

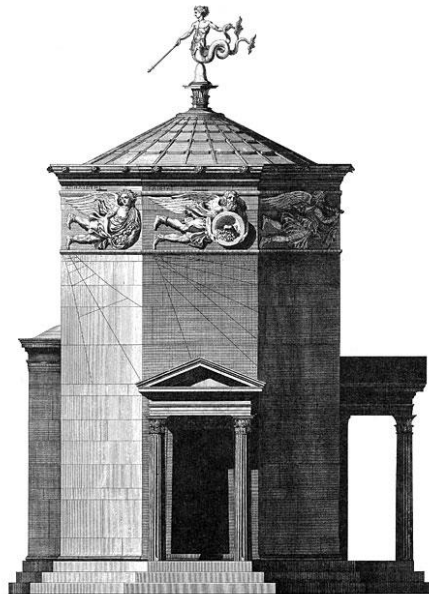


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑΣ

**Γεωμετρική Τεκμηρίωση του Ωρολογίου του Ανδρόνικου
Κυρρήστου
(Αέρηδες)**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΑΓΔΑΛΗΝΗ-ΣΤΥΛΙΑΝΗ ΤΡΥΦΩΝΑ



Επιβλέπων : Ανδρέας Γεωργόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2015



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

Γεωμετρική Τεκμηρίωση του Ωρολογίου του Ανδρόνικου Κυρρήστου (Αέρηδες)

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΑΓΔΑΛΗΝΗ-ΣΤΥΛΙΑΝΗ ΤΡΥΦΩΝΑ

Επιβλέπων : Ανδρέας Γεωργόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 20^η Ιουλίου 2015.

(Υπογραφή)

.....
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

(Υπογραφή)

.....
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

(Υπογραφή)

.....
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2015

(Υπογραφή)

.....

ΜΑΓΔΑΛΗΝΗ-ΣΤΥΛΙΑΝΗ ΤΡΥΦΩΝΑ

Διπλωματούχος Αγρονόμος και Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

© 2015 – All rights reserved

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας Ανδρέα Γεωργόπουλο, Καθηγητή στο Ε.Μ.Π., για το χρόνο που αφιέρωσε συζητώντας, συμβουλευόντας και προτείνοντας λύσεις στα προβλήματα που προέκυψαν στην συγκεκριμένη εργασία καθώς και για την ενθάρρυνση, αποδοχή και κυρίως την υποστήριξη των ιδεών μου.

Επίσης, ευχαριστώ ιδιαίτερα για τις πολύτιμες συμβουλές και τη βοήθεια που μου προσέφερε, την Σεβαστή Ταπεινάκη, Ε.Τ.Ε.Π. Τομ. Τοπογραφίας του Εργαστηρίου Φωτογραμμετρίας στο Ε.Μ.Π., που με την εμπειρία της έδωσε τις κατάλληλες συμβουλές και λύσεις σε σημαντικά προβλήματα.

Πολύ σημαντική ήταν και η συμβολή της Ρεγγίνας Χλιβερού ΕΤΕΠ, Ειδικής Φωτογράφου, στα τελικά σχέδια. Την ευχαριστώ θερμά για την υπομονή της και το χρόνο που κατέβαλλε ακούγοντας και προσφέροντας ότι της ζήτησα.

Ευχαριστώ επίσης την Εφορεία Αρχαιοτήτων Αθηνών, και ειδικότερα την κ. Ευρύκλεια Αλεξανδράκη, Πολιτικό Μηχανικό, για την εμπιστοσύνη και χορήγηση της απαραίτητης άδειας για την διεξαγωγή των μετρήσεων και φωτογραφίσεων καθώς και τη βοήθεια που μου προσέφερε στις εργασίες του πεδίου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου και τους συμφοιτητές μου για την πολύτιμη και απαραίτητη βοήθεια που προσέφεραν καθώς και για την αμέριστη υποστήριξη που μου παρείχαν. Συγκεκριμένα θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την Λυδία Κωτούλα που η βοήθειά της στις μετρήσεις πεδίου ήταν πολύτιμη.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εξέλιξη της τεχνολογίας τα τελευταία χρόνια έχει βοηθήσει πολύ στον τομέα της γεωμετρικής τεκμηρίωσης για πιο άμεσα και ακριβή αποτελέσματα. Στο παρόν κείμενο, αναλύεται η γεωμετρική τεκμηρίωση του Ωρολογίου του Ανδρόνικου Κυρρήστου, το οποίο πρόκειται για ένα πολύ ιδιαίτερο και πολύπλοκο μνημείο. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται βασίζεται σε λίγες γεωδαιτικές μετρήσεις και σε αρκετές λήψεις ψηφιακών εικόνων του κτηρίου. Πιο συγκεκριμένα, οι εικόνες, μέσω της βοήθεια ενός λογισμικού που χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο Structure from Motion (SfM), προσανατολίζονται και δημιουργούν νέφος σημείων της 3D απεικόνισης του αντικειμένου. Έτσι, λαμβάνεται το νέφος σημείων, το οποίο γεωαναφέρεται μέσω των γεωδαιτικών μετρήσεων και ακολουθεί η διαδικασία της δημιουργίας της επιφάνειας. Με αυτόν τον τρόπο, μπορεί να παράγονται κατά βούληση σχέδια οριζόντιων τομών, κατακόρυφων τομών και όψεις, τα οποία περιλαμβάνουν ορθοφωτογραφίες του μνημείου, για την ολοκληρωμένη γεωμετρική τεκμηρίωσή του.

Λέξεις κλειδιά— Γεωμετρική Τεκμηρίωση, Ωρολόγιο του Ανδρόνικου Κυρρήστου, Ψηφιακές Εικόνες, Νέφος Σημείων, Αλγόριθμος Structure from Motion (SfM), Ορθοφωτογραφίες

ABSTRACT

During the recent years, the evolution of technology has helped a lot in the field of geometric documentation for more immediate and accurate results. This paper describes and investigates the implementation of contemporary techniques for the geometric documentation of the Tower of the Winds, which is a very special and complex monument. The methodology used is based on performing as few geodetic measurements as possible and taking a large number of digital images of the monument. Specifically, the images are aligned and a point cloud of the object is being created, by means of the Structure from Motion (SfM) algorithm. Then, the point cloud is being georeferenced through geodetic measurements, and subsequently the surface (mesh) is created. In this way, the geometric documentation drawings, i.e. the horizontal section plans, the vertical section plans and the elevations, which include orthophotos of the monument, are being produced, for the complete geometric documentation.

Key words— Geometric Documentation, Tower of the Winds, Digital Images, Point Cloud, Structure from Motion (SfM), Orthophotos

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΣΚΟΠΟΣ –ΣΤΟΧΟΣ	15
2.	ΤΟ ΩΡΟΛΟΓΙΟ ΤΟΥ ΑΝΔΡΟΝΙΚΟΥ ΚΥΡΡΗΣΤΟΥ	17
2.1	ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	20
2.2	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ – ΙΔΙΑΙΤΕΡΟΤΗΤΕΣ ΜΝΗΜΕΙΟΥ	21
2.3	ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ.....	22
2.4	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ	23
3.	ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ.....	23
3.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	23
3.2	ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ.....	26
3.2.1	ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ.....	28
3.2.2	ΕΙΚΟΝΕΣ	30
3.3	ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΓΡΑΦΕΙΟΥ.....	41
3.3.1	ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ-ΣΤΡΟΦΕΣ	42
3.3.2	ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ 49	
3.3.3	ΣΧΕΔΙΑ-ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ.....	64
3.4	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	67
4.	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΣΧΕΔΙΩΝ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	79
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	83
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	85

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3.2.1: Στοιχεία του γεωδαιτικού σταθμού που χρησιμοποιήθηκε κατά τη διάρκεια των μετρήσεων	27
Πίνακας 3.2.2.1: Χαρακτηριστικά της ψηφιακής μηχανής που χρησιμοποιήθηκε στις εργασίες υπαίθρου	35
Πίνακας 3.2.2.2: Μέγεθος εδαφοψηφίδας για την μικρότερη και μεγαλύτερη απόσταση λήψης εικόνας	37
Πίνακας 3.2.2.3: Εικόνες που λήφθηκαν ανά κομμάτι του μνημείου σε μέσο ανθρώπινο ύψος.....	38
Πίνακας 3.2.2.4: Εικόνες που λήφθηκαν ανά τμήμα του μνημείου με τον 8m ειδικό τρίποδα.....	39
Πίνακας 3.2.2.5: Εικόνες που λήφθηκαν ανά τμήμα του μνημείου με τη βοήθεια της σκαλωσιάς	40
Πίνακας 3.3.1.1: Ταξινόμηση των σημείων που μετρήθηκαν με γεωδαιτικό σταθμό	43
Πίνακας 3.3.1.2: Οριζοντιογραφική επίλυση (Σ1, Σ2, Σ3, Σ4)	44
Πίνακας 3.3.1.3: Υψομετρική επίλυση (Σ1, Σ2, Σ3, Σ4).....	44
Πίνακας 3.3.1.4: Υψομετρική επίλυση κλειστής εξαρτημένης όδευσης (Σ1, Σ4, Σ5)	45
Πίνακας 3.3.1.5: Υψομετρική επίλυση κλειστής εξαρτημένης όδευσης (Σ1, Σ4, Σ5)	45
Πίνακας 3.3.1.6: Γωνία στροφής φ_T ως προς την αντίστοιχη κατακόρυφη τομή-όψη	48
Πίνακας 3.3.1.7: Μετασχηματισμοί των συστημάτων συντεταγμένων σε κάθε περίπτωση	49
Πίνακας 3.3.2.1: Τα αραιά νέφη (ευθυγράμμιση) και τα πυκνά νέφη των αντίστοιχων κομματιών του εξωτερικού τμήματος του Ωρολογίου του Ανδρόνικου Κυρρήστου	54
Πίνακας 3.3.2.2: Τα αραιά νέφη (ευθυγράμμιση) και τα πυκνά νέφη των αντίστοιχων κομματιών του εσωτερικού τμήματος του Ωρολογίου του Ανδρόνικου Κυρρήστου	55
Πίνακας 3.3.2.3: Στοιχεία που σβήστηκαν κατά την επεξεργασία του νέφους των σημείων.....	56
Πίνακας 3.3.2.4: Σημεία για τη γεωαναφορά του μνημείου.....	58
Πίνακας 3.3.2.5: Επεξεργασμένες επιφάνειες των κομματιών του εξωτερικού τμήματος του μνημείου.....	60
Πίνακας 3.3.2.6: Επεξεργασμένες επιφάνειες των κομματιών του εσωτερικού τμήματος του μνημείου	61
Πίνακας 3.3.3.1: Αρίθμηση και ονομασία παραγόμενων σχεδίων	66

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1: Κατόψεις που τέμνουν το μνημείο στα αντίστοιχα ύψη	15
Εικόνα 1.2: Παράδειγμα κατακόρυφων τομών Α-Α' (Βορράς-Νότος) και Β-Β' (Νότος-Βορράς), οι οποίες τέμνουν στο μέσο των πλευρών	16
Εικόνα 2.1: Ωρολόγιο του Ανδρόνικου Κυρρήστου [Χωρέμη, 2015]	17
Εικόνα 2.2: Τοπογραφικό σχέδιο της Αρχαίας Αθήνας με τη σύγχρονη ρυμοτομία της πόλης, με κόκκινο βέλος σημειώνεται η θέση του Πύργου των Ανέμων [Μαστραπάς, 1992]	18
Εικόνα 2.3: Ζωγραφιά του εξωτερικού τμήματος του Ωρολογίου του Ανδρόνικου Κυρρήστου [Magis, 1967]	19
Εικόνα 2.4: Ζωγραφιά του εσωτερικού τμήματος του Ωρολογίου του Ανδρόνικου Κυρρήστου [Magis, 1967]	19
Εικόνα 2.5: Ζωγραφιά του εσωτερικού τμήματος του Ωρολογίου του Ανδρόνικου Κυρρήστου, όταν είχε μετατραπεί σε Τεκέ [Magis, 1967]	21
Εικόνα 3.2.1: Φωτοσταθερό σημείο στο εσωτερικό τμήμα του μνημείου	30
Εικόνα 3.2.2.1: Μεταβολή της κλίμακας στην προοπτική απεικόνιση από λήψεις στο Ωρολόγιο του Ανδρόνικου Κυρρήστου	31
Εικόνα 3.2.2.2: Λήψη από μακρινή απόσταση (εξωτερικά του μνημείου)	36
Εικόνα 3.2.2.3: Λήψη από κοντινή απόσταση (εσωτερικά του μνημείου)	36
Εικόνα 3.2.2.4: Τρίποδας των 8m	39
Εικόνα 3.2.2.5: Διαφορές στο φυσικό φωτισμό των λήψεων σε διαφορετικές ημέρες (1 ^η και 2 ^η ημέρα αντίστοιχα) του εξωτερικού τμήματος του μνημείου	41
Εικόνα 3.2.2.6: Διαφορές μεταξύ φυσικού και τεχνητού φωτισμού στο εσωτερικό τμήμα του μνημείου	41
Εικόνα 3.3.2.1: Χαρακτηριστικά του Ηλεκτρονικού Υπολογιστή που χρησιμοποιήθηκε κατά την επεξεργασία των εικόνων	53
Εικόνα 3.3.2.2: Σημεία σύνδεσης για τη συνένωση του εξωτερικού τμήματος	57
Εικόνα 3.3.2.3: Σημεία σύνδεσης για τη συνένωση του εσωτερικού τμήματος	57
Εικόνα 3.3.2.4: Κατανομή των σημείων της γεωαναφοράς του εξωτερικού τμήματος	58
Εικόνα 3.3.2.5: Κατανομή των σημείων της γεωαναφοράς του εσωτερικού τμήματος	59
Εικόνα 3.3.2.6: Ορθοφωτογραφία χωρίς χρήση μασκών και μεγέθυνση σε ένα τμήμα της εικόνας	62
Εικόνα 3.3.2.7: Ορθοφωτογραφία χωρίς χρήση μασκών και μεγέθυνση σε ένα τμήμα της εικόνας	63
Εικόνα 3.3.2.8: Ορθοφωτογραφία πριν και μετά την επεξεργασία αντίστοιχα	63
Εικόνα 3.3.2.9: Παράδειγμα εικόνας στην επάνω προεξοχή με απευθείας τεχνητό φωτισμό	63
Εικόνα 3.3.2.10: Παράδειγμα εικόνας στην επάνω προεξοχή μετά από επεξεργασία στο λογισμικό Photoshop	64
Εικόνα 3.3.3.1: Επίπεδο τομής του εξωτερικού και του εσωτερικού τμήματος του νέφους των σημείων του μνημείου αντίστοιχα	67
Εικόνα 3.4.1: Κάτοψη στο 1m από τον τελευταίο αναβαθμό	68
Εικόνα 3.4.2: Κάτοψη στα 7.2m από τον τελευταίο αναβαθμό	68
Εικόνα 3.4.3: Κάτοψη στα 9.0m από τον τελευταίο αναβαθμό	69
Εικόνα 3.4.4: Κάτοψη στέγης	69
Εικόνα 3.4.5: Κατακόρυφη τομή Βορειοανατολικά-Νοτιοδυτικά	70
Εικόνα 3.4.6: Κατακόρυφη τομή Νοτιοδυτικά-Βορειοανατολικά	71
Εικόνα 3.4.7: Κατακόρυφη τομή Βορειοδυτικά-Νοτιοανατολικά	71
Εικόνα 3.4.8: Κατακόρυφη τομή Νοτιοανατολικά-Βορειοδυτικά	72
Εικόνα 3.4.9: Κατακόρυφη τομή Ανατολής-Δύσης	72
Εικόνα 3.4.10: Κατακόρυφη τομή Δύσης-Ανατολής	73
Εικόνα 3.4.11: Κατακόρυφη τομή Βορρά-Νότου	73
Εικόνα 3.4.12: Κατακόρυφη τομή Νότου-Βορρά	74
Εικόνα 3.4.13: Βορειοδυτική Όψη	75
Εικόνα 3.4.14: Νοτιοανατολική Όψη	75
Εικόνα 3.4.15: Νοτιοδυτική Όψη	76
Εικόνα 3.4.16: Βορειοανατολική Όψη	76
Εικόνα 3.4.17: Βόρεια Όψη	77
Εικόνα 3.4.18: Νότια Όψη	77
Εικόνα 3.4.19: Δυτική Όψη	78
Εικόνα 3.4.20: Ανατολική Όψη	78

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 3.2.1: Θέσεις των τριγωνομετρικών σημείων για τις γεωδαιτικές μετρήσεις στο Ωρολόγιο του Ανδρόνικου Κυρρήστου.....	29
Σχήμα 3.2.2.1: Εκφράσεις της κλίμακας της εικόνας (αυστηρά κατακόρυφη λήψη) [Πέτσα, 2000].....	31
Σχήμα 3.2.2.2: Κλίμακα της εικόνας σε επίγεια λήψη με οριζόντιο άξονα [Πέτσα, 2000].....	32
Σχήμα 3.2.2.3: Διαφορές μεταξύ της κεντρικής και ορθής προβολής [Πέτσα, 2000].....	33
Σχήμα 3.2.2.4: Εκτροπή Δr λόγω αναγλύφου h [Πέτσα, 2000].....	33
Σχήμα 3.2.2.5: Μεταβολή κλίμακας και φακός μηχανής [Πέτσα, 2000].....	35
Σχήμα 3.3.1.1: Σχηματική παράσταση του συνόλου των μετατροπών (μετάθεση-αλλαγή κλίμακας-στροφή) [5]..	45
Σχήμα 3.3.1.2: Στροφή αξόνων κατά $\varphi > 0$ (clockwise) και κατά $\varphi < 0$ (anticlockwise) αντίστοιχα [Λάμπρου, Πανταζής, 2011].....	46
Σχήμα 3.3.1.3: Σχηματική παράσταση διαδικασίας επιλογής της γωνίας διεύθυνσης για τη στροφή του συστήματος [Λάμπρου, Πανταζής, 2011].....	47
Σχήμα 3.3.1.4: Σχηματική παράσταση διαδικασίας απεικόνισης τομής-όψης στο σύστημα x_s, y_s, z_s [Λάμπρου, Πανταζής, 2011].....	48
Σχήμα 3.3.2.1: Βασικά βήματα μιας φωτογραμμετρικής διαδικασίας [Πέτσα, 2000].....	50
Σχήμα 3.3.2.2: Παράδειγμα των θέσεων της κάμερας για πολλαπλές και επικαλυπτόμενες φωτογραφίες, ώστε να ανακατασκευαστεί η γεωμετρία της σκηνής και η κίνηση της κάμερας για το αντικείμενο ενδιαφέροντος [Westoby, 2012].....	52

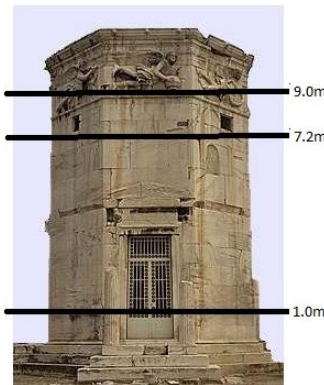
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΣΚΟΠΟΣ –ΣΤΟΧΟΣ

Η εργασία αυτή περιλαμβάνει τη διαδικασία της γεωμετρικής τεκμηρίωσης του Ωρολογίου του Ανδρόνικου Κυρρήστου ή Πύργου των Ανέμων (Αέρηδες), το οποίο βρίσκεται στη Ρωμαϊκή Αγορά στην Αθήνα και αποτελεί ένα πολύ σημαντικό και ιδιαίτερο μνημείο. Ο σκοπός της διπλωματικής αυτής είναι η καταγραφή της θέσης, του μεγέθους και της μορφής του μνημείου στη συγκεκριμένη χρονική στιγμή, στο χώρο των τριών διαστάσεων.

Οι προδιαγραφές της γεωμετρικής τεκμηρίωσης ενός μνημείου καθορίζονται από τον παραγγέλλοντα ή προτείνονται από αυτόν που θα την εκτελέσει λαμβάνοντας υπόψη διάφορους παράγοντες, όπως είναι ο σκοπός της χρήσης των προϊόντων της τεκμηρίωσης, οι χρήστες, το κόστος του έργου και το μέγεθος της κατασκευής.

Οι απαιτούμενες προδιαγραφές για την τεκμηρίωση του Ωρολογίου του Ανδρόνικου Κυρρήστου επιλέγονται έτσι ώστε να τεκμηριωθούν τα χαρακτηριστικά σημεία του μνημείου με όσο το δυνατόν λιγότερα σχέδια αλλά με την απαιτούμενη ακρίβεια. Παρακάτω αναφέρονται οι ειδικότεροι στόχοι της παρούσας διπλωματικής:

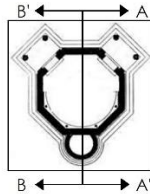
A. 3 κατόψεις – οριζόντιες τομές του μνημείου σε διαφορετικά υψόμετρα, σε κλίμακα 1:50. Η 1η κάτοψη τέμνει το μνημείο στο 1.0m από τον τελευταίο αναβαθμό – στυλοβάτη. Η 2η τέμνει στα 7.2m και η 3η στα 9.0m από τον τελευταίο αναβαθμό – στυλοβάτη, ώστε να απεικονιστούν όλα τα διαφορετικά στοιχεία του μνημείου που προβάλλονται ανά διαφορετικό ύψος.



Εικόνα 1.1: Κατόψεις που τέμνουν το μνημείο στα αντίστοιχα ύψη

Β. Κάτοψη της στέγης σε κλίμακα 1:50.

Γ. 8 κατακόρυφες τομές εγκάρσια του μνημείου που τέμνουν κάθε πλευρά στο μέσο και προβάλλουν τις δύο πλευρές του εσωτερικού του μνημείου σε διανυσματικό σχέδιο με απεικόνιση ορθοφωτογραφιών σε κλίμακα 1:50.



Εικόνα 1.2: Παράδειγμα κατακόρυφων τομών A-A' (Βορράς-Νότος) και B-B' (Νότος-Βορράς), οι οποίες τέμνουν στο μέσο των πλευρών

Δ. 8 εξωτερικές όψεις με απεικόνιση ορθοφωτογραφιών, οι οποίες παρουσιάζονται σε διανυσματικό σχέδιο σε κλίμακα 1:50.

Η γεωμετρική τεκμηρίωση μπορεί να επιτευχθεί με διάφορες μεθόδους, ή συνδυασμό μεθόδων, οι οποίες διαφοροποιούνται στην ακρίβεια, το κόστος, την ποιότητα και το χρόνο. Αυτές είναι:

- τοπομετρικές
- τοπογραφικές
- φωτογραμμετρικές
- επίγειας σάρωσης
- συνδυασμός

Η εξέλιξη της τεχνολογίας στον τομέα της επεξεργασίας των ψηφιακών εικόνων και της παραγωγής τρισδιάστατων μοντέλων οδήγησε σε μία νέα προσέγγιση για την παραγωγή των απαιτούμενων αποτελεσμάτων. Ουσιαστικά χρησιμοποιήθηκε ένα λογισμικό, το οποίο εκτελεί τις απαραίτητες φωτογραμμετρικές διαδικασίες για την αυτοματοποιημένη παραγωγή ορθοφωτογραφιών, με την εισαγωγή εικόνων του αντικειμένου. Έτσι, αποφασίστηκε η πλήρης αποτύπωση του μνημείου μέσω φωτογραφιών σε όποιο σημείο του μνημείου ήταν αυτό δυνατό και με τον εφικτότερο τρόπο σύμφωνα με τα παρεχόμενα μέσα.

Στη παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιήθηκαν κυρίως εικόνες από λήψεις με ψηφιακή μηχανή και λίγες γεωδαιτικές μετρήσεις, ώστε να επιτευχθεί η γεωαναφορά των εικόνων. Οι εικόνες λήφθηκαν σε διαφορετικά ύψη με τη βοήθεια

τριπόδου και σκαλωσιών και σε διαφορετικές συνθήκες εξωτερικά (ήλιος-συννεφιά) και εσωτερικά (φυσικό-τεχνητό φως). Οι εικόνες με τη χρήση λογισμικών προσανατολίζονται στο χώρο, δημιουργείται νέφος σημείων του απεικονιζόμενου αντικειμένου και μετά από μία ακολουθία διεργασιών κι επεξεργασίας των αποτελεσμάτων, παράγονται οι ορθοφωτογραφίες και ολοκληρώνονται τα σχέδια για τη γεωμετρική τεκμηρίωση. Στόχος είναι η διερεύνηση ενός γρήγορου και αξιόπιστου τρόπου γεωμετρικής τεκμηρίωσης με τη βοήθεια της εξέλιξης της τεχνολογίας μέσω των γνωστών φωτογραμμετρικών και γεωδαιτικών διαδικασιών.

Αξίζει να σημειωθεί ότι πρόκειται για ένα καινούριο εγχείρημα και λήφθηκαν πολλές διαφορετικές προσεγγίσεις για την επίτευξή του. Παρακάτω αναλύεται ο τρόπος που απέδωσε σωστά, ακριβή και ποιοτικά αποτελέσματα.

2. ΤΟ ΩΡΟΛΟΓΙΟ ΤΟΥ ΑΝΔΡΟΝΙΚΟΥ ΚΥΡΡΗΣΤΟΥ

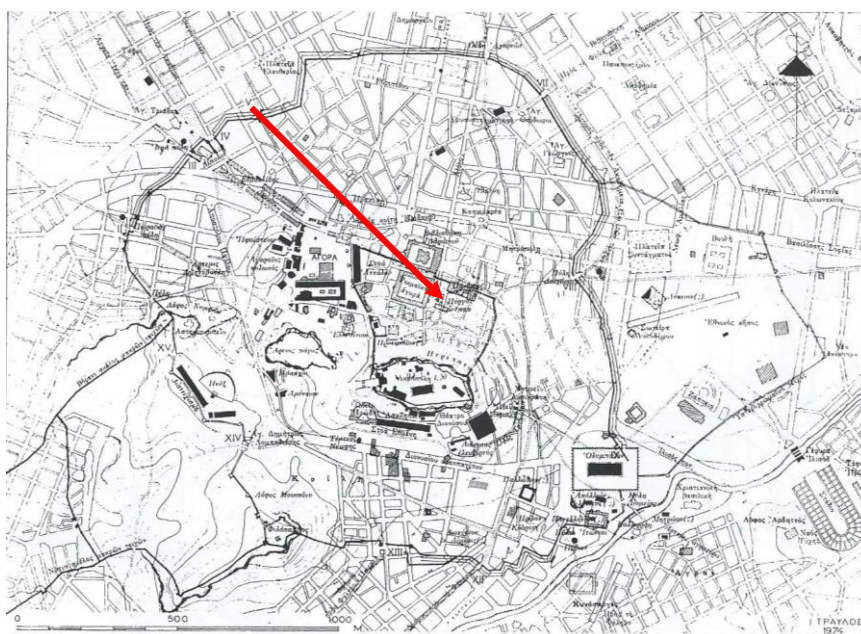
Το Ωρολόγιο του Ανδρόνικου Κυρρήστου, που ονομάζεται και Πύργος των Ανέμων, ναός του Αιόλου ή απλώς «Αέρηδες», βρίσκεται στα ανατολικά της Ρωμαϊκής Αγοράς και ουσιαστικά είναι ένα οκταγωνικό πυργοειδές κτίσμα. Χρονολογείται στα 100 π.Χ. ή στο δεύτερο μισό του 1^{ου} αι. μ. Χ. σύμφωνα με απόψεις διάφορων μελετητών.



