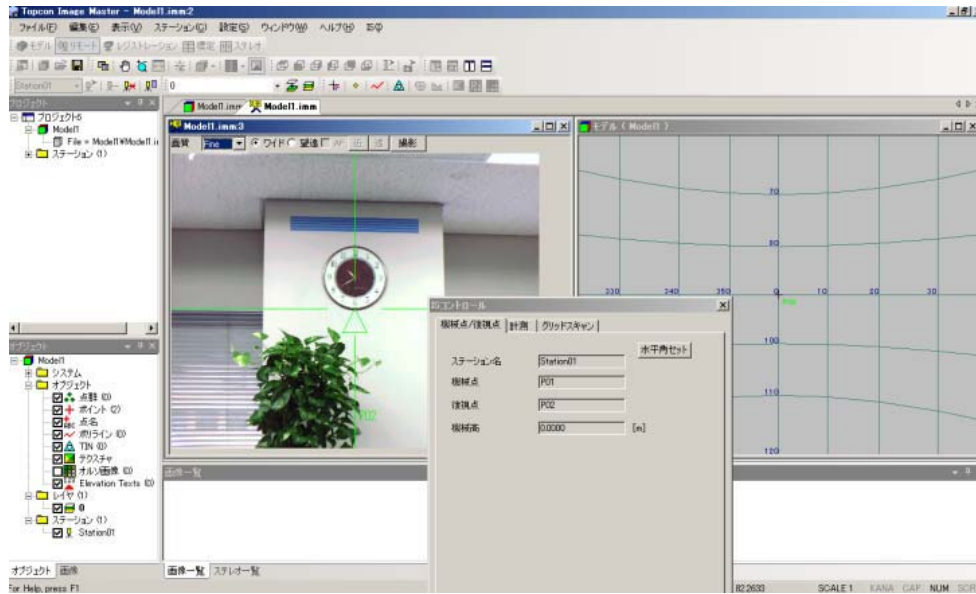
Η οθόνη προβολής εμφανίζει τα τρισδιάστατα στοιχεία μέσα σε ένα πλέγμα αναφοράς. Τα στοιχεία αυτά μπορούν να περιστραφούν χρησιμοποιώντας το ποντίκι, και η μορφή και η διαμόρφωσή τους αντιμετωπίζεται σε οποιαδήποτε γωνία θέασης. Η οθόνη αυτή χρησιμοποιείται όταν απαιτείται η εκτέλεση πολλαπλών επεξεργασιών των τρισδιάστατων δεδομένων.



Εικόνα 6. 12: Οθόνη μοντέλου (model screen) του λογισμικού “Image Master”

Λειτουργία τηλεχειρισμού

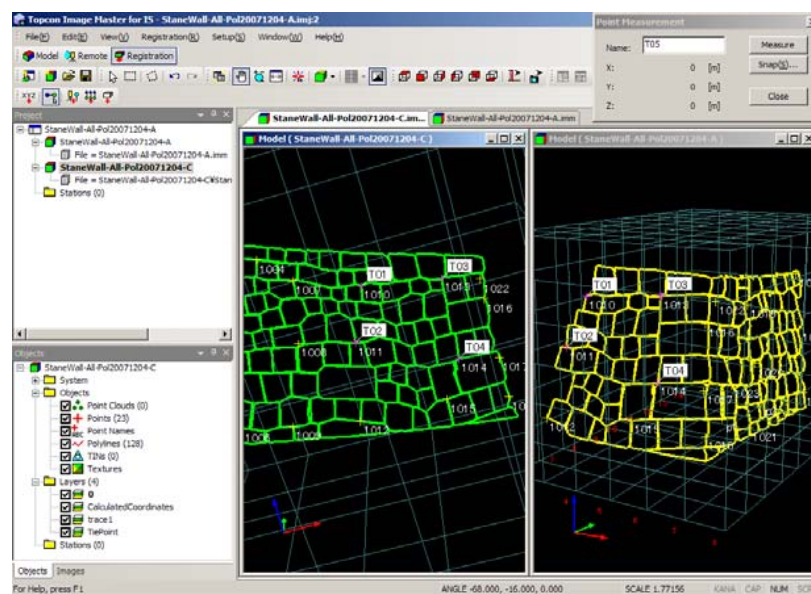
Η λειτουργία τηλεχειρισμού (εικόνα 6.13) χρησιμοποιείται για την διαχείριση των εργασιών σε εικονογεωδαιτικούς σταθμούς που διαθέτουν την δυνατότητα ασύρματης σύνδεσης με το συγκεκριμένο λογισμικό. Η λειτουργία αυτή επιτρέπει την εναλλαγή από το περιβάλλον διαχείρισης μοντέλου στην οθόνη συνένωσης και αντίστροφα, με το πάτημα ενός κουμπιού. Είναι ουσιαστικά ένα παράθυρο παρατήρησης της εικόνας που λαμβάνεται από τις κάμερες του σταθμού (εικόνα τηλεσκοπίου και ευρύτερης περιοχής) και αποτελεί ένα πλαίσιο ελέγχου των ενεργειών της αποτύπωσης (επιλογή κάμερας, ποιότητας εγγραφής, εστίαση, επιλογή εικόνας καταγραφής).



Εικόνα 6. 13: Οθόνη τηλεχειρισμού (remote screen) του προγράμματος “Image Master”

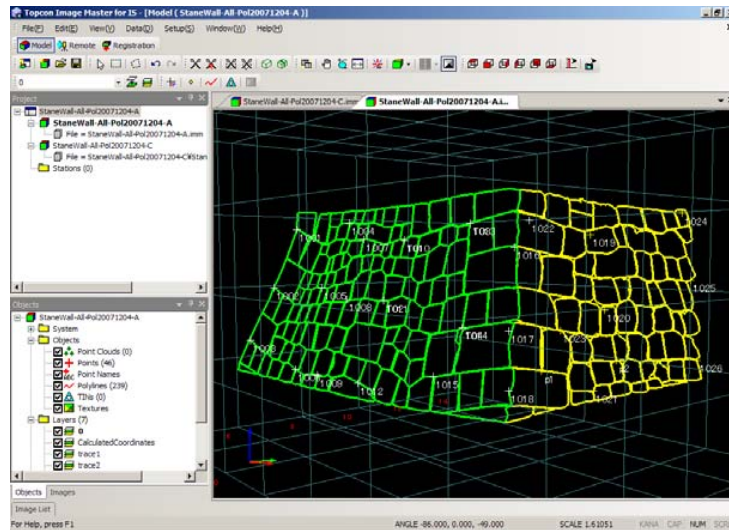
Λειτουργία Συνένωσης

Χρησιμοποιείται όταν ο χρήστης επιθυμεί να ενώσει στοιχεία διαφορετικών μοντέλων που καταχωρούνται στην εργασία (project). Η λειτουργία συνένωσης προσδιορίζει τους συντελεστές μετασχηματισμού μεταξύ των δύο συστημάτων. Μεταξύ των μεθόδων που εφαρμόζει είναι η μέθοδος σημείου και η μέθοδος δεσμών.



Εικόνα 6. 14: Οθόνη εγγραφής (registration screen) του προγράμματος “Image Master” (πριν τη συνένωση των μοντέλων)

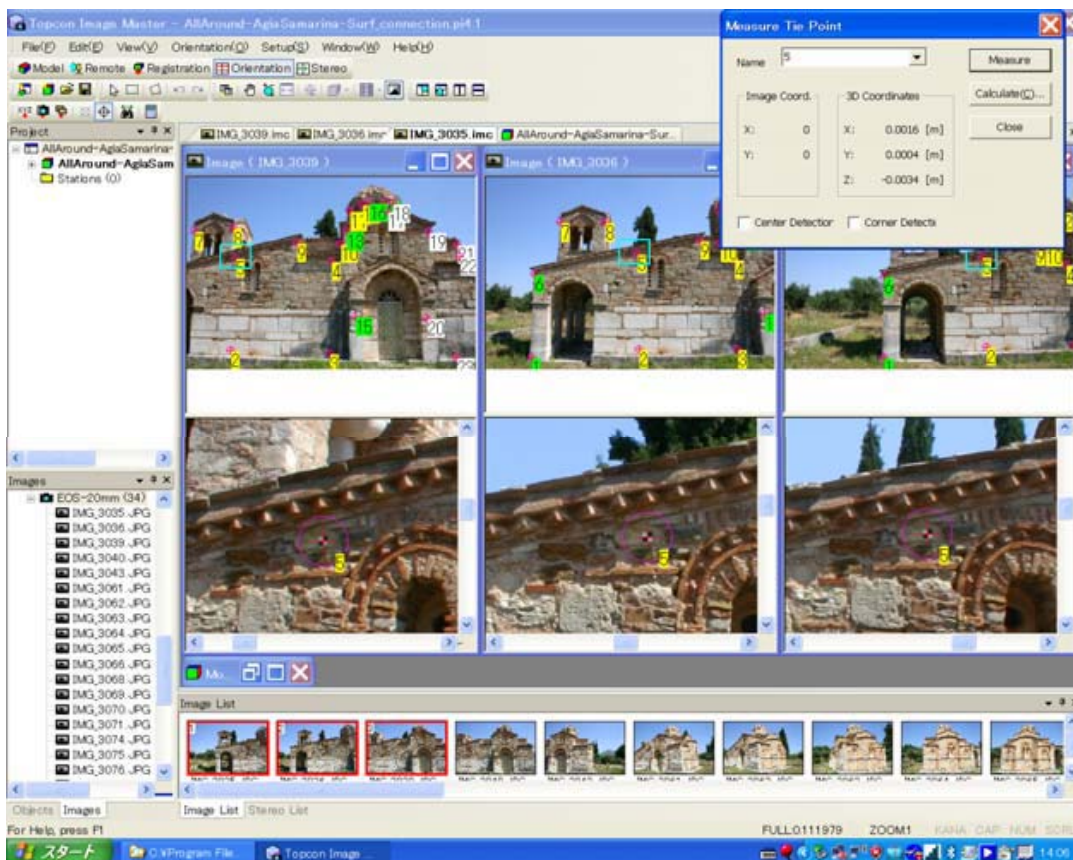
Όταν πραγματοποιηθεί ο εντοπισμός και η στόχευση ομόλογων σημείων (κατ’ ελάχιστον τρία) των μοντέλων (εικόνα 6.14), ακολουθεί ο προσδιορισμός των στοιχείων του μετασχηματισμού και η ένωση των μοντέλων (εικόνα 6.15). Συγκεκριμένα, οι δέσμες ακτίνων στον χώρο, που ορίζουν τα μοντέλα, μετατοπίζονται και στρέφονται έως ότου οι ομόλογες ακτίνες να τέμνονται κατά το δυνατόν καλύτερα στα σημεία σύνδεσης ή/και να ταυτίζονται κατά το δυνατόν καλύτερα τα φωτοσταθερά.



Εικόνα 6. 15: Οθόνη εγγραφής (registration screen) του προγράμματος “Image Master” (μετά τη συνένωση των μοντέλων)

Προσανατολισμός

Στο συγκεκριμένο παράθυρο (εικόνα 6.16) ενεργειών πραγματοποιούνται οι προσανατολισμοί των εικόνων. Στο περιβάλλον της λειτουργίας του προσανατολισμού εμφανίζονται οι φωτογραφίες πάνω στις οποίες θα καθοριστούν τα σημεία σύνδεσης και τα φωτοσταθερά σημεία. Για κάθε εικόνα ανοίγεται ένα επιπλέον παράθυρο που παρουσιάζει τμήμα αυτής μεγεθυμένο, για ευκολότερο εντοπισμό των σημείων και μετά την επιλογή τους επισημαίνονται στις εικόνες και υπολογίζονται οι συντεταγμένες τους και τα στοιχεία του εξωτερικού προσανατολισμού.



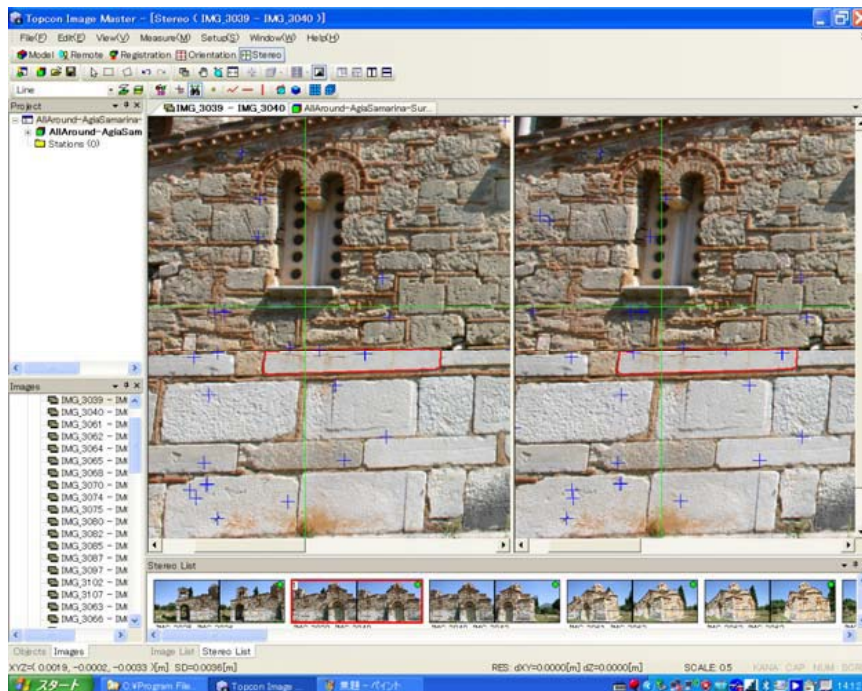
Εικόνα 6. 16: Οθόνη προσανατολισμού (orientation screen) του προγράμματος “Image Master”

Οθόνη στερεοσκοπικής παρατήρησης

Ο χρήστης μεταβαίνει στην οθόνη αυτή έχοντας πρώτα επιλύσει τους προσανατολισμούς και την χρησιμοποιεί για τη στερεοσκοπική μέτρηση των στοιχείων των εικόνων. Τα ζεύγη των φωτογραφιών μπορούν να παρατηρηθούν στερεοσκοπικά μέσω ειδικού φίλτρου προσαρμοσμένου στην οθόνη του υπολογιστή και με την χρήση πολωτικών γυαλιών. Επιπλέον, είναι δυνατόν να γίνει τρισδιάστατη μέτρηση και χάραξη σημείων με την διευκρίνιση των θέσεων τους στην στερεοσκοπική εικόνα. Η εργασία που απαιτείται μπορεί να πραγματοποιηθεί στο περιβάλλον της στερεοσκοπικής απόδοσης ή/και με την χρήση μιας βοηθητικής διάταξης (λειτουργία παρατήρησης αριστερής και δεξιάς εικόνας- L-R display mode), που χρησιμοποιείται συμπληρωματικά και δεν προϋποθέτει την στερεοσκοπική παρατήρηση.

Τρόπος παρατήρησης L-R

Η δεξιά και αριστερή εικόνα του στερεοσκοπικού μοντέλου εμφανίζονται δίπλα-δίπλα⁴⁷ (εικόνα 6.17). Για να πραγματοποιηθούν μετρήσεις θα πρέπει ο χρήστης να εντοπίσει τα ζητούμενα σημεία στην αριστερή εικόνα και τα ομόλογα τους στην δεξιά, χαράσσοντας με αυτό τον τρόπο σαφή περιγράμματα, εφ' όσον οι ακμές των στοιχείων είναι σαφείς και τα αντικείμενα δεν έχουν έντονο ανάγλυφο. Συγκεκριμένα εμφανίζεται ένα σταυρόνημα στις δύο φωτογραφίες και διατηρώντας ο χρήστης την θέση του σταυρονήματος σταθερή στην αριστερή φωτογραφία μετακινεί το αντίστοιχο του στην δεξιά κατά τον άξονα των x ώστε η στόχευση να αναφέρεται σε ομόλογα σημεία.



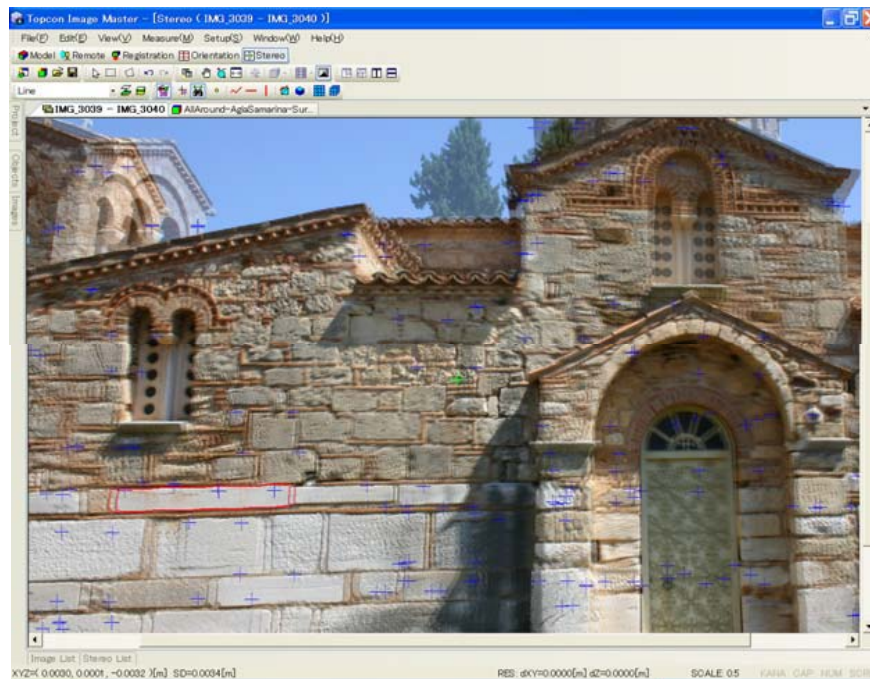
Εικόνα 6. 17: Οθόνη μονοεικονικών παρατηρήσεων ομόλογων σημείων του προγράμματος “Image Master” (

Στερεοσκοπική παρατήρηση

Η απόδοση των στοιχείων του αντικειμένου (χαρακτηριστικών σημείων) μπορεί να γίνει στερεοσκοπικά χρησιμοποιώντας ειδικά γυαλιά πόλωσης και οθόνη 3D με προσαρμοσμένο ειδικό φίλτρο (εικόνα 6.18). Η στερεοσκοπική παρατήρηση βοηθάει στις περιπτώσεις που πρέπει να αποδοθούν αντικείμενα με έντονο ανάγλυφο και περίπλοκες μορφές. Ειδικά, στις περιπτώσεις μέτρησης σημείων που βρίσκονται σε κυρτές και κοίλες επιφάνειες, η στερεοσκοπική μέτρηση

⁴⁷ Ουσιαστικά, πρόκειται για τις επιπολικές εικόνες που έχουν δημιουργηθεί μετά τον σχετικό προσανατολισμό. Από τους προσανατολισμούς έχει εξαλειφθεί η παράλλαξη και οι εικόνες είναι προσανατολισμένες ώστε τα ομόλογα σημεία να βρίσκονται στην ίδια οριζόντια διεύθυνση.

είναι απαραίτητη. Η στόχευση των επιθυμητών σημείων πραγματοποιείται με την βοήθεια ενός δείκτη που μπορεί να μετακινηθεί τόσο στο επίπεδο προβολής όσο και στην τρίτη διάσταση.



Εικόνα 6. 18: Οθόνη στερεοσκοπικής παρατήρησης (stereo screen) του προγράμματος “Image Master” (επιλογή στόχευσης με στερεοσκοπική παρατήρηση)

6.2.2. Μονοεικονικές αποδόσεις με χρήση του εικονογεωδαιτικού σταθμού

Η μονοεικονική φωτογραμμετρία ασχολείται με την εξαγωγή μετρητικής πληροφορίας με χρήση μίας μόνο εικόνας. Για να είναι μια εικόνα άμεσα μετρήσιμη θα πρέπει να έχει αναχθεί, δηλαδή να έχει υποστεί την διαδικασία κατά την οποία τα σημεία που βρίσκονται στην κεκλιμένη φωτογραφία (ως προς το προς αποτύπωση αντικείμενο) προβάλλονται με την βοήθεια της κεντρικής προβολής σε ένα άλλο επίπεδο, που είναι το επίπεδο της ανηγμένης εικόνας (Πατιάς, 1991). Η μέθοδος αυτή συνιστάται για περιπτώσεις απόδοσης στοιχείων που βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο. Σε αντίθετη περίπτωση απαιτείται επεξεργασία ώστε να προκύψει μια γεωμετρικά ορθή εικόνα, η ορθοφωτογραφία.

