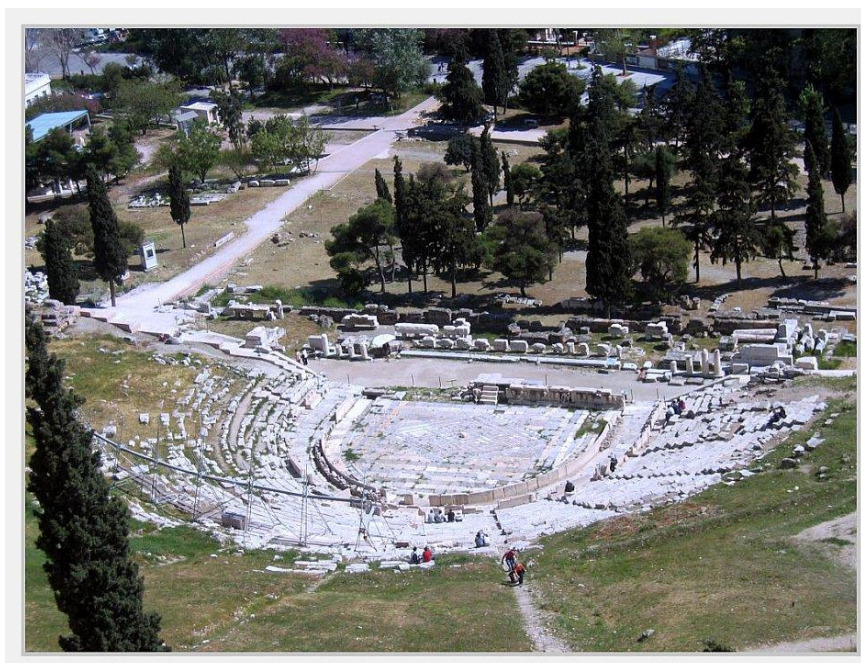




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΤΟΥ ΒΑ ΑΝΑΛΗΜΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΘΕΑΤΡΟΥ ΤΟΥ
ΔΙΟΝΥΣΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΒΟΡΕΙΟΥ ΤΟΙΧΟΥ ΤΟΥ ΩΔΕΙΟΥ ΤΟΥ ΠΕΡΙΚΛΕΟΥΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΚΑΤΩΓΙΑΝΝΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ

Ορθοδοξία Αραμπατζή

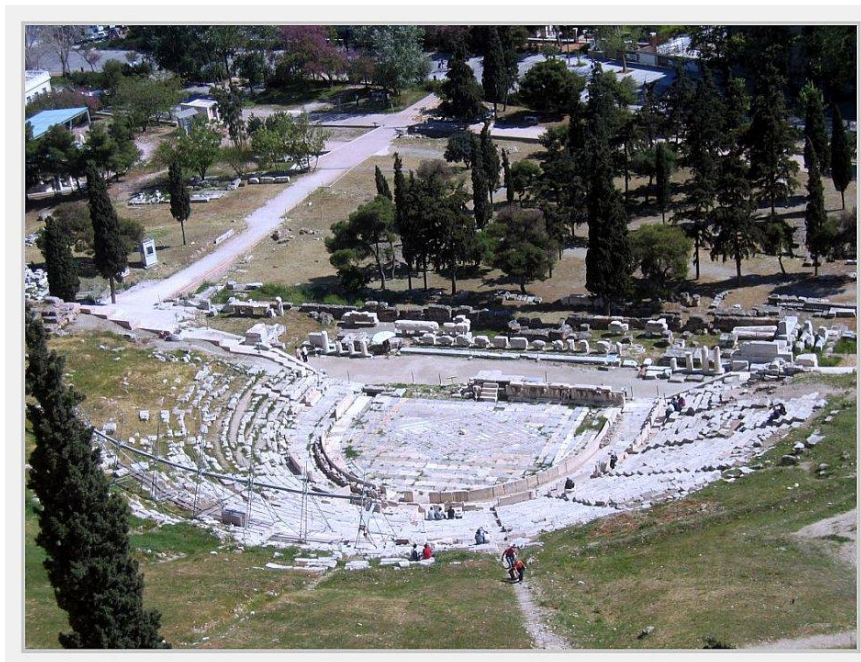
Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Αθήνα, 2013



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
SCHOOL OF SURVEYING AND SURVEYING ENGINEERING
LABORATORY OF GENERAL GEODESY

GEOMETRIC DOCUMENTATION OF THE NORTHEAST'S EMBANKMENT THEATER OF DIONYSUS AND THE NORTH WALL OF THE ODEON OF PERICLES



DIPLOMA THESIS
KATOGIANNIS XRISTOS

SUPERVISOR

Orthodoxia Arabatzi

Lecturer N.T.U.A.

Athens, 2013



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΤΟΥ ΒΑ ΑΝΑΛΗΜΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΘΕΑΤΡΟΥ ΤΟΥ
ΔΙΟΝΥΣΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΒΟΡΕΙΟΥ ΤΟΙΧΟΥ ΤΟΥ ΩΔΕΙΟΥ ΤΟΥ ΠΕΡΙΚΛΕΟΥΣ

Διπλωματική Εργασία

Κατωγιάννης Χρήστος

Επιβλέπουσα

Αραμπατζή Ορθοδοξία

Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την Επιτροπή:

Αραμπατζή Ο.
Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Τσακίρη Μ.
Αν. Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Πανταζής Γ.
Επ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Copyright © Χρήστος Ε. Κατωγιάννης

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν στη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα της παρούσης διπλωματικής Ορθοδοξία Αραμπατζή, Λέκτορα Ε.Μ.Π. για την πολύτιμη καθοδήγηση της τόσο κατά τη διαδικασία των μετρήσεων όσο και κατά την επεξεργασία τους. Πάνω απ' όλα την ευχαριστώ για την εμπιστοσύνη που επέδειξε στο πρόσωπο μου με την ανάθεση της συγκεκριμένης διπλωματικής.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Στέφανο Δογγούρη, Επιστημονικό Συνεργάτη Ε.Μ.Π. για τη βοήθεια του κατά τη διάρκεια των μετρήσεων για την ολοκλήρωση της παρούσας μελέτης.