Εικόνα 2.1: Ωρολόγιο του Ανδρόνικου Κυρρήστου [Χωρέμη, 2015]

Σήμερα η Ρωμαϊκή αγορά οριοθετείται από τις οδούς Άρεως, Πανδρόσου, Αιόλου, Αυρηλίου και Πολυγνώτου και δεν είναι ενιαίος αρχαιολογικός χώρος. Χωρίζεται από σύγχρονες οικοδομές σε δύο συγκροτήματα αρχαίων καταλοίπων. Τη νότια πλευρά καταλαμβάνει το συγκρότημα της Ρωμαϊκής Αγοράς και τη βόρεια, η Βιβλιοθήκη του Αδριανού.

Η Ρωμαϊκή Αγορά αποτελούσε την κεντρική αγορά στην Αρχαία Αθήνα κατά τους Ρωμαϊκούς χρόνους. Σε αυτή τη περιοχή γινόταν το εμπόριο και οι συναθροίσεις. Παρακάτω παρουσιάζεται η θέση της Ρωμαϊκής Αγοράς στην Αρχαία Αθήνα και η θέση του μνημείου σε αυτήν:

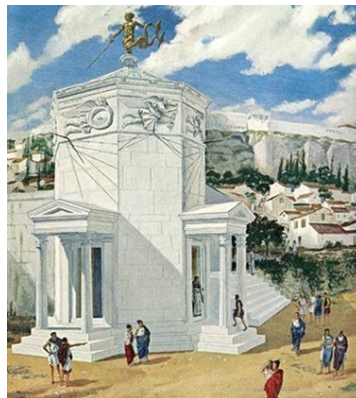


Εικόνα 2.2: Τοπογραφικό σχέδιο της Αρχαίας Αθήνας με τη σύγχρονη ρυμοτομία της πόλης, με κόκκινο βέλος σημειώνεται η θέση του Πύργου των Ανέμων [Μαστραπάς, 1992]

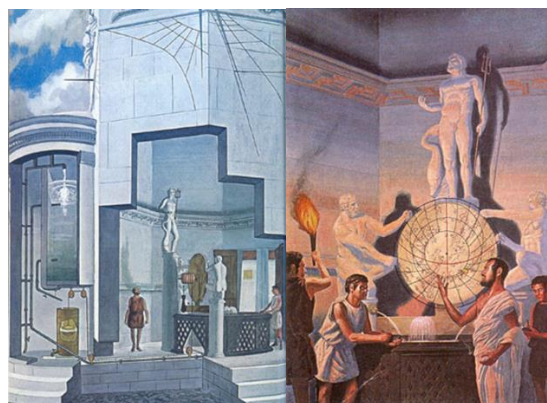
Η ονομασία του μνημείου και ως Πύργου των Ανέμων, οφείλεται στο γεγονός ότι από πρώτη άποψη δίνει την εικόνα μιας πυργοειδούς κατασκευής με ζωφόρο, διακοσμημένη από τις ανάγλυφες μορφές των Ανέμων. Στην πραγματικότητα, επρόκειτο για ρολόι και μετεωρολογικό σταθμό. Συγκεκριμένα, στις οκτώ εξωτερικές πλευρές του, εγχάρακτες γραμμές και μεταλλικοί γνώμονες ανήκαν σε σύστημα ηλιακών ρολογιών, που εξυπηρετούσαν την περιοχή. Για τη μέτρηση των ωρών, όταν οι καιρικές συνθήκες δεν επέτρεπαν τη λειτουργία του ρολογιού, υπήρχε υδραυλικό σύστημα, το οποίο εμπνεύστηκε και κατασκεύασε ο αστρονόμος Ανδρόνικος από την πόλη Κύρρο, της περιοχής Κυρρηστικής της Συρίας. Στην πίσω πλευρά του πύργου, κυλινδρική δεξαμενή νερού, συνεχόμενη με τον εσωτερικό χώρο του κτίσματος,

περιέκλειε μηχανισμό μέτρησης του χρόνου. Η δεξαμενή δεχόταν το νερό από την Κλεψύδρα της Ακρόπολης μέσω σωλήνων. Η λειτουργία του μηχανισμού εντός της δεξαμενής μας είναι άγνωστη. Επίσης, επάνω από τα ηλιακά ρολόγια και κάτω από τη στέγη, οι οκτώ πλευρές του κτιρίου καλύπτονται από ζωφόρο στην οποία αποδίδονται ανάγλυφα οι προσωποποιήσεις των οκτώ κυριότερων ανέμων, οι οποίοι κρατούν τα σύμβολά τους, ενώ τα ονόματά τους αναγράφονται ακριβώς κάτω από τη σίμη της στέγης του κτιρίου. Κατά τον Βιτρούβιο στην κορυφή της στέγης υπήρχε ορειχάλκινος, περιστρεφόμενος Τρίτωνας που έδειχνε την κατεύθυνση του ανέμου. [Μαστραπάς, 1992]

Το 1967 ο Derek de Solla Price, καθηγητής της Ιστορίας των Επιστημών στο Πανεπιστήμιο του Yale και ο Joseph Noble, ιστορικός της Τέχνης, προσπάθησαν να αναπαραστήσουν την αρχική μορφή του μνημείου και τον τρόπο λειτουργίας του υδραυλικού ρολογιού (Εικόνα 2.1, Εικόνα 2.2).



Εικόνα 2.3: Ζωγραφιά του εξωτερικού τμήματος του Ωρολογίου του Ανδρόνικου Κυρρήστου [Magis, 1967]



Εικόνα 2.4: Ζωγραφιά του εσωτερικού τμήματος του Ωρολογίου του Ανδρόνικου Κυρρήστου [Magis, 1967]

Σύμφωνα με την αναπαράσταση αυτή, στο κυλινδρικό πρόσκτισμα υπήρχαν δυο δεξαμενές, η μία ψηλότερα από την άλλη. Το νερό από την πηγή της Κλεψύδρας, έφθανε στην επάνω δεξαμενή και από εκεί στην κάτω, όπου υπήρχε πλωτήρας συνδεδεμένος με μία λεπτή μπρούτζινη αλυσίδα. Όπως αυτός ανέβαινε, με τη στάθμη του νερού, κινούσε την αλυσίδα, η οποία με τη σειρά της περιέστρεφε ένα δίσκο ωρολογίου που βρισκόταν στο κέντρο του πύργου ανάμεσα σε αγάλματα του Ποσειδώνα, του Ηρακλή και του Άτλαντα. Ένα μαρμάρινο παραπέτο, ύψους 0,90μ περίπου, προστάτευε το μηχανισμό του ρολογιού, που ήταν ανοιχτό μέρα και νύχτα. Κάθε 24 ώρες άδειαζαν τη μικρή δεξαμενή και αυτό ισοδυναμούσε με κούρδισμα του ρολογιού. Ένας σωλήνας έφερνε το νερό αυτό σε κρουνοί και σε σιντριβάνια μπροστά από το μηχανισμό του ρολογιού.

Λέγεται ότι ο μηχανισμός αυτός καταστράφηκε κατά τους πρώτους χριστιανικούς αιώνες όταν ο Πύργος των Ανέμων είχε μετατραπεί σε εκκλησία ή σε βαπτιστήριο κάποιας άλλης γειτονικής εκκλησίας. [Γιαννάκας, 2015]

2.1 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Το Ωρολόγιο του Κυρρήστου τους πρώτους χριστιανικούς χρόνους μετατράπηκε σε παλαιοχριστιανική εκκλησία ή σε βαπτιστήριο γειτονικής εκκλησίας, ενώ τον 15ο αιώνα αναφέρεται από τον Κυριακό εξ Αγκώνος, ως ναός του Αιόλου. Στο δεύτερο μισό του 18ου αιώνα, το κτίριο ονομάστηκε τεκές του Μπραΐμη, όταν μετατράπηκε σε ισλαμικό χώρο προσευχής (τεκές) από Δερβίσηδες, οι οποίοι το χρησιμοποίησαν μέχρι το 1821. Το Ωρολόγιο μαζί με τον παρακείμενο Μεντρεσέ (ιεροσπουδαστήριο των Μεβλεβήδων) ήταν, για έναν αιώνα, ο πόλος του πνευματικού Ισλάμ στο κέντρο του Ελληνισμού. Είναι γεγονός ότι η παρουσία και η διαμονή αυτών στο μνημείο, το διέσωσε από ποικίλες καταστροφές, όταν Ευρωπαίοι αρχαιολάτρες αφαιρούσαν και άρπαζαν αρχαιότητες. Απ' όταν περιήλθε το μνημείο αυτό στα χέρια των Ελλήνων, συμπεριελήφθη στις αρχαιότητες και στους αρχαιολογικούς χώρους της Αθήνας. Τέλος, η συνοικία που αναπτύχθηκε γύρω από αυτό ονομάζεται ομοίως, Αέρηδες. [Μαστραπάς, 1988]



Εικόνα 2.5: Ζωγραφιά του εσωτερικού τμήματος του Ωρολογίου του Ανδρόνικου Κυρρήστου, όταν είχε μετατραπεί σε Τεκέ [Magis, 1967]

2.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ – ΙΔΙΑΙΤΕΡΟΤΗΤΕΣ ΜΝΗΜΕΙΟΥ

Το Ωρολόγιο του Ανδρόνικου Κυρρήστου είναι ένας πύργος οκτάγωνος, κατασκευασμένος όλος από πεντελικό μάρμαρο, με πλευρά μήκους 3.30μ., ύψος 14.00μ. και διαγώνιο 8μ. περίπου. Πατάει πάνω σε κρηπίδωμα με τρεις βαθμίδες και στεγάζεται από μαρμάρινες πλάκες που σχηματίζουν οκταγωνική πυραμίδα. Το οικοδόμημα είχε δύο εισόδους, αριστερά και δεξιά της Βόρειας πλευράς. Αυτό εξηγείται λόγω της συνεχόμενης κίνησης των ανθρώπων για να πληροφορηθούν την ώρα. Μπροστά από τις εισόδους διαμορφωνόταν αετωματική επίστεψη, η οποία στηριζόταν από ένα μικρό πρόπυλο με δύο κορινθιάζοντες κίονες. Η εξωτερική μορφή του μνημείου κατατάσσεται στον κορινθιακό ρυθμό (εκ των κιονόκρανων), ενώ το εσωτερικό του σε δωρικό ρυθμό (βαρύ αυστηρό).

Η εντύπωση που προκαλεί σήμερα το μνημείο οφείλεται μάλλον στην καλή διατήρησή του παρά στο αισθητικό αποτέλεσμα που δημιουργεί ως έργο τέχνης. Πρόκειται για τεχνικό έργο που ο δημιουργός του στόχευε σ' ένα πρακτικό αποτέλεσμα και ίσως απ' αυτήν την άποψη να είναι άξιο θαυμασμού, γιατί αναμφισβήτητα περικλείει και αρχιτεκτονική και μηχανική γνώση. Σε καμία περίπτωση, όμως, δεν μπορεί να συγκριθεί με οποιαδήποτε αρχιτεκτονική κατασκευή των κλασικών χρόνων. Η έλλειψη αισθητικής στο έργο γίνεται περισσότερο φανερή μέσα από τις διαστάσεις της ανάγλυφης ζωφόρου, τον τρόπο απόδοσης των μορφών, αλλά και τους άτεχνους κίονες των προπύλων του. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο αρχιτέκτονας και ο γλύπτης που

εργάστηκαν σ' αυτό το μνημείο, φαίνεται ότι δεν είχαν γνώση της αττικής παράδοσης. [Μαστραπάς, 1988]

Το μνημείο παρουσιάζει ένα ιδιαίτερο σχήμα, το οποίο καθιστά τη γεωμετρική τεκμηρίωση σε σχέση με άλλα μνημεία πιο περίπλοκη. Αυτό συμβαίνει κυρίως εξαιτίας του σχήματος και του ύψους του. Ο περιβάλλον χώρος καλύπτεται από πλήθος αρχαίων αντικειμένων και η πρόσβαση σε υψηλά σημεία δεν είναι δυνατή χωρίς τη χρήση τεχνητών μέσων.

2.3 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ

Συνολικά η γεωμετρική τεκμηρίωση, όπως προαναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 1 εκτελείται από πολλές μεθόδους και από συνδυασμό αυτών. Παρακάτω αναφέρονται οι βασικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται:

Τοπομετρικές μέθοδοι

Προσδίδουν άμεσα αποτελέσματα των διαστάσεων του αντικειμένου.

Τοπογραφικές μέθοδοι

Οι γεωδαιτικές μετρήσεις προσδίδουν τρισδιάστατο προσδιορισμό συγκεκριμένων σημείων στο αντικείμενο.

Φωτογραμμετρικές μέθοδοι

Έχουν τη δυνατότητα παραγωγής διανυσματικών σχεδίων δισδιάστατης και τρισδιάστατης πληροφορίας του αντικειμένου. Επίσης, μέσω των διαδικασιών μπορούν να παραχθούν εικονιστικά προϊόντα και βιντεοσκοπήσεις.

Μέθοδοι επίγειας σάρωσης

Με αυτή τη μέθοδο δημιουργούνται νέφη σημείων από επίγειους σαρωτές Laser και προκύπτουν άπειρα σημεία, τα οποία προσδίδουν τη μορφή του αντικειμένου.

Τέλος, συνίσταται ο συνδυασμός των παραπάνω μεθόδων όπου και όποτε είναι εφικτό, καθώς κάθε μέθοδος έχει τα δικά της πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Έτσι, με το συνδυασμό γεωδαιτικών και φωτογραμμετρικών μεθόδων μπορεί να επιτευχθεί η

βέλτιστη χρονικά και οικονομικά λύση και το βέλτιστο αποτέλεσμα σε πληρότητα και ακρίβεια.

2.4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ

Ο στόχος της παρούσας εργασίας είναι η λήψη εικόνων όλου του μνημείου με ψηφιακή μηχανή, με στόχο τη γεωμετρική τεκμηρίωσή του κυρίως μέσω της επεξεργασίας των εικόνων. Η εξέλιξη της τεχνολογίας σε συνδυασμό με διάφορες εργασίες πάνω στη συγκεκριμένη τεχνική, οδήγησαν στην απόπειρα ενός τέτοιου εγχειρήματος. Ιδρύθηκε τριγωνομετρικό δίκτυο (τοπικό σύστημα αναφοράς) γύρω από το μνημείο, για τη γεωαναφορά των εικόνων και τον ορισμό των επιπέδων τομής. Στη συνέχεια, λήφθηκαν εικόνες όλου του μνημείου με διαφορετικούς τρόπους και συνθήκες λήψεων. Με τη βοήθεια ενός λογισμικού που χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο Structure from motion, δημιουργήθηκαν τα νέφη σημείων του αντικειμένου τον προσανατολισμό των εικόνων, ώστε στη συνέχεια να δημιουργηθεί η επιφάνειά τους και να ολοκληρωθεί η παραγωγή των ορθοφωτογραφιών. Αποτελεί έναν οικονομικό, γρήγορο, και εύχρηστο τρόπο. Στην πορεία της επεξεργασίας των δεδομένων θα διερευνηθεί η αποτελεσματικότητα και η αποδοτικότητά του.

3. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανθρώπινη παρουσία στη γη συνδέεται άμεσα με την σχεδίαση και δημιουργία κατασκευών που πρόκειται να ικανοποιήσουν επαγγελματικές, κοινωνικές και άλλες δραστηριότητες. Στο πέρασμα του χρόνου ο άνθρωπος σχεδιάζει και κατασκευάζει μεγάλα τεχνικά έργα, κτήρια παραδοσιακής αρχιτεκτονικής, ναούς, μεγάλα κτιριακά συγκροτήματα, ειδικά κατασκευασμένα κτιριακά συγκροτήματα, βιοτεχνικά και βιομηχανικά κτήρια, μικρά κτήρια όπως κατοικίες. Επίσης, υπάρχουν «κατασκευές» της φύσης που είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με τις λειτουργικές ανάγκες των ανθρώπινων κοινωνιών που δημιουργούνται στην περιοχή τους.

Στις περισσότερες περιπτώσεις υπάρχει ανάγκη γεωμετρικής τεκμηρίωσης των κατασκευών αυτών, είτε διότι κατά την αρχική κατασκευή τους δεν υπήρχαν κατασκευαστικά σχέδια, είτε γιατί στην πορεία της «ζωής» τους μέσα στον χρόνο οι κατασκευές αυτές υπέστησαν παρεμβάσεις, φθορές και μεταβολές. Σε αρχαιολογικούς χώρους και μνημεία, η γεωμετρική τεκμηρίωση επιτρέπει την καταγραφή και διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς.

Με τον όρο γεωμετρική τεκμηρίωση κατασκευής ορίζεται η καταγραφή της θέσης, του μεγέθους και της μορφής μιας κατασκευής σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή, στο χώρο των τριών διαστάσεων [Λάμπρου, Πανταζής, 2011].

Έτσι, στη συγκεκριμένη περίπτωση ακολουθούν οι ενέργειες που έγιναν για την αποτελεσματικότερη γεωμετρική τεκμηρίωση του Ωρολογίου του Κυρρήστου, το οποίο αποτελεί ένα πολύ σημαντικό μνημείο της πολιτιστικής κληρονομιάς του τόπου. Σκοπός είναι η παρουσίαση της κατάστασης στην οποία βρίσκεται η κατασκευή τη χρονική στιγμή της τεκμηρίωσης. Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατή η καταγραφή των στοιχείων λεπτομερειών της και ο εντοπισμός πιθανών κατασκευαστικών αποκλίσεων ή φθορών που έχει υποστεί.

Η ακριβής μετρητική καταγραφή κατασκευών δίνει τη δυνατότητα σε ειδικούς επιστήμονες να εκτιμήσουν τη σοβαρότητα των αποκλίσεων ή φθορών που παρουσιάζονται. Με τη βοήθεια του λεπτομερούς γεωμετρικού υπόβαθρου να προταθούν μέθοδοι και διαδικασίες παρέμβασης για την αποκατάσταση της κατασκευής.

Οι λεπτομέρειες ενός τέτοιου αντικειμένου, όπως είναι το Ωρολόγιο του Κυρρήστου είναι πολλές σε ποσότητα και μικρές σε μέγεθος. Για την απόδοση αυτών των λεπτομερειών χρησιμοποιούνται εκτός από τις γεωδαιτικές μεθόδους, και φωτογραμμετρικές μέθοδοι αποτύπωσης, οι οποίες είναι οικονομικότερες και ταχύτερες.

Με τον συνδυασμό γεωδαιτικών και φωτογραμμετρικών μεθόδων επιτυγχάνεται η βέλτιστη χρονικά και οικονομικά λύση και το βέλτιστο αποτέλεσμα σε πληρότητα και ακρίβεια.

Κάθε κατασκευή (φυσική ή τεχνητή) μπορεί να οριστεί στο χώρο των τριών διαστάσεων ως σύνολο σημείων. Η ορθότητα και η αβεβαιότητα της γεωμετρικής

τεκμηρίωσης καθορίζεται από την αντίστοιχη ορθότητα και αβεβαιότητα του τρισδιάστατου προσδιορισμού (x, y, z) κάθε χαρακτηριστικού σημείου της.

Η επιλογή των σημείων που θα αποδώσουν τη μορφή και το μέγεθος μιας κατασκευής αποτελεί παράγοντα ουσιαστικό στην πραγματοποίηση της γεωμετρικής τεκμηρίωσης. Η επιλογή αυτή αφορά τόσο στην ποιότητα όσο και στην ποσότητα των σημείων που μετρούνται. Συνδέεται άμεσα με τις μετρητικές μεθόδους που εφαρμόζονται, τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται, το κόστος, αλλά και το χρόνο που απαιτείται. [Λάμπρου, Πανταζής, 2011]

Η κλίμακα εκτύπωσης είναι 1:50 λόγω των πολλών λεπτομερειών που χρειάζεται να αποδοθούν.

Διαδικασία τεκμηρίωσης

Η γεωδαιτική διαδικασία για τη γεωμετρική τεκμηρίωση κατασκευών ακολουθεί τα παρακάτω βασικά στάδια:

1. Αναγνώριση της κατασκευής, προετοιμασία και φωτογραφική τεκμηρίωση.
2. Σύνταξη των αυτοσχέδιων πεδίου.
3. Ίδρυση και μέτρηση τρισδιάστατου γεωδαιτικού δικτύου, στον χώρο της κατασκευής.
4. Γενική οριζοντιογραφική αποτύπωση του ευρύτερου χώρου και της κατασκευής.
5. Αποτύπωση των σημείων λεπτομερειών. Η διαδικασία αυτή χωρίζεται σε δύο μέρη:
 - στην αποτύπωση των οριζόντιων τομών
 - στην αποτύπωση των κατακόρυφων τομών – όψεων.
6. Αναλυτική (μαθηματική) επεξεργασία των μετρήσεων (υπολογισμοί).
7. Ψηφιακή σχεδίαση – σύνταξη των διαγραμμάτων.
8. Έλεγχος του γεωμετρικού αποτελέσματος.

3.2 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ

Γενικά

Οι εργασίες υπαίθρου αποσκοπούν στη συλλογή όλων των απαραίτητων στοιχείων στο ύπαιθρο, ώστε να υπολογιστούν οι συντεταγμένες των απαιτούμενων χαρακτηριστικών σημείων. Απαιτούν ιδιαίτερη οργάνωση και συστηματικότητα. Στις εργασίες υπαίθρου περιλαμβάνονται η αναγνώριση της περιοχής ενδιαφέροντος, η προετοιμασία, η ίδρυση και μέτρηση τρισδιάστατου γεωδαιτικού δικτύου, καθώς και η φωτογραφική τεκμηρίωση στον χώρο της κατασκευής

Στο πλαίσιο αυτής της διαδικασίας γίνεται η πρώτη επαφή με το Ωρολόγιο του Κυρρήστου. Στο στάδιο αυτό οριστικοποιήθηκαν οι προδιαγραφές και οι απαιτήσεις ολοκλήρωσης της εργασίας. Εκτιμάται ο απαιτούμενος χρόνος και πραγματοποιείται η πρώτη διερεύνηση των μεθόδων που θα εφαρμοστούν αλλά και του γεωδαιτικού εξοπλισμού που θα απαιτηθεί. Καταγράφονται επίσης οι ιδιαιτερότητες και οι δυσκολίες του αντικειμένου και του περιβάλλοντος χώρου. Οι προδιαγραφές παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 1.

Με την αναγνώριση της περιοχής εκτιμάται ότι ο απαιτούμενος χρόνος για την ολοκλήρωση των μετρήσεων είναι 2 ημέρες. Στην πορεία χρειάστηκαν κάποια επιπλέον δεδομένα, επομένως οι εργασίες πεδίου διήρκησαν συνολικά 4 ημέρες.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση αποφασίστηκε η ίδρυση αυθαίρετου συστήματος και η χρήση γεωδαιτικών μετρήσεων για τη γεωαναφορά των εικόνων και τις βασικές γραμμές των οριζόντιων και κατακόρυφων τομών.