Για την παραγωγή μιας ανοιγμένης εικόνας απαιτείται η γνώση των συντεταγμένων τουλάχιστον τεσσάρων φωτοσταθερών σημείων πάνω στην προς αποτύπωση επιφάνεια και η μέτρηση των εικονοσυντεταγμένων τους. Εναλλακτικά, στην περίπτωση που δεν πρέπει ή δεν μπορεί να γίνει σήμανση του αντικειμένου με φωτοσταθερά σημεία, υλοποιείται η μέτρηση κάποιων χαρακτηριστικών κάθετων και οριζόντιων μηκών που θα χρησιμοποιηθούν κατά την επεξεργασία των εικόνων.

Ο εικονογεωδαιτικός σταθμός παρέχει τη δυνατότητα άντλησης ολόκληρης της απαιτούμενης πληροφορίας, χωρίς τη χρήση επιπρόσθετου εξοπλισμού. Καθώς ο σταθμός καταγράφει την εικόνα της στόχευσης, για διευκόλυνση των μετρήσεων προτείνεται η χρήση φυσικών φωτοσταθερών σημείων (σημεία ευκόλως αναγνωρίσιμα στις φωτογραφίες). Επιπλέον, γνωρίζοντας τα στοιχεία της θέσης λήψης της εικόνας που καταγράφονται μαζί με την εισημμένη φωτογραφία και των στοιχείων του εσωτερικού προσανατολισμού της εξωτερικής κάμερας από τη βαθμονόμησή της μηχανής, είναι δυνατόν να εφαρμοστεί ο προβολικός μετασχηματισμός στην εικόνα χωρίς καθόλου τη χρήση φωτοσταθερών ή συνθηκών καθετότητας ευθειών πάνω στο αντικείμενο.

Ο εικονογεωδαιτικός σταθμός έχει μια επιπλέον αξιοσημείωτη δυνατότητα, την λήψη απευθείας ανηγμένων φωτογραφιών⁴⁸. Η δυνατότητα αυτή παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς συνεπάγεται την παραγωγή άμεσα εκμεταλλεύσιμης πληροφορίας. Οι λήψεις μπορούν να πραγματοποιηθούν με δύο τρόπους. Ο πρώτος προϋποθέτει την γνώση της οριζόντιας γωνίας που σχηματίζεται μεταξύ της διεύθυνσης μηδενισμού του οριζόντιου δίσκου του οργάνου, από την επιλεγθείσα στάση, και της ευθείας που διέρχεται από το όργανο και συναντάει κάθετα το επίπεδο του αντικειμένου που θα αποδοθεί. Η πληροφορία της γωνίας μπορεί να προκύψει από προηγούμενες μετρήσεις και υπολογισμούς ή από προϋπάρχοντα σχέδια. Στην συνέχεια, στρέφοντας οριζόντια τον σκοπευτικό άξονα του οργάνου και κατά συνέπεια τον άξονα λήψης της εξωτερικής του κάμερας, κατά την γωνία αυτή και κατακόρυφα κατά 100° , τοποθετώντας τον με αυτό τον τρόπο κάθετα στο αντικείμενο, η φωτογραφία η οποία θα ληφθεί θα αποτελεί την ορθή προβολή του. Ο δεύτερος τρόπος λήψης ανηγμένης εικόνας είναι πιο απλός και γρήγορος και δεν απαιτεί καμία προεργασία. Με την λειτουργία «tracking» που διαθέτει ο σταθμός, και σκοπεύοντας σε ένα σημείο, εντοπίζεται η κοντινότερη απόσταση μεταξύ του κέντρου του σταθμού και της ευρύτερης επιφάνειας που περιέχει το σημείο αυτό. Η ελάχιστη απόσταση σημείου προς επιφάνεια είναι εκείνη που σχηματίζεται κατά την διεύθυνση που τέμνει κάθετα το επίπεδο. Προσανατολίζοντας επομένως τον κύριο άξονα του τηλεσκοπίου σε γωνία 100° , και στοχεύοντας στο επίπεδο του αντικειμένου, ο γεωδαιτικός σταθμός μετά τον εντοπισμό της κοντινότερης απόστασης, καταγράφει μέτρηση και λαμβάνει φωτογραφία η οποία είναι προσανατολισμένη παράλληλα ως προς το προς αποτύπωση επίπεδο.

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης του εικονογεωδαιτικού σταθμού, ως προς εργασίες λήψης και αναγωγής είναι η μείωση του απαιτούμενου χρόνου επεξεργασίας των δεδομένων καθώς και το γεγονός ότι η εφαρμογή του δεν προϋποθέτει την επαφή του τοπογραφικού συνεργείου με το αντικείμενο μελέτης, γεγονός ιδιαίτερα σημαντικό στις περιπτώσεις αδύνατης ή μη επιθυμητής πρόσβασης. Τέλος, η δημιουργία φωτομωσαϊκών (συλλογή επικαλυπτόμενων φωτογραφιών) γίνεται μια υπόθεση εύκολη και γρήγορη.

⁴⁸ Η διερεύνηση την δυνατότητας λήψης του σταθμού απευθείας ανηγμένης εικόνας και οι ανοχές της μεθόδου πραγματοποιούνται στην διπλωματική εργασία της Μπαράκου Αγγελικής «Μονοεικονική Αξιοποίηση των Ψηφιακών Απεικονίσεων Εικονογεωδαιτικού Σταθμού TOPCON GPT-7003i»

7. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΕΡΕΟΣΚΟΠΙΚΩΝ ΑΠΟΔΟΣΕΩΝ

Στην ενότητα αυτή αναλύονται όλες οι ενέργειες που απαιτούνται για την παραγωγή των τελικών προϊόντων στερεοσκοπικής απόδοσης.

7.1. Προγραμματισμός Λήψεων

Με τον όρο προγραμματισμό εννοούμε το σύνολο των αποφάσεων που αποβλέπουν στον προσδιορισμό των βέλτιστων λήψεων οι οποίες θα εξυπηρετούν τον σκοπό της αποτύπωσης και θα πληρούν τις προδιαγραφές της. Η μελέτη του αντικειμένου (το σχήμα, το ύψος, ο διαχωρισμός τμημάτων που αποτελούν χωριστές ενότητες και το ανάγλυφο) και η τοπογραφία της γύρω περιοχής (μορφολογία περιβάλλοντος χώρου, θέσεις και απόσταση φωτογράφισης) είναι τα βασικά ζητήματα που θα πρέπει να εξεταστούν. Ο διαθέσιμος εξοπλισμός, το κόστος, ο σκοπός της απόδοσης, το είδος των λήψεων και η ακρίβεια του τελικού σχεδίου αποτελούν τις προδιαγραφές και επηρεάζουν τις αποφάσεις που τελικώς θα ληφθούν. Όλοι οι παραπάνω παράγοντες είναι αλληλένδετοι και αλληλοεπηρεαζόμενοι.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, το όργανο που θα χρησιμοποιηθεί είναι ο εικονογεωδαιτικός σταθμός GPT 7003i της Topcon. Γνωρίζοντας το άνοιγμα του εξωτερικού φακού⁴⁹ υπολογίζονται οι διαστάσεις του αντικειμένου που καταγράφονται στη ψηφιακή εικόνα για κάθε απόσταση λήψης (πίνακας 7.1). Εξαιτίας του περιορισμένου ελεύθερου χώρου γύρω από το αντικείμενο και της επιθυμητής επιφάνειας καταγραφής, επιλέγεται τελικώς η απόσταση λήψης να είναι περίπου τα 5m.

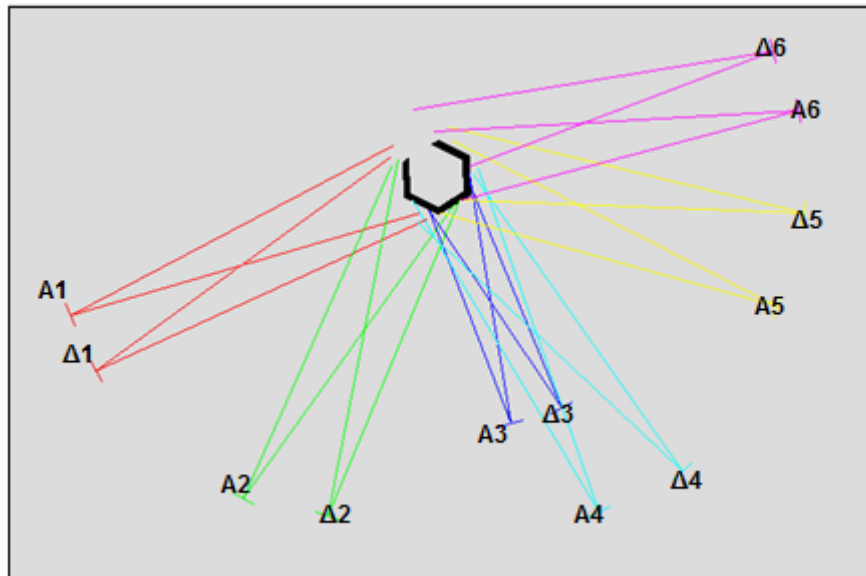
<i>Απόσταση Λήψης</i>	<i>Διαστάσεις καταγεγραμμένης επιφάνειας</i>
3.5	1.81x1.36
4	2.07x1.55
4.5	2.33x1.75
5	2.59x1.95
5.5	2.85x2.14

Πίνακας 7. 1: Διαστάσεις κάδρου ανάλογα με την απόσταση λήψης

Λόγω του έντονου αναγλύφου του αντικειμένου, είναι απαραίτητη η στερεοσκοπική κάλυψη του. Για την εκλογή της βέλτιστης θέσης και βάσης λήψης κάθε ζευγαριού φωτογραφιών σημαντικό ρόλο έχει η απαιτούμενη ακρίβεια, η ορατότητα όλων των αναγκαίων λεπτομερειών του αντικειμένου, σε συνάρτηση με τον περιβάλλοντα χώρο και τα διάφορα εμπόδια. Λαμβάνοντας υπόψη τον εμπειρικό κανόνα του λόγου βάσης/απόσταση = 1:5, ο οποίος όπως έχει πειραματικά αποδειχθεί προσεγγίζει τον βέλτιστο λόγο για τη φωτογράφιση αντικειμένων με έντονο ανάγλυφο, καταλήγουμε σε βάσεις περίπου ενός μέτρου. Ο λόγος αυτός επηρεάζει την οικονομία της λήψης, καθώς απαιτεί τουλάχιστον πέντε ζευγάρια φωτογραφιών για την κάλυψη όλου του άμβωνα και επηρεάζεται από τη γεωμετρία της λήψης και την απαιτούμενη επικάλυψη των στερεομοντέλων.

Για την συγκεκριμένη εργασία αποτύπωσης, ακολουθήθηκε ο κλασικός προγραμματισμός στερεοσκοπικών λήψεων όπου στην θέση όμως της συμβατικής φωτομηχανής υπήρχε ο εικονογεωδαιτικός σταθμός. Η μέθοδος που επιλέχθηκε ήταν η λήψη ανεξάρτητων στερεοζευγών (εικόνα 7.1).

⁴⁹ Δεν γνωρίζουμε το μέγεθος του αισθητήρα, αλλά με βάση το άνοιγμα του φακού, το Format της μηχανής και την απόσταση λήψης είναι δυνατός ο υπολογισμός των διαστάσεων του κάδρου



Εικόνα 7. 1: Θέσεις λήψης των εικόνων και τις σχηματιζόμενες βάσεις των στερεοζευγών

Θα μπορούσε, εναλλακτικά, να επιλεγθεί η λήψη περισσότερων εικόνων από ποικίλες θέσεις και προσανατολισμούς για την αξιοποίηση των δυνατοτήτων και των διευκολύνσεων του εικονογεωδαιτικού σταθμού και του λογισμικού σχετικά με την πραγματοποίηση ενιαίας συνόρθωσης φωτοτριγωνισμού με δέσμες και τη τρισδιάστατη απόδοση για τη δημιουργία στερεού μοντέλου του αντικειμένου. Αυτό βέβαια θα σήμαινε το στήσιμο του οργάνου σε πολλές θέσεις, γεγονός που θα δυσχέραινε τις εργασίες πεδίου και θα αύξανε κατά πολύ τον χρόνο εργασιών.

Ακολουθώντας την κλασική μέθοδο προγραμματισμού λήψεων, αποφασίστηκε να ληφθούν έξι ζεύγη εικόνων για την κάλυψη ολόκληρου του αντικειμένου, με σημαντικές επικαλύψεις μεταξύ τους. Ο λόγος κλίμακας απόδοσης προς την κλίμακα φωτογραφίας (S/s) είναι περίπου 1:12 μικρότερος δηλαδή από τον λόγο 1:8, που θεωρείται εμπειρικά ως ιδανικός. Αν επιθυμούσαμε να προσεγγίσουμε τον λόγο αυτό, θα έπρεπε να ληφθούν δύο λωρίδες εικόνων, για την κάλυψη ολόκληρου του αντικειμένου καθ' ύψος. Για να περιορισθούν οι αναγκαίες εικόνες απομακρυνθήκαμε, τελικώς, στα 5m. Το γεγονός αυτό, εν γνώσει μας, δημιουργεί προβλήματα στην επίτευξη ακριβείας 1:50 στο τελικό προϊόν, δεν επηρεάζει όμως την όλη διαδικασία, καθώς η όλη εφαρμογή έχει πειραματικό ερευνητικό ενδιαφέρον.

2.2.1. Λήψεις και Προεργασία Δεδομένων

Αρχική διαδικασία κατά το στάδιο αυτό είναι ο καθορισμός των φωτοσταθερών που θα χρησιμοποιηθούν και η μέτρηση των στοιχείων τους, για τον υπολογισμό των συντεταγμένων τους. Η θέση του άμβωνα ευνοεί στο να επιλεγούν στάσεις του υπάρχοντος δικτύου που είχε οριστεί για τη γεωμετρική τεκμηρίωση του ναού και να μη δημιουργηθούν επιπρόσθετες, όπου θα απαιτούσαν επιπλέον μετρήσεις. Η δυνατότητα του εικονογεωδαιτικού σταθμού να καταγράφει την εικόνα της στόχευσης και της ευρύτερης περιοχής του αντικειμένου, υποβοηθά στο να μην χρησιμοποιηθούν ειδικοί στόχοι τοποθετημένοι στο αντικείμενο μελέτης αλλά να θεωρηθούν ως φυσικά φωτοσταθερά, ευδιάκριτα σημεία του άμβωνα, καταναμεμένα σε όλη την επιφάνειά του.

Για την κάλυψη ολόκληρης της επιφάνειας του άμβωνα έγινε λήψη έξι ζευγαριών φωτογραφιών. Κατά τη διαδικασία των λήψεων παρατηρήθηκαν ορισμένες δυσχέρειες ως προς τον τρόπο χρήσης του εικονογεωδαιτικού σταθμού. Κάθε φορά που επιθυμούσαμε να ελέγξουμε τη φωτογραφία που είχε ληφθεί, έπρεπε να βγαίνουμε από το περιβάλλον των μετρήσεων και να την αναζητάμε σε μια σειρά φακέλων και υποφακέλων στον αποθηκευτικό χώρο, καταναλώνοντας πολύτιμο χρόνο και πραγματοποιώντας συνεχώς μια μονότονη διαδικασία. Εναλλακτικά, για

λόγους συντόμευσης, θα μπορούσε να υπάρχει η επιλογή της ελαχιστοποίησης των βασικών παραθύρων εργασίας και να μη χρειαζόταν αναγκαστική έξοδος από αυτά, μειώνοντας έτσι αρκετά τον χρόνο των εργασιών.

Ένα άλλο βασικό πρόβλημα που προέκυψε στις λήψεις, είναι η υπερφώτιση τμημάτων των φωτογραφιών. Συγκεκριμένα, εξαιτίας ελλιπούς φωτισμού του χώρου επιλέξαμε να φωτίσουμε το αντικείμενο με προβολείς, χωρίς όμως να γνωρίζουμε τον τρόπο της φωτομέτρησης⁵⁰ που κάνει η ψηφιακή μηχανή του οργάνου. Το αποτέλεσμα ήταν να προκύψουν φωτογραφίες με υπερβολική έκθεση σε φως σε ορισμένα τμήματα («καμένα» τμήματα) και επομένως μειωμένη πληροφορία σε αυτά (εικόνα 7.2). Παρατηρώντας τις φωτογραφίες και τα τμήματα που έχουν υπερφωτιστεί, διαπιστώνουμε πως «καμένες» επιφάνειες προκύπτουν όταν ο άμβωνας βρίσκεται στις ακραίες θέσεις του κάδρου⁵¹, ενώ όταν καλύπτει το κεντρικό τμήμα αυτού, οι φωτογραφίες έχουν μικρότερη αντίθεση τόνων. Συμπεραίνουμε επομένως πως η φωτομέτρηση γίνεται σε ένα μόνο σημείο του κάδρου, στο κέντρο (το κεντρικό 1-2% του κάδρου στην πραγματικότητα) και επειδή στις περισσότερες των περιπτώσεων συμπίπτει με αντικείμενα μεγάλου βάθους και χωρίς φωτισμό, καταγράφει τον τόνο τους ως μέσο τόνο με αποτέλεσμα να προκύπτουν αυξημένες τιμές αντίθεσης (contrast) σε όλη την έκταση του κάδρου. Τέλος, το βασικό ζήτημα που παρατηρείται στις λήψεις, και που θα υπεισέρθει ως εμπόδιο σε διάφορα στάδια της επεξεργασίας, είναι η χαμηλή ανάλυση της ψηφιακής μηχανής.



Εικόνα 7. 2: Εικόνα από τον εικονογεωδαιτικό σταθμό όπου το αριστερό της τμήμα έχει υπερφωτιστεί

Οι εργασίες προετοιμασίας των δεδομένων που πραγματοποιούνται στο γραφείο είναι ο υπολογισμός των συντεταγμένων των φωτοσταθερών και η επεξεργασία των φωτογραφιών με τη χρήση ενός προγράμματος επεξεργασίας εικόνων, του Photoshop, επεμβαίνοντας στη φωτεινότητα και την αντίθεση τους. Όπως είναι λογικό, οι περιοχές με υπερφώτιση έχουν ελλιπή πληροφορία, που δεν είναι δυνατόν να ανακτηθεί, καθώς δεν είναι καταγεγραμμένη. Επομένως, με την επεξεργασία των εικόνων, στοχεύουμε στην καλύτερη προβολή των στοιχείων που ήδη υπάρχουν. Στη συνέχεια δημιουργείται στο λογισμικό ένα έργο (project), όπου εισάγονται τα δεδομένα αυτά, μαζί με τα στοιχεία της βαθμονόμησης της κάμερας του σταθμού και αποθηκεύονται όλες οι ενέργειες που θα ακολουθήσουν.

2.2.2. Επεξεργασία δεδομένων και παραγωγή φωτογραμμετρικών προϊόντων

Το πρώτο στάδιο της διαδικασίας απαιτεί τη δημιουργία νέου Project όπου μαζί του θα αποθηκεύονται όλα τα στοιχεία και οι ενέργειες που θα πραγματοποιηθούν. Ορίζεται το σύστημα των συντεταγμένων, εισάγονται τα στοιχεία της βαθμονόμησης της κάμερας του οργάνου και προστίθενται οι φωτογραφίες που έχουν ληφθεί.

⁵⁰ Πριν τη λήψη (ή και παράλληλα με αυτή σε ορισμένες περιπτώσεις), το φωτόμετρο της μηχανής μετράει την ένταση του φωτός που φωτίζει τη σκηνή που θα φωτογραφηθεί, έτσι ώστε να "αποφασίσει" για την ταχύτητα, το διάφραγμα, και την ευαισθησία ISO που θα χρησιμοποιήσει. Τα φωτόμετρα των φωτογραφικών μηχανών μετρούν το φως που αντανακλάται (reflected light) από τις επιφάνειες και όχι το φως που προσπίπτει σε αυτές (incident light).