Ακόμα, ευχαριστώ θερμά τον κ. Παγούνη Βασίλη, Αναπληρωτή Καθηγητή Τ.Ε.Ι. Αθήνας για τις σημαντικές συμβουλές του και την άριστη καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Θα ήταν παράλειψη να μην ευχαριστήσω την Επιτροπή Διονυσιακού Θεάτρου, Ασκληπιού Ηρώδου του Αττικού και Στοάς του Ευμενούς και συγκεκριμένα την κα. Αθηνά Σαμαρά, Αρχιτέκτονα της Επιτροπής για την έγκριση που μου παραχώρησε ώστε να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις στο χώρο του Θεάτρου του Διονύσου.

Ευχαριστίες αρμόζουν επίσης και στην κα. Ρεγγίνα Χλιβερού για την προθυμία της στη φωτογράφιση των δύο τοίχων και στη διάθεση του εξοπλισμού της.

Ευχαριστώ θερμά τους φίλους μου και συμφοιτητές Αναστασία, Βάγια, Γιώργο, Γιώργο, Μαρία, Μιρέλα και Ολάνθη για τη βοήθεια τους στις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν αλλά και τη στήριξη και συμπαράσταση τους στη μετέπειτα επεξεργασία της διπλωματικής αυτής.

Τέλος, ευχαριστώ τους γονείς μου Βαγγέλη και Χρυσούλα που βρίσκονται δίπλα μου κάθε στιγμή, στηρίζοντας πάντα τις επιλογές μου αλλά κυρίως την αδερφή μου Ιωάννα στην οποία αφιερώνω και τη συγκεκριμένη Διπλωματική Εργασία.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	17
1. ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	17
1.1. Θέατρο του Διονύσου.....	20
1.2. Ωδείο του Περικλέους.....	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	27
2. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΜΝΗΜΕΙΩΝ.....	27
2.1. Ορισμός Γεωμετρικής Τεκμηρίωσης.....	29
2.2. Μέθοδοι Τεκμηρίωσης Μνημείων.....	30
2.2.1. Τοπομετρική Μέθοδος.....	31
2.2.2. Τοπογραφική Μέθοδος.....	32
2.2.3. Φωτογραμμετρική Μέθοδος.....	34
2.2.4. Επίγεια Σάρωση Laser.....	36
2.2.5. Εναλλακτικές Μέθοδοι.....	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	39
3. Ο Επίγειος Σαρωτής Laser.....	39
3.1. Βασικά μέρη του Laser Scanner.....	39
3.2. Λειτουργία Τρισδιάστατου Σαρωτή.....	41
3.3. Μέθοδοι Σάρωσης Laser.....	43
3.3.1. Μέθοδος time-of-flight.....	44
3.3.2. Μέθοδος Τριγωνισμού.....	45
3.4. Εφαρμογές του Laser Scanner.....	48
3.5. Διαδικασία μετρήσεων και επεξεργασία τους.....	53
3.5.1. Διαδικασία Σάρωσης με το σαρωτή Leica Scan Station 2.....	53
3.5.2. Συνένωση νεφών.....	54
3.6. Ακρίβεια Αποτύπωσης.....	57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	61
4. Γεωδαιτικός εξοπλισμός-Διαδικασία-Επεξεργασία Μετρήσεων.....	61
4.1. Αναγνώριση της Περιοχής.....	61
4.2. Μέθοδος RTK (Real Time Kinematic) - Μετρήσεις με GPS.....	62
4.3. Μετρήσεις με total station-Ταχυμετρία.....	65
4.3.1. Σύνταξη τοπογραφικού διαγράμματος.....	66
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	67
5. ΠΑΡΑΓΩΓΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....	67
5.1. Συνένωση Νέφους Σημείων.....	67
5.2. Απαλοιφή Θορύβου.....	68
5.3. Προσανατολισμός Νέφους Σημείων.....	69

5.4. Δημιουργία Τομών	71
5.5. Δημιουργία Κάτοψης	76
5.6. Δημιουργία Όψης	78
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	82
6. ΤΕΛΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	82
6.1. Τελικά Σχέδια.....	82
6.2. Συμπεράσματα.....	82
6.3. Προτάσεις	85
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	87

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Θέατρο Διονύσου-Ωδείο Περικλέους	20
Εικόνα 2 : Θέατρο Διονύσου.....	21
Εικόνα 3: Ζωγραφική αναπαράσταση του Διονυσιακού Θεάτρου κατά τους κλασσικούς χρόνους, με το Ωδείο του Περικλέους στο πίσω μέρος. Άποψη από βορειοδυτικά.....	23
Εικόνα 4: Το Θέατρο του Διονύσου σε φωτογραφία του Γερμανικού Αρχαιολογικού Ινστιτούτου (1897)	24
Εικόνα 5: Ψηφιακή αναπαράσταση του Ωδείου του Περικλέους σε σχέση με το Θέατρο του Διονύσου.....	26
Εικόνα 6: Νήμα της στάθμης	31
Εικόνα 7: Μετροταινία.....	32
Εικόνα 8: Γεωδαιτικός Σταθμός	33
Εικόνα 9: Laser Scanner.....	37
Εικόνα 10: Βασικά μέρη Laser Scanner	40
Εικόνα 11: Τρισδιάστατο μοντέλο Ρωμαϊκού Ωδείου Πατρών.....	43
Εικόνα 12: Γωνιακό εύρος σάρωσης Scan Station 2	43
Εικόνα 13: Αρχή της μεθόδου time-of-flight.....	45
Εικόνα 14: Διάταξη σάρωσης με τη μέθοδο του τριγωνισμού	46
Εικόνα 15: Αρχή τριγωνισμού-περίπτωση μιας μηχανής.....	47
Εικόνα 16: Αρχή τριγωνισμού-χρήση διπλής μηχανής	47
Εικόνα 17: Αποτύπωση ανισόπεδου κόμβου.....	49
Εικόνα 18: Αποτύπωση σπηλαίου	49
Εικόνα 19: 3D αποτύπωση μνημείου	50