Εξοπλισμός

Τα όργανα και τα παρελκόμενα που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία τεκμηρίωσης αποτελούνται από τοπογραφικό και φωτογραμμετρικό εξοπλισμό συλλογής δεδομένων, καθώς και λογισμικά επεξεργασίας δεδομένων, τα οποία διατέθηκαν από τα εργαστήρια Φωτογραμμετρίας και Γενικής Γεωδαισίας της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου. Αναλυτικότερα χρησιμοποιήθηκαν:

- Ολοκληρωμένος Γεωδαιτικός Σταθμός που μετρά μήκη με ή χωρίς ανακλαστήρα, με τα παρελκόμενά του, δηλ. τρίποδα, μετροταινία, ειδικούς μικρούς ανακλαστήρες κ.τ.λ., με τις εξής τεχνικές προδιαγραφές:

Γωνιομετρική ακρίβεια:	$\leq 5''$ (15cc)
Ελάχιστη γωνία αναγνώρισης:	5" / 1"
Εμβέλεια απόστασης με 1 πρίσμα:	$\leq 3.000\text{m}$
Ακρίβεια στην απόσταση:	$\pm (2\text{mm} + 2\text{ppm} \times D)$
Ακρίβεια στην απόσταση χωρίς πρίσμα:	$\leq \pm 5\text{mm}$
Εμβέλεια απόστασης χωρίς πρίσμα:	$\geq 250\text{m}$

Πίνακας 3.2.1: Στοιχεία του γεωδαιτικού σταθμού που χρησιμοποιήθηκε κατά τη διάρκεια των μετρήσεων

- Ψηφιακή φωτογραφική μηχανή, full frame, 21MP
- Φωτογραφικοί φακοί εστιακής απόστασης 24mm και 16-35mm
- Ειδικό τρίποδο ανύψωσης φωτογραφικής μηχανής μέχρι και 8m
- Ειδικός φωτισμός για τις λήψεις στο εσωτερικό τμήμα του μνημείου (φωτιστικά Tungsten)
- Ημιμόνιμη και προσωρινή σήμανση των σημείων του δικτύου (αυτοκόλλητοι στόχοι)
- Λογισμικό επεξεργασίας και επίλυσης τοπογραφικών δεδομένων
- Λογισμικά φωτογραμμετρικής επεξεργασίας:
 - Στερεοσκοπικής απόδοσης και παραγωγής ορθοφωτογραφίας
 - Απόδοση υφής σε επιφάνεια
- Λογισμικό δημιουργίας επιφανειών και τομών από νέφη σημείων
- Λογισμικό ηλεκτρονικής σχεδίασης

3.2.1 ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Αυτοσχέδια πεδίου

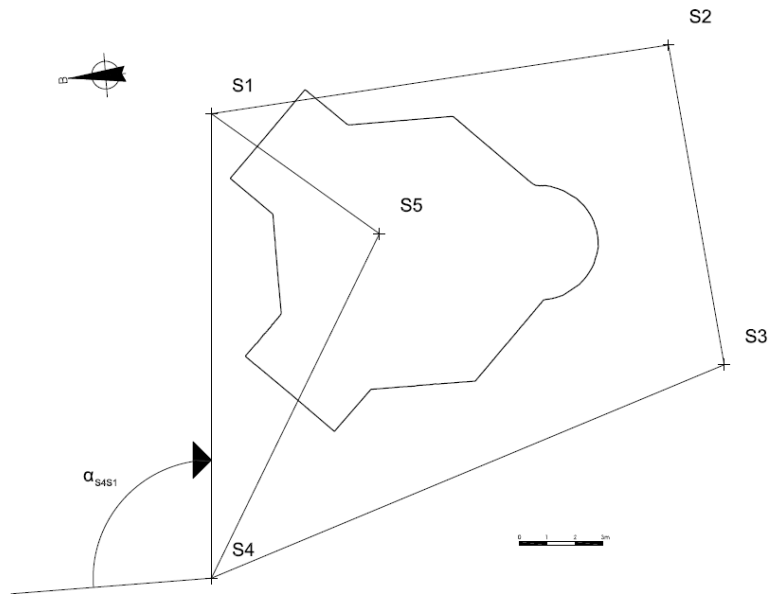
Καθοριστικό ρόλο στην πραγματοποίηση της γεωμετρικής τεκμηρίωσης κατέχει η σύνταξη των αυτοσχεδίων πεδίου. Είναι αυτά που ουσιαστικά καθορίζουν τη διαδικασία της αποτύπωσης γι' αυτό και απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στη σύνταξή τους. Τα αυτοσχέδια πεδίου συντάσσονται με τέτοιο τρόπο ώστε να απεικονίζεται σε αυτά οποιαδήποτε λεπτομέρεια θα εμφανίζεται στη συνέχεια στα διαγράμματα της κάτοψης ή των τομών – όψεων. Σε καθένα από αυτά περιέχεται όλη η πληροφορία του τμήματος της κατασκευής που απεικονίζεται, καθώς και τα σημεία του δικτύου που ορίστηκε. [Λάμπρου, Πανταζής, 2011]

Τα αυτοσχέδια υπαίθρου εμφανίζουν τη θέση των ταχυμετρικών και φωτοσταθερών σημείων στο μνημείο σε ένα πρόχειρο γραμμικό και χωρίς κλίμακα σχέδιο. Υλοποιήθηκαν 16 αυτοσχέδια υπαίθρου.

Ίδρυση και μέτρηση γεωδαιτικού δικτύου

Οι γεωδαιτικές μετρήσεις αποτελούν βασικό στοιχείο στην γεωμετρική τεκμηρίωση, μέσω των οποίων το υπό μελέτη αντικείμενο εντάσσεται σε ένα τοπικό σύστημα αναφοράς. Δεν συνιστάται η πλήρης σύνδεση με το Κρατικό Σύστημα Αναφοράς, αλλά μόνο η ένταξη του τοπικού δικτύου σε αυτό με τις ελάχιστες δεσμεύσεις, έτσι ώστε να αποφευχθούν οι παραμορφώσεις της χαρτογραφικής προβολής του ΕΓΣΑ 87. Με τον όρο ελάχιστες δεσμεύσεις σημαίνει ένα γνωστό σημείο και μια γνωστή διεύθυνση.

Έτσι, ιδρύθηκαν 5 στάσεις, οι οποίες τοποθετήθηκαν στο χώρο με τέτοιο τρόπο, ώστε να καλύπτουν επαρκώς το αντικείμενο και να είναι ικανές να λάβουν τα απαραίτητα στοιχεία για τα παραγόμενα σχέδια. Το μέγεθος του δικτύου που ιδρύθηκε είναι μικρό και οι πλευρές του δεν ξεπερνούν τις μερικές δεκάδες μέτρα. Ως σταθερό θεωρήθηκε το σημείο Σ4 και η διεύθυνση $\alpha_{\Sigma 4 \Sigma 1}$, περισσότερα αναλύονται στο κεφάλαιο 3.3.1. Το παρακάτω σχήμα απεικονίζει τα τριγωνομετρικά σημεία, τα οποία τοποθετήθηκαν στο χώρο του μνημείου:



Σχήμα 3.2.1: Θέσεις των τριγωνομετρικών σημείων για τις γεωδαιτικές μετρήσεις στο Ωρολόγιο του Ανδρόνικου Κυρρήστου

Οι μετρήσεις του δικτύου πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας μεθόδους που να εξασφαλίζουν τις απαιτούμενες αβεβαιότητες (αμοιβαίες – ταυτόχρονες παρατηρήσεις). Πραγματοποιήθηκε επίλυση τριγωνισμού, από τη Σ1, για τα εξωτερικά τριγωνομετρικά σημεία (Σ2, Σ3, Σ4) και στη συνέχεια άλλος ένας τριγωνισμός για το εσωτερικό τριγωνομετρικό σημείο Σ5 (Σ1, Σ4) (Σχήμα 3.2.1). Η επεξεργασία των μετρήσεων αναλύεται στο κεφάλαιο 3.3.1.

Επίσης, μετρήθηκαν σημεία τα οποία υλοποιούν τη θέση της:

- Κάτοψης στο 1m από τον τελευταίο αναβαθμό της Βορειοανατολικής εισόδου
- Κάτοψης στα 7.2m από τον τελευταίο αναβαθμό της Βορειοανατολικής εισόδου
- Κατακόρυφης τομής Βορειοανατολικά προς Νοτιοδυτικά
- Κατακόρυφης τομής Βορειοδυτικά προς Νοτιοανατολικά
- Φωτοσταθερά σημεία εξωτερικά κι εσωτερικά του μνημείου



Εικόνα 3.2.1: Φωτοσταθερό σημείο στο εσωτερικό τμήμα του μνημείου

Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν αρκετά σημεία λεπτομέρειας τα οποία εμφανίζονται σε περισσότερα από ένα διαγράμματα οριζόντιας ή κατακόρυφης τομής-όψης, τα οποία ορίζουν άλλοτε τεμνόμενα και άλλοτε προβαλλόμενα στοιχεία.

Η πληροφορία που συλλέγεται σε αυτό το στάδιο της γεωδαιτικής διαδικασίας είναι ογκώδης και στη συνέχεια στο κεφάλαιο 3.3 υποβάλλεται σε διαφορετικού είδους υπολογιστική επεξεργασία, ανάλογα με το διάγραμμα στο οποίο απεικονίζεται κάθε λεπτομέρεια. [Λάμπρου, Πανταζής, 2011]

3.2.2 ΕΙΚΟΝΕΣ

Γενικά

Πριν τη λήψη των εικόνων στο πεδίο πραγματοποιήθηκε ο σχεδιασμός που εξασφάλισε ότι οι εικόνες που θα χρησιμοποιηθούν είναι οι κατάλληλες για τον σκοπό της απόδοσης. Λήφθηκαν υπόψη τα διατιθέμενα μέσα και ο τύπος της μηχανής λήψης, η απαιτούμενη ακρίβεια σε συνδυασμό με την ζητούμενη κλίμακα τελικού προϊόντος, το σχήμα του αντικειμένου (μορφολογία του εδάφους) κ.λπ.

Οι εικόνες που είναι σε κεντρική προβολή, παρουσιάζουν ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά που έχουν ιδιαίτερη σημασία για την φωτογραμμετρία. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι:

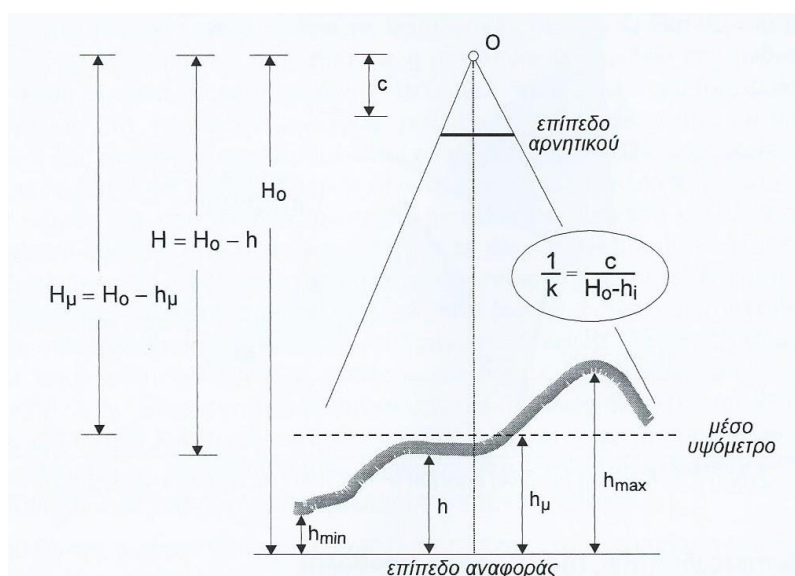
- η μεταβλητή κλίμακα,
- η εκτροπή λόγω αναγλύφου
- και ο φακός της μηχανής

Πιο λεπτομερειακά η μεταβλητή κλίμακα αποτελεί τη κυριότερη ιδιότητα της φωτογραφικής εικόνας ως κεντρικής προβολής (=προοπτικής απεικόνισης). Στο Σχ. 3.2.2.1 φαίνεται αυτή η μεταβολή στην περίπτωση του Ωρολογίου του Κυρρήστου που λήφθηκε από ψηλά. Είναι προφανές ότι εδώ ακριβώς έγκειται η κρίσιμη διαφορά της κεντρικής από μια ορθή προβολή.



Εικόνα 3.2.2.1: Μεταβολή της κλίμακας στην προοπτική απεικόνιση από λήψεις στο Ωρολόγιο του Ανδρόνικου Κυρρήστου

Επομένως, η κλίμακα της εικόνας (φωτογραφική κλίμακα) δεν είναι ενιαία, είναι μάλιστα δυνατόν να παρουσιάζονται ιδιαίτερα έντονες διακυμάνσεις από σημείο σε σημείο της ίδιας εικόνας. Στο Σχήμα 3.2.2.2 είναι αρκετά αντιληπτή η βασική σχέση που εκφράζει την φωτογραφική κλίμακα.



Σχήμα 3.2.2.1: Εκφράσεις της κλίμακας της εικόνας (αυστηρά κατακόρυφη λήψη) [Πέτσα, 2000]

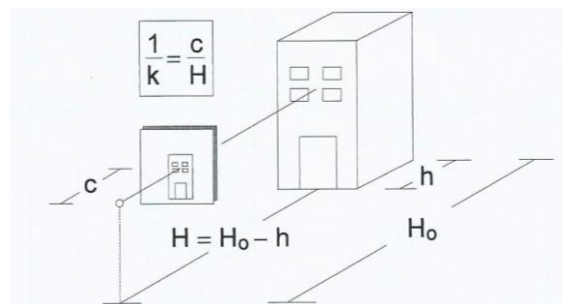
Έτσι, προκύπτουν δύο βασικά στοιχεία για την κλίμακα της εικόνας (η οποία συμβολίζεται 1:k, όπου k είναι ο συντελεστής κλίμακας).

1. Η κλίμακα εξαρτάται από ορισμένους παράγοντες:
 - την απόσταση H_0 του φακού Ο από το επίπεδο αναφοράς
 - από το ανάγλυφο του αντικειμένου
 - την απόσταση λήψης H , η οποία προκύπτει ως διαφορά των δύο προηγούμενων τιμών
 - από το είδος του φακού – ευρυγώνιος, κανονικός κ.λπ. – που εν προκειμένω υπεισέρχεται μέσω της «σταθεράς της μηχανής»
 - και από την κλίση του άξονα της μηχανής
2. Η κλίμακα της εικόνας εξαρτάται τοπικά από το υψόμετρο του σημείου του αντικειμένου που απεικονίζει, επομένως διαφέρει από σημείο σε σημείο της. Συνεπώς, προκύπτει η έννοια της σημειακής κλίμακας, ότι δηλαδή κάθε σημείο i απεικονίζεται υπό την δική του κλίμακα $1:k_i$, όπου

$$\frac{1}{k_i} = \frac{c}{H_0 - h_i} = \frac{c}{H_i}$$

Κάθε σημείο έχει το δικό του υψόμετρο, επομένως έχει και την δική του απόσταση λήψης.

Η παρούσα εργασία, η οποία αναφέρεται στη γεωμετρική τεκμηρίωση του Ωρολογίου του Ανδρόνικου Κυρρήστου, που αποτελεί παλαιά κατασκευή, αναφέρεται σε επίγειες λήψεις, στις οποίες η διεύθυνση του βάρους είναι οριζόντια, όπως στο παράδειγμα του Σχήματος 3.2.2.3:

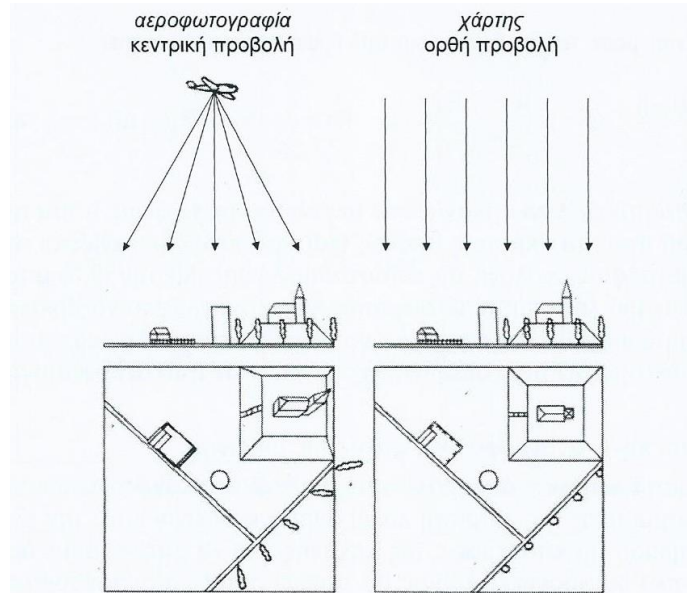


Σχήμα 3.2.2.2: Κλίμακα της εικόνας σε επίγεια λήψη με οριζόντιο άξονα [Πέτσα, 2000]

Οι επίγειες εικόνες απεικονίζουν αντικείμενα που βρίσκονται σε πολύ διαφορετικές αποστάσεις λήψης, με συνέπεια να υπάρχουν πολύ έντονες μεταβολές κλίμακας.

Η μεταβλητή κλίμακα που είναι εγγενής στην κεντρική προβολή, έχει ως άμεση συνέπεια την εκτροπή λόγω αναγλύφου, δηλαδή το να καταγράφονται στην εικόνα στοιχεία και των τριών διαστάσεων του χώρου και όχι μόνο των δύο, όπως συμβαίνει

στην ορθή προβολή. Το Σχήμα 3.2.2.4 παρουσιάζει τις διαφορές μεταξύ μιας κεντρικής και μιας ορθής προβολής. Φαίνεται λοιπόν ότι τα κατακόρυφα στοιχεία του αντικειμένου καταγράφονται ως οριζόντια μήκη στην εικόνα, τα οποία είναι μάλιστα ακτινικά, δηλαδή κατευθύνονται όλα προς το κέντρο της εικόνας.

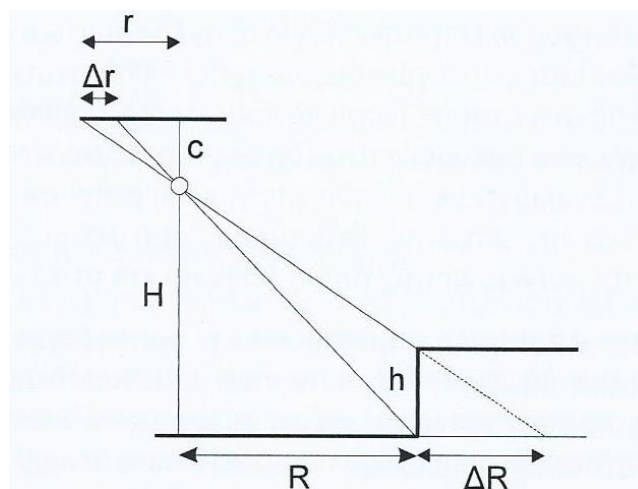


Σχήμα 3.2.2.3: Διαφορές μεταξύ της κεντρικής και ορθής προβολής [Πέτσα, 2000]

Οι ακτινικές εκτροπές λόγω αναγλύφου Δr εξαρτώνται από τους εξής παράγοντες:

- το ύψος h του κατακόρυφου στοιχείου
- την απόσταση λήψης H
- την ακτινική απόσταση r στην εικόνα, στην οποία εμφανίζεται το αντικείμενο.

Τα παραπάνω εμφανίζονται στο Σχήμα 3.2.2.5:



Σχήμα 3.2.2.4: Εκτροπή Δr λόγω αναγλύφου h [Πέτσα, 2000]

Η εκτροπή αναγλύφου συνδέεται με αυτούς τους παράγοντες μέσω των ακόλουθων ισοδύναμων σχέσεων:

$$\Delta r = r \cdot \frac{h}{H} \quad h = H \cdot \frac{\Delta r}{r}$$

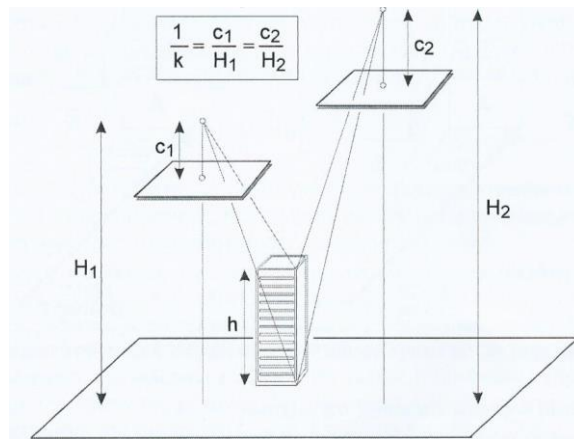
Δηλαδή η εκτροπή Δr λόγω αναγλύφου μεγαλώνει με το ύψος h του αντικειμένου, είναι μεγαλύτερη προς τα άκρα της εικόνας (και μηδενίζει στο κέντρο της), ενώ είναι αντιστρόφως ανάλογη της απόστασης λήψης. Με τις παραπάνω σχέσεις σχεδιάζεται μία λήψη, ώστε οι εκτροπές λόγω αναγλύφου να βρίσκονται εντός κάποιων επιθυμητών ορίων, και αφετέρου γίνονται και χονδρικοί υπολογισμοί για τα απεικονιζόμενα αντικείμενα.

Για την εκτροπή λόγω αναγλύφου όπως αυτή ανάγεται στο έδαφος, δηλαδή στο μέγεθος ΔR , του Σχήματος 3.2.2.5, διαπιστώνεται ότι ισχύει:

$$\Delta R = h \cdot \frac{r}{c}$$

Συνεπώς, η εκτροπή λόγω αναγλύφου σε διαστάσεις εδάφους είναι ανεξάρτητη του ύψους πτήσης H . Και μάλιστα για ίδιο ύψος αντικειμένου h και ίδια ακτινική απόσταση r εξαρτάται από τον φακό. Έτσι, ανηγμένες στο έδαφος οι εκτροπές λόγω αναγλύφου είναι μικρότερες για φακούς μεγάλης εστιακής απόστασης (οξυγώνιους φακούς, τηλεφακούς) και μεγαλύτερες για φακούς μικρής εστιακής απόστασης (ευρυγώνιους, υπερευρυγώνιους).

Ακόμη, λαμβάνεται υπόψη η μεταβολή της κλίμακας μέσα στην εικόνα. Η μεταβολή είναι εντονότερη όσο μεγαλύτερο είναι το ανάγλυφο ως ποσοστό της απόστασης λήψης. Επομένως, για σταθερή κλίμακα $c:H$ μεγάλες μεταβολές κλίμακας εμφανίζονται σε φακούς μικρής εστιακής απόστασης (ευρυγώνιους). Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η μεταβολής της κλίμακας σε σχέση με το φακό της μηχανής:



Σχήμα 3.2.2.5: Μεταβολή κλίμακας και φακός μηχανής [Πέτσα, 2000]

Συμπερασματικά, οι φακοί μικρής εστιακής απόστασης εμφανίζουν πολύ διαφορετικές κλίμακες μέσα στην ίδια εικόνα, δηλαδή παρουσιάζουν εντονότερη προοπτική. [Πέτσα, 2000]

Επιλογή φακών

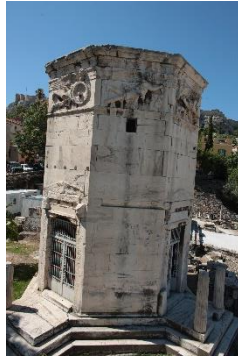
Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω και εξετάζοντας το αντικείμενο μελέτης, η παρούσα εργασία αναφέρεται σε επίγειες λήψεις με μία φωτογραμμετρική φωτομηχανή ακριβείας. Πρόκειται για μία ψηφιακή μηχανή και η επεξεργασία των λήψεων έγινε στη συνέχεια με χρήση ψηφιακών εικόνων. Τα χαρακτηριστικά της μηχανής αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα:

Type	CANON EOS-1Ds Mark III
Image Format	5616 x 3744 px ή 36 × 24mm (Fullframe)

Πίνακας 3.2.2.1: Χαρακτηριστικά της ψηφιακής μηχανής που χρησιμοποιήθηκε στις εργασίες υπαίθρου

Η μέτρηση των φωτοσταθερών πραγματοποιήθηκε με γεωδαιτικό όργανο (Total Station), όπως αναφέρεται στο προηγούμενο κεφάλαιο. Η επεξεργασία των μετρήσεων πραγματοποιήθηκε σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές με κατάλληλα λογισμικά. Η μέθοδος δεν περιλάμβανε στερεοσκοπική παρατήρηση και επρόκειτο για μία πολυεικονική μέθοδο, η οποία προσφέρει άμεσα και αυτοματοποιημένα αποτελέσματα. Η διαδικασία, η επεξεργασία των δεδομένων και τα αποτελέσματα αναλύονται σε επόμενα κεφάλαια.

Εξαιτίας της περιπλοκότητας του μνημείου (σχήμα και ύψος), πραγματοποιήθηκαν λήψεις σε μακρινές ($< 14m$) και σε κοντινές ($> 0.5m$) αποστάσεις.



Εικόνα 3.2.2.2: Λήψη από μακρινή απόσταση (εξωτερικά του μνημείου)



Εικόνα 3.2.2.3: Λήψη από κοντινή απόσταση (εσωτερικά του μνημείου)

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές, η κλίμακα των σχεδίων είναι 1:50. Δεδομένου ότι η διακριτική ικανότητα του ανθρώπινου ματιού είναι $0.25mm$, η ακρίβεια των τελικών προϊόντων υπολογίζεται:

$$50 \cdot 0.25 = 12.5mm$$

Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι οποιοδήποτε αντικείμενο μικρότερων διαστάσεων δεν οφείλει να είναι διακριτό στα τελικά προϊόντα. Από τους διαθέσιμους φακούς χρησιμοποιήθηκε ο φακός των $24mm$ για τις μακρινές αποστάσεις και ο φακός των $16mm$ για τις πιο κοντινές. Η επιλογή των συγκεκριμένων φακών έγινε λαμβάνοντας υπόψη την κάλυψη του αντικειμένου που προσφέρουν σε σχέση με άλλους φακούς (π.χ. $50mm$).

Η κλίμακα στις εικόνες υπολογίζεται με τους παρακάτω τύπους, για τη πιο μακρινή και πιο κοντινή απόσταση αντίστοιχα:

$$\frac{1}{k} = \frac{c}{H} = \frac{24mm}{14000mm} \approx \frac{1}{600}$$

και

$$\frac{1}{k} = \frac{c}{H} = \frac{16mm}{500mm} \approx \frac{1}{31}$$

Απεικόνιση	Συντελεστής κλίμακας	Ακρίβεια προϊόντος	Μέγεθος εδαφοψηφίδας
Εικόνα (< 14m)	1:600	1pix ή 6.4μm	600*6.4=3.84mm
Εικόνα (> 1m)	1:31	1pix ή 6.4μm	31*6.4=0.20mm







Πίνακας 3.2.2.2: Μέγεθος εδαφοψηφίδας για την μικρότερη και μεγαλύτερη απόσταση λήψης εικόνας.

Από τον παραπάνω πίνακα συμπεραίνεται ότι, το μέγεθος της εδαφοψηφίδας των εικόνων από τις παραπάνω κλίμακες αντιστοιχεί στα 3.84mm και στα 0.20mm, τα οποία αντιστοιχούν στις ακραίες περιπτώσεις λήψεων εικόνας στη παρούσα γεωμετρική τεκμηρίωση. Παρατηρείται ότι είναι πάνω από τρεις φορές μικρότερα των 12.5mm, που αποτελεί την ακρίβεια της κλίμακας της ορθοεικόνας των σχεδίων του 1:50. Επομένως, οι παραπάνω φακοί σε συνδυασμό με τις αντίστοιχες αποστάσεις λήψης και επομένως κλίμακες εικόνας ικανοποιούν την ακρίβεια που απαιτείται για τα τελικά σχέδια. Λαμβάνοντας υπόψη το πλήθος και το σφάλμα που προσθέτουν οι διαδικασίες για την παραγωγή των τελικών ορθοεικόνων, οι επιλεγόμενοι φακοί κρίνονται επαρκείς.

Θέσεις λήψεων-Λήψεις

Η περιπλοκότητα του μνημείου οδήγησε σε διαφορετικές φάσεις λήψης των εικόνων. Τρεις ήταν οι τρόποι που χρησιμοποιήθηκαν στο Ωρολόγιο του Κυρρήστου για την πλήρη γεωμετρική αποτύπωσή του, κυρίως με τη χρήση εικόνων. Από το ύψος ενός μέσου ανθρώπου, με ειδικό τρίποδα ύψους 8m και με τη βοήθεια σκαλωσιών που τοποθετήθηκαν αργότερα στο μνημείο για την εξυπηρέτηση των εργασιών συντήρησης που είχαν προγραμματιστεί.