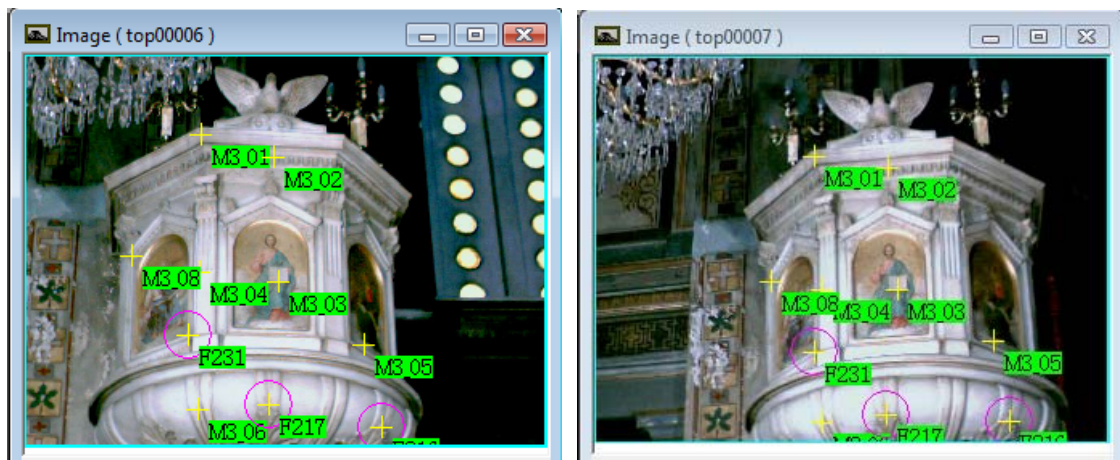
⁵¹ Για αύξηση της βάσης λήψης (καλύτερη στερεοσκοπική παρατήρηση), το αντικείμενο είναι στα άκρα της κάθε εικόνας του στερεοζεύγους, επομένως δεν καλύπτει το κεντρικό τμήμα της εικόνας, όπου γίνεται η φωτομέτρηση.

Προσανατολισμός

Για να προσδιορισθούν σημεία του χώρου ως αλληλοτομίες δύο δεσμών ακτινών, θα πρέπει αυτές να είναι κεντρικές προβολές και να έχουν προηγουμένως τοποθετηθεί και προσανατολιστεί ορθώς στον χώρο. Μία κεντρική προβολή ορίζεται πλήρως εσωτερικά, με τον καθορισμό της θέσης του σημείου λήψης ως προς το επίπεδο προβολής και της απόστασής του (c) από αυτό. Εξωτερικά, ορίζεται βάσει του καθορισμού της θέσης και του προσανατολισμού του επιπέδου προβολής στον χώρο. Ο εσωτερικός επομένως προσανατολισμός, ο οποίος έχει πραγματοποιηθεί με τη διαδικασία της βαθμονόμησης, αναπλάθει τη δέσμη ακτινών, ενώ ο εξωτερικός αποκαθιστά τη θέση της στον χώρο και επιτυγχάνεται σε δύο στάδια, τον σχετικό και τον απόλυτο προσανατολισμό.

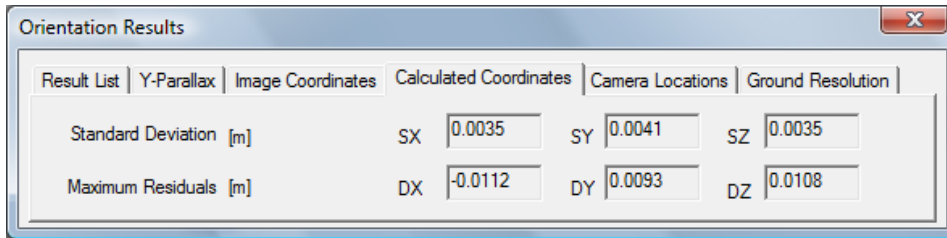
Στο πρώτο στάδιο, οι δύο επικαλυπτόμενες φωτογραφίες κάθε στερεοζεύγους σχετίζονται μεταξύ τους σε ένα αυθαίρετο σύστημα αναφοράς και σε αυθαίρετη κλίμακα, με τρόπο ώστε να αποκαθιστούν τις ίδιες συνθήκες προβολής όπως αυτές υπήρχαν τη στιγμή της λήψης. Κατά τη διαδικασία αποκατάστασης της πραγματικής σχέσης προσδιορίζονται πέντε άγνωστοι παράμετροι, μέσω των εξισώσεων συνεπιπεδότητας (Πατιάς, 1991), επομένως, για να υπάρχει λύση, απαιτούνται μετρήσεις των εικονοσυντεταγμένων σε πέντε τουλάχιστον σημεία του επικαλυπτόμενου τμήματος των εικόνων. Αφού ορίσουμε τα ζεύγη των φωτογραφιών, σε κάθε ένα από αυτά εντοπίζουμε τα ομόλογα σημεία (σημεία σύνδεσης-tie points) που είναι απαραίτητα για τον προσδιορισμό του σχετικού προσανατολισμού (εικόνα 7.3).

Ακολουθεί ο απόλυτος προσανατολισμός των εικόνων. Στο στάδιο αυτό αποκαθίσταται η επιδιωκόμενη κλίμακα του μοντέλου και του προσανατολισμού του ως προς το γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς με τη χρήση των σημείων ελέγχου-φωτοσταθερών. Οι άγνωστες παράμετροι είναι επτά (κλίμακα, μεταθέσεις ΔX , ΔY , ΔZ και οι γωνίες στροφής ω , ϕ , κ).

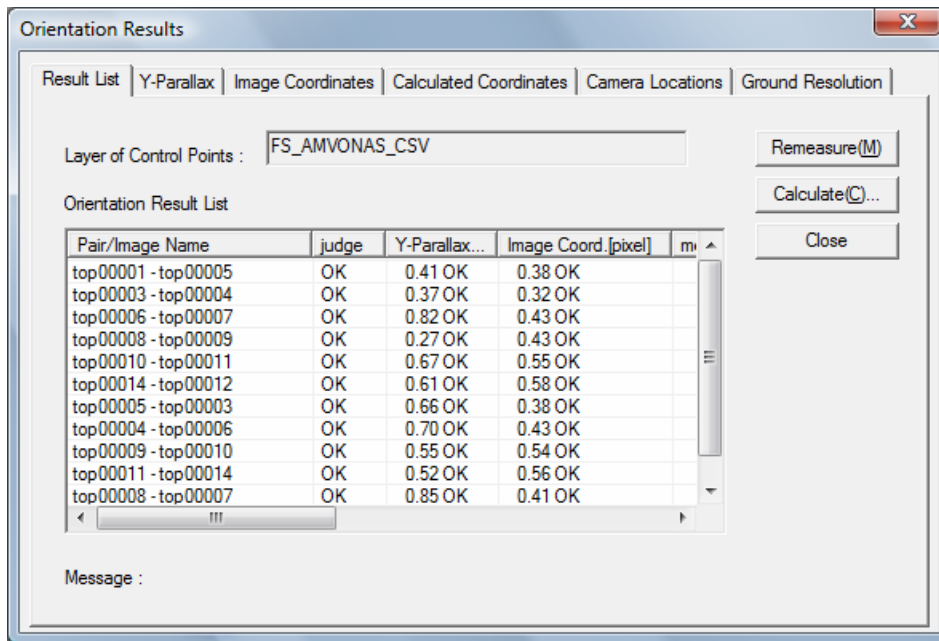


Εικόνα 7. 3: Στόχευση σημείων σύνδεσης (tie points) και φωτοσταθερών (σημαινόμενα στον κόκκινο κύκλο)

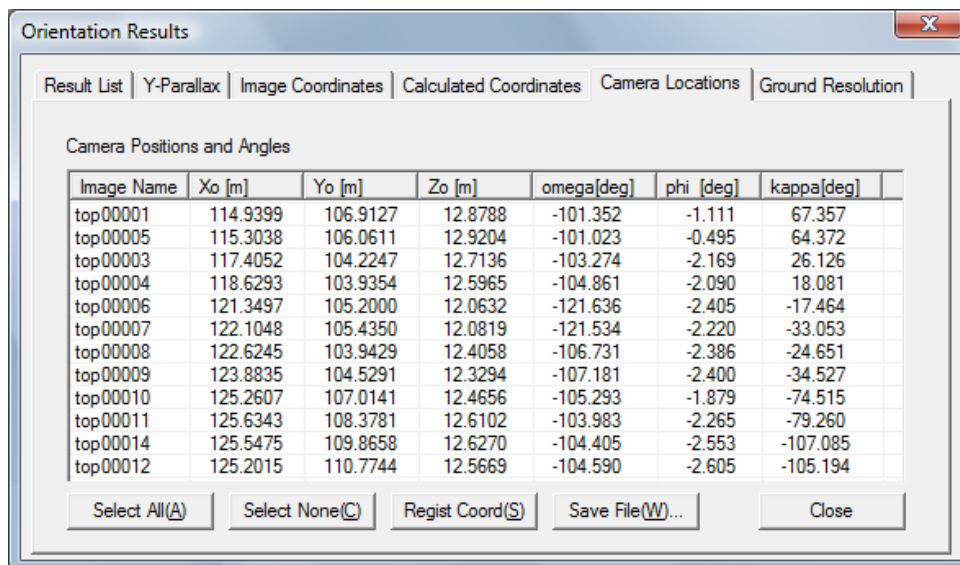
Κατά τη στόχευση των σημείων παρατηρήθηκε πως οι επιλύσεις κάθε ζεύγους πραγματοποιούνται ξεχωριστά χωρίς να επηρεάζονται από στοχεύσεις σημείων άλλων μοντέλων. Προχωρώντας ένα βήμα, ενώνουμε τα έξι μοντέλα μεταξύ τους, χρησιμοποιώντας τις ενδιάμεσες φωτογραφίες, ώστε να υπάρχει πλήρης κάλυψη του αντικειμένου με διαδοχικά ζεύγη φωτογραφιών, όπου ανά δύο θα αποτελούν στερεομοντέλα. Τα αποτελέσματα του σχετικού και απόλυτου προσανατολισμού (εικόνες 7.4, 7.5, 7.6) είναι αρκετά ικανοποιητικά.



Εικόνα 7. 4: Αποτελέσματα εξωτερικού προσανατολισμού



Εικόνα 7. 5: Αποτελέσματα εξωτερικού προσανατολισμού



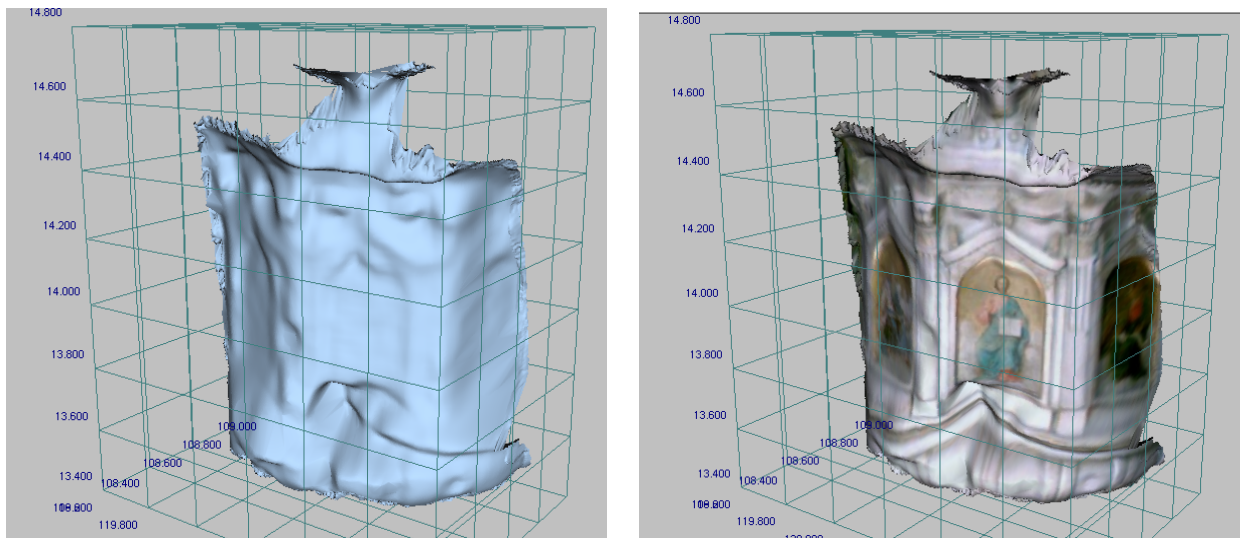
Εικόνα 7. 6: Αποτελέσματα απόλυτου προσανατολισμού

Για την απόσταση των 5m που εξετάζεται, το μέγεθος του ρικελ αντιστοιχεί σε μία επιφάνεια 4x 4mm στο αντικείμενο. Τα σφάλματα που προκύπτουν είναι μικρότερα από 1 ρικελ, επομένως είναι

αποδεκτά για την κλίμακα απόδοσης 1:50 που έχουμε επιλέξει.

Ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου

Το ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου περιγράφεται με σημεία τυχαίας κατανομής, που αποτελούν τις κορυφές δικτύου τριγωνικών επιφανειών (TIN) διαφορετικού μεγέθους, σχήματος και προσανατολισμού. Αρχικά, σχεδιάζουμε το περίγραμμα της επιφάνειας όπου επιθυμούμε να δημιουργηθεί το ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου (TIN) στο ζεύγος top0006-top0007, καθώς οι συγκεκριμένες φωτογραφίες είναι ραδιομετρικά καλύτερες από τις υπόλοιπες. Για να γίνει ακριβής χειροκίνητη εξαγωγή του DSM θα έπρεπε να παρατηρούμε το αντικείμενο στερεοσκοπικά. Καθώς όμως δεν παρέχεται η κατάλληλη διάταξη παρατήρησης, χρησιμοποιούμε τη δυνατότητα του προγράμματος, για αυτόματη εξαγωγή DSM. Συγκεκριμένα, δημιουργούμε το περίγραμμα εντοπίζοντας ομόλογα σημεία στη δεξιά και στην αριστερή φωτογραφία⁵². Το γεγονός ότι δεν υπάρχει η δυνατότητα στερεοσκοπικής παρατήρησης συνεπάγεται αυτόματα ότι δεν μπορούν να περιληφθούν στο μοντέλο χαρακτηριστικές γραμμές του αντικειμένου και πλήθος σημείων που να ακολουθούν τη μορφή του αναγλύφου του, ώστε να βελτιωθεί η ορθότητά του. Επιλέγοντας το περίγραμμα, δίνουμε εντολή να δημιουργηθεί το πλέγμα των τριγώνων στην επιφάνεια που περικλείεται. Υπάρχει η δυνατότητα να προκύψει παράλληλα οπτικοποιημένο μοντέλο, χρησιμοποιώντας τα δεδομένα της μίας φωτογραφίας ή/και από τον συνδυασμό και των δύο φωτογραφιών του μοντέλου. Για βήμα καννάβου 1mm και με τους περιορισμούς που υπεισέρχονται εξαιτίας της ποιότητας των εικόνων και της ακρίβειας προσδιορισμού των σημείων, σε συνδυασμό με τον καθορισμό του περιγράμματος, χωρίς την χρήση στερεοσκοπικής παρατήρησης, τα αποτελέσματα που προκύπτουν δεν είναι ικανοποιητικά (εικόνα.7.7).



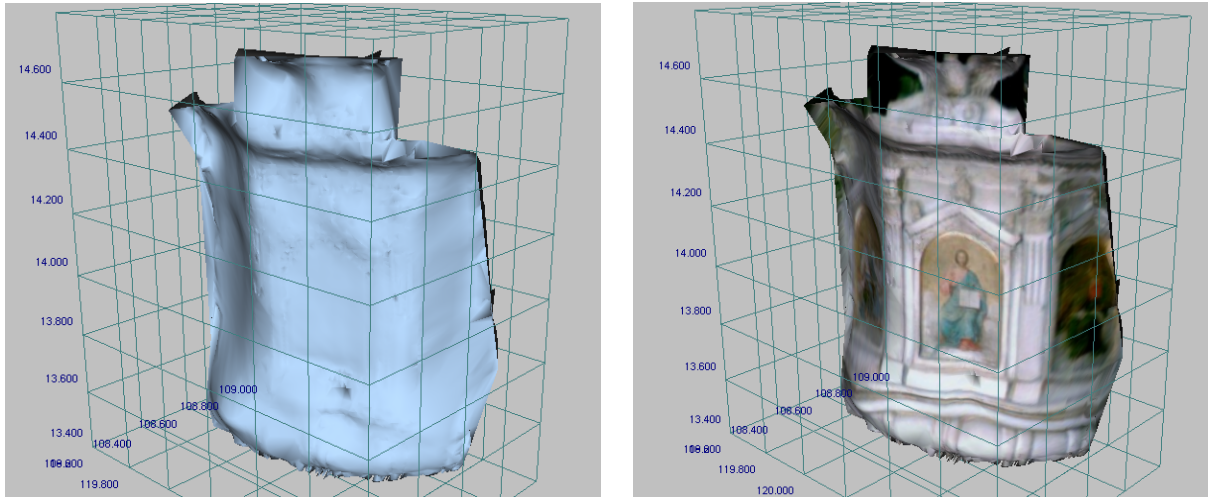
Εικόνα 7. 7: Αποτελέσματα ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου χωρίς τη χρήση γραμμών απότομης αλλαγής αναγλύφου (breaklines)

Καθώς ο οπτικός έλεγχος μαρτυρά ότι το μοντέλο δεν είναι καλό, προσπαθούμε να το βελτιώσουμε, χρησιμοποιώντας γραμμές απότομης αλλαγής αναγλύφου (breaklines). Η προσπάθεια δημιουργίας τους χωρίς στερεοσκοπική παρατήρηση, είχε απογοητευτικά αποτελέσματα, καθώς μετά την απόδοσή τους, παράλληλες γραμμές, φαίνεται να τέμνονται στον χώρο. Τα προβλήματα είναι εντονότερα λόγω της χαμηλής ανάλυσης των εικόνων, αλλά και της έλλειψης πληροφορίας σε ορισμένα τμήματα, εξαιτίας της υπερφώτισης. Για την υπερπήδηση του συγκεκριμένου προβλήματος, επιλέγουμε να εισάγουμε τις breaklines που σχεδιάζουμε σε διαφορετικό λογισμικό πακέτο, έχοντας στερεοσκοπική όραση, και σε εικόνες μεγάλης ανάλυσης που έχουν ληφθεί με διαφορετική ψηφιακή μηχανή. Δυστυχώς η ταύτιση των γραμμών αυτών στις

⁵² Η μέθοδος αυτή δεν συνιστάται για αντικείμενα με έντονο ανάγλυφο, αλλά αποτελεί τη μοναδική λύση στην περίπτωση μας.

ομόλογές τους στο αντικείμενο, δεν είναι καλή. Παρόλα αυτά, το νέο ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου που δημιουργείται είναι σαφώς καλύτερο από το προηγούμενο (εικόνα 7.8).

Στη συγκεκριμένη εφαρμογή, η προσαρμογή επιφανειών έγινε με αυτόματο τρόπο και σε πολύ λίγο χρόνο. Όμως, το μοντέλο που παράχθηκε με την προσαρμογή επιφανειών υστερεί από άποψη ακρίβειας. Η ακρίβεια αυτή, μπορεί να βελτιωθεί αν προσαρμοστεί μεγαλύτερος αριθμός αντικειμένων στο σημειοσύνολο με τη χρήση στερεοσκοπικής παρατήρησης.



Εικόνα 7. 8: Αποτελέσματα ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου με χρήση γραμμών απότομης αλλαγής αναγλύφου (breaklines) και σημείων υψομέτρου

Το πρόγραμμα έχει επίσης τη δυνατότητα να δημιουργήσει ενιαίο ψηφιακό μοντέλο από όλα τα ζεύγη των φωτογραφιών ή ακόμα και να συνενώσει εκείνα που θα δημιουργηθούν ξεχωριστά. Για την περίπτωση των συγκεκριμένων εικόνων το αποτέλεσμα είναι εξίσου απογοητευτικό.

Παραγωγή ορθοφωτογραφιών

Ορθοφωτογραφία είναι μια εικόνα, που έχει αναχθεί διαφορετικά από κεντρική προβολή σε ορθή. Απαλλαγμένη από τις παραμορφώσεις που δημιουργούν οι στροφές της εικόνας και το ανάγλυφο του αντικειμένου, παρέχει τη δυνατότητα άντλησης άμεσα μετρήσιμης πληροφορίας, καθώς όλα τα τμήματά της διατηρούν την ίδια κλίμακα.