Εικόνα 20: 3D αποτύπωση χρωματουργικών	51
Εικόνα 21: 3D αποτύπωση για εφαρμογές Building Information Modeling - BIM	52
Εικόνα 22: 3D αποτύπωση και "έξυπνη" μοντελοποίηση βιομηχανικών εγκαταστάσεων.....	52
Εικόνα 23: Συνένωση με χρήση ειδικών στόχων.....	54
Εικόνα 24: Συνένωση με χρήση ομόλογων σημείων.....	55
Εικόνα 25: Γεωαναφορά με στόχους (targets).....	56
Εικόνα 26: Σημεία σάρωσης-μείωση πυκνότητας ανάλογα με την απόσταση.....	58
Εικόνα 27: Παράδειγμα αποτύπωσης βλάστησης που αποτελεί θόρυβο των μετρήσεων.....	59
Εικόνα 28: Σχετική θέση ΒΑ αναλήμματος σε σχέση με το Θέατρο του Διονύσου.....	62
Εικόνα 29: Μετρήσεις με GPS.....	64
Εικόνα 30: Τρισδιάστατο μοντέλο μετά την απαλοιφή θορύβου.....	69
Εικόνα 31: Δημιουργία Άξονα Χ.....	70
Εικόνα 32: Προσανατολισμός ΒΑ αναλήμματος ως προς Άξονα Χ.....	71
Εικόνα 33: Τομή T2-2 στο CloudWorx	72
Εικόνα 34: Τομή T2-2 στο CloudWorx μετά από ψηφιοποίηση.....	73
Εικόνα 35: Επιλεγμένο τμήμα με την εντολή Fence.....	74
Εικόνα 36: Τομή T2-1,2-αριστερά στο CloudWorx μετά από ψηφιοποίηση.....	74
Εικόνα 37: Οφιοτομή T2-1,2-αριστερά στο AutoCad	75
Εικόνα 38: Οριζόντια τομή T3 στο CloudWorx.....	75
Εικόνα 39: Οριζόντια τομή T3 στο CloudWorx μετά από ψηφιοποίηση.....	75
Εικόνα 40: Επιλογή του νέφους και του άξονα μέσω CloudWorx	76
Εικόνα 41: Κάτοψη από CloudWorx	77
Εικόνα 42: Όψη Βορειοανατολικού αναλήμματος.....	80
Εικόνα 43: Όψη κάθετου τοίχου στο Βορειοανατολικό ανάλημμα.....	80
Εικόνα 44: ΟΓΣ Leica TCR 405.....	90
Εικόνα 45: Leica ScanStation 2	92
Εικόνα 46: Φωτογραφική Μηχανή Canon EOS 40D.....	96
Εικόνα 47: Σάρωση από την S8.....	100
Εικόνα 48: Σάρωση από την S11	100
Εικόνα 49: Μετρήσεις με Total Station στην S4	101
Εικόνα 50: Μετρήσεις με Total Station στην S2	101
Εικόνα 51: Ειδικός σφαιρικός στόχος για τη συνένωση των νεφών	102

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Τοπομετρικής Μεθόδου.....	32
Πίνακας 2: Συντεταγμένες στάσεων	64
Πίνακας 3: Τεχνικά χαρακτηριστικά του TCR 405.....	89

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα μνημεία και οι αρχαιολογικοί χώροι αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της πολιτιστικής κληρονομιάς κάθε τόπου και για αυτό το λόγο η γεωμετρική τεκμηρίωση τους είναι καθοριστική για τη «διάσωση» του πολιτιστικού πλούτου.

Για το σκοπό αυτό υπάρχουν συμβάσεις και νόμοι που αφορούν στην προστασία και τη διάσωση του πολιτισμικού πλούτου. Η προστασία των μνημείων είναι συνταγματικά κατοχυρωμένη, με το άρθρο 24 του Συντάγματος του 1975 το οποίο αναφέρεται στην ανάμειξη και αποδοχή ευθύνης από το κράτος για την προστασία του φυσικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος.

Για την προστασία λοιπόν των μνημείων είναι απαραίτητη η γεωμετρική τεκμηρίωση τους, δηλαδή η ύπαρξη ενός λεπτομερούς υπόβαθρου, σε κατάλληλη μορφή και κλίμακα χρήσιμου για μελέτες συντήρησης, αναστήλωσης, ανακατασκευής και αποκατάστασης. Το περίπλοκο σχήμα και οι λεπτομέρειες των μνημείων καθιστούν την αποτύπωση τους χρονοβόρα και επίπονη διαδικασία με τις παραδοσιακές τεχνικές. Έτσι, η χρήση των επίγειων τρισδιάστατων σαρωτών Laser αποτελεί ένα εναλλακτικό τρόπο στη γεωμετρική τεκμηρίωση των μνημείων.

Η συγκεκριμένη Διπλωματική εργασία αφορά στη γεωμετρική τεκμηρίωση και αποτύπωση του βορειοανατολικού αναλήμματος του Θεάτρου του Διονύσου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Για την αποτύπωση των μνημείων είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός λεπτομερούς υπόβαθρου, σε κατάλληλη μορφή και κλίμακα ώστε οι μηχανικοί και οι αρχαιολόγοι που θα ασχοληθούν με τη συντήρηση ή αναστήλωση τους να έχουν όλη την απαραίτητη πληροφορία για να προχωρήσουν σε οποιαδήποτε παρέμβαση. Η πολυπλοκότητα ενός μνημείου ειδικά αν αυτό έχει μεγάλες φθορές από τα διάφορα φυσικά φαινόμενα ή τις ανθρώπινες παρεμβάσεις είναι και ο βασικός λόγος που καθιστά την καταγραφή και αποτύπωση του επίπονη και ιδιαίτερα δύσκολη διαδικασία.