Ο πρώτος τρόπος είναι στο ύψος του ανθρώπου και στο παρακάτω πίνακα αναφέρονται λεπτομερειακά οι εικόνες που λήφθηκαν ανά τμήμα μνημείου:

Τμήμα Μνημείου	Κομμάτι Μνημείου	Αριθμός Εικόνων	Ενδεικτική Εικόνα
Εξωτερικό	Κάτω τμήμα του οκτάγωνου Πύργου	50	
	Κίονες	55	
	Σκαλιά εισόδων	14	
Εσωτερικό	Επάνω τμήμα οκτάγωνου Πύργου	16	
	Κάτω τμήμα του οκτάγωνου Πύργου	17	
	Κυλινδρικό πρόσκτισμα	28	




Πίνακας 3.2.2.3: Εικόνες που λήφθηκαν ανά κομμάτι του μνημείου σε μέσο ανθρώπινο ύψος

Επίσης, χρησιμοποιήθηκε ειδικός τρίποδας 8m για να καλυφθούν επαρκώς κυρίως οι λεπτομέρειες της ζωφόρου και το δάπεδο στο εσωτερικό τμήμα του μνημείου.










Εικόνα 3.2.2.4: Τρίποδας των 8m

Στο παρακάτω πίνακα αναφέρονται λεπτομερειακά οι εικόνες που λήφθηκαν ανά τμήμα μνημείου με τον ειδικό τρίποδα:

Τμήμα Μνημείου	Κομμάτι Μνημείου	Αριθμός Εικόνων	Ενδεικτική Εικόνα
Εξωτερικό	Επάνω τμήμα του οκτάγωνου Πύργου	40	
	Λεπτομέρειες των εισόδων	2	
Εσωτερικό	Δάπεδο	13	

Πίνακας 3.2.2.4: Εικόνες που λήφθηκαν ανά τμήμα του μνημείου με τον 8m ειδικό τρίποδα

Στη συνέχεια, τοποθετήθηκαν στο εξωτερικό και στο εσωτερικό τμήμα του μνημείου σκαλωσιές, οι οποίες διευκόλυναν τη λήψη εικόνων σε πιο ψηλά σημεία. Παρακάτω εμφανίζεται πίνακας με τις αντίστοιχες εικόνες ανά τμήμα του μνημείου:

Τμήμα Μνημείου	Κομμάτι Μνημείου	Αριθμός Εικόνων	Ενδεικτική Εικόνα
Εξωτερικό	Κορυφή στέγης	9	
	Στέγη	269	
	Σίμη στέγης	158	
	Οροφή κυλινδρικού προσκτίσματος	35	
Εσωτερικό	Κατώτερη προεξοχή	258	
	Επάνω προεξοχή	119	
	Λεπτομέρειες κίωνων	128	

Πίνακας 3.2.2.5: Εικόνες που λήφθηκαν ανά τμήμα του μνημείου με τη βοήθεια της σκαλωσιάς

Λήφθηκαν 180 εικόνες από το μέσο ανθρώπινο ύψος, 55 από τρίποδα 8m και 976 από τη σκαλωσιά. Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 1211 εικόνες για την γεωμετρική τεκμηρίωση του Ωρολογίου του Ανδρόνικου Κυρρήστου. Οι λήψεις πραγματοποιήθηκαν σε τρεις διαφορετικές φάσεις με διαφορετικό ύψος και απόσταση από το αντικείμενο, σε κάθε μία. Οι λήψεις έγιναν σε τρεις διαφορετικές ημέρες, και συνεπώς αξίζει να παρατηρηθεί ότι υπήρχε διαφορά στο φυσικό φωτισμό στις λήψεις του εξωτερικού τμήματος, μεταξύ των τριών ημερών (Εικόνα 3.2.2.2).



Εικόνα 3.2.2.5: Διαφορές στο φυσικό φωτισμό των λήψεων σε διαφορετικές ημέρες (1^η και 2^η ημέρα αντίστοιχα) του εξωτερικού τμήματος του μνημείου

Επίσης, στο εσωτερικό τμήμα του μνημείου, λόγω του χαμηλού φωτισμού, χρησιμοποιήθηκε τεχνητός φωτισμός (προβολείς) για τις λεπτομέρειες του μνημείου, με συνέπεια να διαφέρει το χρώμα των εικόνων αυτών, από εκείνων που είχαν ληφθεί με το φυσικό φως (Εικόνα 3.2.2.3).



Εικόνα 3.2.2.6: Διαφορές μεταξύ φυσικού και τεχνητού φωτισμού στο εσωτερικό τμήμα του μνημείου

3.3 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΓΡΑΦΕΙΟΥ

Οι εργασίες γραφείου αποσκοπούν στην αξιοποίηση των μετρήσεων και λήψεων των εικόνων κατά τις εργασίες υπαίθρου και στην απαραίτητη επεξεργασία τους, για την παραγωγή των επιθυμητών αποτελεσμάτων.

3.3.1 ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ-ΣΤΡΟΦΕΣ

Εργασίες γραφείου-Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η επεξεργασία των μετρήσεων του πεδίου που προέκυψαν από το γεωδαιτικό σταθμό κατά τις εργασίες υπαίθρου που αναφέρονται στο κεφάλαιο 3.2.1. Αρχικά, προσδιορίζονται οι συντεταγμένες x_i, y_i, z_i όλων των σημείων της αποτύπωσης, στο αυθαίρετο τοπικό σύστημα αναφοράς που έχει επιλεγεί. Ακολουθεί η ταξινόμησή τους ανά κάτοψη και κατακόρυφη τομή-όψη και φωτοσταθερά.

Τα σημεία που ορίζουν οριζόντιες τομές εισάγονται με τη βοήθεια κατάλληλου προγράμματος H/Y σε σχεδιαστικό πρόγραμμα (CAD). Ακολουθεί η απόδοσή τους με τη βοήθεια των αυτοσχεδίων πεδίου και η δημιουργία των διαγραμμάτων των οριζόντιων τομών.

Οι συντεταγμένες των σημείων που αποτελούν μια κατακόρυφη τομή-όψη υποβάλλονται σε κατάλληλους μετασχηματισμούς. Σκοπός είναι να υπολογισθούν νέες συντεταγμένες για όλα τα σημεία κάθε κατακόρυφης τομής-όψης σε ένα νέο σύστημα αναφοράς. Στο σύστημα αυτό ο ένας άξονας (x) θα είναι παράλληλος με το επίπεδο της κατακόρυφης τομής-όψης, ο δεύτερος (y) κάθετος σε αυτόν και στο επίπεδο της τομής και ο τρίτος άξονας (z) κάθετος στο επίπεδο των δύο προηγούμενων. Ως αρχή του νέου αυτού συστήματος αναφοράς ορίζεται κάποιο σημείο που ανήκει στο επίπεδο της κατακόρυφης τομής.

Η αλλαγή του συστήματος πραγματοποιείται μέσω μιας στροφής των συντεταγμένων των σημείων από το ένα σύστημα, δηλ. το τοπικό της αποτύπωσης στο άλλο, αυτό της τομής και μιας μετάθεσής τους στην αρχή του νέου συστήματος. Ο μετασχηματισμός αυτός είναι απαραίτητος ώστε στη συνέχεια να γίνει η προβολή των σημείων της τομής-όψης σε ένα κατακόρυφο επίπεδο, παράλληλο σε αυτή. Έτσι επιτυγχάνεται η ορθή προβολή των σημείων λεπτομερειών και προκύπτουν γεωμετρικά παράγωγα χωρίς παραμορφώσεις. [Λάμπρου, Πανταζής, 2011]

Ταξινόμηση

Τα νούμερα των σημείων ταξινομήθηκαν με κωδικούς ανάλογα με την ιδιότητα του καθενός. Οι κωδικοί που λήφθηκαν φαίνονται παρακάτω:

Ιδιότητα	Κωδικός
Κάτοψη στο 1m από την πρώτη βαθμίδα	10
Προβολές της κάτοψης στο 1m από την πρώτη βαθμίδα	20
Κάτοψη στα 7.2m από την πρώτη βαθμίδα	30
Λεπτομέρειες (παράθυρα)	40
Φωτοσταθερά	50
Κατακόρυφη τομή Βορειοδυτική-Νοτιοανατολική	60
Κατακόρυφη τομή Βορειοανατολική-Νοτιοδυτική	70
Στάσεις	80

Πίνακας 3.3.1.1: Ταξινόμηση των σημείων που μετρήθηκαν με γεωδαιτικό σταθμό

Τοπικό αυθαίρετο σύστημα

Στις συνήθεις τοπογραφικές εργασίες (αποτυπώσεις μικρών εκτάσεων) όπου δεν είναι απαραίτητη η ένταξη στο κρατικό σύστημα συντεταγμένων χρησιμοποιείται ένα τοπικό-αυθαίρετο σύστημα αναφοράς. Ουσιαστικά πρόκειται για ένα σύστημα που ορίζεται από ένα οριζόντιο επίπεδο που θεωρείται ότι εφάπτεται στο κέντρο της περιοχής αποτύπωσης και είναι κάθετο στην κατακόρυφο στο σημείο αυτό. Σε αυτό προβάλλονται όλα τα σημεία που ορίζουν την έκταση που αποτυπώνεται.

Στο επίπεδο αυτό ορίζεται ένα ορθογώνιο καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων, από δύο άξονες x , y , με αυθαίρετη αρχή O , αυθαίρετο προσανατολισμό και αυθαίρετες συντεταγμένες της αρχής του (x_0, y_0) . Η τρίτη διάσταση, το υψόμετρο, μετριέται σε άξονα κάθετο στο επίπεδο αυτό με αυθαίρετη τιμή υψομέτρου στην αρχή O .

Στη συγκεκριμένη περίπτωση στη στάση Σ4, σύμφωνα με το σχήμα 3.2.1, ορίστηκαν αυθαίρετα:

$$X_4 = 1000m$$

$$Y_4 = 1000m$$

$$Z_4 = 100m$$

Για να είναι ορθότερο και εύκολα αντιληπτό το σύστημα αυτό είναι απαραίτητο να ορίζεται συγκεκριμένα ο προσανατολισμός του. Αυτό πραγματοποιείται αν ο θετικός άξονας των τεταγμένων (y) ορίζει τη διεύθυνση από την αρχή O του συστήματος προς

τον βορρά και ο θετικός άξονας των τετμημένων (x) είναι κάθετος σε αυτόν προς την ανατολή. Η γωνία διεύθυνσης a_{41} (Σχήμα 3.2.1) ορίστηκε αυθαίρετα:

$$a_{41} = 66.6667 \text{ grad}$$

Υπολογισμοί συντεταγμένων

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 3.2.1, πραγματοποιήθηκε η ίδρυση 5 στάσεων. Αρχικά, επιλύθηκε τριγωνισμός, με βάση τα παραπάνω για τη Σ4, για τα εξωτερικά τριγωνομετρικά σημεία (Σ1, Σ2, Σ3) (Σχήμα 3.2.1). Παρακάτω εμφανίζονται οι αρχικές και οι συνορθωμένες συντεταγμένες με τα τυπικά τους σφάλματα οριζοντιογραφικά και υψομετρικά:

Στάση	Αρχικές Συντεταγμένες		Διορθώσεις		Συνορθωμένες Συντεταγμένες		Τυπικό Σφάλμα σθ	
	X	Y	ΔX	ΔY	X	Y	X	Y
S1	1000	1016.738	-	0.000	1000.000	1016.738	-	0.002
S2	1016.453	1019.215	0.000	0.000	1016.453	1019.215	0.003	0.002
S3	1018.461	1007.691	0.000	0.000	1018.461	1007.691	0.003	0.001
S4	1000	1000	-	-	1000.000	1000.000	-	-

Πίνακας 3.3.1.2: Οριζοντιογραφική επίλυση (Σ1, Σ2, Σ3, Σ4)

Σημείο	Συνορθωμένο Υψόμετρο	Τυπικό Σφάλμα σθ
S1	100.174	0.001
S2	103.429	0.001
S3	103.383	0.001
S4	100	-

Πίνακας 3.3.1.3: Υψομετρική επίλυση (Σ1, Σ2, Σ3, Σ4)

Στη συνέχεια, παρατίθενται τα αποτελέσματα για το δεύτερο τριγωνισμό, ώστε να λάβει συντεταγμένες το τριγωνομετρικό σημείο Σ5, το οποίο επιλύθηκε με τις συνορθωμένες συντεταγμένες των σημείων Σ1 και Σ4.

Στάση	Αρχικές Συντεταγμένες		Διορθώσεις		Συνορθωμένες Συντεταγμένες		Τυπικό Σφάλμα σθ	
	X	Y	ΔX	ΔY	X	Y	X	Y
S1	1000	1016.738	-	-	1000.000	1016.738	-	-
S4	1000	1000	-	-	1000.000	1000.000	-	-
S5	1006.046	1012.406	0.002	0.009	1006.048	1012.416	0.001	0.001

Πίνακας 3.3.1.4: Οριζοντιογραφική επίλυση (Σ1, Σ4, Σ5)

Σημείο	Συνορθωμένο Υψόμετρο	Διόρθωση	Τυπικό Σφάλμα σθ
S1	100.174	-	-
S4	100	-	-
S5	101.139	0	0.001

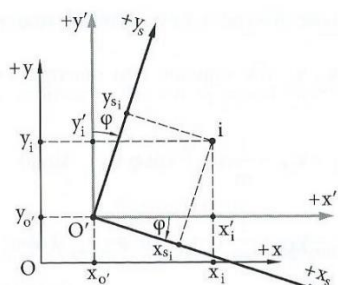
Πίνακας 3.3.1.5: Υψομετρική επίλυση (Σ1, Σ4, Σ5)

Μετασχηματισμοί-Στροφές

Κατά την εκτέλεση των γεωδαιτικών υπολογισμών συχνά παρουσιάζεται η ανάγκη της μετατροπής των ορθογώνιων καρτεσιανών συντεταγμένων (x, y) ενός σημείου από ένα σύστημα σε ένα άλλο.

Διακρίνονται τρεις βασικές περιπτώσεις μετατροπής:

- Η μετάθεση της αρχής των συντεταγμένων.
- Η αλλαγή της κλίμακας από το ένα σύστημα στο άλλο.
- Η στροφή των αξόνων του ενός συστήματος ως προς το άλλο.



Σχήμα 3.3.1.1: Σχηματική παράσταση του συνόλου των μετατροπών (μετάθεση-αλλαγή κλίμακας-στροφή) [5]

Στην περίπτωση αυτή εξαιτίας της δημιουργίας αυθαίρετου συστήματος πραγματοποιήθηκε η γενική περίπτωση μόνο για στροφή κατά γωνία φ_τ , όπου φ_τ προκύπτει κάθε φορά από την αντίστοιχη κατακόρυφη τομή-όψη.

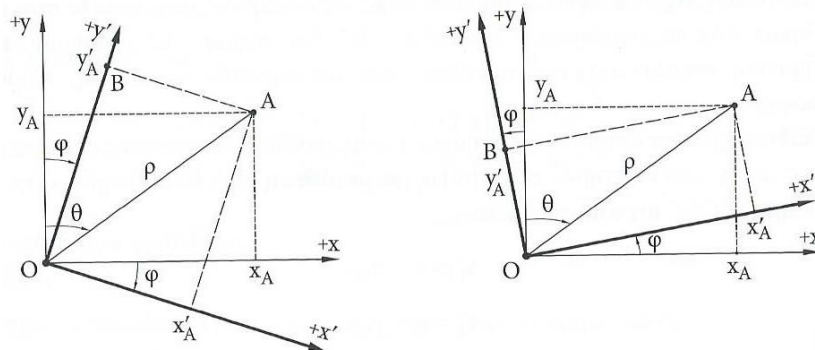
Στην περίπτωση αυτή είναι γνωστές οι συντεταγμένες ενός σημείου A (x_A, y_A) σε ένα σύστημα αναφοράς xOy και ζητούνται οι συντεταγμένες (x'_A, y'_A) του ίδιου σημείου σε ένα νέο σύστημα αναφοράς x'Oy', το οποίο έχει την ίδια αρχή αλλά οι άξονές του έχουν στραφεί κατά γωνία φ , ως προς το αρχικό σύστημα.

Στο παρακάτω σχήμα 3.3.1.2 παρουσιάζεται η σχηματική παράσταση της στροφής σύμφωνα (clockwise) ή αντίθετα (anticlockwise) με την κίνηση των δεικτών του ρολογιού.

Από το ορθογώνιο τρίγωνο OAB προκύπτει:

$$\sin(\theta - \varphi) = \frac{x'_A}{\rho} \Leftrightarrow x'_A = \rho \cdot \sin(\theta - \varphi)$$

$$\cos(\theta - \varphi) = \frac{y'_A}{\rho} \Leftrightarrow y'_A = \rho \cdot \cos(\theta - \varphi)$$



Σχήμα 3.3.1.2: Στροφή αξόνων κατά $\varphi > 0$ (clockwise) και κατά $\varphi < 0$ (anticlockwise) αντίστοιχα [Λάμπρου, Πανταζής, 2011]

Έτσι, οι καρτεσιανές συντεταγμένες κάθε σημείου i δίνονται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$X'_i = \left[\cos\left(\varphi_\tau \cdot \frac{\pi}{200}\right) \cdot X_i \right] - \left[\sin\left(\varphi_\tau \cdot \frac{\pi}{200}\right) \cdot Y_i \right]$$

$$Y'_i = \left[\cos\left(\varphi_\tau \cdot \frac{\pi}{200}\right) \cdot Y_i \right] + \left[\sin\left(\varphi_\tau \cdot \frac{\pi}{200}\right) \cdot X_i \right]$$

Όπου

X_i : η τετμημένη του σημείου i στο σύστημα xOy σε μέτρα (m)

Y_i : η τεταγμένη του σημείου i στο σύστημα xOy σε μέτρα (m)

X'_i : η τετμημένη του σημείου i στο σύστημα $x'Oy'$ σε μέτρα (m)

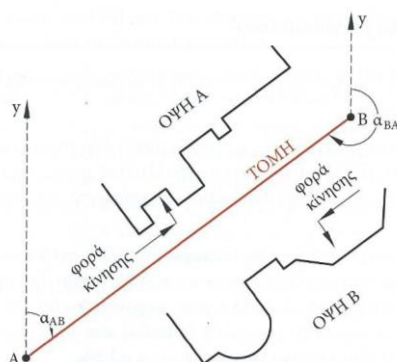
Y'_i : η τεταγμένη του σημείου i στο σύστημα $x'Oy'$ σε μέτρα (m)

φ_τ : η γωνία στροφής μεταξύ των δύο συστημάτων σε grad (g)

Η γωνία φ_τ κάθε φορά προκύπτει από την αντίστοιχη κατακόρυφη τομή-όψη.

Σε κάθε τομή αντιστοιχούν πάντοτε δύο όψεις εκατέρωθεν αυτής δεξιά και αριστερά της. Για τη σωστή στροφή και την αποφυγή κατοπτρικού σχήματος, ανάλογα με ποια από τις δύο όψεις αποτυπώνεται, ως γωνία διεύθυνσης του ίχνους του κατακόρυφου επιπέδου θεωρείται η γωνία διεύθυνσης της ευθείας που προκύπτει όταν διέρχεται η κατακόρυφη τομή-όψη με φορά κίνησης από τα αριστερά προς τα δεξιά κοιτώντας την όψη (προχωρώντας να «αφήνεται» η όψη πίσω-αριστερά).

Η γωνία διεύθυνσης της τομής AB που περιλαμβάνει και την όψη A είναι η α_{AB} , ενώ η γωνία διεύθυνσης της τομής AB που περιλαμβάνει και την όψη B είναι η $\alpha_{BA} = \alpha_{AB} + 200g$, όπως απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα:



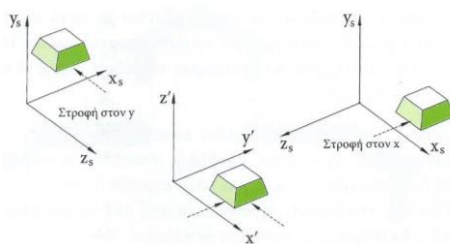
Σχήμα 3.3.1.3: Σχηματική παράσταση διαδικασίας επιλογής της γωνίας διεύθυνσης για τη στροφή του συστήματος [Λάμπρου, Πανταζής, 2011]

Τα αποτελέσματα της αντίστοιχης φ_τ που χρησιμοποιήθηκαν για κάθε κατακόρυφη τομή φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ		
Κατακόρυφη τομή	Όψη	Γωνία στροφής φ_t μεταξύ των δύο συστημάτων (grad)
Βορειοδυτικά- Νοτιοανατολικά	Νοτιοδυτική	-54.9209
Νοτιοανατολικά- Βορειοδυτικά	Βορειοανατολική	145.0791
Βορειοανατολικά- Νοτιοδυτικά	Βορειοδυτική	44.6696
Νοτιοδυτικά- Βορειοανατολικά	Νοτιοανατολική	-155.3304
Βορράς-Νότος	Δυτική	-5.1403
Νότος-Βορράς	Ανατολική	194.8597
Ανατολή-Δύση	Βορράς	94.8975
Δύση-Ανατολή	Νότος	-105.1025

Πίνακας 3.3.1.6: Γωνία στροφής φ_t ως προς την αντίστοιχη κατακόρυφη τομή-όψη

Τελικά η τομή-όψη απεικονίζεται σε ένα οπτικά δισδιάστατο επίπεδο σύστημα συντεταγμένων. Ο άξονας y_s αντιστοιχεί πάντοτε στον άξονα $z=z'$ του αρχικού τρισδιάστατου συστήματος. Επίσης, η μία συντεταγμένη x_i' ή y_i' κάθε σημείου μετά τη στροφή απεικονίζεται στον άξονα x_s του νέου συστήματος, που είναι παράλληλος στην τομή-όψη, ανάλογα αν η στροφή γίνεται στον άξονα x ή y , όπως απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 3.3.1.4: Σχηματική παράσταση διαδικασίας απεικόνισης τομής-όψης στο σύστημα x_s, y_s, z_s [Λάμπρου, Πανταζής, 2011]

Η άλλη συντεταγμένη x_i' ή y_i' που έχει απομείνει χάνεται «οπτικά», επειδή απεικονίζεται κάθετα στο κατακόρυφο επίπεδο της τομής-όψης ως z_s «βάθος» (με φορά είτε προς τα έξω, είτε προς τα μέσα).

Τελικά, μετά από αυτή την επεξεργασία οι συντεταγμένες κάθε σημείου i της κατακόρυφης τομής-όψης, όπως προβάλλονται στο σύστημα συντεταγμένων x_s, y_s, z_s και παρουσιάζονται στο παραπάνω σχήμα, μετασχηματίζονται σε:

$x_{s_i} = y'_i, y_{s_i} = z_i = z'_i, z_{s_i} = x'_i$	Αν γίνεται απεικόνιση παράλληλα στον άξονα y'
$x_{s_i} = x'_i, y_{s_i} = z_i = z'_i, z_{s_i} = -y'_i$	Αν γίνεται απεικόνιση παράλληλα στον άξονα x'

Πίνακας 3.3.1.7: Μετασχηματισμοί των συστημάτων συντεταγμένων σε κάθε περίπτωση

3.3.2 ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύεται η επεξεργασία των εικόνων που λήφθηκαν κατά τις εργασίες υπαίθρου και αναφέρονται στο κεφάλαιο 3.2.2. Τελικός στόχος της επεξεργασίας τους είναι η δημιουργία ορθοφωτογραφιών μέσω των διαδικασιών της φωτογραμμετρίας από αυτοματοποιημένες μεθόδους που χρησιμοποιούν διάφορα λογισμικά. Το κεφάλαιο αυτό αναφέρει το θεωρητικό υπόβαθρο για τη δημιουργία ορθοφωτογραφίας και στη συνέχεια αναλύει τα στάδια που πραγματοποιήθηκαν μέσω των αυτοματοποιημένων μεθόδων των αντίστοιχων λογισμικών που χρησιμοποιήθηκαν.

Η φωτογραμμετρία αποσκοπεί, σε γενικές γραμμές, στην «απόδοση» - δηλαδή στον κατά το δυνατόν πιστότερο γεωμετρικό προσδιορισμό – της μορφολογίας αντικειμένων του τρισδιάστατου (3D) χώρου από μετρήσεις σε εικόνες [Πέτσα, 2000]. Στο σχήμα 3.3.2.1 φαίνονται τα βασικά βήματα μιας φωτογραμμετρικής διαδικασίας.



Σχήμα 3.3.2.1: Βασικά βήματα μιας φωτογραμμετρικής διαδικασίας [Πέτσα, 2000]

Πρώτη φάση αποτελεί ο σχεδιασμός, ο οποίος αναλύεται στις εργασίες υπαίθρου στο κεφάλαιο 3.2.2. Ακολουθήθηκε η συλλογή των δεδομένων, δηλαδή η λήψη των εικόνων, οι οποίες και συνιστούν το πρωταρχικό στοιχείο για τη φωτογραμμετρική διαδικασία. Κατά τις εργασίες υπαίθρου εξαιτίας της σημαντικότητας του μνημείου και της ανάγκης των προδιαγραφών που αναφέρονται στο κεφάλαιο 1, αποφασίστηκε η λήψη εικόνων σε όλο το εύρος του μνημείου στο εξωτερικό και στο εσωτερικό τμήμα του, τα τμήματα του μνημείου που φωτογραφήθηκαν αναφέρονται λεπτομερώς στο κεφάλαιο 3.2.2. Σε αυτή τη περίπτωση εξασφαλίστηκε ότι οι εικόνες που θα χρησιμοποιηθούν είναι κατάλληλες για τον σκοπό της απόδοσης. Αυτό συμβαίνει, διότι οι εικόνες καλύπτουν επαρκώς τα στοιχεία που είναι απαραίτητα για την πλήρη γεωμετρική τεκμηρίωση του Ωρολογίου του Ανδρόνικου Κυρρήστου.