Η ψηφιακή παραγωγή της ορθοφωτογραφίας ουσιαστικά πραγματοποιείται σε τρία στάδια. Στο πρώτο στάδιο υπολογίζεται ο εσωτερικός προσανατολισμός και η βαθμονόμηση της μηχανής. Στη συνέχεια με χρήση των εξισώσεων συγγραμικότητας ως μαθηματικό μοντέλο γίνεται συνόρθωση των παρατηρήσεων και προκύπτει ο εξωτερικός προσανατολισμός της εικόνας. Στο δεύτερο στάδιο με δεδομένο τον εξωτερικό προσανατολισμό και το υπάρχον ψηφιακό μοντέλο αντικειμένου, υπολογίζονται οι παράμετροι ορθοαναγωγής για κάθε pixel ή για κάθε ομάδα pixels. Στο τρίτο στάδιο γίνεται επανασύσταση⁵³ της ψηφιακής εικόνας και προκύπτει το τελικό προϊόν της ψηφιακής ορθοφωτογραφίας (εικόνα 7.9)

Η ποιότητα της ορθοφωτογραφίας επηρεάστηκε από πολλούς παράγοντες. Αρχικά, η χαμηλή ανάλυση των φωτογραφιών που ελήφθησαν από τον εικονογεωδαιτικό σταθμό σε συνδυασμό με τα προβλήματα φωτομέτρησης επηρέασαν κατά πολύ την ευκρίνεια των εικόνων και την ακρίβεια στόχευσης χαρακτηριστικών σημείων απαραίτητων για τη δημιουργία του ψηφιακού μοντέλου του αντικειμένου. Ο προσδιορισμός των στοιχείων του εσωτερικού και εξωτερικού προσανατολισμού εμπεριέχει επίσης σφάλματα που υπεισέρχονται στη διαδικασία της παραγωγής της ορθοφωτογραφίας. Το σημαντικότερο όμως πρόβλημα που επηρέασε την ακρίβεια και την ποιότητα του τελικού προϊόντος είναι η προσπάθεια εξαγωγής ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου,

⁵³ Ο οδηγός χρήσης του λογισμικού δεν αναφέρει το είδος παρεμβολής (κοντινότερου σημείου, διγραμμικής ή δικυβικής παρεμβολής, κεντροβαρικού μέσου όρου) που χρησιμοποιείται για την επανασύσταση της εικόνας.

από ζεύγος εικόνων, χωρίς την πραγματοποίηση στερεοσκοπικής παρατήρησης, που όμως είναι απαραίτητη για αντικείμενα με τόσο έντονο ανάγλυφο.

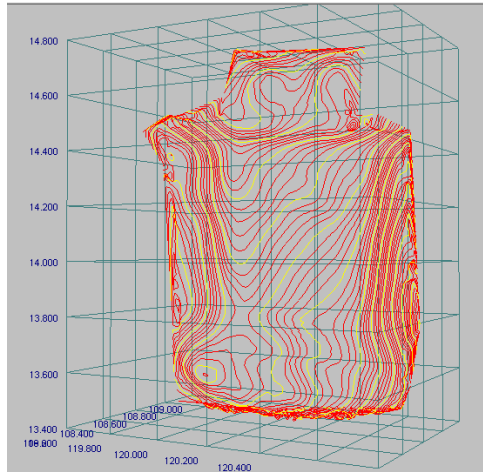


Εικόνα 7. 9: Ορθοφωτογραφία, όπως προκύπτει από τη χρήση των εικόνων του εικονογεωδαιτικού σταθμού και του λογισμικού Image Master

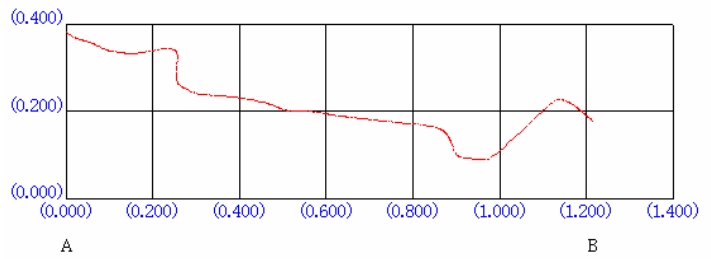
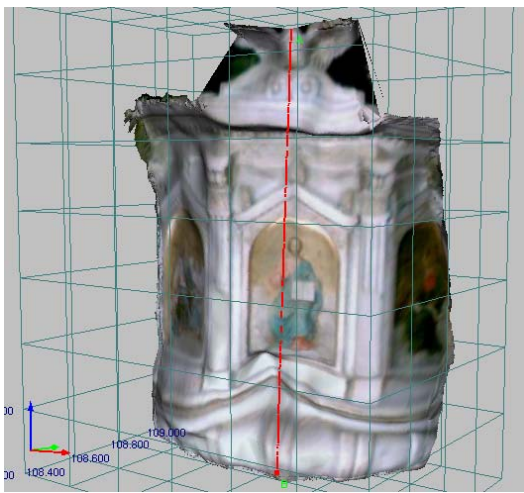
Για λόγους προβολής παρουσιάζουμε την ορθοφωτογραφία σε μεγαλύτερη κλίμακα. Η ακρίβειά της όμως είναι πολύ μικρότερη από αυτή που θα αντιστοιχούσε στη συγκεκριμένη κλίμακα προβολής, καθώς όλες οι διαδικασίες που προαπαιτούνται έχουν πραγματοποιηθεί με βάση τις προδιαγραφές της κλίμακας 1: 50 που είχε εξ αρχής αποφασιστεί να χρησιμοποιηθεί.

Παραγωγή ισοϋψών καμπύλων και διατομών

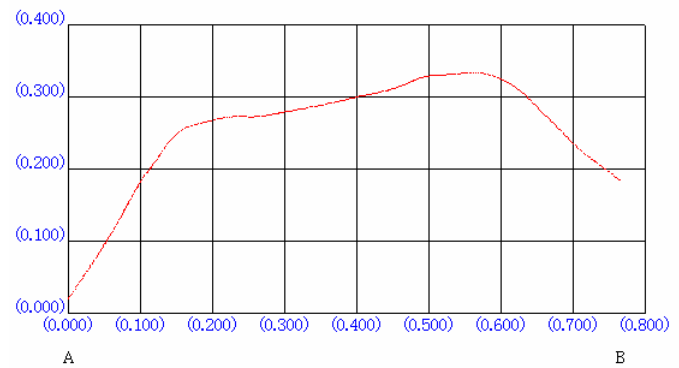
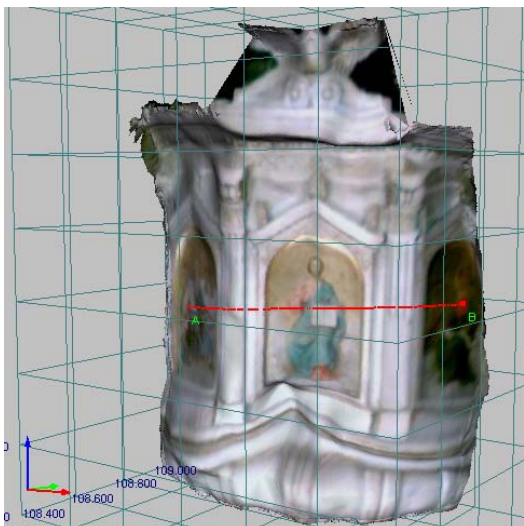
Μετά την παραγωγή του ψηφιακού μοντέλου αντικειμένου, πλήθος δυνατοτήτων μπορούν να πραγματοποιηθούν με αυτόματες διαδικασίες. Ανάμεσά τους, η δημιουργία ισοϋψών ή ισαπεχουσών καμπυλών, διατομών στις επιθυμητές θέσεις και οι υπολογισμοί απόστασης, εμβαδού και όγκου. Παρακάτω επισυνάπτουμε βασικά παραδείγματα των εφαρμογών αυτών (εικόνες 7.10, 7.11, 7.12). Οι ακρίβειές τους εξαρτώνται άμεσα από την ακρίβεια προσδιορισμού του μοντέλου αναγλύφου.



Εικόνα 7. 10: Μοντέλο ισαπεχουσών καμπύλων στον άμβωνα



Εικόνα 7. 11: Εικόνα ίχνους επιπέδου διατομής
Διάγραμμα 7. 1: Διάγραμμα διατομής



Εικόνα 7. 12: Εικόνα ίχνους επιπέδου διατομής
Διάγραμμα 7. 2: Διάγραμμα διατομής

Η ακρίβεια του μοντέλου των καμπυλών καθώς και η ακρίβεια της διατομής, εξαρτώνται πλήρως από την ακρίβεια προσδιορισμού του ψηφιακού μοντέλου του αντικειμένου.

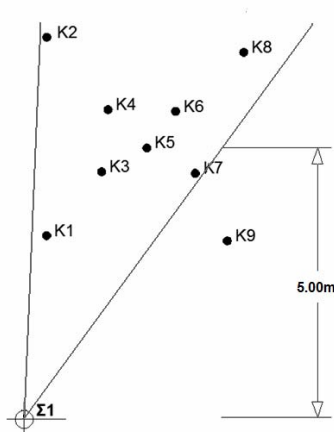
8. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΟΡΘΟΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΦΩΤΟΜΗΧΑΝΗΣ

Για λόγους αξιολόγησης των προϊόντων από τη χρήση του εικονογεωδαιτικού σταθμού και του λογισμικού image master, χρησιμοποιούμε μια κλασική φωτογραμμετρική διαδικασία, με λήψη εικόνων από ψηφιακή μηχανή και επεξεργασία τους στον ψηφιακό φωτογραμμετρικό σταθμό imagestation SSK, για την παραγωγή ορθοφωτογραφίας σε κλίμακα 1:50, και συγκρίνουμε τα αποτελέσματα που προκύπτουν.

8.1. Λήψεις Εικόνων

Το format της εξωτερικής μηχανής του εικονογεωδαιτικού σταθμού GPT 7003i είναι 640x480pixels, με μέγεθος pixel 5.6μm, επομένως το μέγεθος του αισθητήρα του είναι 3.584x2.688mm. Αντίστοιχα, το μέγεθος του αισθητήρα της ψηφιακής μηχανής EOS1D Mark II⁵⁴, που επιλέγουμε να χρησιμοποιήσουμε για τις λήψεις των εικόνων που θα επεξεργαστούμε στο λογισμικό imagestation SSK, είναι 28.7x19.1mm. Ο λόγος M των δύο αισθητήρων είναι περίπου 1:7.5⁵⁵ και έχοντας υπολογίσει την εστιακή απόσταση του φακού του εικονογεωδαιτικού σταθμού ίση με c=8mm, προκύπτει από την σχέση $c' = M \times c$, μια ισοδύναμη σταθερά για μηχανή 35mm, ίσης με c'=60mm. Ο φακός επομένως που θα χρησιμοποιήσουμε στην ψηφιακή μηχανή Canon θα είναι εκείνος των 50mm που πλησιάζει περισσότερο (από τους διατιθέμενους φακούς) τις συνθήκες των λήψεων του εικονογεωδαιτικού σταθμού, ώστε να υπάρχει αντιστοιχία των αποτελεσμάτων.

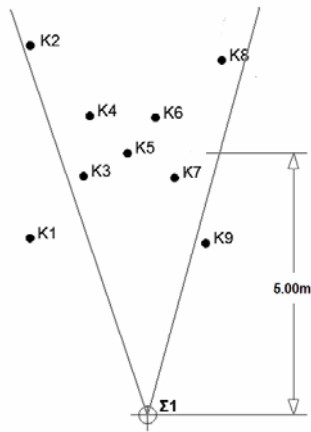
Ακολουθεί η διαδικασία της βαθμονόμησής της ψηφιακής μηχανής EOS1D Mark II με τον φακό των 50mm, η οποία πραγματοποιείται με τη χρήση του πεδίου ελέγχου φωτοσταθερών με γνωστές συντεταγμένες και το λογισμικό calibration_CCD, με αντίστοιχη διαδικασία με αυτή που υλοποιήθηκε για τη βαθμονόμηση του οργάνου του GPT 7003i. Ο προσδιορισμός των στοιχείων του εσωτερικού προσανατολισμού (πίνακες 8.1, 8.2, 8.3) πραγματοποιήθηκε για δύο θέσεις (εικόνες 8.1, 8.2), όπου από τον γενικευμένο μέσο όρο των τιμών προκύπτουν τα τελικά αποτελέσματα της βαθμονόμησης.



Εικόνα 8. 1: Περιοχή κάλυψης αριστερής λήψης α) οριζοντιογραφική προβολή β) προβολή όψης

⁵⁴ Τα χαρακτηριστικά της κάμερας έχουν αναλυθεί στο κεφάλαιο XXXXX

⁵⁵ Οι επιφάνειες των αισθητήρων δεν είναι όμοιες (με ανάλογες διαστάσεις), γι' αυτό και ο λόγος τους δίνεται προσεγγιστικά.



Εικόνα 8. 2: Περιοχή κάλυψης κεντρικής λήψης α) οριζοντιογραφική προβολή β) προβολή όψης

	xo	yo	c	K1	K2	P1	P2
Αριστερή (pixels)	6332±18	1743±14	1164±4	-4.6754E-009	2.9731E-016	1.8151E-009	-67346E-008
Αριστερή (mm)	51.858±0.147	14.275±0.115	9.530±0.033	-6.97029E-05	6.60806E-08		

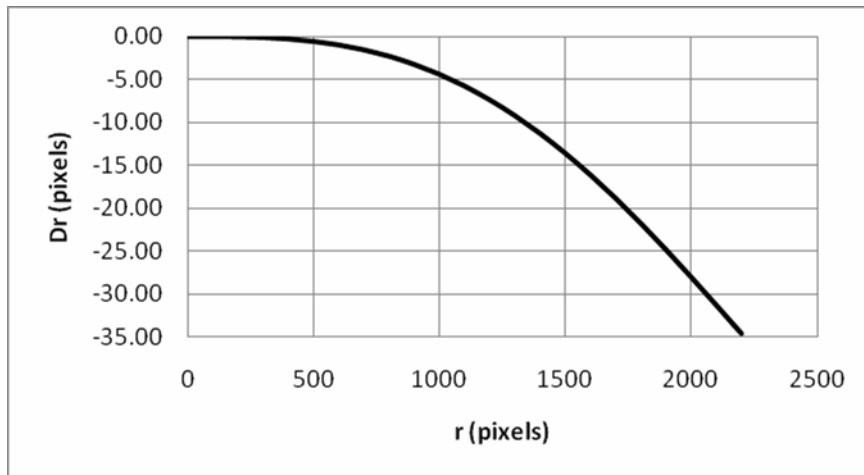
Πίνακας 8. 1: Αποτελέσματα βαθμονόμησης της αριστερής λήψης με τη χρήση του προγράμματος Calibration_CCD

	xo	yo	c	K1	K2	P1	P2
Κεντρική (pixels)	6327±13	1769±11	1169±5	-4.7437E-009	3.0469E-016	8.9179E-008	-1.5606E-007
Κεντρική (mm)	51.817±0.106	14.485±0.090	9.5754±0.041	-7.07212E-05	6.77209E-08		

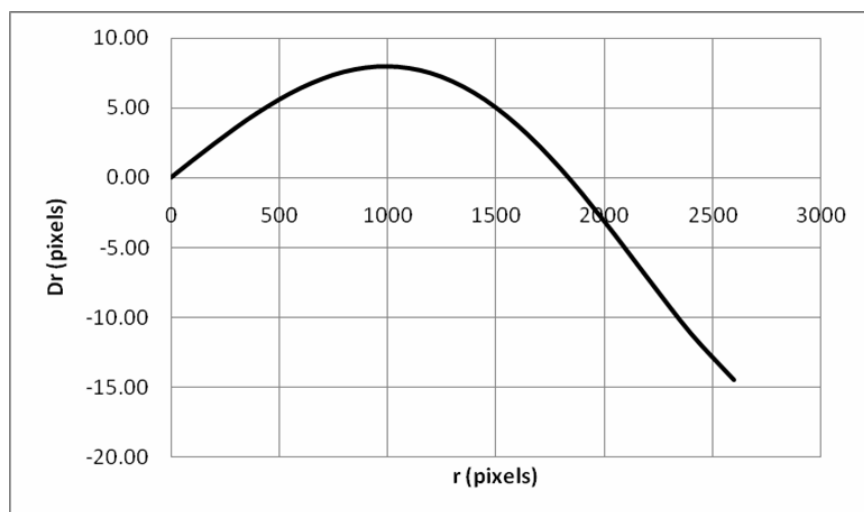
Πίνακας 8. 2: Αποτελέσματα βαθμονόμησης της αριστερής λήψης με τη χρήση του προγράμματος Calibration_CCD

	xo	yo	C	K1	K2	P1	P2
Τελικά (pixels)	6330±1	1754±4	1167±1	-4.7096E-09	3.01E-16	-7.71225E-08	-3.32E-04
Τελικά (mm)	51.843±0.008	14.365±0.033	9,558±0.008	-7.0212E-05	6.69007E-08		

Πίνακας 8. 3: Αποτελέσματα βαθμονόμησης , όπως προκύπτουν από τον μέσο όρο των παραπάνω τιμών



Διάγραμμα 8. 1: Καμπύλη ακτινικής διαστρόφης για $c=1166$ pixels



Διάγραμμα 8. 2: Κανονικοποιημένη παράσταση ακτινικής διαστρόφης κεντρικής λήψης για μηδενική διαστρόφη σε $r=1836$ pixels και $c=1152$ pixels.

Επόμενο στάδιο είναι οι λήψεις των στερεοζευγών των φωτογραφιών, με βάσεις περίπου 1m και απόσταση από το προς αποτύπωση αντικείμενο περίπου 5m. Χρησιμοποιήθηκε επιπλέον τεχνικός φωτισμός και η ταχύτητα του κλείστρου κατά τις λήψεις ήταν 1/50 του δευτερολέπτου.

8.2. Προετοιμασία Δεδομένων

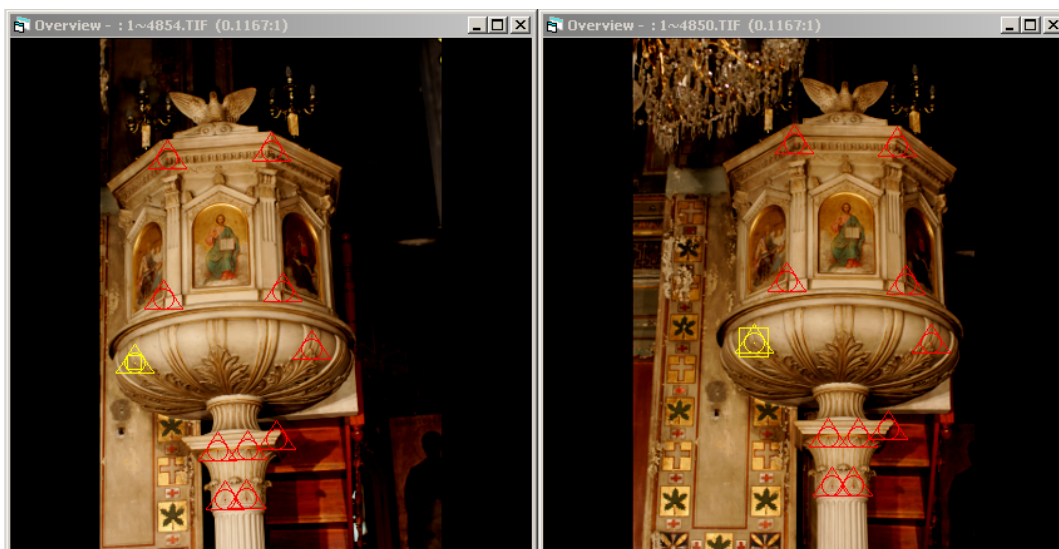
Με την απόφαση να χρησιμοποιηθούν τα ίδια φωτοσταθερά που είχαν μετρηθεί για την απόδοση του άμβωνα με τη χρήση του image master, ο υπολογισμός των συντεταγμένων τους είναι μια διαδικασία που έχει ολοκληρωθεί σε προγενέστερο στάδιο. Καθώς όμως το πρόγραμμα «Image Station SSK» χρησιμοποιεί ως σύστημα συντεταγμένων το φωτογραμμετρικό, στην περίπτωση παραγωγής ορθοφωτογραφίας της όψης, θα πρέπει οι συντεταγμένες των φωτοσταθερών αυτών να υποστούν στροφές, αρχικά ως προς το επίπεδο της τομής και στη συνέχεια ως προς το επίπεδο της προβολής.