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία, πραγματεύεται τις μεθόδους αποτύπωσης μνημείων μέχρι και σήμερα και έχει ως βασικό στόχο τη Γεωμετρική Τεκμηρίωση του ΒΑ αναλήμματος του Θεάτρου του Διονύσου με τοπογραφικές μεθόδους.

Στο Κεφάλαιο 1 (Ιστορικά Στοιχεία) παρουσιάζεται η περιοχή μελέτης όπου έγινε η εφαρμογή της μεθοδολογίας τρισδιάστατης σάρωσης, αναφέρονται κάποια ιστορικά στοιχεία και περιγράφονται τα μνημεία και οι ιδιαιτερότητές τους.

Στο Κεφάλαιο 2 (Γεωμετρική Τεκμηρίωση Μνημείων) αναλύεται η έννοια της γεωμετρικής τεκμηρίωσης και γίνεται μια ιστορική αναδρομή στις μεθοδολογίες που εφαρμόζονταν παλαιότερα αλλά και στη σημερινή εποχή με την τεχνολογία του τρισδιάστατου σαρωτή.

Στο Κεφάλαιο 3 (Ο Επίγειος Σαρωτής Laser) γίνεται λεπτομερής παρουσίαση του επίγειου τρισδιάστατου Laser Scanner. Αναφέρεται η αρχή λειτουργίας του, τα μέρη από τα οποία αποτελείται καθώς και οι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν και καθορίζουν την ακρίβεια αποτύπωσης. Τέλος γίνεται αναφορά στο ευρύ πεδίο εφαρμογών της τρισδιάστατης σάρωσης.

Στο Κεφάλαιο 4 (Γεωδαιτικός Εξοπλισμός-Διαδικασία - Επεξεργασία Μετρήσεων) παρουσιάζονται τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν για την ολοκλήρωση της συγκεκριμένης μελέτης αλλά και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους. Περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία των μετρήσεων τόσο για την ίδρυση των στάσεων όσο και για την ταχυμετρία.

Στο Κεφάλαιο 5 (Παράγωγα Μετρήσεων) παρουσιάζονται τα παράγωγα που προκύπτουν από τη δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου: Δημιουργία κάτοψης, κατακόρυφων τομών, όψεων, μέσω των διαδικασιών επεξεργασίας.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 6 (Τελικά Σχέδια-Συμπεράσματα-Προτάσεις) παρουσιάζονται τα τελικά σχέδια του Θεάτρου, συνοψίζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την όλη εργασία και δίνονται κάποιες σκέψεις για περαιτέρω συνέχεια της.

ABSTRACT

For the documentation of the monuments, the existence of a detailed background is necessary in proper form and scale so that the engineers and archaeologists who will occupy with the maintenance and restoration will have all the information needed to go on with any intervention. The complexity of a monument, especially if it has a lot of damage from weather conditions or human intervention, is the main reason that makes its recording and scheming a painful and very difficult process.

This thesis deals with the methods of scheming monuments up to now and has as a basic target the Geometrical Documentation of the Northeast's embankment theater of Dionysus with topographic methods.

In Chapter 1 (Historical Data) presents the study area where the dimensional scan methodology was applied, mentions historical data of the monuments and describes its peculiarities.

In Chapter 2 (Geometrical Documentation of monuments) the meaning of the Geometrical Documentation is analyzed and there is a historical flashback on the methods which were applied in the past but also today using the technology of the three dimensional scanner.

In Chapter 3 (Terrestrial Laser Scanner) is given a detailed presentation of the terrestrial 3D Laser Scanner. Basic principles of its operation are demonstrated as well as the parts of which it is composed and the factors that influence and determine the precision of the outcome. Finally, the reference to the broad scope of three-dimensional scanning is involved in this chapter.

In Chapter 4 (Geodetic Equipment-Procedure-Measurements Processing) the equipment used for the completion of this study and also its technical characteristics are featured.

The procedure of measurements is described in detail for the establishment of stands and detail surveying.

In Chapter 5 (Derivatives Resulting) presents the derivatives resulting from the creation of the three-dimensional model: creation of plan, vertical sections, facades through the whole process.

In Chapter 6 (Final plans, Conclusions, Suggestions) presents the final draft of the Theater summarizing the conclusions drawn from the entire process and exposing some thoughts for further research.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1. ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η πόλη της Αθήνας είναι διάσπαρτη από μνημεία που βρίσκονται κυρίως στο κέντρο της πόλης και αποτελούν φυσικά τεκμήρια της μακραίωνης ελληνικής ιστορίας. Σε αυτά αποτυπώθηκαν, διασώθηκαν και αναδείχτηκαν οι πολυάριθμες κατακτήσεις στην αρχιτεκτονική και στις τέχνες, η λατρεία του Θεού, οι πολιτικές-ιδεολογικές πεποιθήσεις, οι συμβολισμοί και τα χαρακτηριστικά των κοινωνικών δομών του παρελθόντος. Συγκεκριμένα, πολλά από τα μνημεία της Αθήνας βρίσκονται στην Ακρόπολη. Η Ακρόπολη των Αθηνών είναι ένας βραχώδης λόφος ύψους 156 μ. από την επιφάνεια της θάλασσας και 70 μ. περίπου από το επίπεδο της πόλης της Αθήνας. Η κορυφή του έχει σχήμα τραπεζοειδούς μήκους 300 μ. και μέγιστου πλάτους 150 μ. Ο λόφος είναι απρόσιτος απ' όλες τις πλευρές εκτός από τη δυτική. Τα πιο γνωστά μνημεία εντός και εκτός της Ακρόπολης είναι: τα Προπύλαια, ο Ναός της Αθηνάς ή Απτέρου Νίκης, ο Παρθενώνας, το Ερέχθειο, το Θέατρο του Διονύσου και το Ωδείο του Περικλέους. Υπήρχαν ακόμη και άλλα μνημεία στον ιερό βράχο της Ακρόπολης. Παρακάτω αναφέρονται τα πιο γνωστά και σημαντικά:

- Το Βραυρώνιον, που ήταν ένα από τα πιο παλιά ιερά της Ακρόπολης. Χτίστηκε ίσως το 459 π.Χ.. Λείψανά του σώζονται στη ΝΑ γωνία των Προπυλαίων. Ήταν αφιερωμένο στη Βραυρωνία Αρτέμιδα.
- Το άγαλμα της Αθηνάς Προμάχου, έργο του Φειδία (450 π.Χ.) από τη δεκάτη των λαφύρων που πήραν οι Αθηναίοι μετά τη μάχη του Μαραθώνα. Στη θέση του κολοσσιαίου αυτού χάλκινου αγάλματος σώζονται ακόμα ίχνη του βάρους του.
- Το "Αρρηφόριον", κατοικία των Αρρηφόρων, δύο μικρών κοριτσιών που ήταν υπεύθυνες για τη μεταφορά των Ιερών Σκευών κατά τα Αρρηφόρια, καθώς και για την ύφανση του Πέπλου της Αθηνάς, που παραδιδόταν κατά τα Παναθήναια.

- Ανάμεσα σ' όλα αυτά ένα ρωμαϊκό κτίσμα: ο Ναός της Ρώμης και του Αυγούστου στην ανατολική πλευρά του Παρθενώνα. Χτίστηκε μεταξύ 17 - 10 π.Χ. προς τιμήν της Θεάς Ρώμης και του αυτοκράτορα Αυγούστου, που οι Ρωμαίοι τον λάτρευαν ως Θεό.

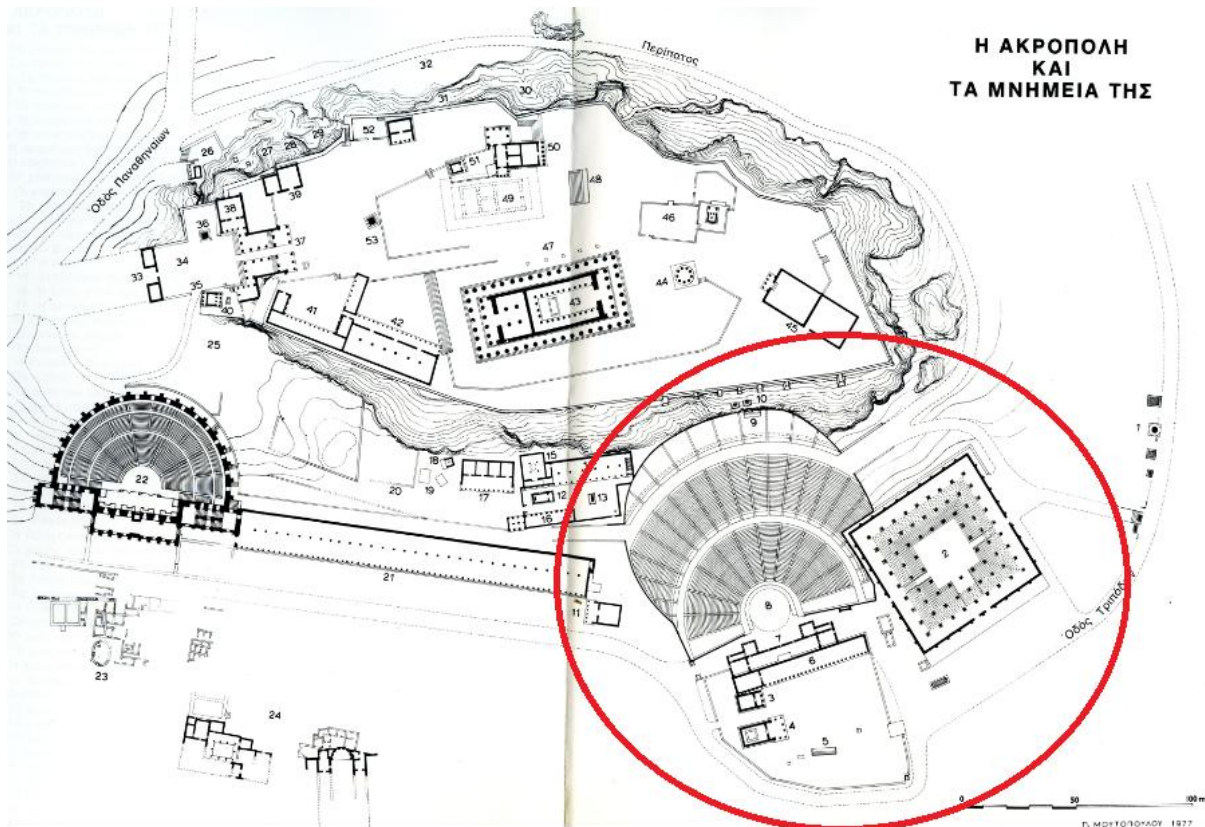
Τα *Προπύλαια* είναι κατά βάση η μοναδική είσοδος στα δυτικά της Ακρόπολης. Άρχισαν να χτίζονται το 436 π.Χ. μετά την ολοκλήρωση του Παρθενώνα, με σχέδια του αρχιτέκτονα Μνησικλή. Χωρίζονται σε τρία μέρη. Στο κέντρο βρίσκεται ένα ναόσχημο μακρύ κτίσμα με ψηλό αέτωμα και όψη δωρικού ναού. Δεξιά και αριστερά από αυτό είναι χτισμένες από μία πτέρυγα που μοιάζουν με δωρικούς ναούς χωρίς αέτωμα, αλλά έχουν στέγη αετοειδή. Το κεντρικό οικοδόμημα είναι κάτι το μοναδικό στην αρχαία ελληνική αρχιτεκτονική. Έξι κίονες δωρικού ρυθμού κοσμούν την πρόσοψη. Οι κίονες όσο προχωρούν από τη βάση προς την κορυφή λεπταίνουν. Πάνω σ' αυτούς στηριζόταν ένα αέτωμα χωρίς διακόσμηση. Ο κύριος χώρος διαιρείται σε τρία κλίτη με δύο σειρές από ιωνικούς κίονες (τρεις σε κάθε πλευρά). Δυστυχώς το χτίσιμο των Προπυλαίων δεν ολοκληρώθηκε ποτέ. Το 431 άρχισε ο Πελοποννησιακός πόλεμος και οι εργασίες σταμάτησαν. Το 429 δε πέθανε ο Περικλής και οι διάδοχοί του δεν έδειξαν ενδιαφέρον για τη συνέχιση του έργου.