Στις εικόνες μετρώνται κατόπιν τα σημεία τους (εικονοσημεία) που είναι απαραίτητα, με προϊόν τις συντεταγμένες τους x, y στην εικόνα (εικονοσυντεταγμένες). Αυτές οι μετρήσεις εικονοσημείων αποτελούν την «πρώτη ύλη» για την φάση της επεξεργασίας των δεδομένων, κατά την οποία προσδιορίζονται τελικά οι γεωδαιτικές συντεταγμένες XYZ (οι λεγόμενες και συντεταγμένες χώρου) των μετρημένων εικονοσημείων [Πέτσα, 2000]. Τα υπολογισμένα σημεία του χώρου μετρήθηκαν σε ένα ψηφιακό αρχείο και στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η επεξεργασία τους, όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο 3.3.1, για να μπορούν στη συνέχεια να παραχθούν τα φωτογραμμετρικά προϊόντα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά τις μετρήσεις των σημείων αυτών στο πεδίο, δεν ήταν γνωστή η μετέπειτα δυνατότητα λήψεων των εικόνων στη στέγη και στις λεπτομέρειες του εσωτερικού τμήματος στα υψηλότερα σημεία. Οι σκαλωσιές τοποθετήθηκαν αργότερα και με την ευκαιρία αυτή πραγματοποιήθηκε λήψη των συγκεκριμένων

στοιχείων. Έτσι, κατά την επεξεργασία των δεδομένων δεν υπήρχαν γνωστές συντεταγμένες σε εικονοσημεία στα συγκεκριμένα υψηλά τμήματα. Η λήψη της γεωαναφοράς των εικόνων αυτών δόθηκε με άλλο τρόπο, ο οποίος αναλύεται παρακάτω στο κεφάλαιο αυτό.

Η ορθοφωτογραφία αναφέρεται στη διαφορική αναγωγή των εικόνων βάσει ενός μοντέλου του εδάφους ή του αντικειμένου. Η διαδικασία αποσκοπεί στο να απαλείψει την επίδραση των στροφών της φωτομηχανής, τις διακυμάνσεις στην κλίμακα της εικόνας και τις εκτροπές λόγω αναγλύφου του εδάφους ή του αντικειμένου. Γενικά, η φωτογραμμετρική απόδοση του τρισδιάστατου χώρου είναι μία σύνθετη διαδικασία που εμπλέκει πολλές παραμέτρους, επομένως και πολλές πηγές σφάλματος. Στη ψηφιακή ορθοαναγωγή, οι κύριες πηγές σφάλματος περιλαμβάνουν:

- σφάλμα μέτρησης συντεταγμένων των φωτοσταθερών
- σφάλμα από τη συνόρθωση του αεροτριγωνισμού
- σφάλμα εσωτερικού προσανατολισμού
- σφάλμα στην περιγραφή της επιφάνειας του αντικειμένου (DEM/DTM)

Μια ψηφιακή ορθοφωτογραφία παράγεται εξ ολοκλήρου σε ψηφιακό περιβάλλον. Δηλαδή, αφού έχουν ληφθεί οι ψηφιακές εικόνες, όλες οι διαδικασίες - φωτογραμμετρικές, χαρτογραφικές και αναπαραγωγής - γίνονται στο ψηφιακό χώρο, κατά προτίμηση στο ίδιο περιβάλλον λογισμικού.

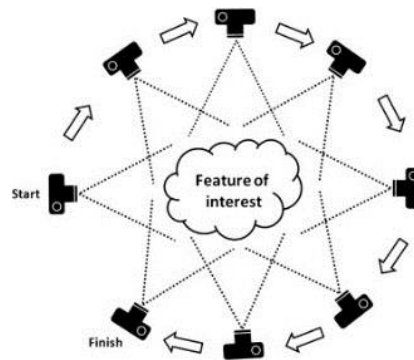
Αυτό το είδος περιβάλλοντος επιτρέπει στην ορθοφωτογραφία, το κάποτε ακριβό και εξειδικευμένο προϊόν, να γίνει ένα κοινό προϊόν τρέχοντος κόστους της όλης φωτογραμμετρικής διαδικασίας. Στο περιβάλλον αυτό, οι εικόνες που λαμβάνονται χρησιμοποιούνται στον αεροτριγωνισμό, ο οποίος εξάγει παραμέτρους δέσμης που προσανατολίζουν εικόνες/μοντέλα, τα οποία χρησιμοποιούνται με την σειρά τους για τη συλλογή DEM/DTM καθώς και χαρτογραφικών χαρακτηριστικών. [Βραδής, Καρράς, Πέτσα, 2000]

Πρακτικά-Λογισμικό-Λειτουργία

Η επεξεργασία των εικόνων για την παραγωγή των ορθοφωτογραφιών πραγματοποιήθηκε μέσω του λογισμικού Photoscan. Η διαδικασία που ακολουθείται στο λογισμικό αυτό περιλαμβάνει τη δημιουργία ενός τμήματος με τις απαιτούμενες εικόνες που λήφθηκαν στο πεδίο και την ευθυγράμμισή τους με σκοπό την δημιουργία

ενός νέφους σημείων. Πραγματοποιείται η εύρεση κοινών σημείων στις εικόνες, γίνεται ο προσανατολισμός τους και η αυτοβαθμονόμηση της μηχανής. Έτσι, δημιουργείται ένα αραιό νέφος σημείων. Στη συνέχεια, μέσω του προσανατολισμού των εικόνων χτίζεται η γεωμετρία του αντικειμένου και δημιουργείται ένα πιο πυκνό νέφος σημείων του αντικειμένου. Με τη βοήθεια του νέφους αυτού δημιουργείται η επιφάνεια, ώστε να πραγματοποιηθεί η παραγωγή της ορθοφωτογραφίας.

Η αυτοματοποίηση του συγκεκριμένου λογισμικού σχετίζεται με τον αλγόριθμο Structure from motion. Ο αλγόριθμος SFM έχει ως στόχο την ανακατασκευή της γεωμετρίας της σκηνής και της κίνησης της κάμερας κατά τις λήψεις, από δύο ή περισσότερες εικόνες του αντικειμένου, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.3.2.1.



Σχήμα 3.3.2.2: Παράδειγμα των θέσεων της κάμερας για πολλαπλές και επικαλυπτόμενες φωτογραφίες, ώστε να ανακατασκευαστεί η γεωμετρία της σκηνής και η κίνηση της κάμερας για το αντικείμενο ενδιαφέροντος [Westoby, 2012]

Ο αλγόριθμος SFM αναλύει τα δισδιάστατα (2D) χαρακτηριστικά και στην πραγματικότητα ανιχνεύει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, όπως γωνίες και γραμμές, και βρίσκει αντιστοιχίες μεταξύ των εικόνων [Westoby, 2012]. Επιπλέον, καθορίζει τρισδιάστατες (3D) πληροφορίες, από την εκτίμηση της κίνησης της κάμερας σε σχέση με τη δομή του αντικειμένου. Πραγματοποιεί συνόρθωση της δέσμης των ακτίνων και αναδομεί τις επιφάνειες με τριγωνισμό των εικόνων και στερεοσκοπική αντίληψη [Weng, 2012].

Αρχικά-Χωρισμός Αρχείων-Διαχείριση εικόνων

Ο αρχικός στόχος ήταν να πραγματοποιηθεί ένα project στο λογισμικό Photoscan, το οποίο τελικά θα περιλάμβανε όλο το μνημείο και τις εικόνες που λήφθηκαν κατά τις εργασίες πεδίου. Κατά την επεξεργασία των εικόνων χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρονικός υπολογιστής με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

Σύστημα

Κατασκευαστής:	TOSHIBA
Μοντέλο:	Personal Computer
Επεξεργαστής:	Intel(R) Core(TM) i5-3230M CPU @ 2.60GHz 2.60 GHz
Εγκατεστημένη μνήμη (RAM):	8.00 GB (7.88 GB είναι δυνατή η χρήση)
Τύπος συστήματος:	Λειτουργικό σύστημα 64 bit, επεξεργαστής τεχνολογίας x64

Εικόνα 3.3.2.1: Χαρακτηριστικά του Ηλεκτρονικού Υπολογιστή που χρησιμοποιήθηκε κατά την επεξεργασία των εικόνων

Ο μεγάλος όγκος των δεδομένων δεν προέβλεπε την επεξεργασία των εικόνων του μνημείου ως ενιαίου μπλοκ, σύμφωνα με την παραπάνω υπολογιστική ισχύ, συνεπώς μετά από αρκετές δοκιμές το μνημείο χωρίστηκε σε τμήματα (chunks), τα οποία υπέστησαν την απαραίτητη επεξεργασία ξεχωριστά.

Η τελική μορφή των κομματιών-αρχείων επιλέχθηκε μετά από πολλές δοκιμές, διότι εμφανίστηκαν αρκετά προβλήματα προσανατολισμού των εικόνων κατά την επεξεργασία τους. Μερικά από αυτά ήταν:

- ο διαφορετικός φωτισμός των εικόνων (διαφορετικές ημέρες και συνθήκες λήψης)
- μικρή επικάλυψη μεταξύ των εικόνων (λόγω απειρίας)
- διαφορετικές αποστάσεις λήψης ανά διαφορετικό κομμάτι (περιπλοκότητα μνημείου)
- ποικίλες γωνίες λήψης (περιπλοκότητα μνημείου)

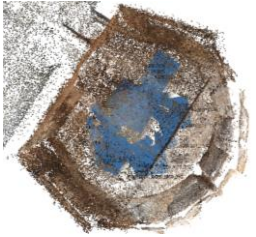

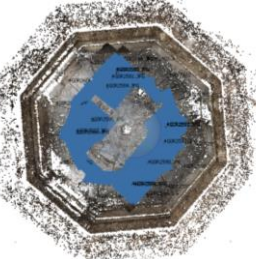
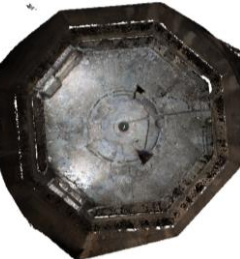
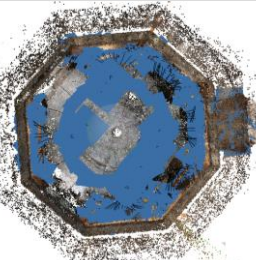



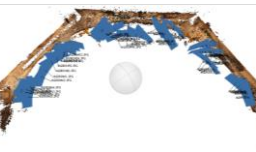
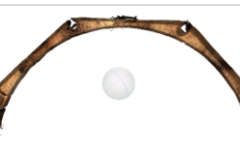
Ευθυγράμμιση και δημιουργία νεφών σημείων

Μετά την τελική αρχειοθέτηση (μετά από δοκιμές) και τη δημιουργία των αποδοτικών κομματιών-αρχείων για το μνημείο, πραγματοποιήθηκε η διαδικασία του προσανατολισμού των εικόνων σε κάθε τμήμα, με τη βοήθεια του αλγορίθμου SFM, μέσω του λογισμικού Photoscan. Παρακάτω παρουσιάζονται τα τμήματα στα οποία χωρίστηκε το Ωρολόγιο του Κυρρήστου, τα αραιά νέφη με τον προσανατολισμό των εικόνων και τη θέση τους κατά τη λήψη των εικόνων, καθώς και τα αντίστοιχα πυκνά νέφη που δημιουργήθηκαν στη συνέχεια:

Τμήμα Μνημείου	Κομμάτι Μνημείου	Αραιό Νέφος-Ευθυγράμμιση	Πυκνό Νέφος
Εξωτερικό	Κάτω τμήμα του οκτάγωνου Πύργου		
	Κίονες		
	Σκαλιά εισόδων		
	Επάνω τμήμα του οκτάγωνου Πύργου		
	Λεπτομέρειες των εισόδων		
	Οροφή κυλινδρικού προσκτίσματος		
	Κορυφή στέγης		
	Στέγη		
Γείσο στέγης			

Πίνακας 3.3.2.1: Τα αραιά νέφη (ευθυγράμμιση) και τα πυκνά νέφη των αντίστοιχων κομματιών του εξωτερικού τμήματος του Ωρολογίου του Ανδρόνικου Κυρρήστου

Τμήμα Μνημείου	Κομμάτι Μνημείου	Αραιό Νέφος-Ευθυγράμμιση	Πυκνό Νέφος
Εσωτερικό	Επάνω τμήμα οκτάγωνου Πύργου		
	Κάτω τμήμα του οκτάγωνου Πύργου		

Κυλινδρικό πρόσκτισμα		
Δάπεδο		
Κατώτερη προεξοχή		
Επάνω προεξοχή		
Λεπτομέρειες κίωνων		

Πίνακας 3.3.2.2: Τα αραιά νέφη (ευθυγράμμιση) και τα πυκνά νέφη των αντίστοιχων κομματιών του εσωτερικού τμήματος του Ωρολογίου του Ανδρόνικου Κυρήστου

Οι διαδικασίες αυτές πραγματοποιήθηκαν κυρίως με υψηλή ακρίβεια, εκτός από το κομμάτι της στέγης, το οποίο πρόκειται για το κομμάτι με τις περισσότερες εικόνες και συνεπώς το μεγαλύτερο σε όγκο δεδομένων. Όσο πιο υψηλή ακρίβεια επιλέγεται, τόσο ακριβέστερο είναι το αποτέλεσμα της παραγωγής της ορθοφωτογραφίας. Στο συγκεκριμένο χρησιμοποιήθηκε χαμηλή ακρίβεια διότι η υπολογιστική ισχύς που ήταν προσβάσιμη στη παρούσα εργασία, δεν επέτρεπε την επεξεργασία του κομματιού αυτού σε υψηλότερη ακρίβεια.

Καθαρισμός Νεφών

Ακολουθεί ο καθαρισμός των νεφών των σημείων του κάθε κομματιού από περιττές πληροφορίες. Συνολικά τα περιττά στοιχεία τα οποία εμφανίστηκαν κατά τη

δημιουργία των νεφών και στη συνέχεια διαγράφηκαν εμφανίζονται στο παρακάτω πίνακα:

Είδος περιττού στοιχείου	Περιττό στοιχείο	Ενδεικτική εικόνα
Φυσικά εμπόδια	Φύση	
	Πέτρες	
Τεχνητά εμπόδια	Όργανα	
	Άνθρωποι	
	Εμπόδια στον γύρω χώρο	
	Σκαλωσιά	

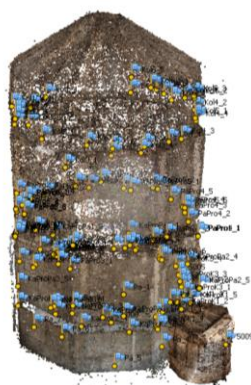
Πίνακας 3.3.2.3: Στοιχεία που σβήστηκαν κατά την επεξεργασία του νέφους των σημείων

Ένωση τμημάτων

Το μνημείο υπέστη επεξεργασία σε δύο τμήματα, στο εξωτερικό και στο εσωτερικό. Τα κομμάτια του εξωτερικού τμήματος και αντίστοιχα και του εσωτερικού ενώθηκαν μεταξύ τους. Η ένωση πραγματοποιήθηκε με δύο τρόπους. Ο πρώτος είναι η ένωση με κοινά σημεία από το νέφος σημείων. Στη περίπτωση αυτή το λογισμικό αναγνώριζε κοινά σημεία (point based) από τα δύο τμήματα που ήταν να ενωθούν και ένωνε τα δύο σε ένα. Η πιο συνήθης περίπτωση είναι η συνένωση των τμημάτων με τοποθέτηση σημείων (markers). Μεταξύ των δύο κομματιών τοποθετούνταν τουλάχιστον 6 σημεία, από τα τρία που είναι τα ελάχιστα απαραίτητα, ώστε να εξασφαλιστεί η θέση, η στροφή και η κλίμακα και να πραγματοποιηθεί συνόρθωση. Στις επόμενες εικόνες παρουσιάζεται το σύνολο των σημείων σύνδεσης για το εξωτερικό και το εσωτερικό τμήμα αντίστοιχα.



Εικόνα 3.3.2.2: Σημεία σύνδεσης για τη συνένωση του εξωτερικού τμήματος



Εικόνα 3.3.2.3: Σημεία σύνδεσης για τη συνένωση του εσωτερικού τμήματος

Γεωαναφορά

Στη συνέχεια, πραγματοποιείται η γεωαναφορά των δύο μεγάλων τμημάτων του μνημείου, του εξωτερικού και του εσωτερικού. Κατά τη διάρκεια των εργασιών πεδίου

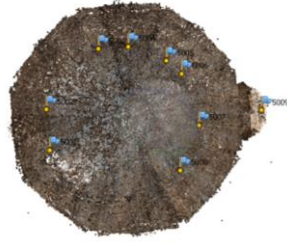
δεν ήταν γνωστός ο ακριβής τρόπος της διαχείρισης των δεδομένων, καθώς και η ακριβής διαδικασία μιας γεωμετρικής τεκμηρίωσης κυρίως με εικόνες, ώστε να ληφθούν όλα τα απαραίτητα στοιχεία για την μετέπειτα επεξεργασία. Συνεπώς, αξίζει να σημειωθεί ότι τα σημεία που λήφθηκαν με γεωδαιτικό σταθμό κατά τις εργασίες πεδίου ήταν πολύ λίγα και ελάχιστα από αυτά μπόρεσαν να χρησιμοποιηθούν ως φωτοσταθερά σημεία. Επομένως, για την σωστή και ακριβή γεωαναφορά των τμημάτων και των επί μέρους κομματιών λήφθηκαν 6 σημεία τουλάχιστον για κάθε τμήμα, δηλαδή το εξωτερικό και εσωτερικό, για να επιτευχθεί η συνόρθωση. Μεγάλη προσοχή δόθηκε στην κατανομή των σημείων όσο αυτό ήταν εφικτό. Επίσης, προσοχή δόθηκε και στην ακρίβεια των σκοπεύσεων στο λογισμικό. Παρακάτω φαίνονται τα σημεία και η κατανομή τους στον χώρο για το κάθε τμήμα αντίστοιχα:

Γεωαναφορά εξωτερικού τμήματος				Γεωαναφορά εσωτερικού τμήματος			
Σημείο	X	Y	Z	Σημείο	X	Y	Z
2011	1001.16	1014.46	100.52	5001	1004.17	1010.61	102.98
2020	1002.17	1008.04	100.83	5002	1004.03	1012.26	102.97
2219	1009.34	1007.41	100.49	5003	1006.14	1014.70	103.00
2306	1011.75	1010.99	103.84	5004	1007.36	1014.81	103.00
2416	1003.38	1017.63	100.22	5006	1009.53	1013.69	102.98
2432	1008.61	1016.31	100.52	5007	1010.22	1011.58	102.98
				5008	1009.46	1009.75	102.97
				5009	1012.92	1012.19	102.51

Πίνακας 3.3.2.4: Σημεία για τη γεωαναφορά του μνημείου



Εικόνα 3.3.2.4: Κατανομή των σημείων της γεωαναφοράς του εξωτερικού τμήματος



Εικόνα 3.3.2.5: Κατανομή των σημείων της γεωαναφοράς του εσωτερικού τμήματος

Τα κοινά σημεία - σημεία σύνδεσης (markers) στα υπόλοιπα κομμάτια των 2 μεγάλων τμημάτων (Εικόνα 3.3.2.4, Εικόνα 3.3.2.5) λαμβάνουν συντεταγμένες σύμφωνα με το σύστημα αναφοράς των δοσμένων σημείων της γεωαναφοράς (Πίνακας 3.3.2.4). Έτσι, εκτιμώνται οι συντεταγμένες για όλα τα σημεία στο σύνολο των νεφών σημείων. Συνεπώς, όλα τα κομμάτια των δύο τμημάτων γεωαναφέρονται στο τοπικό σύστημα αναφοράς.

Γεωαναφορά των κομματιών-Αφαίρεση θορύβου και περιττών σημείων κάθε κομματιού

Μετά τη γεωαναφορά των νεφών σημείων και την εκτίμηση των συντεταγμένων όλων των σημείων σύνδεσης κάθε κομματιού (Πίνακας 3.3.2.1, Πίνακας 3.3.2.2) στο τοπικό σύστημα αναφοράς, έγινε εφικτή η επεξεργασία κάθε γεωαναφερμένου πλέον κομματιού για την δημιουργία των ορθοφωτογραφιών. Σε κάθε γεωαναφερμένο κομμάτι έγινε αφαίρεση του περιττού θορύβου και μείωση των σημείων με γνώμονα πάντα την ακρίβεια των τελικών σχεδίων, ώστε να επιτευχθεί πιο εύκολη και γρήγορη διαχείριση του μεγάλου όγκου των αρχείων. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε στο λογισμικό Geomagic. Ουσιαστικά στο συγκεκριμένο λογισμικό εισήχθησαν τα γεωαναφερμένα νέφη των σημείων, τα οποία προήλθαν από το Photoscan. Η διαδικασία περιλαμβάνει αρχικά το καθαρισμό του γεωαναφερμένου νέφους των σημείων από περιττά σημεία και το θόρυβο και στη συνέχεια, τη δημιουργία της επιφάνειας του αντικειμένου και την επεξεργασία της.

Η επιφάνεια που δημιουργείται στο παραπάνω λογισμικό αποτελείται από μικρά και μεγάλα κενά, τα οποία σχετίζονται με την αντίστοιχη πληροφορία που αποτυπώνουν οι εικόνες κατά τη λήψη και το ποσοστό της επικάλυψης των εικόνων μεταξύ τους. Παρακάτω εμφανίζεται πίνακας με τις επιφάνειες όλων των κομματιών, μετά την επεξεργασία, δηλαδή το κλείσιμο των κενών και την διόρθωση των επιφανειών τους.

Τμήμα Μνημείου	Κομμάτι Μνημείου	Επιφάνεια
Εξωτερικό	Κάτω τμήμα του οκτάγωνου Πύργου	
	Κίονες	
	Σκαλιά εισόδων	
	Επάνω τμήμα του οκτάγωνου Πύργου	
	Λεπτομέρειες των εισόδων	
	Οροφή κυλινδρικού προσκτίσματος	
	Κορυφή στέγης	
	Στέγη	
	Γείσο στέγης	

Πίνακας 3.3.2.5: Επεξεργασμένες επιφάνειες των κομματιών του εξωτερικού τμήματος του μνημείου

Τμήμα Μνημείου	Κομμάτι Μνημείου	Επιφάνεια
Εσωτερικό	Επάνω τμήμα οκτάγωνου Πύργου	
	Κάτω τμήμα του οκτάγωνου Πύργου	
	Κυλινδρικό πρόσκτισμα	

	Δάπεδο	
	Κατώτερη προεξοχή	
	Επάνω προεξοχή	
	Λεπτομέρειες κιόνων	

Πίνακας 3.3.2.6: Επεξεργασμένες επιφάνειες των κομματιών του εσωτερικού τμήματος του μνημείου

Κάθε επιφάνεια μεταφέρθηκε στο Photoscan, ώστε μαζί με το γεωαναφερμένο νέφος των σημείων να επιτρέψει να δημιουργηθεί η ορθοφωτογραφία.

Γεωαναφορά για όλα τα σχέδια

Η γεωαναφορά που αναφέρθηκε προηγουμένως στον Πίνακα 3.3.2.4, είναι εκείνη των κατόψεων. Όσον αφορά στα υπόλοιπα σχέδια (κατακόρυφες τομές και όψεις), χρειάστηκαν οι στροφές των συντεταγμένων. Συνεπώς, δημιουργήθηκαν αρχεία για κάθε γεωαναφορά κατακόρυφης τομής και όψης για τα βασικά και στη συνέχεια τα επιμέρους τμήματα του μνημείου.

Παραγωγή ορθοφωτογραφιών

Ακολουθεί η παραγωγή των ορθοφωτογραφιών για κάθε κομμάτι. Οι ορθοφωτογραφίες λαμβάνουν κάποιες διορθώσεις στη φωτεινότητα και την απόχρωση με τη βοήθεια του λογισμικού Photoshop. Τέλος, εισάγεται η κάθε μία στο αντίστοιχο σχέδιο.

Προβλήματα και Λύσεις

Κατά τη παραπάνω διαδικασία προέκυψαν κάποια βασικά προβλήματα. Αυτά αναφέρονται παρακάτω με το τρόπο επίλυσής τους:

1. Μεγάλος όγκος των δεδομένων. Το πρόβλημα αυτό επιλύθηκε με τη δημιουργία και επεξεργασία του μνημείου σε επιμέρους τμήματα.
2. Έλλειψη απεικόνισης συγκεκριμένων τμημάτων, ειδικότερα στις προεξοχές και άλλες λεπτομέρειες. Το πρόβλημα αυτό επιλύθηκε με επιπλέον λήψεις στο αντικείμενο μελέτης.
3. Στη συνένωση κάποιων εικόνων. Αυτό το φαινόμενο προέκυψε λόγω μικρής αλληλοεπικάλυψης και προβλημάτων φωτισμού και εστίασης κατά τη λήψη των εικόνων. Η λύση βρέθηκε με την τοποθέτηση σημείων σύνδεσης μεταξύ συνεχόμενων γειτονικών εικόνων.
4. Ύπαρξη μικρών κενών μετά τη δημιουργία της επιφάνειας. Επιλύθηκε με τη δημιουργία κι επεξεργασία των επιφανειών των κομματιών στο λογισμικό Geomagic.
5. Γεωαναφορά των επιμέρους κομματιών σε σημεία όπου δεν υπήρχαν φωτοσταθερά. Επιλύθηκε με την τοποθέτηση σημείων σύνδεσης και λήψη εκτιμώμενων συντεταγμένων από τα γεωαναφερόμενα κομμάτια.
6. Στο εξωτερικό τμήμα υπήρχαν πολλά εμπόδια φυσικά και τεχνητά, τα οποία αναφέρονται στο Πίνακα 3.3.2.3 και κατά τη παραγωγή των ορθοφωτογραφιών εμφανίζονται στις ορθοφωτογραφίες. Η λύση των προβλημάτων αυτών βρέθηκε με τη χρήση μασκών στις εικόνες του αντίστοιχου αρχείου που είχε το συγκεκριμένο πρόβλημα πριν ακριβώς από τη παραγωγή της ορθοφωτογραφίας, ώστε να μην ληφθούν υπόψη τα περιττά στοιχεία, τα οποία μασκαρίστηκαν. Παρακάτω φαίνεται μία ορθοφωτογραφία πριν τη χρήση μασκών στο αρχείο του Photoscan και μία μετά τη χρήση μασκών:



Εικόνα 3.3.2.6: Ορθοφωτογραφία χωρίς χρήση μασκών και μεγέθυνση σε ένα τμήμα της εικόνας



Εικόνα 3.3.2.7: Ορθοφωτογραφία χωρίς χρήση μασκών και μεγέθυνση σε ένα τμήμα της εικόνας

7. Επίσης, σημαντικό πρόβλημα κατά την επεξεργασία του νέφους και τη δημιουργία των ορθοφωτογραφιών ήταν ο φωτισμός κατά τις λήψεις των εικόνων, ο οποίος οδήγησε σε προβλήματα αποχρώσεων. Ο χρωματισμός των ορθοφωτογραφιών χρειάστηκε ειδική μετέπειτα επεξεργασία, με τη βοήθεια του λογισμικού Photoshop. Παρακάτω φαίνεται η διαφορά του φωτισμού μεταξύ των δύο εικόνων:



Εικόνα 3.3.2.8: Ορθοφωτογραφία πριν και μετά την επεξεργασία αντίστοιχα

8. Στις λεπτομέρειες της κάτω προεξοχής, της επάνω προεξοχής και των λεπτομερειών των εσωτερικών κιόνων του εσωτερικού τμήματος του μνημείου (πίνακας 3.3.2.6) παρουσιάστηκε πρόβλημα κατά την επεξεργασία της απόχρωσης των ορθοφωτογραφιών. Οι λήψεις σε αυτά τα κομμάτια του μνημείου πραγματοποιήθηκαν με τα φωτιστικά πυρακτώσεως (Tungsten light). Ο φωτισμός αυτός έπεφτε απευθείας επάνω στο αντικείμενο, με αποτέλεσμα να δημιουργεί μία πορτοκαλί απόχρωση στις εικόνες λόγω διαφοράς στην θερμοκρασία του χρώματος.