Επόμενη διαδικασία είναι η δημιουργία έργου (project), όπου θα καταγράφονται τα δεδομένα και οι ενέργειες που θα ακολουθήσουν. Έπεται, η επιλογή των ψηφιακών εικόνων του ζεύγους που θα χρησιμοποιηθεί και η εισαγωγή τους στο περιβάλλον του Imagestation SSK. Από τα έξι ζεύγη, για λόγους σύγκρισης, επιλέγεται εκείνο που αντιστοιχεί στην περιοχή όπου εφαρμόστηκαν οι διάφορες δυνατότητες του λογισμικού image master. Στη συνέχεια ακολουθεί η δήλωση του εσωτερικού προσανατολισμού της μηχανής και η εισαγωγή των συντεταγμένων των

φωτοσταθερών στο φωτογραμμετρικό λογισμικό.

8.3. Εξωτερικός Προσανατολισμός

Ο σχετικός προσανατολισμός πραγματοποιείται με τη στόχευση ομόλογων σημείων στις δύο εικόνες. Στη συνέχεια, μετά την μέτρηση των φωτοσταθερών (εικόνα 8.3), μέσα από διαδικασία συνόρθωσης, ακολουθεί ο υπολογισμός των στοιχείων του απόλυτου προσανατολισμού. Το πρόγραμμα προσδιορίζει τις επιπολικές ευθείες με αποτέλεσμα να τις εμφανίζει στην περαιτέρω αντιστοίχιση των ομόλογων σημείων όπου ελέγχεται ως ένα βαθμό η ακρίβεια του προσανατολισμού των εικόνων. Στην περίπτωση δηλαδή, όπου η επιπολική ευθεία δεν διέρχεται από το επιθυμητό σημείο, γίνεται αντιληπτό ότι ορισμένα σημεία της εικόνας έχουν λανθασμένη θέση ή ότι απαιτείται μεγαλύτερο πλήθος για ορθότερη αποκατάσταση της δέσμης στον χώρο. Επιπλέον, για τον έλεγχο της επισημάνσης των σημείων το πρόγραμμα διαθέτει πίνακα, στον οποίο παρουσιάζονται τα σφάλματα των συντεταγμένων κάθε ενός και η εικόνα στην οποία εντοπίζεται η μεγαλύτερη απόκλιση θέσης, με αποτέλεσμα να ελέγχεται και να διορθώνεται όπου απαιτείται η στόχευση των σημείων. Τα αποτελέσματα (πίνακας 8.4, 8.5) που τελικώς προκύπτουν εμφανίζουν ακρίβειες με μέγιστο σφάλμα 0,02m, γεγονός αναμενόμενο εξαιτίας του έντονου αναγλύφου του άμβωνα.



Εικόνα 8. 3: Στοιχεύσεις φωτοσταθερών στο ζεύγος των φωτογραφιών

Απόλυτος Προσανατολισμός		
	Αριστερή Εικόνα	Δεξιά Εικόνα
X0:	122.183 meters	123.075 meters
Y0:	104.018 meters	104.46 meters
Z0:	12.037 meters	12.133 meters
Omega:	114.093 degrees	114.316 degrees
Phi:	18.16 degrees	24.298 degrees
Kappa:	-9.87 degrees	-14.863 degrees

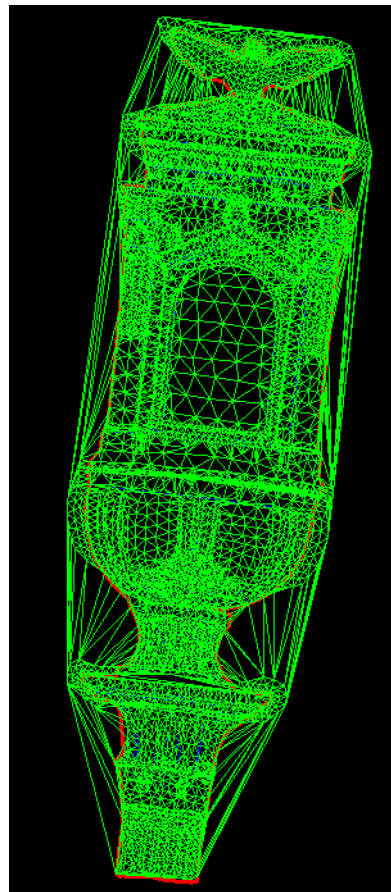
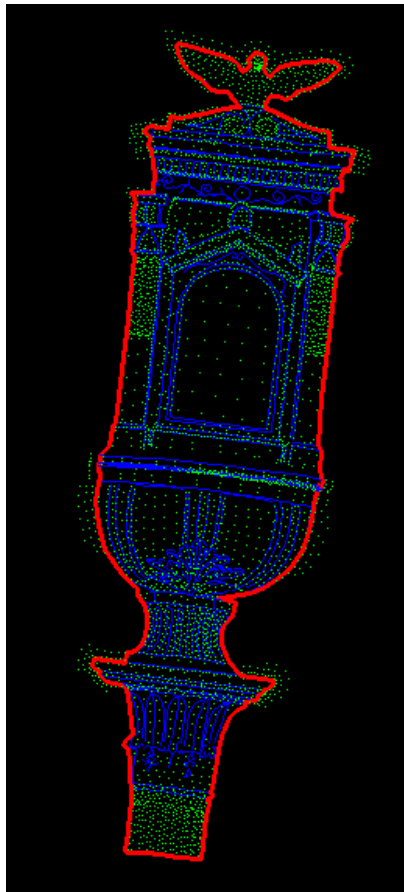
Πίνακας 8. 4: Στοιχεία απόλυτου προσανατολισμού των εικόνων

Φωτοσταθερό	σ_x	σ_y	σ_z
F213	0.02	-0.01	0.02
F215	0.01	0.01	-0.01
F216	0.02	0.01	-0.02
F218	-0.01	0.02	-0.01
F219	0.01	0.00	0.01
F222	-0.01	0.00	-0.02
F223	0.00	0.00	0.02
F224	0.00	0.00	0.01
F225	0.00	0.00	0.00
F229	-0.02	-0.01	-0.01
F231	-0.02	-0.02	-0.02

Πίνακας 8. 5: Ακρίβειες στοιχείων εξωτερικού προσανατολισμού

8.4. Παραγωγή DTM

Ο σταθμός δίνει τη δυνατότητα στερεοσκοπικής παρατήρησης μέσω ενεργητικού συστήματος πόλωσης του φωτός και χρήσης ειδικών γυαλιών τα οποία συγχρονίζονται με την ταχύτερη εναλλαγή των εικόνων στην οθόνη του υπολογιστή. Μέσω του σχεδιαστικού πακέτου Microstation αποδίδονται όλες οι γραμμές απότομης αλλαγής αναγλύφου (Breaklines) και εισάγεται πλήθος σημείων (εικόνα 8.4) που περιγράφουν την επιφάνεια του αντικειμένου, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια για την παραγωγή του ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου.



Εικόνα 8. 4: Περίγραμμα όψης άμβωνα, απόδοση γραμμών απότομης αλλαγής αναγλύφου (breaklines) και εισαγωγή σημείων

Εικόνα 8. 5: Πλέγμα τριγώνων (TIN)

Στη συνέχεια, με χρήση κατάλληλων εντολών, δημιουργείται αυτόματα ένα πλέγμα τριγώνων (TIN) (εικόνα 8.5). Ο σχηματισμός των τριγώνων γίνεται σε πραγματικό χρόνο, καθώς ο χρήστης δύναται να τον παρακολουθήσει στο περιβάλλον του σχεδιαστικού πακέτου Microstation. Στη συνέχεια η επιφάνεια αποθηκεύεται σε αρχείο προέκτασης *.dtm*, στον σκληρό δίσκο του υπολογιστή οπότε και επιλέγεται το πρόγραμμα Base Rectifier για να συνεχιστεί η διαδικασία.

8.5. Παραγωγή Ορθοφωτογραφίας

Το τελευταίο στάδιο της συγκεκριμένης εφαρμογής είναι η παραγωγή ορθοφωτογραφιών. Έχει προηγηθεί η απόδοση των γραμμών απότομης αλλαγής αναγλύφου και πλήθος σημείων που το περιγράφουν και η παραγωγή του μοντέλου TIN. Με τη χρήση του προγράμματος Base Rectifier που χρησιμοποιείται για την εφαρμογή αυτή, εισάγονται οι απαραίτητες πληροφορίες από τον χρήστη, όπως είναι το μέγεθος της τελικής εδαφοψηφίδας, το τμήμα της εικόνας το οποίο θα υποστεί ορθοαναγωγή και η μέθοδος παρεμβολής που θα χρησιμοποιηθεί (η παρεμβολή στον τόνο των εικονοστοιχείων γίνεται με τη δικυβική μέθοδο).

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν δεν είναι αποδεκτά σε όλη την έκταση της ορθοφωτογραφίας, και για τον λόγο αυτό, διορθώνουμε την απόδοση των γραμμών απότομης αλλαγής αναγλύφου (breaklines) και των τρισδιάστατων σημείων, ή εισάγουμε περισσότερα όπου απαιτείται, και επαναλαμβάνουμε την όλη διαδικασία. Στη συνέχεια επιλέγουμε να επιθέσουμε στην επιλεγθείσα, ως βέλτιστη, ορθοφωτογραφία, τμήμα εικόνας που εμφανίζεται ορθά στην ορθοφωτογραφία πού προκύπτει από την άλλη φωτογραφία του στερεοζεύγους (φωτομωσαϊκό), ώστε να έχουμε το βέλτιστο δυνατό αποτέλεσμα. Έπειτα, με τη χρήση του προγράμματος επεξεργασίας εικόνων «Photoshop», εξομαλύνουμε ραδιομετρικά τις περιοχές περί των γραμμών συρραφής των δύο εικόνων (εικόνα 8.6). Ακολουθεί περαιτέρω επεξεργασία (γεωμετρικές διορθώσεις) ώστε να

καταλήξουμε στο τελικό αποτέλεσμα της ορθοφωτογραφίας (εικόνα 8.7).



Εικόνα 8. 6: Ορθοφωτογραφία όπως προκύπτει από την επίθεση τμήματος διαφορετικής ορθοφωτογραφίας και μετά την εξομάλυνση των σημείων σύνδεσης

Εικόνα 8. 7: Τελικό προϊόν Ορθοφωτογραφίας, μετά τις επεξεργασίες.

Ο οπτικός έλεγχος της ορθοφωτογραφίας είναι πλήρως ικανοποιητικός. Στο κεφάλαιο των συμπερασμάτων που ακολουθεί παρατίθεται και μετρητικός έλεγχος, για πληρέστερη αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

8.6. Έλεγχοι και Συγκρίσεις

Την ποιότητα των τελικών ορθοφωτογραφιών επηρέασε σε μεγάλο βαθμό, η ποιότητα των αρχικών εικόνων. Συγκεκριμένα, εξαιτίας της χαμηλής ανάλυσης της φωτομηχανής του εικονογεωδαιτικού σταθμού, οι εικόνες που προκύπτουν δεν είναι ιδιαίτερα ευκρινείς. Στο πρόβλημα αυτό προστέθηκε και το πρόβλημα της φωτομέτρησης στο κέντρο του κάδρου, που εξαιτίας του επιπρόσθετου φωτισμού, δημιούργησε υπερφωτισμένα τμήματα στις φωτογραφίες, με αποτέλεσμα να στερούνται πληροφορίας και ποιότητας. Αντίθετα, η μηχανή Canon EOS που χρησιμοποιήθηκε, έχει υψηλότερη ανάλυση και το τελικό αποτέλεσμα βοηθήθηκε από τη χρήση επιπρόσθετου φωτισμού, με αισθητή διαφορά στις αρχικές φωτογραφίες λήψης. Στην πρώτη περίπτωση, για να προκύψει κατά το δυνατόν ενιαία χρωματική διάταξη, πραγματοποιήθηκαν εργασίες ραδιομετρικής διόρθωσης. Παρ' όλα αυτά, το αποτέλεσμα δεν βελτιώθηκε ιδιαίτερα.

Παρά το γεγονός ότι το μέγεθος του pixel της κάμερας του εικονογεωδαιτικού σταθμού είναι μικρότερο από το μέγεθος του pixel της ψηφιακής κάμερας Canon ($5.6 \mu\text{m} < 8.18\mu\text{m}$ αντίστοιχα) και κατά συνέπεια, η ποιότητα των εικόνων του εικονογεωδαιτικού σταθμού θα έπρεπε να είναι μεγάλη, η πολύ μικρή διάσταση του αισθητήρα του, συγκριτικά με τον αισθητήρα της ψηφιακής μηχανής, δημιουργεί προβλήματα ως προς την τελική ποιότητα της εικόνας (εικόνα 8. 8). Συγκεκριμένα, η ποιότητα δεν είναι καλή, καθώς επηρεάζεται από τον άσχημο λόγο σήματος προς θόρυβο και το πρόβλημα αυτό είναι καθαρά θέμα κατασκευής.



Εικόνα 8. 8: Αναλογία εικόνων του εικονογεωδαιτικού σταθμού (πάνω αριστερά) και της ψηφιακής κάμερας Canon Eos (κεντρική φωτογραφία)

Ένα άλλο βασικό σφάλμα που υπεισέρχεται στις δύο διαδικασίες είναι ο προσδιορισμός των στοιχείων του εσωτερικού προσανατολισμού των εικόνων. Εξαιτίας της μειωμένης ανάλυσης των εικόνων του εικονογεωδαιτικού σταθμού, σε συνάρτηση με τη συμβατική φωτογραφική μηχανή, ο προσδιορισμός των εικονοσυντεταγμένων των κέντρων των στόχων του πεδίου ελέγχου που χρησιμοποιήθηκε για τη βαθμονόμηση στην πρώτη περίπτωση έγινε με μικρή ακρίβεια, καθώς τα κέντρα δεν μπορούσαν να εντοπισθούν σαφώς. Επιπλέον, η αστάθεια της γεωμετρίας της μηχανής του σταθμού, επηρέασε τα τελικά αποτελέσματα.

Αναφορικά με τη διαδικασία αποκατάστασης του εξωτερικού προσανατολισμού, η στόχευση ομόλογων σημείων αλλά και φωτοσταθερών, για την περίπτωση του λογισμικού image master όπου χρησιμοποιήθηκαν οι εικόνες του σταθμού, εμπεριέχει αβεβαιότητα, εξαιτίας επίσης της χαμηλής ανάλυσης της μηχανής. Αντίθετα, η στόχευση των αντίστοιχων σημείων με χρήση του λογισμικού Image Station SSK έγινε με μεγαλύτερη ακρίβεια, καθώς τα ζητούμενα σημεία ήταν ευδιάκριτα στις φωτογραφίες της ψηφιακής κάμερας της Canon EOS. Επιπλέον, η διαδικασία αυτή εξαρτάται εκτός από την ποιότητα των εικονοσυντεταγμένων, από τη γεωμετρία των φωτοσταθερών και των σημείων σύνδεσης.

Μια σημαντική διαφοροποίηση των δύο προγραμμάτων ως προς τις προεργασίες των δεδομένων που απαιτούνται πριν την εισαγωγή τους, είναι το σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιούν. Συγκεκριμένα, στο Image Master χρησιμοποιείται το γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς, ενώ στην περίπτωση του Image Station SSK, τα δεδομένα επεξεργάζονται και αναφέρονται στο φωτογραμμετρικό, για να παραχθεί η ορθοφωτογραφία της όψης. Αυτό έχει ως συνέπεια, στη δεύτερη περίπτωση να απαιτούνται επιπλέον υπολογισμοί, ώστε να στραφούν οι συντεταγμένες των φωτοσταθερών σημείων στο επίπεδο προβολής της ορθοφωτογραφίας.

Η ακρίβεια της ορθοφωτογραφίας εξαρτάται κατά πολύ από την ακρίβεια του ψηφιακού μοντέλου

επιφανείας του αντικειμένου. Για την αξιολόγηση του πρέπει από την αρχή να ορισθούν δύο δείκτες ακρίβειας, οι οποίοι αναφέρονται σε διαφορετικές ποιότητες και οι οποίοι όμως συχνά συγχέονται. Με τον όρο «πιστότητα του ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου» εννοούμε το βαθμό προσέγγισης και περιγραφής της επιφάνειας του προς απόδοση αντικειμένου. Είναι σαφές ότι ο δείκτης αυτός περιλαμβάνει μια σειρά από παραμέτρους, όπως ο αριθμός και η πυκνότητα των συλλεχθέντων υψομετρικών σημείων που περιγράφει ικανοποιητικά (και πώς αυτό καθορίζεται) ή πιστά το ανάγλυφο, η υψομετρική ακρίβεια των επιλεγμένων σημείων, η χωρική διασπορά τους και τέλος ο ορισμός της «πιστής περιγραφής» του αναγλύφου. Μερικές από τις παραπάνω παραμέτρους είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν, εξαρτώνται κυρίως από τη φύση του αντικειμένου και επομένως δεν μπορούν να έχουν γενική χρήση, ώστε να μπορεί να προδιαγραφεί τρόπος ελέγχου της ακρίβειας αυτής. Με τον όρο «υψομετρική ακρίβεια του ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου», εννοούμε το βαθμό πιστότητας με τον οποίο το μετρούμενο υψόμετρο σε κάθε σημείο του μοντέλου προσεγγίζει το πραγματικό υψόμετρο του αντικειμένου. Η υψομετρική αυτή ακρίβεια είναι ένας σαφής ποσοτικός δείκτης ο οποίος εξαρτάται από τη ζητούμενη ακρίβεια του μοντέλου, την κλίμακα των φωτογραφιών και τη μέθοδο μέτρησης των υψομέτρων. Ως απάντηση στα παραπάνω θα επισημάνουμε τη βασικότερη ίσως διαφορά των δύο προγραμμάτων ως προς τον τρόπο διαχείρισης των δεδομένων και την παραγωγή του μοντέλου αυτού. Στην περίπτωση του image master δεν διαθέταμε την ειδική διάταξη που απαιτούνταν ώστε να μπορούμε να δούμε στερεοσκοπικά. Αντίθετα το λογισμικό Imagestation SSK συνοδευόταν από τον απαραίτητο εξοπλισμό που επέτρεπε τη στερεοσκοπική όραση. Κατά συνέπεια τα προϊόντα που προκύπτουν από τα δύο προγράμματα δεν μπορούν να είναι συγκρίσιμα ούτε από άποψη χρόνου και ευκολίας στην εφαρμογή, αλλά ούτε και από άποψη ακρίβειας αποτελέσματος. Η παραπάνω σύγκριση των ακριβειών θα επιτρεπόταν μόνο εφόσον θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί απόδοση γραμμών απότομης αλλαγής αναγλύφου (breaklines) στηριζόμενοι σε στερεοσκοπική παρατήρηση με χρήση του προγράμματος image master καθώς και εισαγωγή σημείων υψομέτρου (mass points) με τον ίδιο τρόπο.

Με βάση την οπτική σύγκριση των ορθοφωτογραφιών, όπως προκύπτουν από τα δύο λογισμικά, συμπεραίνεται ότι με τη χρήση του συμβατικού φωτογραμμετρικού σταθμού και της ψηφιακής κάμερας, το αποτέλεσμα είναι σαφώς καλύτερο, γεγονός αναμενόμενο αν αναλογιστεί κανείς τις δεδομένες συνθήκες επεξεργασίας (μη στερεοσκοπική όραση κατά την επεξεργασία με τη χρήση του image master και χαμηλή ανάλυση της κάμερας του εικονογεωδαιτικού σταθμού).

Ενδεικτικά, ακολουθεί και ένας ποσοτικός έλεγχος. Συγκεκριμένα, επιλέχθηκαν εννέα χαρακτηριστικά σημεία της όψης του άμβωνα, που ήταν εύκολα αναγνωρίσιμα στις φωτογραφίες και στις συνέχεια καταγράφηκαν οι συντεταγμένες τους, όπως προκύπτουν από την απόδοση του άμβωνα με τη χρήση των δύο διαδικασιών. Παράλληλα, τα σημεία αυτά μετρήθηκαν επίγεια, με τη χρήση ενός απλού γεωδαιτικού σταθμού, προσδιορίζοντας με ακρίβεια τις θέσεις τους στο γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς και με τις κατάλληλες στροφές τα καταστήσαμε συγκρίσιμα με τις παραπάνω τιμές (πίνακας 9.1).