Ο *Ναός της Αθηνάς ή Απτέρου Νίκης* είναι ένας μικρός ολομάρμαρος ναός, που άρχισε να χτίζεται μεταξύ 427 και 424 π.Χ. με σχέδια του αρχιτέκτονα Καλλικράτη. Είναι τετράστυλος αμφιπρόστυλος ναός ιωνικού ρυθμού, χτισμένος πάνω σε μία κρηπίδα με τέσσερις βαθμίδες. Δεν έχει πρόναο. Μέσα στο σηκό του (ο κύριος εσωτερικός χώρος στους αρχαίους ελληνικούς ναούς) υπήρχε άγαλμα της Αθηνάς Νίκης. Γύρω στο 421 - 415 π.Χ. ο ναός περιβλήθηκε με ένα συνεχές θωράκιο ύψους 1,05 μ., που στην εξωτερική του όψη παρίστανε ανάγλυφες Πτερωτές Νίκες την ώρα που προετοιμάζουν θυσία για την Αθηνά. Το 1687 οι Τούρκοι διέλυσαν το ναό και με τα αρχιτεκτονικά του μέλη ενίσχυσαν τις οχυρώσεις τους.

Ο *Παρθενώνας* είναι το μεγαλύτερο και επισημότερο οικοδόμημα της Ακρόπολης και συγκεντρώνει το θαυμασμό όλου του κόσμου αιώνες τώρα. Οι εργασίες για την ανέγερση του

ναού αυτού άρχισαν το 447 π.Χ. υπό τη διεύθυνση των αρχιτεκτόνων Ικτίνου και Καλλικράτη. Ο ναός ολοκληρώθηκε το 438 και κατά τα Παναθήναια του επόμενου χρόνου αφιερώθηκε στην πολιούχο Θεά. Παρόλα αυτά οι εργασίες συνεχίστηκαν μέχρι το 432. Είναι ναός δωρικού ρυθμού περίπτερος με οκτώ κίονες στις στενές και δεκαεπτά στις μακριές πλευρές. Οι κίονες έχουν ύψος 10,5 μ. και πάνω τους στηρίζεται ο θριγκός (επιστύλια), οι μετόπες, τα τρίγλυφα, τα γείσα και τα αετώματα. Ο σηκός ήταν χτισμένος ολόκληρος με μαρμάρινες πέτρες σε οριζόντιες σειρές και σε καθμία στενή πλευρά είχε από έξι δωρικούς κίονες, οι οποίοι τον χώριζαν σε δύο μέρη: τον κυρίως ναό και τον οπισθόδομο. Ο κυρίως ναός στο εσωτερικό του χωριζόταν σε τρία μέρη· αυτό γινόταν με δύο κάθετες δωρικές κιονοστοιχίες. Το μεσαίο από τα τρία μέρη ήταν το πλατύτερο και σ' αυτό ήταν στημένο πάνω σε βάθρο το περίφημο χρυσελεφάντινο άγαλμα της Παρθένου Αθηνάς, το οποίο φιλοτεχνήθηκε από το γλύπτη Φειδία (338 π.Χ.).

Το *Ερέχθειο* χτίστηκε μεταξύ 425 και 406 π.Χ. με σχέδια του αρχιτέκτονα Καλλίμαχου και είναι ένα από τα αριστουργήματα του ιωνικού ρυθμού. Εσωτερικά ο ναός ήταν χωρισμένος σε δύο μέρη. Το ανατολικό μέρος προς την πρόσοψη ήταν αφιερωμένο στην Αθηνά, το άλλο στον Ποσειδώνα. Στο ιερό της Αθηνάς βρισκόταν το ξόανό της, ένα άγαλμά της δηλαδή κατασκευασμένο από ξύλο ελιάς, για το οποίο πίστευαν ότι είχε πέσει από τον ουρανό. Στο ιερό του Ποσειδώνα, όπου κατεβαίνει κανείς με δώδεκα σκαλοπάτια, η ξηλωμένη σ' ένα σημείο στέγη και οι τρεις τρύπες στο βράχο του δαπέδου προκλήθηκαν από το χτύπημα της τρίαινας του Θεού, όπως πίστευαν οι αρχαίοι. Το πιο γνωστό όμως μέρος του Ερεχθείου είναι η «Πρόστασις των Κορών», οι περίφημες δηλαδή Καρυάτιδες. Πρόκειται για ένα σκεπαστό μπαλκόνι, του οποίου η στέγη στηρίζεται όχι σε κίονες, αλλά σε έξι αγάλματα Κορών εξαιρετικής τέχνης. Στο σημείο αυτό κατά τη μυθολογία είχε την κατοικία του ο βασιλιάς Ερεχθέας, που αργότερα ταυτίστηκε με τον Ποσειδώνα. Γι' αυτό και ο ναός πήρε το όνομά του από το μυθολογικό αυτό βασιλιά της Αθήνας.