Εικόνα 3.3.2.9: Παράδειγμα εικόνας στην επάνω προεξοχή με απευθείας τεχνητό φωτισμό

Η παραγωγή ορθοφωτογραφιών απέδωσε αποτελέσματα με πολύ έντονη πορτοκαλί απόχρωση. Αυτό συνέβη εξαιτίας της έντονης θερμοκρασίας του

χρώματος η οποία είναι 3200 βαθμοί Kelvin και της απευθείας κατεύθυνσης του φωτός επάνω στο αντικείμενο. Η απόχρωση αυτή δεν μπόρεσε να βελτιωθεί στο λογισμικό επεξεργασίας εικόνων.



Εικόνα 3.3.2.10: Παράδειγμα εικόνας στην επάνω προεξοχή μετά από επεξεργασία στο λογισμικό Photoshop

Το πρόβλημα δεν λύθηκε, διότι η επίλυσή του απαιτούσε εκ νέου λήψεις στο πεδίο. Θα έπρεπε αρχικά να είχαν αλλάξει οι ρυθμίσεις της ψηφιακής μηχανής, για έντονο φωτισμό. Επίσης, θα έπρεπε ο φωτισμός να πέφτει εξ ανακλάσεως στο αντικείμενο και όχι απευθείας επάνω του. Τέλος, το πρόβλημα δεν θα υπήρχε εφόσον κατά τις λήψεις χρησιμοποιείτο διάχυτο φως με τη βοήθεια υφάσματος, με τα Studio flash και τα ανάλογα soft box, όμως αυτό δεν ήταν εφικτό, εξαιτίας της έλλειψης χώρου στο εσωτερικό τμήμα του μνημείου.

Τα τμήματα αυτά δεν συμπεριλήφθηκαν στα αποτελέσματα. Προτείνεται η μετέπειτα ψηφιοποίηση των τμημάτων αυτών που λήφθηκαν με τον παραπάνω λάθος τρόπο, καθώς το πρόβλημα εμφανίζεται στη ραδιομετρία των εικόνων και όχι στη μετρητική πληροφορία που μπορούν να παρέχουν.

3.3.3 ΣΧΕΔΙΑ-ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Στα προηγούμενα κεφάλαια αναλύθηκαν η επεξεργασία των γεωδαιτικών μετρήσεων και ο τρόπος παραγωγής των ορθοφωτογραφιών για την υλοποίηση των σχεδίων. Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται ο συνδυασμός των παραπάνω διαδικασιών για την ολοκληρωμένη σύνταξη των σχεδίων.

Η γεωμετρική τεκμηρίωση μιας κατασκευής περιλαμβάνει μια σειρά διαγραμμάτων τα οποία είναι οι οριζόντιες τομές σε διάφορες στάθμες, οι κατακόρυφες τομές και οι όψεις. Η παραγωγή αυτών των διαγραμμάτων γίνεται ψηφιακά, χρησιμοποιώντας κατάλληλα προγράμματα σχεδίασης. Τα προγράμματα αυτά παρέχουν τη δυνατότητα ευέλικτης, ταυτόχρονης αλλά και εύκολης διαχείρισης της μετρητικής πληροφορίας, που συλλέγεται στο πεδίο.

Οι προδιαγραφές της παρούσας διπλωματικής εργασίας αναφέρονται στο κεφάλαιο 1. Γενικά κατά τη σύνταξη των διαγραμμάτων ακολουθούνται κάποιες βασικές αρχές όπως:

- Να δημιουργούνται κατάλληλα σχεδιαστικά φύλλα (layers) στα οποία ταξινομούνται ομοειδή στοιχεία, όπως π.χ. στοιχεία τομής, στοιχεία προβολής κάτω, λεπτομέρειες, κ.α., σύμφωνα με τον πίνακα 3.3.1.1.
- Να επιλέγονται διαφορετικά χρώματα και διαφορετικά είδη γραμμών (συνεχής, εστιγμένη, διακεκομμένη) για την απεικόνιση διαφορετικών στοιχείων της κατασκευής σε κάθε σχεδιαστικό φύλλο.
- Να χρησιμοποιούνται ειδικές σκιάσεις (hatch) για να επισημαίνονται οι περιοχές ελλιπούς πληροφορίας.
- Στα σχέδια των κατακόρυφων τομών-όψεων να σχεδιάζεται στα άκρα τους και υψομετρική κλίμακα με υποδιαιρέσεις δεκάτων ή και εκατοστών του μέτρου. Με τη βοήθεια αυτής της κλίμακας μπορεί οποιοσδήποτε χρήστης να αντλήσει εύκολα την υψομετρική πληροφορία (ύψος κατασκευής, ύψος ανοιγμάτων, υψομετρικές διαφορές μεταξύ στοιχείων της κατασκευής, κ.α.).
- Τόσο στα διαγράμματα οριζόντιων τομών όσο και στα αντίστοιχα κατακόρυφων τομών-όψεων, να χρησιμοποιείται ειδικός συμβολισμός υψομετρικής στάθμης του στοιχείου που απεικονίζεται. Δίπλα σε αυτόν αναγράφεται το υψόμετρο του συγκεκριμένου στοιχείου της κατασκευής σε σχέση με το σημείο που έχει οριστεί ως υψομετρική αφετηρία. Ο συμβολισμός της στάθμης είναι ένα εποπτικό μέσο, που επιτρέπει σε οποιονδήποτε χρήστη να αντιληφθεί εύκολα την τρίτη διάσταση.
- Να σχεδιάζεται κατάλληλο υπόμνημα στο οποίο να αναγράφονται οι αντιστοιχίες γραμμών ή συμβολισμών με τα στοιχεία της κατασκευής που απεικονίζονται. Στο υπόμνημα που συνοδεύει τα διαγράμματα των κατακόρυφων τομών-όψεων, να προσαρτάται απόσπασμα της κάτοψης της κατασκευής, στο οποίο εμφανίζεται η θέση της κατακόρυφης τομής, δηλαδή το ίχνος κατακόρυφου επιπέδου και να σημειώνεται με βέλος η όψη που απεικονίζεται.

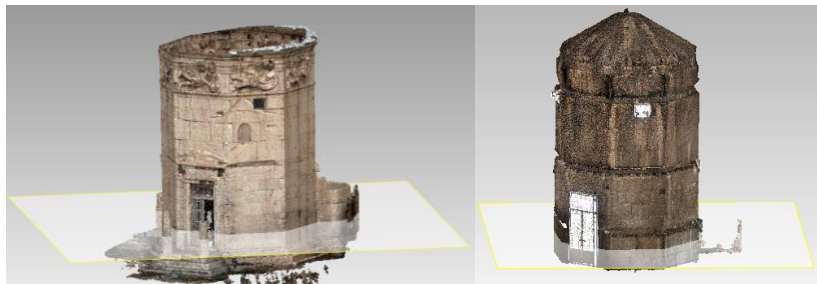
Παρακάτω παρατίθεται πίνακας με την αρίθμηση και την ονομασία των σχεδίων που παρήχθησαν:

	Σχέδιο	Αρίθμηση	Ονομασία
Κάτοψη και οριζόντιες τομές	1m (από τελευταίο αναβαθμό)	1	
	7.2m (από τελευταίο αναβαθμό)	2	
	9.0m (από τελευταίο αναβαθμό)	3	
	Στέγης	4	
Κατακόρυφες τομές	Βορειοδυτικά-Νοτιοανατολικά	5	A-A'
	Νοτιοανατολικά-Βορειοδυτικά	6	B-B'
	Βορειοανατολικά-Νοτιοδυτικά	7	Γ-Γ'
	Νοτιοδυτικά-Βορειοανατολικά	8	Δ-Δ'
	Βορράς-Νότος	9	E-E'
	Νότος-Βορράς	10	ΣΤ-ΣΤ'
	Ανατολή-Δύση	11	Z-Z'
	Δύση-Ανατολή	12	H-H'
Όψεις	Νοτιοδυτική	13	
	Βορειοανατολική	14	
	Βορειοδυτική	15	
	Νοτιοανατολική	16	
	Δυτική	17	
	Ανατολική	18	
	Βορράς	19	
Νότος	20		

Πίνακας 3.3.3.1: Αρίθμηση και ονομασία παραγόμενων σχεδίων

Η ολοκλήρωση των σχεδίων πραγματοποιήθηκε με την ένωση των γεωδαιτικών σημείων, την εισαγωγή των παραγόμενων ορθοφωτογραφιών και τη δημιουργία των γραμμών τομής και προβολών από τα νέφη των σημείων.

Αξίζει να σημειωθεί το κόψιμο του νέφους των σημείων, το οποίο συντέλεσε στην δημιουργία των γραμμών τομής και προβολής. Τα νέφη σημείων προέκυψαν μετά τον προσανατολισμό των εικόνων από το λογισμικό Photoscan, όπως αναλύεται στο κεφάλαιο 3.3.2. Η περικοπή του νέφους, μέσω του λογισμικού Geomagic προέκυψε από τις στροφές και τις συντεταγμένες γνωστών σημείων στα επίπεδα κάθε τομής. Παρακάτω απεικονίζεται το επίπεδο τομής για το κόψιμο του νέφους των σημείων για την κάτοψη στο 1m από τον τελευταίο αναβαθμό του εξωτερικού και του εσωτερικού τμήματος:



Εικόνα 3.3.3.1: Επίπεδο τομής του εξωτερικού και του εσωτερικού τμήματος του νέφους των σημείων του μνημείου αντίστοιχα

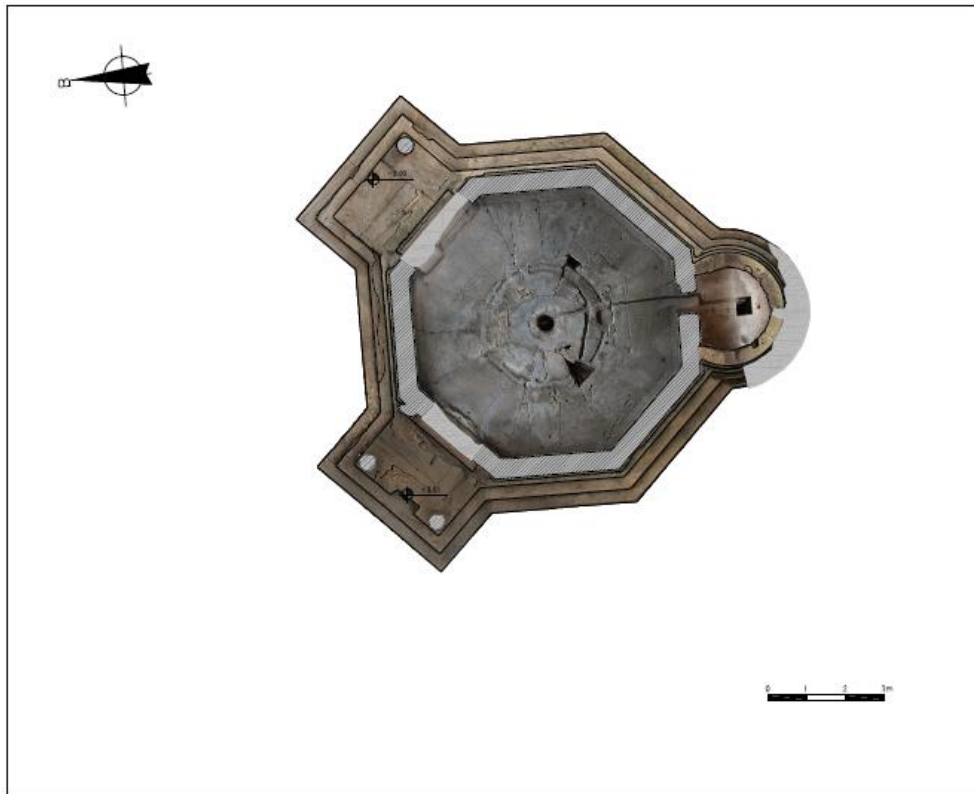
Αντίστοιχα πραγματοποιήθηκαν όλες οι παραγόμενες γραμμές τομής και προβολής που εμφανίζονται στα παραγόμενα σχέδια.

3.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

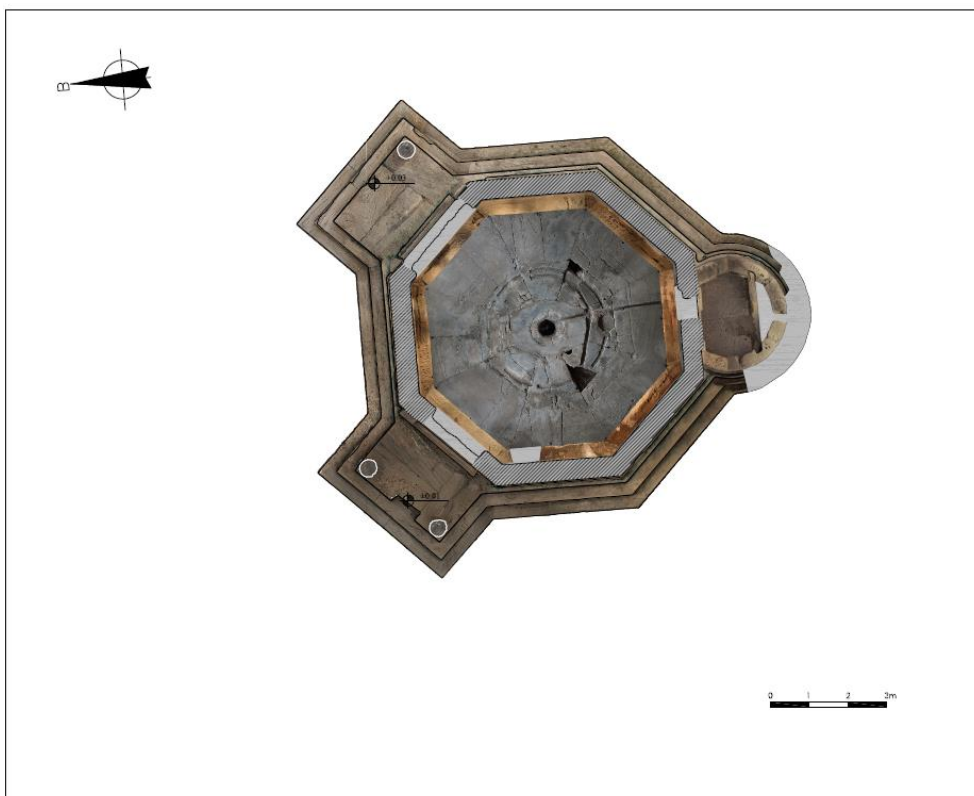
Παρακάτω εμφανίζονται τα αποτελέσματα για κάθε σχέδιο που παράχθηκε:

Κάτοψη και οριζόντιες τομές

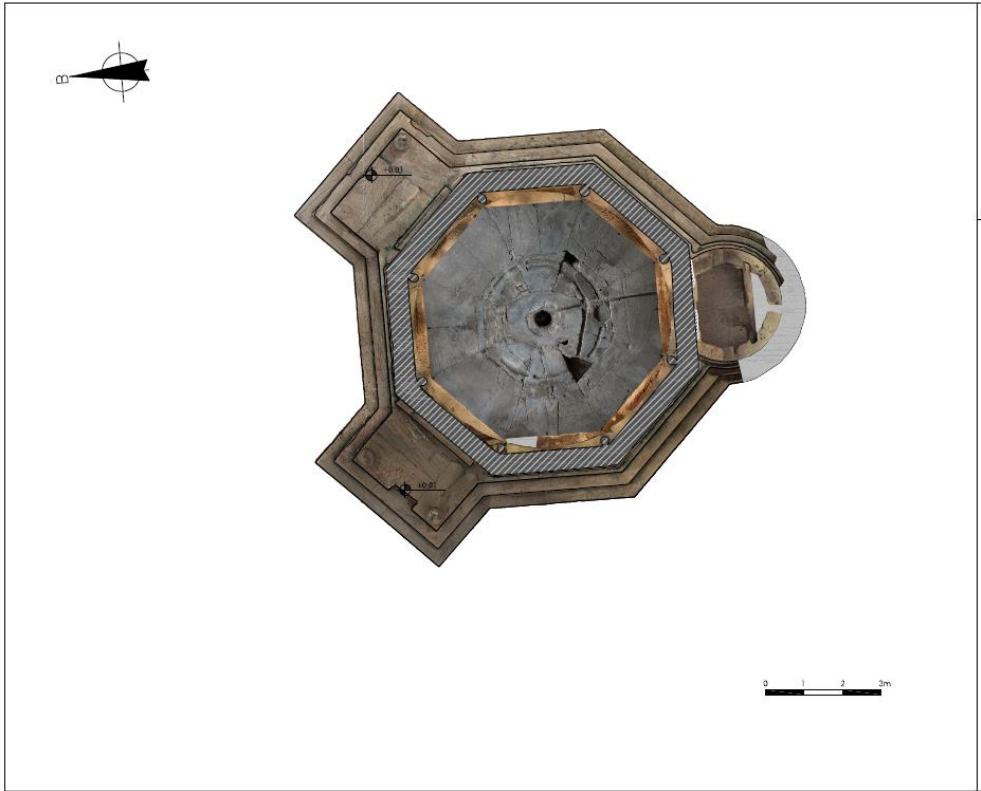
Στα σχέδια της κάτοψης και των οριζόντιων τομών απεικονίζονται τα δομικά στοιχεία της κατασκευής που τέμνονται από οριζόντια επίπεδα σε διαφορετικά ύψη. Σε αυτά επίσης παρουσιάζονται και προβαλλόμενα στοιχεία της κατασκευής, είτε κάτω (δάπεδα) είτε άνω (οροφές) από κάθε επίπεδο. Η κλίμακα εκτύπωσης είναι η 1:50. [Λάμπρου, Πανταζής, 2011] Παρακάτω εμφανίζονται οι παραγόμενες κατόψεις:



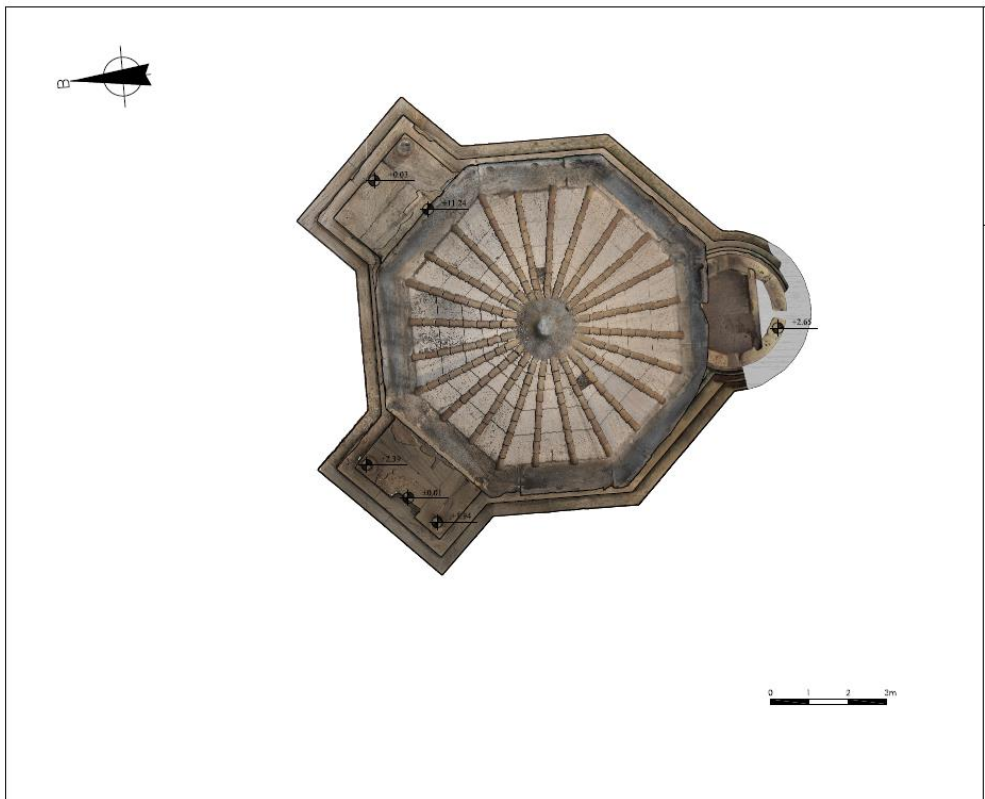
Εικόνα 3.4.1: Κάτοψη στο 1m από τον τελευταίο αναβαθμό



Εικόνα 3.4.2: Κάτοψη στα 7.2m από τον τελευταίο αναβαθμό



Εικόνα 3.4.3: Κάτοψη στα 9.0m από τον τελευταίο αναβαθμό



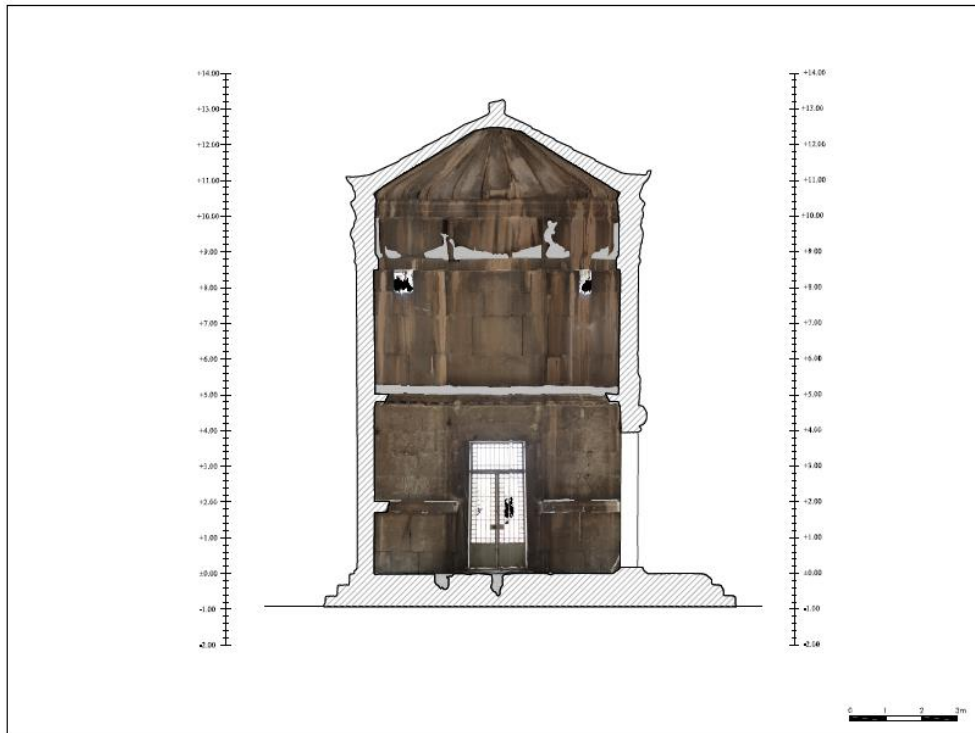
Εικόνα 3.4.4: Κάτοψη στέγης

Κατακόρυφες τομές

Οι κατακόρυφες τομές είναι σχέδια στα οποία απεικονίζονται οι τομές της κατασκευής από κατακόρυφα επίπεδα στο μέσο κάθε πλευράς του Ωρολογίου του Ανδρόνικου Κυρρήστου. [Λάμπρου, Πανταζής, 2011] Η κλίμακα εκτύπωσης είναι η 1:50. Παρακάτω εμφανίζονται οι κατακόρυφες τομές που δημιουργήθηκαν:



Εικόνα 3.4.5: Κατακόρυφη τομή Βορειοανατολικά-Νοτιοδυτικά



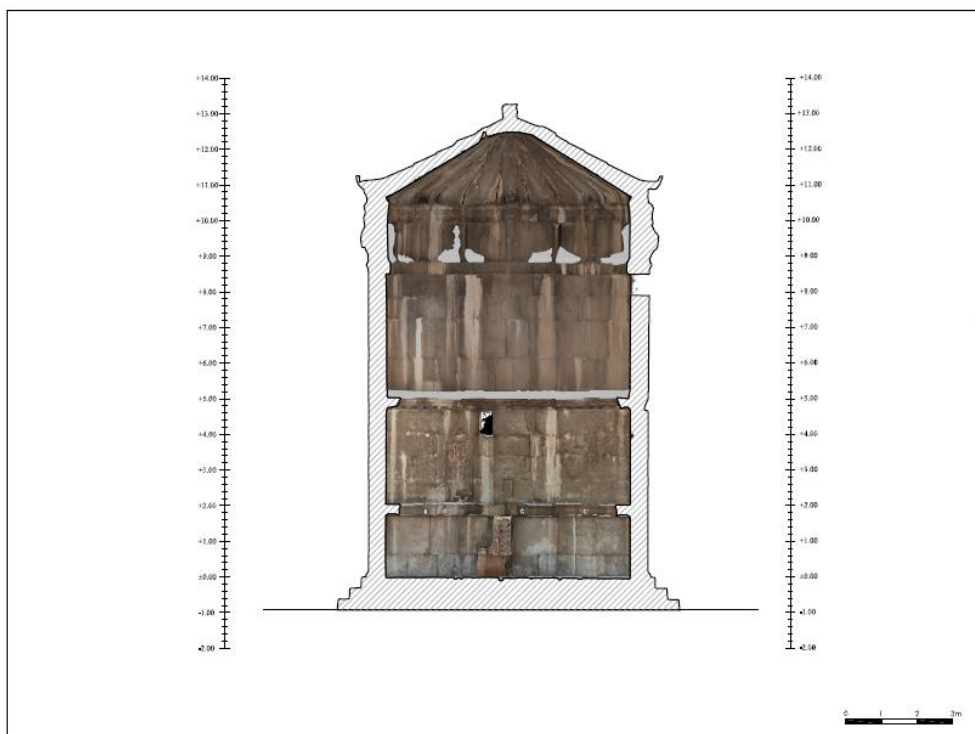
Εικόνα 3.4.6: Κατακόρυφη τομή Νοτιοδυτικά-Βορειοανατολικά