	GPT 7003i			Canon EOS			Τοπογραφικές Μετρήσεις		
	Xg	Yg	Zg	Xc	Yc	Zc	X	Y	Z
A_1	120.3194	108.5531	14.259	120.3482	108.5385	14.253	120.3677	108.5454	14.25
A_2	120.2075	108.4896	13.766	120.2069	108.506	13.787	120.2393	108.4938	13.766
A_3	120.4455	108.6106	13.772	120.4562	108.6108	13.778	120.4774	108.5969	13.762
M3_01	120.0977	108.4022	14.505	120.1422	108.3806	14.49	120.1569	108.3775	14.481
F217	120.3401	108.477	13.473	120.334	108.505	13.496	120.3614	108.4774	13.466
A_4	120.1499	108.4104	14.553	120.1886	108.3982	14.543	120.2056	108.3908	14.531
A_5	120.1626	108.4685	14.181	120.1864	108.4596	14.184	120.211	108.4784	14.184
F216	120.6429	108.775	13.47	120.6447	108.7984	13.476	120.6618	108.7648	13.466
A_6	120.0858	108.4434	13.728	120.0869	108.4589	13.756	120.1182	108.4737	13.739

Πίνακας 9. 1: Εικονοσυντεταγμένες σημείων ελέγχου όπως προκύπτουν από την κάμερα του εικονογεωδαιτικού σταθμού,

από τη ψηφιακή μηχανή Canon EOS και από τις τοπογραφικές μετρήσεις

	X-Xg	Y-Yg	Z-Zg	X-Xc	Y-Yc	Z-Zc	Xg-Xc	Yg-Yc	Zg-Zc
A_1	4.83	-0.77	-0.9	1.95	0.69	-0.3	-2.88	1.46	0.6
A_2	3.18	0.42	0	3.24	-1.22	-2.1	0.06	-1.64	-2.1
A_3	3.19	-1.37	-1	2.12	-1.39	-1.6	-1.07	-0.02	-0.6
M3_01	5.92	-2.47	-2.4	1.47	-0.31	-0.9	-4.45	2.16	1.5
F217	2.13	0.04	-0.7	2.74	-2.76	-3	0.61	-2.8	-2.3
A_4	5.57	-1.96	-2.2	1.7	-0.74	-1.2	-3.87	1.22	1
A_5	4.84	0.99	0.3	2.46	1.88	0	-2.38	0.89	-0.3
F216	1.89	-1.02	-0.4	1.71	-3.36	-1	-0.18	-2.34	-0.6
A_6	3.24	3.03	1.1	3.13	1.48	-1.7	-0.11	-1.55	-2.8
Συστημ. σφάλμα	3.80	-0.30	-0.60	2.20	-0.60	-1.30	-1.50	-0.20	-0.60
Max σφάλμα	5.90	3.00	0.02	3.24	0.03	0.03	0.61	0.03	0.03
τυπ απόκλ	1.30	1.50	1.00	0.60	1.60	0.80	1.70	1.70	1.40

Πίνακας 9. 2: Σύγκριση των εικονοσυντεταγμένων των σημείων ελέγχου όπως προκύπτουν από την κάμερα του εικονογεωδαιτικού σταθμού, από τη ψηφιακή μηχανή Canon EOS και από τις τοπογραφικές μετρήσεις. Οι τιμές είναι σε cm.

Παρατηρείται σχετική μετατόπιση των σημείων, όπως προκύπτουν από τον εικονογεωδαιτικό σταθμό και την ψηφιακή κάμερα Canon, συγκριτικά με τις τοπογραφικές μετρήσεις των θέσεων τους, με μεγαλύτερη τιμή κατά τον άξονα των x (πίνακας 9.2). Συγκεκριμένα, το συστηματικό σφάλμα της μετατόπισης είναι για την περίπτωση του εικονογεωδαιτικού σταθμού 3.9cm, ενώ για την ψηφιακή μηχανή 2.3cm. Εξετάζοντας τις τυπικές αποκλίσεις των σημείων, προκύπτουν μικρότερες από 2cm, τιμές ικανοποιητικές τόσο για την κλίμακα απόδοσης όσο και από τις διαδικασίες λήψεις και επεξεργασίας των μετρήσεων.

Συνοψίζοντας, κατά την παραγωγή των ορθοφωτογραφιών παρατηρήθηκαν ορισμένες τμηματικές παραμορφώσεις. Στη περίπτωση παραγωγής τους με τη χρήση του εικονογεωδαιτικού σταθμού και του λογισμικού Image Master, οι παραμορφώσεις ήταν ιδιαίτερα έντονες, ενώ αντίθετα, με τη χρήση του φωτογραμμετρικού σταθμού Image Station SSK, ήταν σχετικά μικρές και μπορούσαν να διορθωθούν. Οι παραμορφώσεις αυτές οφείλονται στη δυσκολία απόδοσης του συγκεκριμένου αντικειμένου, εξαιτίας του έντονου αναγλύφου και των περίπλοκων στοιχείων που το συνθέτουν. Στη γενική περίπτωση παραγωγής ορθοφωτογραφιών σε περιπτώσεις γεωμετρικής τεκμηρίωσης μνημείων, οι δυσκολίες που προκύπτουν κατά την εφαρμογή της είναι ποικίλες. Ανάμεσά τους, η πολυπλοκότητα των μνημείων (μεγάλες κλίσεις και πολλά επίπεδα βάθους), η ύπαρξη επιφανειών παράλληλων στον άξονα λήψης της φωτομηχανής και ο μεγάλος αριθμός στερεομοντέλων, εξαιτίας των μικρών αποστάσεων λήψεων που απαιτούν οι περιορισμένοι χώροι και η περιορισμένη φωτοκάλυψη του αντικειμένου.

9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι τοπομετρικές και τοπογραφικές μέθοδοι προϋπήρχαν των φωτογραμμετρικών και τα προϊόντα αποτύπωσης περιορίζονταν μόνο σε γραμμικά σχέδια όψεων, κατόψεων, τοπογραφικών κ.α. Αργότερα, με την εξέλιξη των φωτογραμμετρικών συστημάτων εισάγονται στα τελικά προϊόντα οι μετρητικές φωτογραφίες και τα παράγωγά τους (ορθοφωτογραφίες, φωτομωσαϊκά κλπ.), καθώς και η εφαρμογή τους σε συνθετότερα μέσα απεικόνισης του χώρου, όπως στα συστήματα πληροφοριών χώρου, σε video-3D animation και σε άλλα μέσα που αποτελούν δευτερογενή παράγωγα αποτύπωσης. Τα τελευταία χρόνια, οι μέθοδοι αυτές, για τις περιπτώσεις αποτυπώσεων μνημείων είναι αλληλένδετες, ώστε να επιτυγχάνεται το βέλτιστο αποτέλεσμα με κριτήριο την οικονομία χρόνου και κόστους. Επιπλέον, οι φωτογραμμετρικές μέθοδοι εξαρτώνται από τις τοπογραφικές και δεν μπορούν να εφαρμοστούν από μόνες τους, καθώς απαιτείται τουλάχιστον ένα ελάχιστο ποσό τοπογραφικής πληροφορίας.

Έχουν γίνει πολλές συζητήσεις για την ανωτερότητα της φωτογραμμετρικής έναντι της τοπογραφικής μεθόδου και αντιστρόφως. Η εμπειρία όμως, μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι δεν υπάρχει καμία μέθοδος που να υπερτερεί έναντι της άλλης για όλες τις περιπτώσεις. Υπάρχει μια ποικιλία μεθόδων και κάθε φορά ένας προσεκτικός προγραμματισμός καθορίζει τη μέθοδο ή το συνδυασμό των μεθόδων που πρέπει να εφαρμοστούν για ένα ορθολογικό αποτέλεσμα. Η χρήση ενός εικονογεωδαιτικού σταθμού που συνδυάζει τις παραπάνω μεθόδους αποτύπωσης, αποτελεί μια καινοτομία στις διαδικασίες συλλογής δεδομένων για τη γεωμετρική τεκμηρίωση κατασκευών.

Η διαδικασία της απόδοσης της γεωμετρικής πληροφορίας, με όποια μέθοδο και αν επιλέγεται να πραγματοποιηθεί, περιέχει αβεβαιότητα και εμφανίζει δυσκολίες που εξαρτώνται τόσο από τη φύση του προς αποτύπωση αντικειμένου, όσο και από τα σφάλματα της ίδιας της μεθόδου και του αντίστοιχου εξοπλισμού που χρησιμοποιείται. Η γεωμετρική τεκμηρίωση του χριστιανικού ναού, που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, ήταν ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα των καταστάσεων που δύναται να αντιμετωπίσει ο μηχανικός στην περίπτωση αποτύπωσης μνημείου. Επιπλέον, η διερεύνηση των δυνατοτήτων του εικονογεωδαιτικού σταθμού GPT 7003i της TOPCON, για την απόδοση λεπτομερειών του ναού (όψη άμβωνα) συνέβαλε στον εντοπισμό βασικών προβλημάτων και αδυναμιών των διαδικασιών συλλογής στοιχείων με τη χρήση μιας νέας γενιάς οργάνων, η οποία βρίσκεται ακόμα σε «εμβρυακό» στάδιο.

Στις περιπτώσεις των τοπογραφικών μεθόδων αποτύπωσης, τα ζητήματα που ανακύπτουν είναι απόρροια λανθασμένου προγραμματισμού ή παράβλεψης συνθηκών που θα πρέπει να αντιμετωπίζονται κατά την πορεία των εργασιών. Τα ζητήματα αυτά δύναται να βρίσκουν λύση με ορθότερο προγραμματισμό και σωστότερη αντίληψη και αναγνώριση της προς αποτύπωση περιοχής, ιδιότητα που αποκτάται κυρίως με την εμπειρία. Στην περίπτωση της στερεοσκοπικής απόδοσης με τη χρήση εικονογεωδαιτικού σταθμού, οι δυσκολίες που παρουσιάζονται οφείλονται κατά βάση στους περιορισμούς που θέτουν τα χαρακτηριστικά του ίδιου του σταθμού. Επομένως, στηριζόμενοι στα προβλήματα που αντιμετωπίσαμε, οι βελτιώσεις που μπορούμε να προτείνουμε ώστε να αυξηθεί η ποιότητα και η ακρίβεια των τελικών προϊόντων, είναι η ενσωμάτωση μιας ψηφιακής μηχανής στο σώμα του σταθμού με περισσότερες δυνατότητες (υψηλότερη ανάλυση, ρύθμιση φωτομέτρησης, ευστάθεια εσωτερικής γεωμετρίας) και μεγαλύτερη ευχρηστία κατά το χειρισμό του (δυνατότητες ελαχιστοποίησης παραθύρων, βελτιώσεις στο λογισμικό του οργάνου, μείωση βάρους και όγκου κ.α.).

Κλείνοντας την συγκεκριμένη διπλωματική εργασία θα ήθελα να τονίσω πως παρά το γεγονός, ότι οι εικονογεωδαιτικοί σταθμοί συνδυάζουν πλήθος δυνατοτήτων, δεν αποτελούν καινοτομία από άποψη τεχνικών χαρακτηριστικών αλλά ούτε και μεθοδολογίας. Είναι πιθανώς λανθασμένη η εντύπωση πως οι σταθμοί αυτοί και η εξέλιξη τους θα επιφέρει ριζικές αλλαγές στον τομέα των αποτυπώσεων και της γεωμετρικής τεκμηρίωσης. Εξάλλου, οι δυνατότητες που παρέχουν, μπορούν ευκόλως να αντικατασταθούν από μεμονωμένα όργανα (ένα κοινό total station και μία

απλή ψηφιακή μηχανή), με μεγαλύτερη ευχρηστία κατά τις εργασίες υπαίθρου, καλύτερες ακρίβειες και χαμηλότερη τιμή. Όμως, η εφαρμογή κάθε καινούριας ιδέας και η δημιουργία νέων οργάνων είναι μία θετική κίνηση. Η δυνατότητα εξέλιξης τους και η προσαρμογή τους στην επίλυση συγκεκριμένων προβλημάτων, που τίθενται στην πράξη, είναι ουσιαστικά οι κατευθυντήριοι άξονες που θα ανοίξουν τον δρόμο της επιβολής τους στην καθημερινή πρακτική της γεωμετρικής τεκμηρίωσης μνημείων ή γενικότερα κατασκευών.

BIBLIOΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Reiterer, A.** 2006, "A Semi-automatic Image-based Measurement System", *IAPRS*, Vol. XXXVI, Part 5: 260-5, Dresden, 25-27 September
- Walser, B. b** 2004, *Development and Calibration of an Image Assisted Total Station*, Zurich, Swiss Federal Institute of Technology (Unpublished Dissertation)
- Zhang Z., Zheng S., Zhan Z.** 2004, "Digital Terrestrial Photogrammetry with Photo Total Station", *ISPRS*, Vol. XXXV, Part B5: 232-7, Istanbul 12-23 July

Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία

- Γκανιάς, Κ.** 2006, *Η αναβάθμιση της περιοχής του Ψυρή*, Αθήνα: Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα οικιακής οικονομίας και οικολογίας, Πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών «βιώσιμης ανάπτυξης», (μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία)
- Ευελπίδου, Ν.** 2001, *Γεωμορφολογικές και Περιβαλλοντικές παρατηρήσεις στη νήσο Νάξο, με τη χρησιμοποίηση μεθόδων Τηλεανίχνευσης και G.I.S*, Αθήνα: Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Γεωγραφίας-Κλιματολογίας, (διδακτορική διατριβή)
- Θεουλάκης, Κ.** 2008, *Αξιολόγηση Ποιότητας Εικόνων από Ψηφιακές Μηχανές και Πειραματικό Έλεγχο*, Αθήνα: Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ, (μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία)
- Ιωακείμ, Σ.** 2008, *Γεωμετρική Τεκμηρίωση Ι. Ναού Αγίου Γεωργίου Νικοξυλίτη στη Δρυσια*, Αθήνα: Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ, διπλωματική εργασία)
- Κρασανάκης Β.** 2008, *Σύνταξη Προγράμματος Αυτοβαθμονόμησης Ψηφιακής Μηχανής με Χρήση Πολλαπλών Εικόνων*, Αθήνα: Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ, (προπτυχιακή εργασία)
- Kraus, K., Φωτογραμμετρία, 2003. Τόμος 1: Βασικές έννοιες και μέθοδοι. Ελεύθερη μετάφραση από το Γερμανικό πρωτότυπο στα Ελληνικά: Ε. Βοζίκης, Α. Γεωργόπουλος, Εκδόσεις Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, Αθήνα.
- Μπαράκου, Α.** 2008, *Μονοεικονική Αξιοποίηση των Ψηφιακών Απεικονίσεων Εικονογεωδαιτικού Σταθμού TOPCON GPT-7003i*, Αθήνα: Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ, (διπλωματική εργασία)
- Μπίρης, Κ.** 1966, *Αι Αθήναι*, Αθήνα: Μέλισσα
- Νάτσης, Σ.** 2008, *Σύνταξη Λογισμικού για την Εφαρμογή Εναλλακτικής Μεθόδου Παραγωγής Ψηφιακής Ορθοφωτογραφίας*, Αθήνα: Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ, (διπλωματική εργασία)
- Πατιάς, Π.** 1991, *Εισαγωγή στην Φωτογραμμετρία*, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζήτη
- Σαμαρά, Α.** 2004, *Διερεύνηση Βαθμονόμησης Ψηφιακής Μηχανής*, Αθήνα: Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ, μεταπτυχιακό πρόγραμμα γεωπληροφορικής (μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία)

Άρθρα στον Ημερήσιο Τύπο, Περιοδικά και Ιστοσελίδες

- Μπαντέκας, Ι.** 1989, «Ολοκληρωμένη θεώρηση των αρχιτεκτονικών αποτυπώσεων», αρχαιολογία και τέχνες, τεύχος 30: 74-81, Μάρτιος
- Ρουμπιέν, Δ.** 2002, «Η άγνωστη ιστορία της νεότερης Αθήνας. Η προσωρινή στέγαση των Δημόσιων λειτουργιών της νέας πρωτεύουσας το 1834», αρχαιολογία και τέχνες, τεύχος 85: 78-86, Δεκέμβριος

Διαδίκτυο

- ✓ Link 1, <http://www.minenv.gr/1/11/112/11203/g1120301.html>, Τελευταία επίσκεψη: 20 Ιουλίου 2009
- ✓ Link 2, http://el.wikipedia.org/wiki/Κωνσταντίνος_Φανέλλης, Τελευταία επίσκεψη: 20 Ιουλίου 2009
- ✓ Link 3, http://www.digitalphotos.gr/site/article/eos_1d_mark_iii/, Τελευταία επίσκεψη: 20 Ιουλίου 2009
- ✓ Link 4, http://el.wikipedia.org/wiki/Πυθμός_της_Βασιλικής, Τελευταία επίσκεψη: 20 Ιουλίου 2009
- ✓ Link 5, <http://www.treecomp.gr/index.asp-C=3&S=24&newID=49.htm>, Τελευταία επίσκεψη: 20 Ιουλίου 2009
- ✓ Link 6, http://www.earldudley.com/Topcon%20Instrument%20PDF/Total%20Stations/TOTAL%20STATIONS/GPT7000_Broch_REVA_04.pdf, Τελευταία επίσκεψη: 20 Ιουλίου 2009
- ✓ Link 7, http://www.topconatwork.com/PDFs/TAW_SR_ENGGlobal.pdf, Τελευταία επίσκεψη: 20 Ιουλίου 2009
- ✓ Link 8, http://www.bouwlasers.nl/images/pdfdocs/gpt_7000i.pdf, Τελευταία επίσκεψη: 20 Ιουλίου 2009
- ✓ Link 9, <http://www.clearymachinery.com/pdf/gpt7000i.pdf>, Τελευταία επίσκεψη: 20 Ιουλίου 2009
- ✓ Link 10, http://www.topcon.co.jp/eng/positioning/pdf/gpt-7000i_e.pdf, Τελευταία επίσκεψη: 20 Ιουλίου 2009

Εγχειρίδια Χρήσης

Image Master, Topcon, Operation manual

Image Master Pro, Topcon, Quick Start Training Guide

PI-Calib, Topcon, Operation Manual Camera Calibration Software

R-300X series, Pentax, Operation Manual Pentax Total surveying solutions (R-322NX, R-323NX, R-325NX, R-335NX, R-315NX, R-322EX, R-323EX, R-325EX, R-335EX, R-315EX, R-326EX)

Topcon Link, Topcon, Data Import/ Export Data, Reference manual

TPS700, Leica, Operation Manual

Λοιπές Πηγές

Γεωργόπουλος, Α. 2008-2009, «Φωτογραμμετρία I- εισαγωγή στην φωτογραμμετρία», διαλέξεις μαθήματος 5^{ου} εξαμήνου, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, Τεύχος 2^ο, Αριθμός φύλλου 73, 21 Ιανουαρίου 2004, αποφάσεις Αριθ. ΥΠΠΟ/ΓΔΑΠΚ/ΑΡΧ/Β1/Φ26/74822/5901, Χαρακτηρισμός ως νεότερου μνημείου του Ιερού Ναού της Γέννησης του Χριστού του επονομαζόμενου Χριστοκοπίδη στην περιοχή Ψυρρή στην Αθήνα.