Εικόνα 1: Θέατρο Διονύσου-Ωδείο Περικλέους
ΠΗΓΗ: Σχέδιο Π.ΜΟΥΤΟΠΟΥΛΟΥ 1977

1.1. Θέατρο του Διονύσου

Το θέατρο του Διονύσου είναι ο σημαντικότερος γνωστός υπαίθριος θεατρικός χώρος στην αρχαία Αθήνα. Πρόκειται για κτίσμα που πιθανώς ανάγεται στο β' ήμισυ του 6^{ου} αιώνα π.Χ. ή στο α' μισό του 5^{ου} αιώνα π.Χ. Το Διονυσιακό Θέατρο εδράζεται στη Νότια Κλιτύ της Ακροπόλεως (ΝΑ παρυφές), στα βόρεια του ιερού του Διονύσου Ελευθερέως και σε επίπεδο ψηλότερο κατά 3 μ. περίπου και υπήρξε ο βασικός τόπος παράστασης του αττικού δράματος, αφού φιλοξενούσε τα Μεγάλα Διονύσια, τη μεγαλύτερη θεατρική γιορτή της πόλης των Αθηνών.



Εικόνα 2 : Θέατρο Διονύσου

ΠΗΓΗ: <https://www.google.gr>

Στο Ιερό του Διονύσου στη Νότια Κλιτύ της Ακρόπολης λατρευόταν ο Διόνυσος ως Ελευθερέυς επειδή η λατρεία του είχε εισαχθεί στην Αθήνα από τις Ελευθερές της Βοιωτίας, από τον Πεισίστρατο και τους γιούς του, στο β' μισό του 6ου αι. π.Χ. Σ' αυτό γιορτάζονταν κάθε χρόνο κατά το μήνα Ελαφηβολιώννα, στα τέλη Μαρτίου με αρχές Απριλίου, τα Μεγάλα ή εν Άστει Διονύσια, η λαμπρότερη γιορτή προς τιμήν του Θεού. Εκείνη την εποχή αναγέρθηκε ο αρχαϊκός ναός του Διονύσου, ενώ λίγο βορειότερα από αυτόν, ισοπεδώθηκε ένας κυκλικός χώρος στον οποίο τελούνταν τα λατρευτικά δρώμενα προς τιμήν του Θεού. Τις τελετές αυτές παρακολουθούσαν οι θεατές καθισμένοι στο πρηνές του λόφου, στο οποίο λίγο καιρό αργότερα τοποθετήθηκαν ξύλινα καθίσματα. Ο κυκλικός αυτός χώρος, διαμορφωμένος από πατημένο χώμα, είχε διάμετρο 25μ. περίπου και αποτέλεσε την πρώτη «ορχήστρα» του μετέπειτα θεάτρου. Από τον κύκλιο διθυραμβικό χορό των λατρευτών του Διονύσου γεννήθηκε η τραγωδία.

Η θεατρική κατασκευή του 5ου αι. π.Χ. πρέπει να ήταν απλή, η ακριβής όμως μορφή της δεν έχει διευκρινισθεί πλήρως. Τα καθίσματα του κοίλου σταδιακά αντικαταστάθηκαν από λίθινα, ενώ για πρώτη φορά κατασκευάστηκαν κλίμακες που διαιρούσαν το κοίλο σε κερκίδες και οριοθετήθηκαν οι πάροδοι του θεάτρου. Κατασκευάστηκε επίσης μία σταθερή λίθινη σκηνή, η

οποία αποτελούνταν το πιθανότερο από ένα απλό ορθογώνιο κτίσμα. Η σκηνή ήταν το μέρος εκείνο του Θεάτρου που υπέστη τις περισσότερες αλλαγές στο πέρασμα του χρόνου, οι απόψεις όμως των μελετητών σχετικά με την ακριβή μορφή της σε κάθε χρονική φάση διαφέρουν.

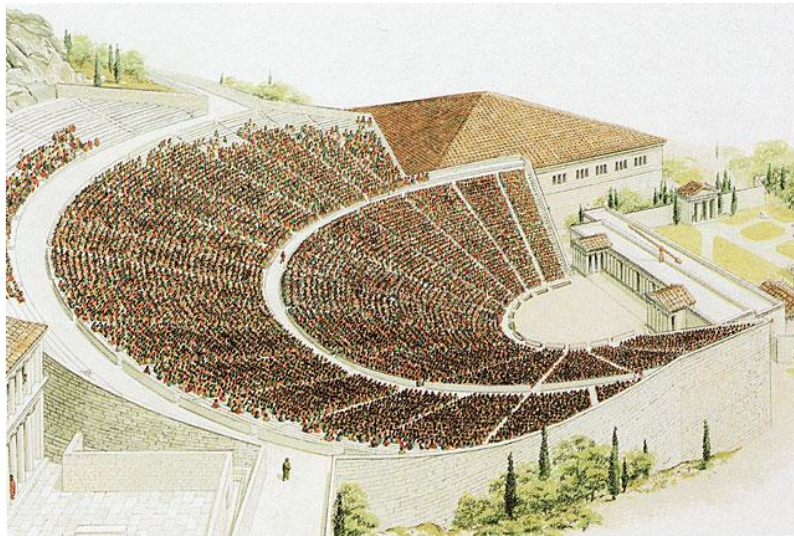
Κατά την περίοδο του άρχοντα Λυκούργου, στο β' μισό του 4ου αι. π.Χ., το κοίλο του Θεάτρου κατασκευάστηκε εξ ολοκλήρου λίθινο και επεκτάθηκε μέχρι τη ρίζα του Ιερού Βράχου, ενσωματώνοντας το τμήμα του Περιπάτου, του περιμετρικού δρόμου της Ακρόπολης, που διερχόταν πάνω από το αρχικό κοίλο, μετατρέποντάς το σε διάζωμα. Το τμήμα του κοίλου πάνω από αυτό το διάζωμα αποτέλεσε το λεγόμενο Επιθέατρο. Υπολογίζεται ότι σε αυτή την περίοδο το θέατρο χωρούσε περίπου 15000-16000 θεατές. Στην πρώτη σειρά καθισμάτων, τη λεγόμενη προεδρία, υπήρχαν 67 μαρμάρινοι θρόνοι, ο καθένας από τους οποίους έφερε χαραγμένο το όνομα του επίσημου προσώπου για το οποίο προοριζόταν. Ο θρόνος του ιερέα του Διονύσου Ελευθερέως βρισκόταν στο μέσον της σειράς. Η σκηνή ήταν κατά την πιθανότερη άποψη ένα ορθογώνιο κτίσμα που εκτεινόταν σε όλο το εύρος της ορχήστρας, με δύο προεξέχοντες χώρους στα άκρα, τα «παρασκήνια». Κατά την περίοδο αυτή έγιναν περισσότερο ευδιάκριτα τα όρια μεταξύ του Θεάτρου και του τεμένους του Διονύσου, με την κατασκευή ενός περιβόλου που περιέκλειε το ιερό. Κατά την ελληνιστική περίοδο σημαντικές αλλαγές πρέπει να πραγματοποιήθηκαν μόνο στη σκηνή του Θεάτρου, η οποία όμως απέκτησε ιδιαίτερα μνημειακή μορφή κατά τους ρωμαϊκούς χρόνους.