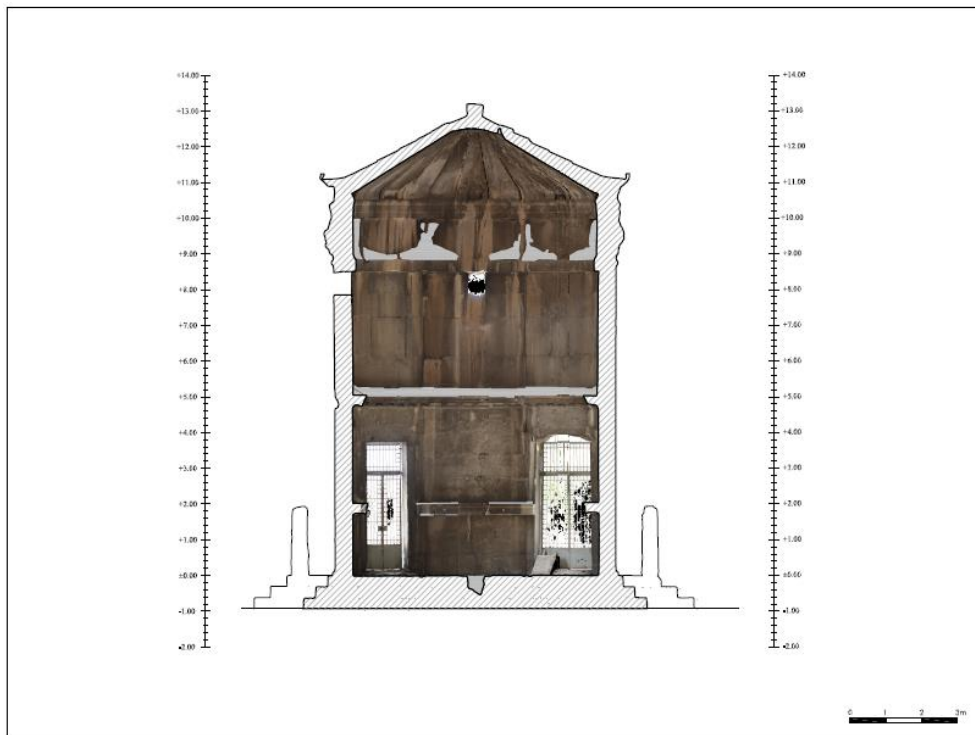
Εικόνα 3.4.7: Κατακόρυφη τομή Βορειοδυτικά-Νοτιοανατολικά



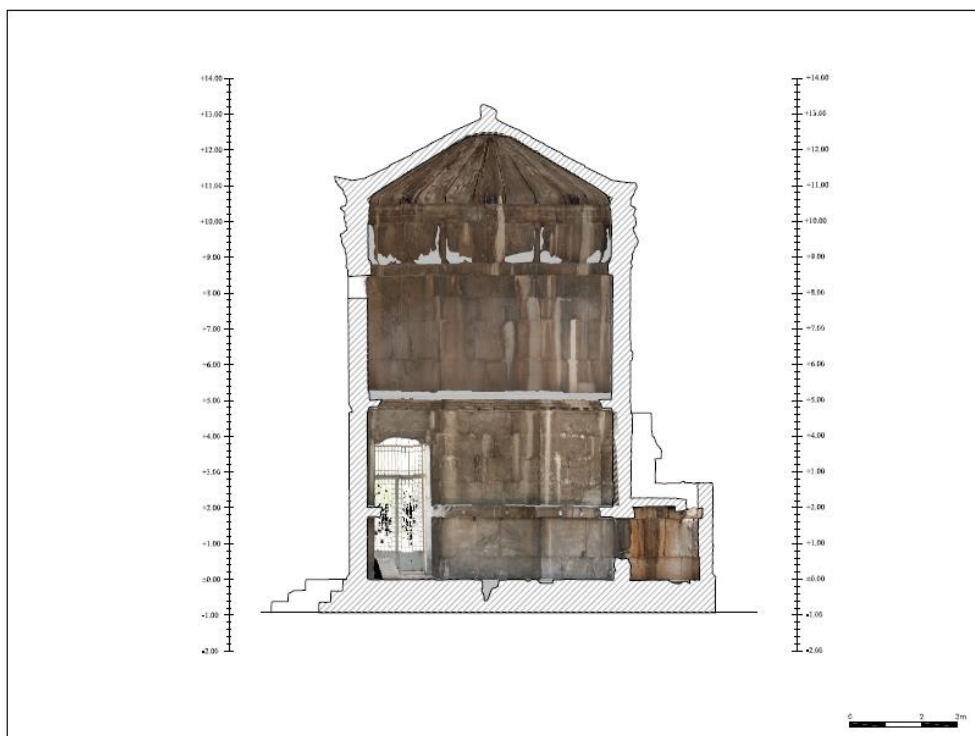
Εικόνα 3.4.8: Κατακόρυφη τομή Νοτιοανατολικά-Βορειοδυτικά



Εικόνα 3.4.9: Κατακόρυφη τομή Ανατολής-Δύσης



Εικόνα 3.4.10: Κατακόρυφη τομή Δύσης-Ανατολής



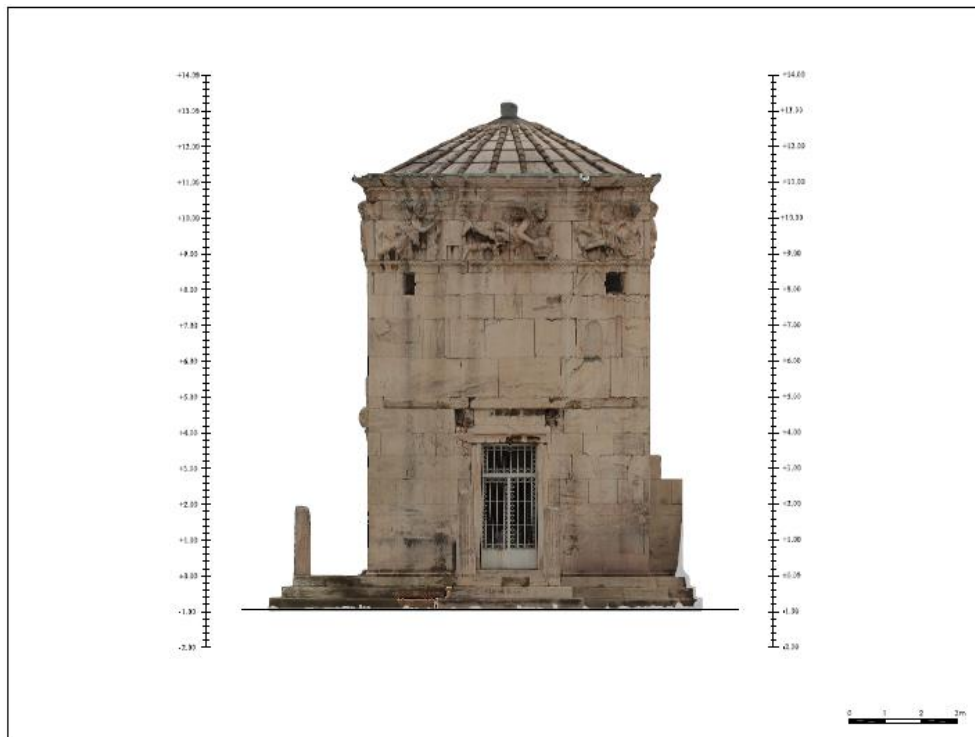
Εικόνα 3.4.11: Κατακόρυφη τομή Βορρά-Νότου



Εικόνα 3.4.12: Κατακόρυφη τομή Νότου-Βορρά

Όψεις

Τέλος, ακολουθούν τα σχέδια των όψεων. Όψη είναι το σχέδιο μιας από τις εξωτερικές πλευρές ενός κτιρίου. Είναι μια ορθή προβολή του κτιρίου σε ένα κατακόρυφο επίπεδο προβολής, που είναι παράλληλο προς την πλευρά που απεικονίζεται. Σε μια όψη παρουσιάζονται όλα τα στοιχεία του κτιρίου, όπως κτιριακοί όγκοι, τοίχοι, ανοίγματα κ.ά. Παρακάτω εμφανίζονται οι 8 όψεις του οκταγώνου του μνημείου του Ωρολογίου του Ανδρόνικου Κυρρήστου:



Εικόνα 3.4.13: Βορειοδυτική Όψη



Εικόνα 3.4.14: Νοτιοανατολική Όψη



Εικόνα 3.4.15: Νοτιοδυτική Όψη



Εικόνα 3.4.16: Βορειοανατολική Όψη



Εικόνα 3.4.17: Βόρεια Όψη



Εικόνα 3.4.18: Νότια Όψη



Εικόνα 3.4.19: Δυτική Όψη



Εικόνα 3.4.20: Ανατολική Όψη

Στα παραπάνω παράγωγα προτείνονται οι παρακάτω συμπληρώσεις:

- Στάθμες σε χαρακτηριστικά σημεία
- Γραμμές των προβαλλόμενων επιπέδων
- Συμπλήρωση των ελλιπών πληροφοριών (γκρι γέμισμα)

4. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΣΧΕΔΙΩΝ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο Κεφάλαιο αυτό πραγματοποιείται η αξιολόγηση των σχεδίων που περιλαμβάνει τον έλεγχο και τις τυχόν παρατηρήσεις, καθώς και παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της παρούσας διπλωματικής.

Έλεγχος

Πριν την τελική παράδοσή τους, τα διαγράμματα των οριζόντιων και κατακόρυφων τομών-όψεων μιας κατασκευής, είναι απαραίτητο να ελέγχονται σχολαστικά. Ο όγκος της πληροφορίας που περιέχουν είναι συνήθως μεγάλος και τα είδη των γραμμών-συμβολισμών που χρησιμοποιούνται για να αποδώσουν την πληροφορία είναι ποικίλα.

Ελέγχεται η ταύτιση της γεωμετρικής πληροφορίας που παρέχουν τα διαγράμματα των οριζόντιων τομών και τα αντίστοιχα των κατακόρυφων. Η διάσταση ενός δομικού στοιχείου που εμφανίζεται τεμνόμενο σε διάγραμμα οριζόντιας τομής πρέπει να είναι ίδια με την αντίστοιχη διάσταση του ίδιου στοιχείου όπως εμφανίζεται σε διάγραμμα κατακόρυφης τομής-όψης.

Οποιαδήποτε διαφοροποίηση, οφείλεται σε λάθος είτε στην απόδοση των σημείων, είτε σε αστοχία στη διαδικασία στροφής και μετάθεσης κατά τους υπολογισμούς για τη δημιουργία της κατακόρυφης τομής-όψης.

Ο έλεγχος των διαγραμμάτων είναι μια αρκετά χρονοβόρα αλλά απαραίτητη εργασία και απαιτεί υψηλό βαθμό παρατηρητικότητας αλλά και εμπειρίας από τον μηχανικό. Μετά τον έλεγχο των διαγραμμάτων παρατηρείται ότι υπάρχει πλήρης ταύτιση των στοιχείων των κατόψεων με εκείνων των κατακόρυφων τομών, καθώς και των κατακόρυφων τομών με εκείνων των όψεων.

Ύστερα από την ολοκλήρωση της διαδικασίας ελέγχου, την διόρθωση αλλά και την ενημέρωση των διαγραμμάτων με όλα τα συμπληρωματικά στοιχεία δημιουργούνται τα τελικά παράγωγα με την εγγύηση της ορθότητας και της συγκεκριμένης αβεβαιότητας της γεωμετρικής τεκμηρίωσης του αντικειμένου.

Συμπεράσματα

Είναι γεγονός ότι, η εξέλιξη των γεωδαιτικών οργάνων και συστημάτων μέτρησης και επεξεργασίας των δεδομένων, έχει διευκολύνει τις μετρητικές διαδικασίες προσφέροντας μεγαλύτερη και ενιαία ακρίβεια στα παραγόμενα προϊόντα. Η ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών έχει συντομεύσει τις διαδικασίες υπολογισμών και έχει διευκολύνει την παρουσίαση των αποτελεσμάτων σε ψηφιακή μορφή. Η γεωμετρική τεκμηρίωση του Ωρολογίου του Ανδρόνικου Κυρρήστου με τη χρήση κυρίως εικόνων, ολοκληρώθηκε με αρκετά καλή ακρίβεια και με πολύ γρήγορα αποτελέσματα για τα παράγωγα που δημιουργήθηκαν, σε σχέση με άλλες μεθόδους που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν. Η μέθοδος που επιλέχτηκε προτείνεται ως μία ακριβής, αξιόπιστη και γρήγορη μέθοδο γεωμετρικής τεκμηρίωσης, αρκεί να δίνεται η δέουσα προσοχή σε όλα τα επί μέρους βήματα ώστε να προχωράει η διαδικασία πλήρως ελεγχόμενα.

Η ακριβής μετρική καταγραφή του μνημείου δίνει τη δυνατότητα και σε άλλους ειδικούς επιστήμονες (στατικούς, αρχιτέκτονες, αρχαιολόγους, ιστορικούς) να εκτιμήσουν τη σοβαρότητα των αποκλίσεων ή φθορών και να προτείνουν τις μεθόδους-διαδικασίες παρέμβασης για την αποκατάστασή τους.

Μετά την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας παρατίθενται τα παρακάτω συμπεράσματα:

Η αναγνώριση της περιοχής και ο αρχικός σχεδιασμός των θέσεων ίδρυσης του δικτύου, καθώς και των λήψεων των εικόνων που θα χρησιμοποιηθούν αποτελεί πολύ βασικό βήμα για την μετέπειτα ποιότητα του αποτελέσματος και τη διευκόλυνση της επεξεργασίας. Παρατηρήθηκε ότι κάποια από τα σημεία που μετρήθηκαν και ορισμένες από τις εικόνες που λήφθηκαν δεν χρησιμοποιήθηκαν.

Καλύτερα κι ευκρινέστερα αυτοσχέδια υπαίθρου μπορούν να διευκολύνουν την μέτρηση όλων των απαραίτητων λεπτομερειών του αντικειμένου και την μετέπειτα επεξεργασία τους.

Προτείνεται η δημιουργία αυτοσχεδίων υπαίθρου για κάθε παραγόμενο σχέδιο και η αποφυγή πολλών διαφορετικών για τη παραγωγή ενός σχεδίου.

Σημαντική είναι η σκόπευση σημείων στο πεδίο, τα οποία καθορίζουν το επίπεδο τομής για κάθε παραγόμενο σχέδιο και η όσο το δυνατόν κατά προσέγγιση ευθυγραμμία των σημείων κατά τη σκόπευση, έτσι ώστε να διευκολυνθεί η διαδικασία της επεξεργασίας αργότερα. Σε ορισμένες περιοχές υπήρχε περίσσεια πληροφορίας και σε άλλες έλλειψη παρατηρήσεων, επομένως, προτείνεται η προσεκτική επιλογή των σημείων που μετρώνται.

Βασικό βήμα για τη λήψη των εικόνων αποτελεί ο «καθαρισμός» του αντικειμένου από όσα περισσότερα περιττά στοιχεία γίνεται (φύση, πράγματα, άνθρωποι, κτλ), έτσι ώστε να ληφθούν όλες οι λεπτομέρειες του αντικειμένου και να διευκολυνθεί η επεξεργασία των ορθοφωτογραφιών.

Ανάλογα με το μέγεθος και την απόσταση από το αντικείμενο, είναι πολύ κρίσιμη η επιλογή του κατάλληλου φακού και των κατάλληλων ρυθμίσεων της ψηφιακής μηχανής.

Ακόμη, είναι πολύ σημαντική η επιλογή του φωτισμού κατά τις λήψεις, είτε αυτό είναι φυσικό, είτε αυτό είναι τεχνητό.

Ελέγχονται όλα τα μέσα με τα οποία μπορεί να γίνει λεπτομερέστερη, σύμφωνα με τα ζητούμενα κάθε φορά, τεκμηρίωση του αντικειμένου. Πολλές φορές η λήψη των εικόνων χρειάζεται να γίνει με διαφορετικούς τρόπους (τρίποδας, σκαλωσιές, κ.λπ.) από τον απλό, ύψος μέσου ανθρώπου.

Η απαραίτητη επικάλυψη των εικόνων κατά τις λήψεις αποτελεί βασικό μέλημα για την μετέπειτα επεξεργασία, καθώς χωρίς αυτήν δεν μπορεί να επιτευχθεί ο προσανατολισμός των εικόνων και συνεπώς το νέφος των σημείων.

Οι λήψεις πρέπει να γίνονται αντιδιαμετρικά του αντικειμένου και να αποφεύγεται η λήψη εικόνων από πολύ κοντινές αποστάσεις, διότι αυτό επιβάλλει πιο πυκνές λήψεις, άρα μεγαλύτερο όγκο δεδομένων.

Από τις πιο σημαντικές διαδικασίες πριν την επεξεργασία των δεδομένων του πεδίου είναι η αρχειοθέτηση των δεδομένων, καθώς στην πορεία τα αρχεία περιπλέκονται αρκετά.

Η επιλογή των σημείων γεωαναφοράς είναι βασική, καθώς αυτά καθορίζουν τη θέση των υπόλοιπων αντικειμένων στον χώρο.

Η ποιότητα του αποτελέσματος είναι αρκετά καλή. Οι παραγόμενες ορθοφωτογραφίες απεικονίζουν λεπτομερώς το αντικείμενο.

Παρατηρείται ότι με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η αποτύπωση τμημάτων του μνημείου που σε άλλη περίπτωση θα ήταν πολύ δύσκολο να τεκμηριωθούν λεπτομερώς, όπως είναι το τμήμα της ζωφόρου. Συνεπώς, πολλά απρόσιτα σημεία (μεγάλο ύψος, περίπλοκο σχήμα) τεκμηριώθηκαν γεωμετρικά με αυτή τη μέθοδο.

Πολλά προβλήματα παρατηρήθηκαν στο κεφάλαιο 3.3.2, τα οποία αναφέρονται στην επεξεργασία των εικόνων, με τις προτεινόμενες λύσεις τους. Αξίζει να σημειωθεί ότι προέκυψαν λόγω απειρίας, και συνεπώς, ένας καλύτερος σχεδιασμός των αρχικών εργασιών πεδίου, θα είχε εξαλείψει πολλά από αυτά.

Το βάρος και ο όγκος της ψηφιακής μηχανής καθιστά τη μέθοδο αυτή, αρκετά εύχρηστη και άμεση.

Το κόστος της τεχνικής που χρησιμοποιήθηκε ήταν πολύ μικρό σε σχέση με άλλες μεθόδους (π.χ. Laser Scanner) και προτείνεται ως μία πολύ εύχρηστη διαδικασία.

Ο χρόνος που καταβλήθηκε για την παραγωγή των αποτελεσμάτων ήταν αρκετός, εξαιτίας της απειρίας ως προς ένα τέτοιο εγχείρημα, αλλά η ακρίβεια και η ποιότητα των αποτελεσμάτων σε σχέση με άλλες μεθόδους κρίνει αυτή τη τεχνική ως μία αρκετά άμεση διαδικασία.

Τέλος, η ψυχολογική κατάσταση και η υπομονή παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο, διότι οι ανθρωπόμορφες που απαιτούνται για την επίτευξη των τμημάτων και την μετέπειτα επεξεργασία των νεφών, των επιφανειών και των ορθοφωτογραφιών είναι αρκετές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Μαστραπάς Α., 1992, *Μνημειακή Τοπογραφία της Αρχαίας Αθήνας*, Εκδόσεις Καρδαμίτσα, Αθήνα
- [2] Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., 2011, *Εφαρμοσμένη Γεωδαισία*, Εκδόσεις Ζήτη
- [3] Πέτσα Έ., Δεκέμβριος 2000, *Θεμελιώδεις Έννοιες και Θεμελιώδη Προβλήματα της Φωτογραμμετρίας*, Σημειώσεις του μαθήματος Φωτογραμμετρία ΙΙΙ, Τμήμα Τοπογραφίας, ΤΕΙ Αθήνας
- [4] Βραδής Χ., Καρράς Γ., Πέτσα Έ., Φεβρουάριος 2000, *Στοιχεία Ψηφιακής Φωτογραμμετρίας* (Fundamentals of Digital Photogrammetry, ISM International Systemap Corporation (Καναδάς) 1998) (Μετάφραση από τα Αγγλικά)
- [5] Πατιάς Π., 1991, *Εισαγωγή στη φωτογραμμετρία*, Εκδόσεις Ζήτη
- [6] Kraus K., 1991, *Τόμος Ι: Βασικές έννοιες και μέθοδοι*, Τ.Ε.Ε.
- [7] Ιωαννίδης Χ., 2014, Διαφάνειες του μαθήματος *Φωτογραμμετρία ΙΙ*, Τομέας Φωτογραμμετρίας, ΣΑΤΜ ΕΜΠ, Αθήνα.
- [7] Πατεράκη Χ., Καρράς Γ., 2000, *Φωτογραμμετρικοί αυτοματισμοί*, Σημειώσεις μαθήματος *Ψηφιακή Φωτογραμμετρία*, (Μετάφραση από τα Αγγλικά), Εργαστήριο Φωτογραμμετρίας, ΣΑΤΜ ΕΜΠ.
- [8] Γεωργόπουλος Α., 2011, Διαφάνειες του μαθήματος *Αποτυπώσεις Μνημείων*, Τομέας Φωτογραμμετρίας, ΣΑΤΜ Ε.Μ.Π.
- [9] Westoby M.J., Brasington J., Glasser N.F., Hambrey, M.J., Reynolds J.M., 2012, *Structure –from - Motion photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications*, Elsevier B. V.
- [10] Weng J., Huang S.T., Ahuja N., 2012, *Motion and Structure from Image Sequences Ist*, Springer Publishing Company
- [11] AgiSoft LLC, 2012, *Agisoft Photoscan User Manual*

Ιστότοποι

- [1] Magis R., 1967, (C) National Geographic Society PP.593, http://sundials.gr/Tower_of_the_winds.htm, ανάκτηση: Μάιος 2015
- [2] Γιαννάκας Ν., http://sundials.gr/Tower_of_the_winds.htm, ανάκτηση: Μάιος 2015
- [3] <http://el.wikipedia.org>, ανάκτηση: Μάιος 2015
- [4] Χωρέμη Α., http://www.eie.gr/archaeologia/gr/chapter_more_5.aspx, ανάκτηση: Μάιος 2015
- [5] Geomagic Studio Support Center
<http://support1.geomagic.com/ics/support/splash.asp?deptID=5668>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Οι συντεταγμένες των σημείων που μετρήθηκαν κατά τις εργασίες πεδίου (ταχυμετρικά, φωτοσταθερά σημεία), παρατίθενται παρακάτω:

S4	1000	1000	100.0002
S4B	1000	1000	100.0002
S2	1016.453	1019.214	103.4307
S5	1006.098	1012.391	101.1415
S5B	1006.057	1012.411	101.1415
1001	1003.349	1009.76	101.9644
1002	1003.349	1009.76	101.9643
1003	1003.226	1011.283	101.9832
1004	1003.089	1013.007	102.0708
1005	1003.423	1013.402	102.0179
1006	1003.48	1013.357	102.0197
1007	1004.977	1015.01	102.0225
1008	1004.867	1015.105	102.009
1009	1005.195	1015.502	102.0264
2001	1003.4	1017.64	100.2195
2002	1000.687	1014.411	100.2028
2003	1001.61	1013.635	100.4903
2004	1002.304	1012.291	100.4951
2005	1002.527	1009.52	100.4839
2006	1001.246	1007.987	100.4795
2007	1002.522	1009.5	100.1609
2008	1001.231	1007.992	100.1732
2009	1003.465	1017.171	100.521
2010	1002.056	1015.526	100.524
2011	1001.163	1014.457	100.5238
2012	1002.721	1011.053	100.5005
2013	1002.856	1009.419	100.5079
2014	1001.692	1008.015	100.4981
2015	1003.492	1016.7	100.8251
2016	1001.678	1014.428	100.9106
2017	1002.864	1013.419	101.1118
2018	1003.025	1011.461	100.8146
2019	1003.199	1009.302	100.8305
2020	1002.168	1008.044	100.8271
2021	1004.633	1015.2	101.1252
2022	1004.842	1015.031	101.3032
2023	1003.278	1013.63	101.1272
2024	1003.386	1013.543	101.2858
2025	1003.464	1013.466	101.3071
2026	1003.19	1013.132	101.2984
2027	1003.166	1013.142	101.2626
2028	1003.115	1013.173	101.1894
2029	1003.067	1013.015	101.2626
2030	1003.016	1013.034	101.1806
2031	1003.357	1009.717	101.2599
2032	1003.328	1009.634	101.1715
2033	1003.482	1016.568	102.1538
2034	1003.444	1016.548	102.1375
2035	1003.364	1016.508	102.1287