Παπανικολάου Κρίστενσεν, Α. Κείμενο αναφορικά με τα αρχαιολογικά στοιχεία του ναού

Ρωσσικόπουλος, Δ. 1997, «Βαθμονόμηση και έλεγχος ακρίβειας γεωδαιτικών οργάνων», σημειώσεις για το μάθημα “Τεχνολογία Γεωδαιτικών - Τοπογραφικών - Φωτογραμμετρικών οργάνων αποτύπωσης” του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Γεωπληροφορικής, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

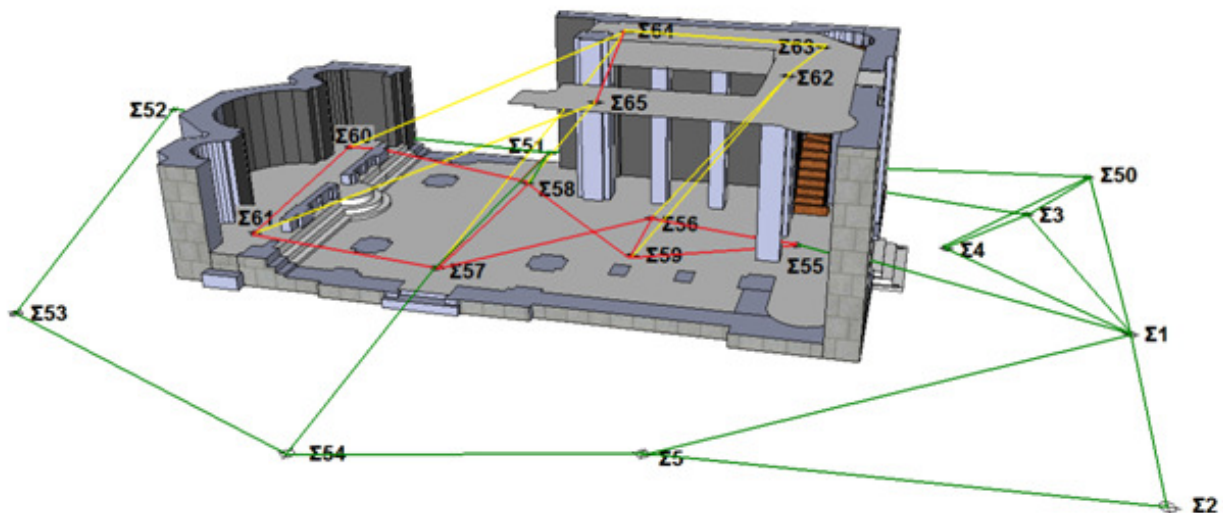
Τομακίδης, Κ. 2004, «Αποτυπώσεις μνημείων». Σημειώσεις μαθημάτων 7^ο εξάμηνο, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

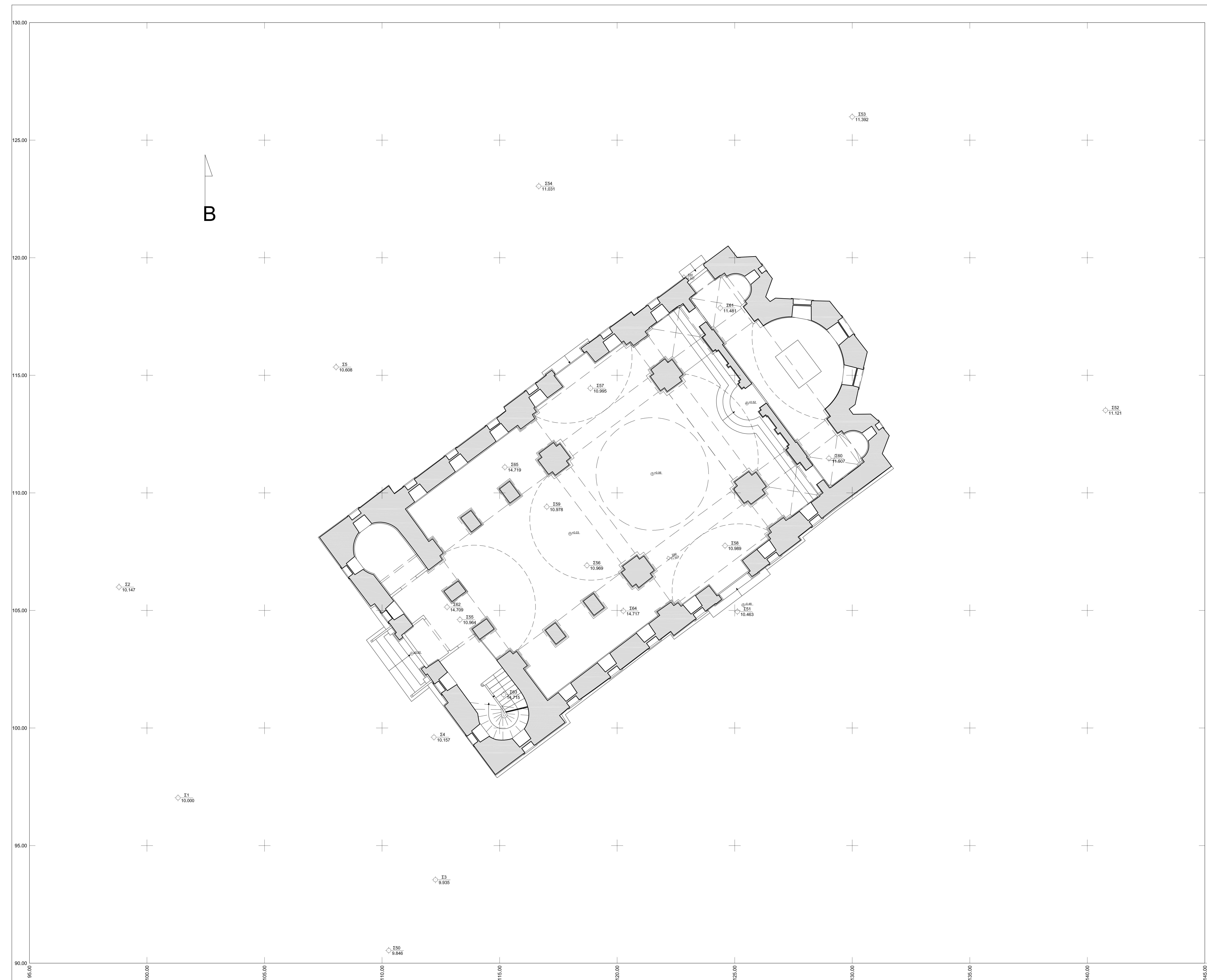
«Γεωμετρική τεκμηρίωση του Ι. Ν. Γέννησης του Χριστού – Διερεύνηση δυνατοτήτων του εικονογεωδαιτικού σταθμού GPT-7003i της TOPCON»

ΤΕΥΧΟΣ Β: ΤΕΛΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ



Τριάντου Ελευθερία
Επιβλέπων Καθηγητής: Ιωαννίδης Χαράλαμπος

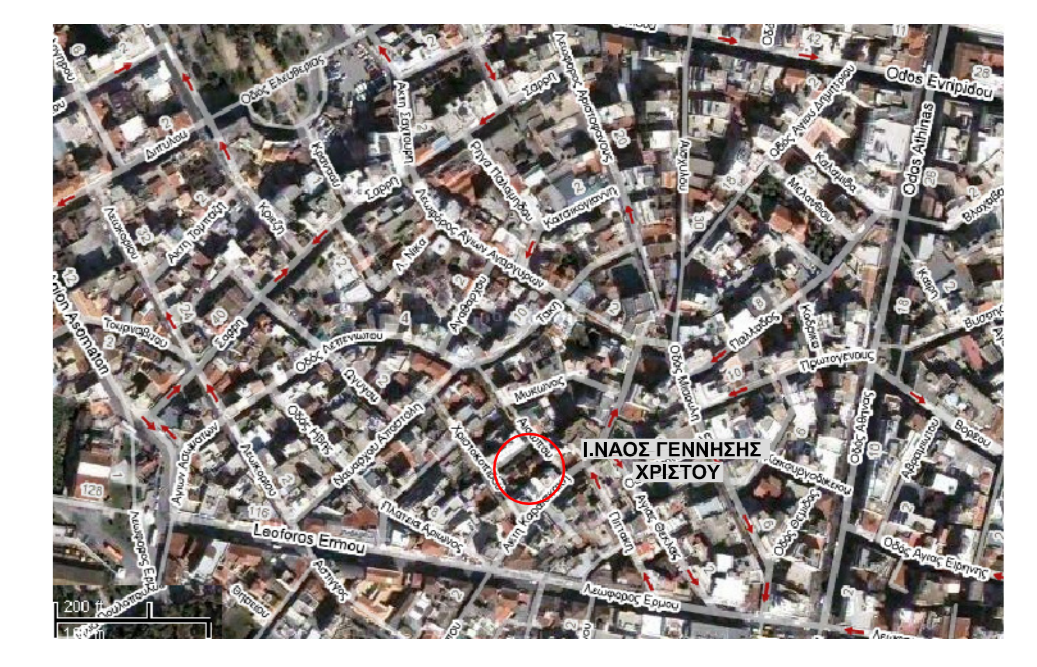
Αθήνα 2009



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

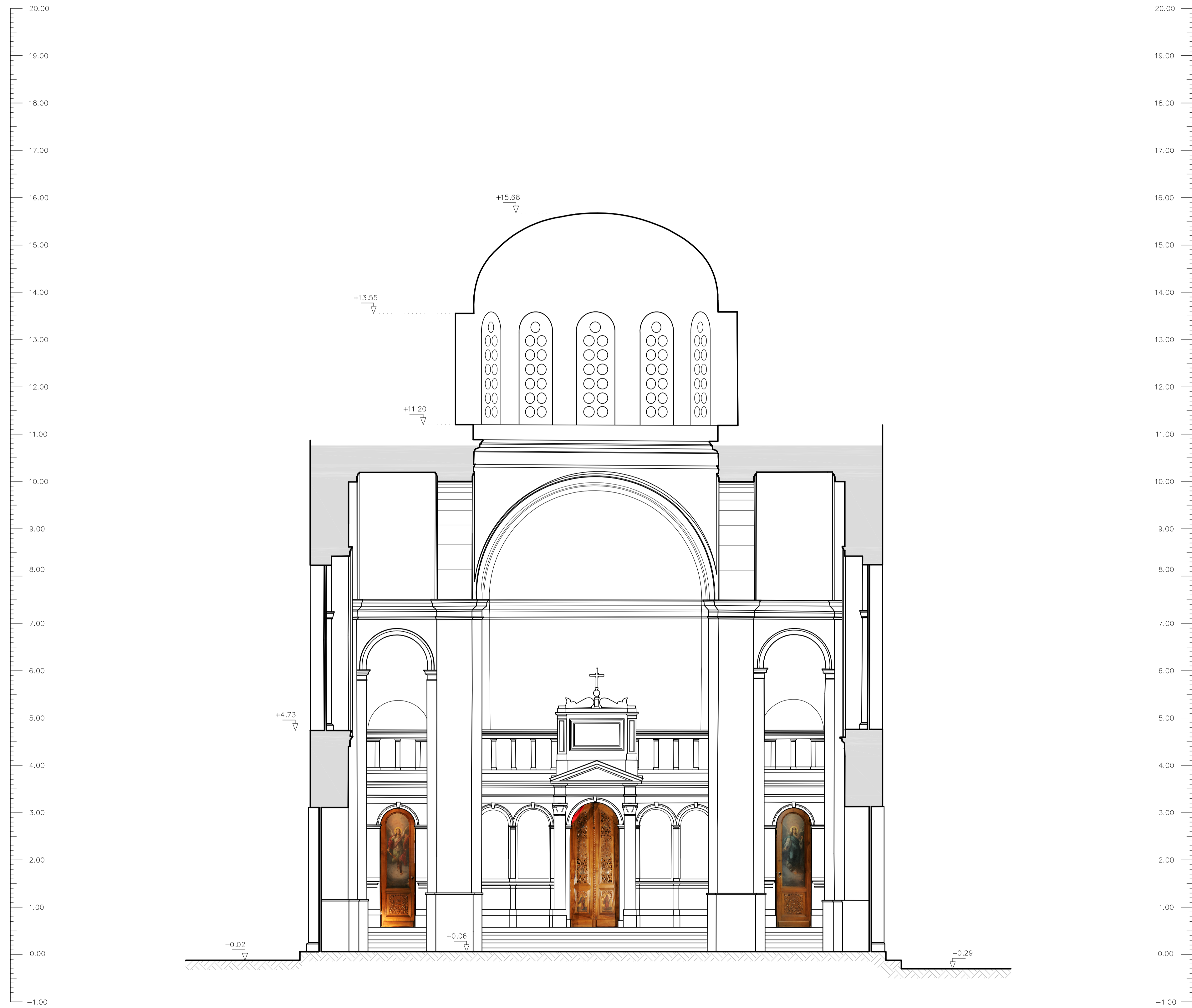
- Σ1
10.000
ΠΟΛΥΓΩΝΟΜΕΤΡΙΚΟ ΣΗΜΕΙΟ
- Σ10.00
ΣΧΕΤΙΚΑ ΥΨΟΜΕΤΡΑ
- ΤΟΜΗ
- ΠΡΟΒΑΛΟΜΕΝΑ ΚΑΤΩ
- ΠΡΟΒΑΛΟΜΕΝΑ ΑΝΩ
- ΚΑΤΑΚΛΙΣΗ ΘΩΛΩΝ

ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΟΔΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ
(Πηγή: maps.google.com)



Παρατήρηση: 1) Η αποτύπωση έγινε σε τοπικό σύστημα αναφοράς.
2) Η αβεβαιότητα των σχετικών υψομέτρων είναι στο κατώφλι της κεντρικής εισόδου.
3) Οι εργασίες υπαίθρου έγιναν σε συνεργασία με την Διεύθυνση Τοπογραφίσεων, Φωτογραμμετρίας και Κτηματολογίου του Υπ. Πολιτισμού

ΦΟΡΕΑΣ	ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑΣ	
ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΙΕΡΟΥ ΝΑΟΥ ΓΕΝΝΗΣΕΩΣ ΤΟΥ ΧΡΙΣΤΟΥ ΠΛΑΤΕΙΑ ΧΡΙΣΤΟΚΟΠΙΔΟΥ, ΨΥΡΡΗ ΔΗΜΟΣ ΑΘΗΝΑΙΩΝ	
ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:	ΚΑΤΟΨΗ	
Αρ. Σχ.	K1	
ΚΛΙΜΑΚΑ:	1:50	
ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΤΗΣ	ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΤΗΣ	
Η ΣΥΝΤΑΞΑΣΑ	ΤΡΙΑΝΤΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ	
ΟΜΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΥΠΑΙΘΡΟΥ	ΠΑΤΑΝΗΣ ΚΩΝΣΤΟΣ ΜΟΥΚΟΥΛΗΣ ΠΑΥΛΟΣ ΜΠΑΚΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΚΑΡΑΚΑΣΙΩΝ ΣΟΦΙΑ ΤΣΑΚΟΥ ΕΥΘΥΜΙΑ ΤΡΙΑΝΤΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ ΤΣΙΓΓΙΑΝΝΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ	ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ - ΕΛΤΙ Ε.Μ.Π. ΑΓΡ. ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Ε.Μ.Π. ΥΠΟΧΡΗΘΗΣ ΔΙΔΑΚΤΩΡ Ε.Μ.Π. ΑΓΡ. ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Ε.Μ.Π. - Μεσ - ΥΠΠΟ ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΓΕ. - ΥΠΠΟ ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΓΕ. - ΥΠΠΟ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ ΑΓΡ. ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Ε.Μ.Π. ΦΟΙΤΗΤΗΣ Τ.Ε.Ι. ΑΘΗΝΩΝ - ΤΜΗΜΑ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	ΙΩΑΝΝΙΔΗΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.	



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- ΣΤΑΘΜΗ ΣΧΕΤΙΚΩΝ ΥΨΟΜΕΤΡΩΝ
- ΤΟΜΗ
- ΤΟΙΧΟΣ
- ΕΔΑΦΟΣ

Παρατήρηση: 1) Η αποτύπωση έγινε σε τοπικό σύστημα αναφοράς
 2) Η αφετηρία των σχετικών υψομέτρων είναι στο κατώφλι της κεντρικής εισόδου
 3) Οι εργασίες υπαίθρου έγιναν σε συνεργασία με την Διεύθυνση Τοπογραφίσεων, Φωτογραμμετρίας και Κτηματολογίου του Υπ. Πολιτισμού

ΦΟΡΕΑΣ	ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑΣ	
ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΙΕΡΟΥ ΝΑΟΥ ΓΕΝΝΗΣΕΩΣ ΤΟΥ ΧΡΙΣΤΟΥ ΠΛΑΤΕΙΑ ΧΡΙΣΤΟΚΟΠΙΔΟΥ, ΨΥΡΡΗ ΔΗΜΟΣ ΑΘΗΝΑΙΩΝ	
ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:	ΟΨΗ / ΤΟΜΗ	
Αρ. Σχ.	T1	
ΚΛΙΜΑΚΑ:	1:50	
ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2009 ΑΘΗΝΑ		
Η ΣΥΝΤΑΞΑΣΑ	ΤΡΙΑΝΤΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ	
ΟΜΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΥΠΑΙΘΡΟΥ	ΠΑΓΑΝΗΣ ΚΩΝΙΝΟΣ ΜΟΥΚΟΥΛΗΣ ΠΟΛΥΒΙΟΣ ΚΑΡΑΚΑΣΙΔΗ ΣΟΦΙΑ ΤΣΑΚΟΥ ΕΥΘΥΜΙΑ ΤΡΙΑΝΤΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ ΤΣΙΛΙΓΙΑΝΝΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ	ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ - ΕΔΤΠ Ε.Μ.Π. ΑΓΡ. ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Ε.Μ.Π ΥΠΟΨΗΦΙΟΣ ΔΙΔΑΚΤΩΡ Ε.Μ.Π. ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΠΕ. - ΥΠΠΟ ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΠΕ. - ΥΠΠΟ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ ΑΓΡ. ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Ε.Μ.Π. ΦΟΙΤΗΤΗΣ Τ.Ε.Ι. ΑΘΗΝΩΝ - ΤΜΗΜΑ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	ΙΩΑΝΝΙΔΗΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

±0.00
▽

— ΤΟΜΗ

■ ΤΟΙΧΟΣ

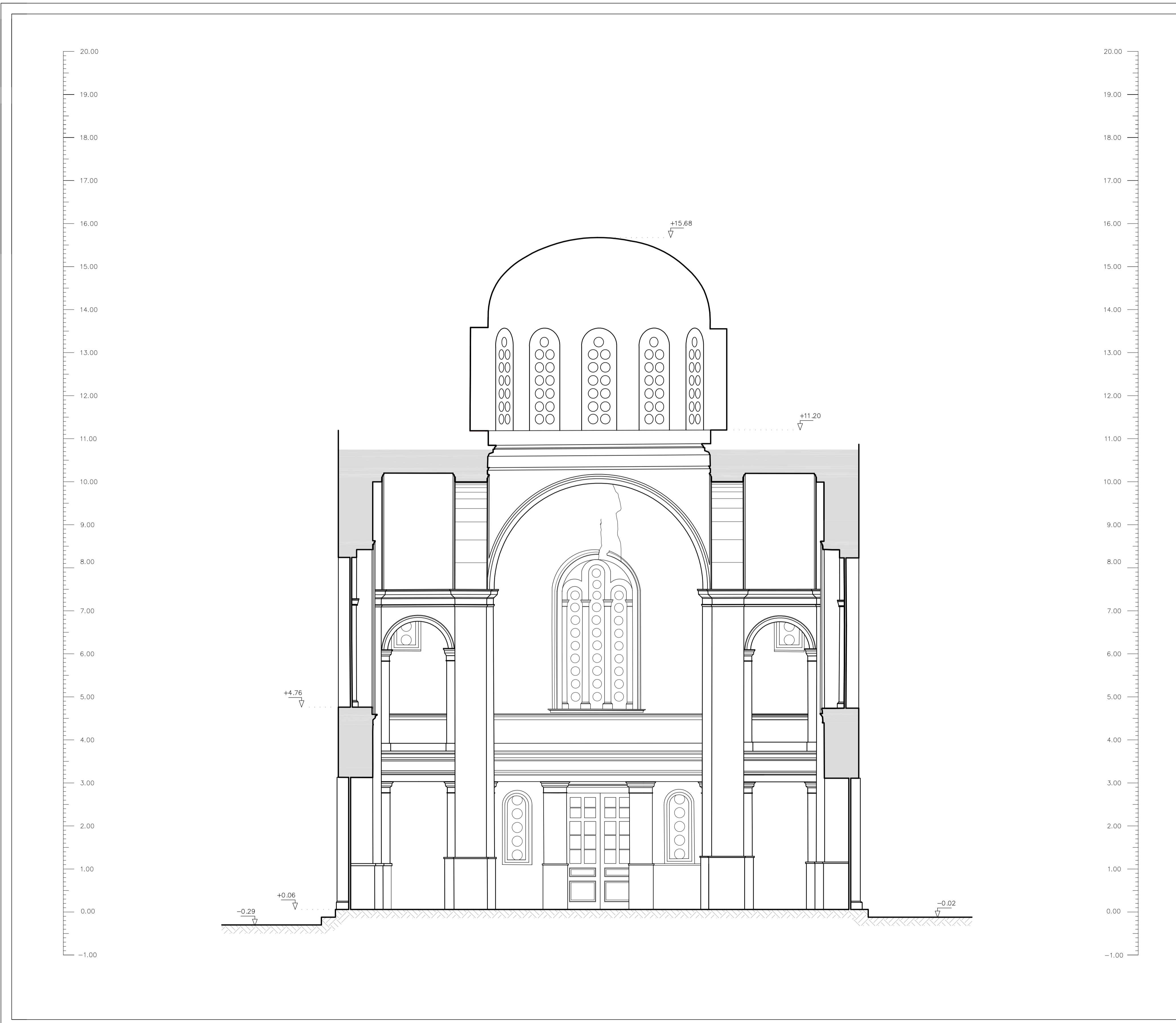
▨ ΕΔΑΦΟΣ

~ ΡΩΓΜΗ

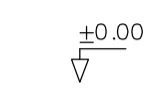
ΣΤΑΘΜΗ ΣΧΕΤΙΚΩΝ ΥΨΟΜΕΤΡΩΝ

Παρατήρηση: 1) Η αποτύπωση έγινε σε τοπικό σύστημα αναφοράς
 2) Η αφετηρία των σχετικών υψομέτρων είναι στο κατώφλι της κεντρικής εισόδου
 3) Οι εργασίες υπαίθρου έγιναν σε συνεργασία με την Διεύθυνση Τοπογραφείων, Φωτογραμμετρίας και Κτηματολογίου του Υπ. Πολιτισμού

ΦΟΡΕΑΣ	ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑΣ
ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΙΕΡΟΥ ΝΑΟΥ ΓΕΝΝΗΣΕΩΣ ΤΟΥ ΧΡΙΣΤΟΥ ΠΛΑΤΕΙΑ ΧΡΙΣΤΟΚΟΠΙΔΟΥ, ΨΥΡΡΗ ΔΗΜΟΣ ΑΘΗΝΑΙΩΝ
ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:	ΟΨΗ / ΤΟΜΗ
Αρ. Σχ. T2	
ΚΛΙΜΑΚΑ: 1:50	
ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2009 ΑΘΗΝΑ	
Η ΣΥΝΤΑΞΕΑΣΑ	ΤΡΙΑΝΤΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ
ΟΜΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΥΠΑΙΘΡΟΥ	ΠΑΓΑΝΗΣ ΚΩΝΝΟΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ - ΕΔΤΠ Ε.Μ.Π. ΜΟΥΚΟΥΛΗΣ ΠΟΛΥΒΙΟΣ ΑΓΡ. ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Ε.Μ.Π. ΥΠΟΨΗΦΙΟΣ ΔΙΔΑΚΤΩΡ Ε.Μ.Π. ΚΑΡΑΚΑΣΙΔΗ ΣΟΦΙΑ ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΠΕ. - ΥΠΠΟ ΤΣΑΚΟΥ ΕΥΘΥΜΙΑ ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΠΕ. - ΥΠΠΟ ΤΡΙΑΝΤΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ ΑΓΡ. ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Ε.Μ.Π. ΤΣΙΛΙΓΙΑΝΝΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΦΟΙΤΗΤΗΣ Τ.Ε.Ι. ΑΘΗΝΩΝ - ΤΜΗΜΑ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	ΙΩΑΝΝΙΔΗΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.