2036	1003.32	1016.447	102.1384
2037	1003.298	1016.389	102.1302
2038	1003.28	1016.314	102.1377
2039	1003.291	1016.312	102.2486
2040	1003.315	1016.239	102.2483
2041	1003.344	1016.188	102.2855
2042	1003.415	1016.141	102.3581
2043	1003.463	1016.112	102.4396
2044	1003.385	1016.166	102.411
2045	1003.337	1016.215	102.379
2046	1003.315	1016.271	102.3596
2047	1003.309	1016.353	102.3531
2048	1003.32	1016.423	102.3512
2049	1003.354	1016.47	102.398
2050	1003.407	1016.514	102.3407
S4C	1000	999.9998	100.0019
2060	1000	1000.001	100.001
2061	1002.296	1008.047	102.1797
2062	1002.287	1008.083	102.1585
2063	1002.296	1008.147	102.1534
2064	1002.32	1008.183	102.152
2065	1002.32	1008.217	102.1613
2066	1002.361	1008.238	102.1643
2067	1002.371	1008.269	102.177
2068	1002.371	1008.271	102.1769
2069	1002.426	1008.241	102.1792
2070	1002.437	1008.297	102.1758
2071	1002.476	1008.296	102.1677
2072	1002.506	1008.311	102.1578
2073	1002.541	1008.293	102.1597
2074	1002.585	1008.295	102.1893
2075	1002.615	1008.263	102.2937
2076	1002.649	1008.277	102.2577
2077	1002.666	1008.248	102.2692
2078	1002.688	1008.242	102.2143
2079	1002.71	1008.204	102.2156
2080	1002.749	1008.139	102.2416
2081	1004.112	1006.473	102.105
2082	1004.105	1006.521	102.0875
2083	1004.113	1006.573	102.1026
2084	1004.11	1006.592	102.1584
2085	1004.136	1006.622	102.16
2086	1004.137	1006.669	102.1653
2087	1004.174	1006.672	102.1707
2088	1004.188	1006.714	102.1387
2089	1004.252	1006.705	102.1889
2090	1004.288	1006.754	102.2092
2091	1004.385	1006.779	102.2487
2092	1004.422	1006.731	102.2952

2093	1004.452	1006.745	102.3129
2094	1004.48	1006.709	102.3148
2095	1004.513	1006.694	102.3353
2096	1003.316	1009.511	102.0812
2097	1003.311	1009.499	101.935
2098	1003.331	1009.461	101.1267
2099	1000	999.9701	100.0976
2100	999.9993	1000	100.0003
2101	1000	1000	100.0003
S4D	1000.004	1000.009	100.0027
S4E	1000.004	1000.01	100.0028
1010	1004.211	1009.507	102.1523
1011	1004.269	1009.653	102.1721
1012	1004.058	1009.842	102.1763
1013	1003.833	1010.047	102.1776
1014	1004.185	1009.466	102.0887
1015	1004.269	1009.654	102.1182
1016	1004.062	1009.841	102.1229
1017	1003.833	1010.043	102.1238
1018	1003.596	1012.863	102.1255
1019	1003.79	1013.1	102.1402
1020	1005.221	1014.819	102.1374
1021	1005.433	1015.043	102.1307
1022	1008.284	1015.267	102.1403
1023	1010.461	1013.403	102.1296
1024	1010.032	1012.732	102.1835
1025	1010.521	1012.771	102.1331
1026	1010.543	1012.727	102.1315
1027	1010.574	1012.711	102.1304
1028	1010.623	1012.688	102.1361
1029	1010.641	1012.648	102.1352
1030	1010.664	1012.559	102.1113
1031	1010.664	1012.524	102.1084
1032	1010.743	1012.477	102.1162
1033	1011.079	1011.975	102.1313
1034	1012.907	1012.421	102.1279
1035	1012.961	1012.126	102.1238
1036	1013.031	1012.08	102.134
1037	1012.989	1012.008	102.1372
1038	1012.853	1011.819	102.1452
1039	1012.968	1011.856	102.1441
1040	1010.584	1011.907	102.2292
1041	1010.68	1010.612	102.1235
1042	1008.829	1008.418	102.1032
1043	1005.988	1008.205	102.1198
1044	1005.777	1008.383	102.1388
1045	1005.777	1008.384	102.1389
1046	1005.532	1008.566	102.1664
1047	1005.392	1008.419	102.1526

4001	1003.842	1010.014	108.3229
4002	1003.711	1011.513	108.3505
4003	1003.598	1012.847	108.344
4004	1004.494	1013.913	108.3533
4005	1005.426	1015.004	108.3604
4006	1006.996	1015.135	108.3656
4007	1008.275	1015.245	108.3826
4008	1009.412	1014.263	108.3764
4009	1010.42	1013.401	108.3805
4010	1010.527	1012.083	108.3643
4011	1010.653	1010.57	108.3645
4012	1009.767	1009.525	108.3533
4013	1008.844	1008.42	108.3498
4014	1007.565	1008.311	108.3459
4015	1006.019	1008.194	108.3472
4016	1004.948	1009.085	108.3296
4017	1003.728	1011.244	108.9839
4018	1003.689	1011.71	108.9807
4019	1008.018	1008.352	109.0036
4020	1007.308	1008.287	108.9942
4021	1008.037	1008.33	109.6302
4022	1010.523	1012.44	105.8059
4023	1010.533	1012.44	105.1305
4024	1010.51	1012.802	105.1368
5001	1004.161	1010.613	102.975
5002	1004.029	1012.256	102.9707
5003	1006.142	1014.705	102.9981
5004	1007.358	1014.806	102.9962
5005	1008.918	1014.217	102.9851
5006	1009.526	1013.692	102.9674
5007	1010.217	1011.583	102.9821
5008	1009.458	1009.749	102.9663
5009	1012.918	1012.191	102.51
54F	1000.004	1000.008	100.0029
6001	1009.377	1014.324	101.1412
6002	1009.326	1014.37	102.8394
6003	1009.249	1014.422	102.8691
6004	1009.232	1014.417	102.8773
6005	1009.206	1014.398	102.8868
6006	1008.943	1014.211	102.877
6007	1008.939	1014.223	103.0532
6008	1008.926	1014.214	103.0558
6009	1008.923	1014.212	103.0653
6010	1008.913	1014.206	103.0759
6011	1009.002	1014.298	103.1779
6012	1009.19	1014.472	103.8571
6013	1009.208	1014.461	105.1672
6014	1009.228	1014.445	105.818
6015	1009.212	1014.44	105.8297
6016	1009.214	1014.424	105.852
6017	1009.34	1014.306	105.87
6018	1009.284	1014.246	105.8964
6019	1009.221	1014.17	105.8624
6020	1009.19	1014.144	105.8576
6021	1009.176	1014.126	105.8806
6022	1009.164	1014.12	105.9206
6023	1009.161	1014.114	105.9348
6024	1009.156	1014.108	105.9399
6025	1009.148	1014.102	105.9432
6026	1009.139	1014.099	105.9705

6027	1009.135	1014.096	106.0043
6028	1009.13	1014.086	106.0253
6029	1009.118	1014.064	106.0299
6030	1009.119	1014.078	106.0793
6031	1009.11	1014.074	106.096
6032	1009.096	1014.063	106.1113
6033	1009.079	1014.051	106.1195
6034	1009.09	1014.057	106.1701
6035	1009.383	1014.286	106.7068
6036	1009.387	1014.288	107.3414
6037	1009.397	1014.278	108.4141
6038	1009.386	1014.279	109.6489
6039	1009.272	1014.253	109.6566
6040	1009.262	1014.249	109.9734
6041	1009.325	1014.284	110.1746
6042	1009.371	1014.264	111.0877
6043	1009.368	1014.261	111.27
6044	1009.361	1014.258	111.4629
6045	1009.337	1014.244	111.541
6046	1009.329	1014.24	111.5922
6047	1009.398	1014.279	111.8411
6048	1008.984	1013.848	112.2274
6049	1008.62	1013.41	112.5252
6050	1008.016	1012.741	113.0576
6051	1007.521	1012.151	113.5261
6052	1007.198	1011.74	113.6458
6053	1007.107	1011.604	113.6438
6054	1006.731	1011.225	113.5766
6055	1006.516	1010.96	113.378
6056	1006.157	1010.552	113.0304
6057	1005.699	1010.025	112.5994
6058	1005.239	1009.544	112.1876
6059	1004.88	1009.125	111.8601
6060	1004.898	1009.182	111.6399
6061	1004.906	1009.189	111.5793
6062	1004.868	1009.171	111.4918
6063	1004.86	1009.173	111.3076
6064	1004.879	1009.156	111.1109
6065	1004.875	1009.143	111.103
6066	1004.86	1009.149	110.5881
6067	1004.836	1009.181	110.1785
6068	1004.867	1009.264	109.9406
6069	1004.858	1009.239	110.0229
6070	1004.856	1009.275	109.6446
6071	1004.799	1009.197	109.6317
6072	1004.822	1009.175	108.8459
6073	1004.827	1009.189	108.2214
6074	1004.829	1009.198	107.2085
6075	1004.833	1009.199	106.6285
6076	1005.159	1009.388	106.1596
6077	1005.156	1009.394	106.1244
6078	1005.137	1009.382	106.1136
6079	1005.129	1009.375	106.0897
6080	1004.918	1009.116	105.8728
6081	1004.913	1009.114	105.8575
6082	1004.907	1009.11	105.837
6083	1004.899	1009.097	105.8206
6084	1004.943	1009.069	104.8662
6085	1004.531	1008.602	101.2853
6086	1004.735	1008.894	101.3018

6087	1004.885	1009.097	101.2937
6088	1004.905	1009.117	101.2703
6089	1004.908	1009.126	101.2553
6090	1004.969	1009.2	101.2271
6091	1005.034	1009.28	101.1829
6092	1005.049	1009.281	101.1314
6093	1005.977	1010.483	101.1167
6094	1005.977	1010.491	101.1072
6095	1006.053	1010.575	101.1228
6096	1006.074	1010.603	101.0995
6097	1006.118	1010.657	101.0986
6098	1006.153	1010.715	101.1365
6099	1006.983	1011.537	101.1063
6100	1007.416	1011.556	100.3888
6101	1007.241	1011.971	101.1119
6102	1007.75	1012.744	101.1251
6103	1007.8	1012.831	101.0545
6104	1007.936	1012.995	101.0442
6105	1008.046	1013.107	101.041
6106	1008.063	1013.118	101.1218
6201	1004.518	1013.956	105.8343
6202	1004.509	1013.966	105.5251
6203	1004.495	1013.959	105.0945
6204	1004.484	1013.971	105.0785
6205	1004.397	1014.036	105.085
6206	1004.313	1014.085	105.0892
6207	1004.365	1014.112	101.3125
6208	1004.496	1013.994	101.2963
6209	1004.515	1013.975	101.292
6210	1004.535	1013.964	101.2696
6211	1004.555	1013.946	101.2581
6212	1004.59	1013.918	101.241
6213	1004.605	1013.905	101.1981
6214	1004.632	1013.877	101.1661
6215	1004.66	1013.849	101.1434
6216	1005.243	1013.203	101.1365
6217	1007.348	1011.608	100.8684
6218	1007.342	1011.553	101.0724
6219	1007.458	1011.412	101.1077
6220	1008.039	1010.992	101.1109
6221	1008.106	1010.944	101.1173
6222	1008.289	1010.801	101.1232
6223	1008.367	1010.745	101.1177
6224	1009.796	1009.549	101.1305
6225	1009.776	1009.526	102.0352
6226	1009.776	1009.525	102.8284
6227	1009.769	1009.529	102.8473
6228	1009.747	1009.545	102.8582
6229	1009.727	1009.556	102.8703
6230	1009.497	1009.715	102.8659
6231	1009.466	1009.74	102.8873
6232	1009.459	1009.748	102.9656
6233	1009.475	1009.736	103.0407
6234	1009.466	1009.746	103.047
6235	1009.424	1009.702	103.0513
6236	1009.449	1009.745	103.0604
6237	1009.441	1009.749	103.071
6238	1009.435	1009.753	103.0883
6239	1009.432	1009.756	103.1251
6240	1009.432	1009.756	103.1479

6241	1009.424	1009.755	103.1564
6242	1009.737	1009.509	103.2209
6243	1009.741	1009.498	103.9074
6244	1009.742	1009.497	104.6266
6245	1009.757	1009.506	105.8076
6246	999.9955	1016.743	100.1781
55C	1006.043	1012.407	101.146
S1	999.9965	1016.741	100.1776
S1B	1000	1016.736	100.1789
2101B	1003.497	1016.126	102.1269
2102	1003.536	1016.113	102.1393
2103	1003.577	1016.157	102.1037
2104	1003.606	1016.129	102.1315
2105	1003.633	1016.175	102.1092
2106	1003.662	1016.168	102.1156
2107	1003.68	1016.206	102.099
2108	1003.703	1016.221	102.0997
2111	1002.314	1008.069	102.163
2112	1002.313	1008.045	102.151
2113	1002.342	1008.012	102.1154
2114	1002.349	1007.982	102.1881
2115	1002.39	1007.973	102.1507
2116	1002.397	1007.919	102.1473
2117	1002.445	1007.927	102.1197
2118	1002.47	1007.889	102.1191
2119	1002.518	1007.913	102.1201
2120	1002.549	1007.892	102.1479
2121	1002.578	1007.918	102.1551
2122	1002.612	1007.897	102.1665
2123	1002.643	1007.941	102.1758
2124	1002.666	1007.941	102.1327
2125	1002.693	1007.976	102.116
2126	1002.736	1008.075	102.1784
2131	1004.126	1006.531	102.1608
2132	1004.124	1006.495	102.1637
2133	1004.154	1006.472	102.1678
2134	1004.158	1006.435	102.1763
2135	1004.197	1006.417	102.1797
2136	1004.21	1006.371	102.1852
2137	1004.264	1006.391	102.1617
2138	1004.272	1006.346	102.132
2139	1004.323	1006.352	102.0992
2140	1004.345	1006.335	102.096
2141	1004.39	1006.367	102.0987
2142	1004.425	1006.358	102.0993
2143	1004.438	1006.371	102.0453
2144	1004.505	1006.445	102.1044
2145	1004.584	1006.546	102.1148
2201	1001.248	1008.014	100.4805
2202	1004.449	1005.303	100.4771
2203	1004.451	1005.3	100.2184
2204	1001.259	1008.165	100.1501
2205	1005.728	1006.786	100.4985
2206	1009.513	1007.081	100.1767
2207	1012.006	1010.042	100.4854
2208	1012.813	1010.258	100.4988
2209	1012.826	1010.487	100.4978
2210	1011.753	1010.254	100.5046
2211	1013.16	1010.986	100.812
2212	1012.36	1010.497	100.8136

2213	1011.974	1010.42	100.8134
2214	1012.304	1010.284	100.5009
2215	1012.378	1010.101	100.4961
2216	1012.976	1010.964	101.1247
2217	1012.306	1010.579	101.1241
2218	1012.104	1010.536	101.1261
2219	1009.336	1007.406	100.4933
2220	1009.988	1008.665	100.8096
2221	1009.191	1007.733	100.8096
2222	1009.111	1007.865	101.1167
2223	1005.555	1007.069	100.5099
2224	1004.406	1005.744	100.5183
2225	1001.69	1008.018	100.5041
2226	1002.153	1008.031	100.824
2227	1003.081	1007.272	100.8351
2228	1003.224	1007.375	100.8365
2229	1003.701	1007.035	100.8303
2230	1003.804	1006.855	101.1506
2231	1003.712	1006.778	100.8402
2232	1004.372	1006.213	100.8413
2233	1005.41	1007.403	100.818
2234	1005.717	1007.718	101.2048
2235	1005.739	1007.739	101.2454
2236	1005.752	1007.753	101.2753
2237	1005.853	1007.69	101.2921
2238	1005.843	1007.676	101.267
2239	1005.823	1007.631	101.2009
2240	1008.098	1007.855	101.2703
2241	1008.075	1007.842	101.2603
2242	1008.064	1007.831	101.2411
2243	1007.394	1007.741	101.1952
2244	1003.66	1009.226	101.1455
2245	1003.708	1009.283	101.2833
2246	1003.786	1009.368	101.3085
2247	1003.932	1009.194	101.3012
2248	1004.1	1009.382	101.3053
53	1018.462	1007.692	103.3889
1101	1003.32	1009.541	102.0893
1102	1003.559	1009.319	102.0719
1103	1003.706	1009.281	102.0753
1104	1003.808	1009.407	102.0783
1105	1003.817	1009.396	102.1042
1106	1003.837	1009.378	102.1036
1107	1003.854	1009.377	102.1367
1108	1003.861	1009.377	102.1368
1109	1003.972	1009.254	102.1318
1110	1005.842	1007.689	102.108
1111	1009.075	1007.938	102.1165
1112	1012.177	1010.634	102.1169
1113	1012.758	1010.89	102.2049
4101	1003.059	1013.012	108.377
4102	1003.299	1009.774	108.3619
4103	1005.818	1007.651	108.3448
4104	1009.059	1007.881	109.0287
62010	1002.134	1004.714	100.0194
62020	1002.461	1005.422	99.9993
62030	1003.015	1006.173	100.06
62040	1002.996	1006.136	100.1936
62050	1003.129	1006.36	100.2039
62060	1003.158	1006.421	100.4976

62070	1003.123	1006.826	100.5117
62080	1003.147	1006.856	100.8189
62090	1003.473	1007.205	100.8333
62100	1003.55	1007.282	101.132
62110	1004.397	1008.416	101.1352
62120	1004.489	1008.573	101.1678
62130	1004.487	1008.568	101.1836
62140	1004.513	1008.618	101.2053
62150	1004.524	1008.645	101.2879
62160	1004.682	1008.789	101.3024
62170	1004.62	1008.68	104.8595
62180	1004.613	1008.657	105.0065
62190	1004.611	1008.654	105.025
62200	1004.611	1008.654	105.0551
62210	1004.615	1008.662	105.0815
62220	1004.612	1008.656	105.0939
62230	1004.609	1008.651	105.1161
62240	1004.606	1008.646	105.1271
62250	1004.646	1008.719	105.2315
62260	1004.628	1008.687	105.6024
62270	1004.643	1008.714	105.6521
62280	1004.638	1008.705	105.8127
62290	1004.607	1008.647	105.8273
62300	1004.617	1008.665	106.1494
62310	1004.63	1008.69	107.0018
62320	1004.628	1008.686	107.6863
54G	1000.001	1000	100.0025
52B	1016.452	1019.218	103.4284
4201	1009.045	1007.902	108.3652
4202	1009.094	1007.937	108.3561
4203	1009.105	1007.952	108.3592
4204	1011.16	1010.353	108.3747
4205	1011.177	1010.388	108.3762
4206	1011.186	1010.422	108.3736
4207	1011.183	1010.389	108.3676
4208	1011.08	1011.64	108.3675
4209	1010.924	1013.648	108.3891
2301	1011.165	1010.782	104.5224
2302	1011.805	1010.613	103.8465
2303	1011.804	1010.613	103.8464
2304	1013.325	1011.751	103.8351
2305	1012.857	1013.206	103.8355
2306	1011.752	1010.992	103.8426
2307	1011.671	1013.203	103.8374
2308	1011.001	1012.857	104.4097
2309	1011.162	1010.416	103.9009
2310	1011.279	1010.618	101.1207
2311	1011.508	1010.45	101.1255
2312	1011.751	1010.241	100.8096
2313	1012.071	1010.505	101.1233
2314	1012.174	1010.433	101.1219
2315	1012.26	1010.267	100.8114
6501	1010.542	1009.085	112.3783
6502	1010.481	1009.095	112.2998
6503	1010.284	1009.13	112.0334
6504	1010.368	1008.975	112.2528
6505	1010.167	1009.007	112.0304
6506	1010.109	1009.068	109.9989
6507	1010.13	1009.065	109.976
6508	1010.127	1009.07	109.9204

6509	1010.117	1009.071	109.9189
6510	1010.101	1009.074	109.8866
6511	1010.06	1009.081	109.8607
6512	1010.058	1009.083	109.8111
6513	1010.091	1009.077	109.6452
6514	1010.075	1009.116	108.345
6515	1010.133	1009.154	106.7907
6516	1010.101	1009.16	105.1224
6517	1010.079	1009.162	103.164
6518	1010.091	1009.16	102.2028
6519	1010.164	1009.179	101.2684
6520	1010.169	1009.184	101.24
6521	1010.266	1009.123	101.1145
6522	1010.326	1009.074	101.1193
6523	1010.342	1009.085	100.8063
6524	1010.573	1008.887	100.81
6525	1010.615	1008.896	100.4975
6526	1010.862	1008.715	100.4944
6527	1010.937	1008.699	100.1603
6528	1011.264	1008.455	100.1676
1301	1009.04	1007.929	102.1036
1302	1009.269	1008.205	102.0778
1303	1009.821	1008.833	102.1146
1304	1000.002	1000.001	100.0039
1305	1016.457	1019.215	103.4271
53B	1018.461	1007.693	103.3846
51C	1000	1016.738	100.1756
4301	1010.926	1013.633	108.3917
4302	1009.495	1014.862	108.3925
4303	1008.458	1015.768	108.3824
4304	1006.582	1015.622	108.3819
4305	1005.209	1015.518	108.3687
1401	1005.202	1015.51	102.1316
1402	1008.428	1015.761	102.1129
1403	1010.916	1013.636	102.1018
1404	1010.918	1013.637	102.1028
1405	1010.975	1013.254	102.0682
1406	1011.536	1013.508	102.1462
1407	1012.37	1013.453	102.1097
1408	1013.174	1012.816	102.2354
1409	1013.337	1012.385	102.2607
2401	1003.485	1016.57	102.0842
2402	1003.552	1016.563	102.085
2403	1003.581	1016.536	102.1186
2404	1003.617	1016.537	102.1037
2405	1003.616	1016.5	102.0982
2406	1003.671	1016.488	102.1001
2407	1003.681	1016.448	102.0929
2408	1003.719	1016.432	102.0927
2409	1003.687	1016.382	102.0556
2410	1003.736	1016.361	102.0723
2411	1003.692	1016.313	102.086
2412	1003.723	1016.289	102.0962
2413	1003.701	1016.26	102.1368
2414	1003.692	1016.229	102.14
2415	1003.666	1016.196	102.1521
2416	1003.38	1017.634	100.2183
2417	1003.355	1017.615	100.4726

2418	1004.948	1016.357	100.3173
2419	1008.732	1016.659	100.3643
2420	1011.698	1014.141	100.364
2421	1012.006	1014.11	100.4804
2422	1012.301	1014.079	100.4883
2423	1012.915	1013.827	100.4834
2424	1003.438	1017.167	100.5232
2425	1003.313	1017.136	100.749
2426	1003.726	1016.915	100.7956
2427	1003.643	1016.805	100.8166
2428	1004.179	1016.381	100.8122
2429	1004.509	1016.187	100.8134
2430	1004.561	1016.226	100.7968
2431	1004.831	1016.016	100.5292
2432	1008.613	1016.313	100.5238
2433	1011.482	1013.889	100.5136
2434	1011.646	1013.917	100.5078
2435	1011.971	1013.937	100.5117
2436	1012.412	1013.854	100.5066
2437	1011.855	1013.895	100.7912
2438	1011.954	1013.869	100.7921
2439	1012.105	1013.889	100.797
2440	1003.487	1016.7	100.8291
2441	1003.414	1016.593	101.1322
2442	1003.746	1016.33	101.1225
2443	1004.273	1015.994	101.0699
2444	1004.383	1015.913	101.0685
2445	1004.386	1015.884	101.084
2446	1004.462	1015.803	101.1106
2447	1004.495	1015.835	101.0786
2448	1004.721	1015.673	100.8224
2449	1008.514	1015.976	100.8185
2450	1011.29	1013.623	100.8228
2451	1011.617	1013.722	100.8191
2452	1012.163	1013.715	100.8146
2453	1013.007	1013.3	100.8161
2454	1005.184	1015.508	101.3027
2455	1005.611	1015.564	101.2518
2456	1005.576	1015.609	101.1373
2457	1005.823	1015.638	101.1844
2458	1008.452	1015.839	101.1504
2459	1010.999	1013.65	101.1555
2460	1011.026	1013.403	101.1777
2461	1011.506	1013.595	101.177
2462	1012.277	1013.576	101.167
2463	1013.029	1013.128	101.1941
2464	1010.983	1013.315	101.2664
2465	1010.959	1013.625	101.2468
2466	1008.44	1015.783	101.2481
6601	1009.878	1015.009	112.3978
6602	1009.936	1015.047	112.2864
6603	1009.667	1014.876	112.0403
6604	1009.681	1014.752	109.9917
6605	1009.69	1014.757	109.976
6606	1009.684	1014.754	109.9244
6607	1009.665	1014.741	109.9266
6608	1009.66	1014.738	109.8918
6609	1009.632	1014.722	109.8752

6610	1009.631	1014.723	109.8686
6611	1009.623	1014.718	109.8659
6612	1009.632	1014.741	109.0025
6613	1009.64	1014.745	107.2876
6614	1009.592	1014.753	103.1665
6615	1009.541	1014.785	101.2752
6616	1009.558	1014.79	101.2489
6617	1009.572	1014.803	101.247
6618	1009.577	1014.806	101.2287
6619	1009.617	1014.839	101.1867
6620	1009.614	1014.838	101.1273
6621	1009.682	1014.953	101.1051
6622	1009.7	1014.965	100.8117
6623	1009.943	1015.16	100.8022
6624	1009.954	1015.179	100.5107
6625	1010.159	1015.42	100.4951
6626	1010.183	1015.433	100.2892
6627	1010.278	1015.533	100.2692
6628	1018.463	1007.676	103.4804
6629	1018.462	1007.674	103.4811
6630	1018.463	1007.676	103.4814
6631	999.9856	1016.739	100.2709
6632	1000	1016.74	100.1752
6633	1018.459	1007.692	103.383
6634	1018.459	1007.693	103.3831
6635	1018.46	1007.692	103.3829
6636	1018.462	1007.693	103.3825
6637	1018.46	1007.692	103.3824
52C	1016.454	1019.215	103.4286
54H	999.9987	999.9999	100.003
6701	1001.825	1016.062	100.1591
6702	1002.02	1015.992	100.2089
6703	1002.044	1015.968	100.4789
6704	1002.262	1015.771	100.5236
6705	1002.323	1015.74	100.7008
6706	1002.364	1015.691	100.7921
6707	1002.512	1015.532	100.8268
6708	1002.544	1015.543	100.9738
6709	1002.602	1015.476	101.0483
6710	1002.675	1015.447	101.1148
6711	1003.95	1014.414	101.1373
6712	1003.944	1014.375	101.1672
6713	1003.937	1014.35	101.1814
6714	1003.97	1014.319	101.2053
6715	1003.97	1014.286	101.2881
6716	1004.263	1014.155	101.3118
6717	1004.298	1014.087	105.0875