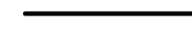


ΥΠΟΜΝΗΜΑ




±0.00
▽

ΣΤΑΘΜΗ ΣΧΕΤΙΚΩΝ ΥΨΟΜΕΤΡΩΝ




ΤΟΜΗ

ΤΟΙΧΟΣ




ΤΟΙΧΟΣ

ΕΔΑΦΟΣ



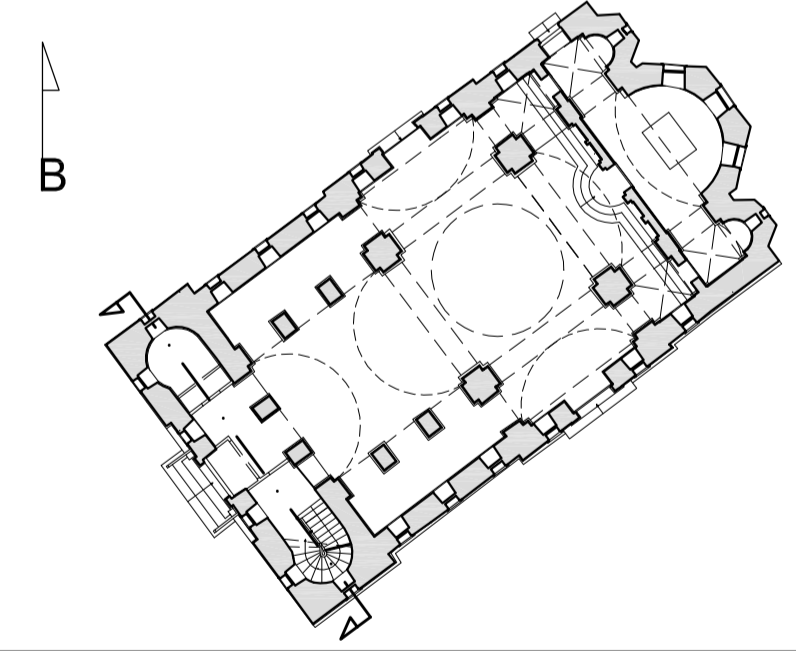
ΕΔΑΦΟΣ

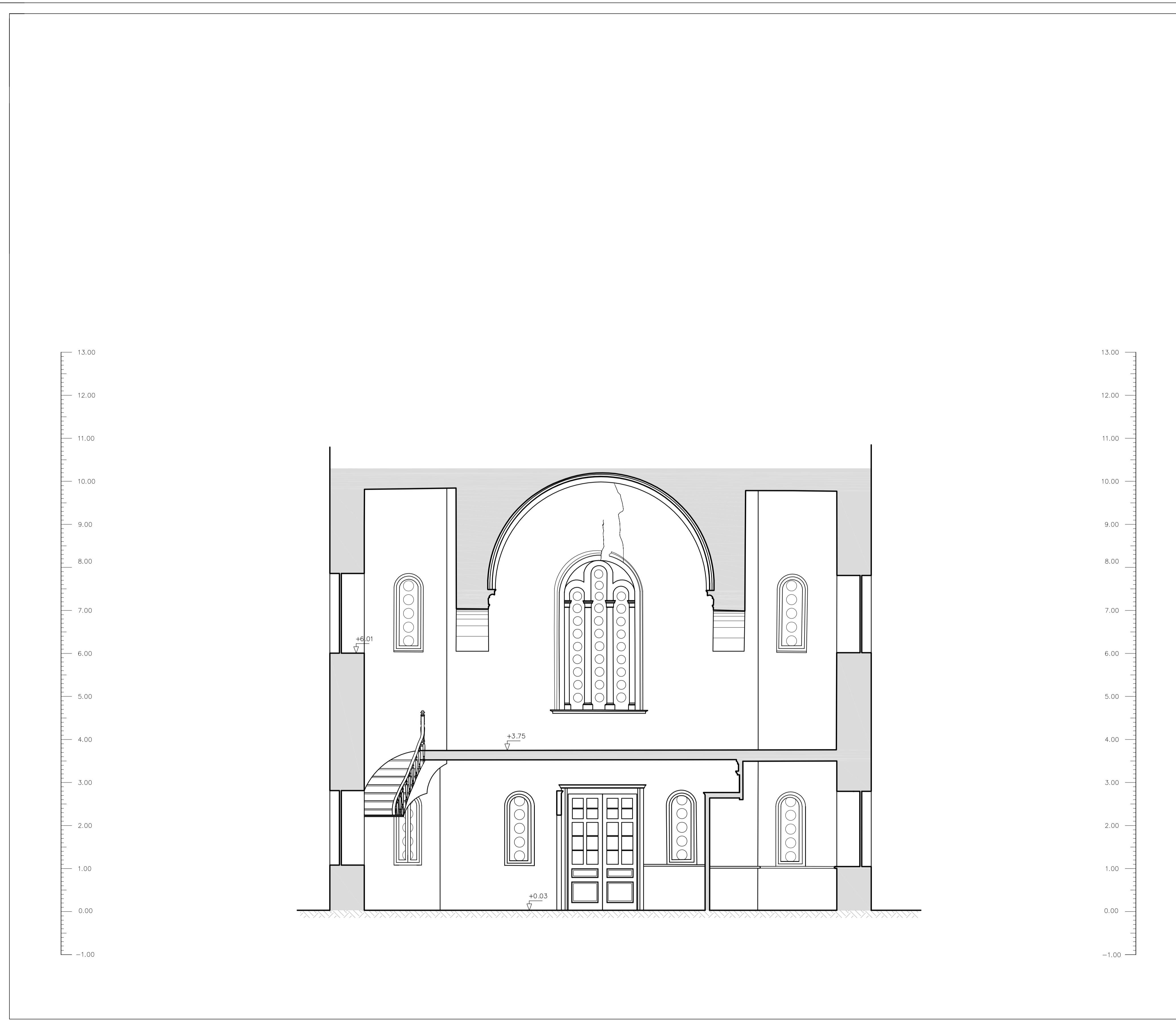
ΡΩΓΜΗ



ΡΩΓΜΗ

Παρατήρηση: 1) Η αποτύπωση έγινε σε τοπικό σύστημα αναφοράς
 2) Η αφετηρία των σχετικών υψομέτρων είναι στο κατώφλι της κεντρικής εισόδου
 3) Οι εργασίες υπαίθρου έγιναν σε συνεργασία με την Διεύθυνση Τοπογραφίσεων, Φωτογραμμετρίας και Κτηματολογίου του Υπ. Πολιτισμού

ΦΟΡΕΑΣ	ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑΣ												
ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΙΕΡΟΥ ΝΑΟΥ ΓΕΝΝΗΣΕΩΣ ΤΟΥ ΧΡΙΣΤΟΥ ΠΛΑΤΕΙΑ ΧΡΙΣΤΟΚΟΠΙΔΟΥ, ΨΥΡΡΗ ΔΗΜΟΣ ΑΘΗΝΑΙΩΝ												
ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:	ΟΨΗ / ΤΟΜΗ												
Αρ. Σχ. T3													
ΚΛΙΜΑΚΑ: 1:50													
ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2009 ΑΘΗΝΑ													
Η ΣΥΝΤΑΞΑΣΑ	ΤΡΙΑΝΤΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ												
ΟΜΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΥΠΑΙΘΡΟΥ	<table style="width: 100%; font-size: x-small;"> <tr> <td>ΠΑΓΑΝΗΣ ΚΩΝΙΝΟΣ</td> <td>ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ - ΕΔΤΠ Ε.Μ.Π.</td> </tr> <tr> <td>ΜΟΥΚΟΥΛΗΣ ΠΟΛΥΒΙΟΣ</td> <td>ΑΓΡ. ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Ε.Μ.Π. ΥΠΟΨΗΦΙΟΣ ΔΙΔΑΚΤΩΡ Ε.Μ.Π.</td> </tr> <tr> <td>ΚΑΡΑΚΑΣΙΔΗ ΣΟΦΙΑ</td> <td>ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΠΕ. - ΥΠΠΟ</td> </tr> <tr> <td>ΤΣΑΚΟΥ ΕΥΘΥΜΙΑ</td> <td>ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΠΕ. - ΥΠΠΟ</td> </tr> <tr> <td>ΤΡΙΑΝΤΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ</td> <td>ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ ΑΓΡ. ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Ε.Μ.Π.</td> </tr> <tr> <td>ΤΣΙΛΙΓΙΑΝΝΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ</td> <td>ΦΟΙΤΗΤΗΣ Τ.Ε.Ι. ΑΘΗΝΩΝ - ΤΜΗΜΑ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ</td> </tr> </table>	ΠΑΓΑΝΗΣ ΚΩΝΙΝΟΣ	ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ - ΕΔΤΠ Ε.Μ.Π.	ΜΟΥΚΟΥΛΗΣ ΠΟΛΥΒΙΟΣ	ΑΓΡ. ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Ε.Μ.Π. ΥΠΟΨΗΦΙΟΣ ΔΙΔΑΚΤΩΡ Ε.Μ.Π.	ΚΑΡΑΚΑΣΙΔΗ ΣΟΦΙΑ	ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΠΕ. - ΥΠΠΟ	ΤΣΑΚΟΥ ΕΥΘΥΜΙΑ	ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΠΕ. - ΥΠΠΟ	ΤΡΙΑΝΤΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ	ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ ΑΓΡ. ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Ε.Μ.Π.	ΤΣΙΛΙΓΙΑΝΝΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ	ΦΟΙΤΗΤΗΣ Τ.Ε.Ι. ΑΘΗΝΩΝ - ΤΜΗΜΑ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΠΑΓΑΝΗΣ ΚΩΝΙΝΟΣ	ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ - ΕΔΤΠ Ε.Μ.Π.												
ΜΟΥΚΟΥΛΗΣ ΠΟΛΥΒΙΟΣ	ΑΓΡ. ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Ε.Μ.Π. ΥΠΟΨΗΦΙΟΣ ΔΙΔΑΚΤΩΡ Ε.Μ.Π.												
ΚΑΡΑΚΑΣΙΔΗ ΣΟΦΙΑ	ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΠΕ. - ΥΠΠΟ												
ΤΣΑΚΟΥ ΕΥΘΥΜΙΑ	ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΠΕ. - ΥΠΠΟ												
ΤΡΙΑΝΤΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ	ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ ΑΓΡ. ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Ε.Μ.Π.												
ΤΣΙΛΙΓΙΑΝΝΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ	ΦΟΙΤΗΤΗΣ Τ.Ε.Ι. ΑΘΗΝΩΝ - ΤΜΗΜΑ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ												
ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	ΙΩΑΝΝΙΔΗΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.												





ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- ΣΤΑΘΜΗ ΣΧΕΤΙΚΩΝ ΥΨΟΜΕΤΡΩΝ
- ΤΟΜΗ
- ΤΟΙΧΟΣ
- ΕΔΑΦΟΣ

Παρατήρηση: 1) Η αποτύπωση έγινε σε τοπικό σύστημα αναφοράς
 2) Η αφετηρία των σχετικών υψομέτρων είναι στο κατώφλι της κεντρικής εισόδου
 3) Οι εργασίες υπαίθρου έγιναν σε συνεργασία με την Διεύθυνση Τοπογραφίσεων, Φωτογραμμετρίας και Κινηματολογίου του Υπ. Πολιτισμού

ΦΟΡΕΑΣ	ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑΣ	
ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΙΕΡΟΥ ΝΑΟΥ ΓΕΝΝΗΣΕΩΣ ΤΟΥ ΧΡΙΣΤΟΥ ΠΛΑΤΕΙΑ ΧΡΙΣΤΟΚΟΠΙΔΟΥ, ΨΥΡΡΗ ΔΗΜΟΣ ΑΘΗΝΑΙΩΝ	
ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:	ΟΨΗ / ΤΟΜΗ	
Αρ. Σχ. T4		
ΚΛΙΜΑΚΑ: 1:50		
ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2009 ΑΘΗΝΑ		
Η ΣΥΝΤΑΞΑΣΑ	ΤΡΙΑΝΤΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ	
ΟΜΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΥΠΑΙΘΡΟΥ	ΠΑΓΑΝΗΣ ΚΩΝΣΤΟΣ	ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ - ΕΔΤΠ Ε.Μ.Π.
	ΜΟΥΚΟΥΛΗΣ ΠΟΛΥΒΙΟΣ	ΑΓΡ. ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Ε.Μ.Π. ΥΠΟΨΗΦΙΟΣ ΔΙΔΑΚΤΩΡ Ε.Μ.Π.
	ΚΑΡΑΚΑΣΙΔΗ ΣΟΦΙΑ	ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΠΕ. - ΥΠΠΟ
	ΤΣΑΚΟΥ ΕΥΘΥΜΙΑ	ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΠΕ. - ΥΠΠΟ
	ΤΡΙΑΝΤΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ	ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ ΑΓΡ. ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Ε.Μ.Π.
ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	ΙΩΑΝΝΙΔΗΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ	ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- ±0.00 ΣΤΑΘΜΗ ΣΧΕΤΙΚΩΝ ΥΨΟΜΕΤΡΩΝ
- ΤΟΜΗ
- ΤΟΙΧΟΣ
- ▨ ΕΔΑΦΟΣ

Παρατήρηση: 1) Η αποτύπωση έγινε σε τοπικό σύστημα αναφοράς
 2) Η αφετηρία των σχετικών υψομέτρων είναι στο κατώφλι της κεντρικής εισόδου
 3) Οι εργασίες υπαίθρου έγιναν σε συνεργασία με την Διεύθυνση Τοπογραφίσεων, Φωτογραμμετρίας και Κτηματολογίου του Υπ. Πολιτισμού

ΦΟΡΕΑΣ	ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑΣ	
ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΙΕΡΟΥ ΝΑΟΥ ΓΕΝΝΗΣΕΩΣ ΤΟΥ ΧΡΙΣΤΟΥ ΠΛΑΤΕΙΑ ΧΡΙΣΤΟΚΟΠΙΔΟΥ, ΨΥΡΡΗ ΔΗΜΟΣ ΑΘΗΝΑΙΩΝ	
ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:	ΟΨΗ / ΤΟΜΗ	
Αρ. Σχ.	T5	
ΚΛΙΜΑΚΑ:	1:50	
ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2009 ΑΘΗΝΑ		
Η ΣΥΝΤΑΞΑΣΑ	ΤΡΙΑΝΤΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ	
ΟΜΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΥΠΑΙΘΡΟΥ	ΠΑΓΑΝΗΣ ΚΩΝΝΟΣ ΜΟΥΚΟΥΛΗΣ ΠΟΛΥΒΙΟΣ ΚΑΡΑΚΑΣΙΔΗ ΣΟΦΙΑ ΤΣΑΚΟΥ ΕΥΘΥΜΙΑ ΤΡΙΑΝΤΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ ΤΣΙΓΓΙΑΝΝΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ	ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ - ΕΔΤΠ Ε.Μ.Π. ΑΓΡ. ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Ε.Μ.Π. ΥΠΟΨΗΦΙΟΣ ΔΙΔΑΚΤΩΡ Ε.Μ.Π. ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΠΕ. - ΥΠΠΟ ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΠΕ. - ΥΠΠΟ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ ΑΓΡ. ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Ε.Μ.Π. ΦΟΙΤΗΤΗΣ Τ.Ε.Ι. ΑΘΗΝΩΝ - ΤΜΗΜΑ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	ΙΩΑΝΝΙΔΗΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- ±0.00
▽ ΣΤΑΘΜΗ ΣΧΕΤΙΚΩΝ ΥΨΟΜΕΤΡΩΝ
- ΤΟΜΗ
- ΤΟΙΧΟΣ
- ▨ ΕΔΑΦΟΣ

Παρατήρηση: 1) Η αποτύπωση έγινε σε τοπικό σύστημα αναφοράς
2) Η αφετηρία των σχετικών υψομέτρων είναι στο κατώφλι της κεντρικής εισόδου
3) Οι εργασίες υπαίθρου έγιναν σε συνεργασία με την Διεύθυνση Τοπογραφείων, Φωτογραμμετρίας και Κτηματολογίου του Υπ. Πολιτισμού



ΦΟΡΕΑΣ	ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑΣ	
ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΙΕΡΟΥ ΝΑΟΥ ΓΕΝΝΗΣΕΩΣ ΤΟΥ ΧΡΙΣΤΟΥ ΠΛΑΤΕΙΑ ΧΡΙΣΤΟΚΟΠΙΔΟΥ, ΨΥΡΡΗ ΔΗΜΟΣ ΑΘΗΝΑΙΩΝ	
ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:	ΟΨΗ / ΤΟΜΗ	
Αρ. Σχ. T6		
ΚΛΙΜΑΚΑ: 1:50		
ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2009 ΑΘΗΝΑ		
Η ΣΥΝΤΑΞΑΣΑ	ΤΡΙΑΝΤΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ	
ΟΜΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΥΠΑΙΘΡΟΥ	ΠΑΓΑΝΗΣ ΚΩΝΙΝΟΣ ΜΟΥΚΟΥΝΗΣ ΠΟΛΥΒΙΟΣ ΚΑΡΑΚΑΣΙΔΗ ΣΟΦΙΑ ΤΣΑΚΟΥ ΕΥΘΥΜΙΑ ΤΡΙΑΝΤΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ ΤΣΙΛΙΓΙΑΝΝΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ	ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ - ΕΔΤΠ Ε.Μ.Π. ΑΓΡ. ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Ε.Μ.Π. ΥΠΟΨΗΦΙΟΣ ΔΙΔΑΚΤΩΡ Ε.Μ.Π. ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΠΕ. - ΥΠΠΟ ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΠΕ. - ΥΠΠΟ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ ΑΓΡ. ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Ε.Μ.Π. ΦΟΙΤΗΤΗΣ Τ.Ε.Ι. ΑΘΗΝΩΝ - ΤΜΗΜΑ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	ΙΩΑΝΝΙΔΗΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.	