Το 86 π.Χ., κατά την επιδρομή του Σύλλα, η σκηνή, όπως και ολόκληρο το θέατρο, υπέστησαν σημαντικές ζημιές. Στα μέσα του 1ου αι. μ.Χ., επί αυτοκράτορα Νέρωνα, κατασκευάστηκε νέα σκηνή εντυπωσιακών διαστάσεων. Η ορχήστρα, λόγω της επέκτασης της σκηνής, μετασχηματίστηκε σε ημικύκλιο και πλακοστρώθηκε με μάρμαρο, ενώ την ίδια περίοδο πρέπει να καλύφθηκε με μαρμάρινες πλάκες ο περιμετρικός αγωγός γύρω από αυτή.

Ύστερα από την εισβολή των Ερούλων, το 267 μ.Χ., το θέατρο χρησιμοποιούνταν κυρίως για τις συγκεντρώσεις της Εκκλησίας του Δήμου. Γύρω στα τέλη του 5ου αι. μ.Χ. αναέρθηκε στην

ανατολική πάροδο του Θεάτρου μία μονόκλιτη παλαιοχριστιανική βασιλική και η ορχήστρα χρησιμοποιήθηκε ως αυλή της.

Από το 1998 έως το 2004, στο πλαίσιο των έργων της Ενοποίησης των Αρχαιολογικών Χώρων της Αθήνας, αρμοδιότητας της Α'ΕΤΚΑ, πραγματοποιήθηκαν περιορισμένης έκτασης εργασίες καθαρισμού στο κοίλο του Θεάτρου. Η Επιτροπή Ιερού και Θεάτρου του Διονύσου - Ασκληπιείου (Τ.Δ.Π.Ε.Α.Ε.) εκτελεί εργασίες συντήρησης και αναστήλωσης στο Διονυσιακό Θέατρο.



Εικόνα 3: Ζωγραφική αναπαράσταση του Διονυσιακού Θεάτρου κατά τους κλασσικούς χρόνους, με το Ωδείο του Περικλέους στο πίσω μέρος. Άποψη από βορειοδυτικά.

ΠΗΓΗ: www.eie.gr



Εικόνα 4: Το Θέατρο του Διονύσου σε φωτογραφία του Γερμανικού Αρχαιολογικού Ινστιτούτου (1897)
ΠΗΓΗ: www.diazoma.gr

1.2. Ωδείο του Περικλέους

Το Ωδείο χτίστηκε μεταξύ των ετών 447 και 443/2 π.Χ. με πρωτοβουλία του Περικλέους και αποτέλεσε μέρος του οικοδομικού προγράμματος που ο ίδιος εφάρμοσε στην Αθήνα. Καταλαμβάνει χώρο στους νοτιοανατολικούς πρόποδες της Ακροπόλεως, στο ανατολικότερο άκρο της Νότιας Κλιτύος του βράχου, ακριβώς δίπλα από το κοίλο του Διονυσιακού Θεάτρου, το οποίο μάλιστα περιόρισε σημαντικά στην ανατολική του πλευρά. Ήταν το πρώτο ωδείο της πόλης και προοριζόταν για να στεγάσει τους μουσικούς αγώνες της εορτής των Παναθηναίων που τελούνταν κάθε τέσσερα χρόνια. Κατά καιρούς εξυπηρέτησε και άλλους σκοπούς, λειτουργώντας άλλοτε ως δικαστήριο και άλλοτε ως εργαστήριο σιτηρών, ως τόπος συγκέντρωσης του ιππικού, ως αίθουσα διαλέξεων των φιλοσόφων, ακόμα και ως χώρος δοκιμών των θεατρικών παραστάσεων που εντάσσονταν στα Μεγάλα Διονύσια. Το όνομά του καθιερώθηκε προς διάκρισή του από τα δύο μεταγενέστερα ωδεία των ρωμαϊκών χρόνων, το

Ωδείο του Αγρίππα και το Ωδείο του Ηρώδου του Αττικού. Το κτίριο έχει μόνο μερικώς ανασκαφεί. Λείψανά του (υπολείμματα της βορειοδυτικής γωνίας του τοίχου, ορθοστάτης, λιθόπλινθοι) σώζονται σήμερα πολύ αποσπασματικά.

Σύμφωνα με μία παράδοση, ο Θεμιστοκλής κατασκεύασε μία πρώιμη εκδοχή του Ωδείου μετά τη μεγάλη νίκη επί των Περσών στη Σαλαμίνα το 480 π.Χ., χρησιμοποιώντας ως υλικό για τη στήριξη της οροφής του τους ξύλινους ιστούς των περσικών πλοίων που αιχμαλωτίστηκαν κατά τη διάρκεια της ναυμαχίας. Παρ' όλα αυτά, οι περισσότερες πηγές συγκλίνουν στην άποψη ότι το μνημείο ανεγέρθη κάπου στα μέσα της δεκαετίας του 440 π.Χ., την εποχή που ο Περικλής κατάφερε να πετύχει τον οστρακισμό του ισχυρότερου πολιτικού του αντιπάλου Θουκυδίδου, υιού του Μελησίου.

Μολονότι οι σχεδιαστικές λεπτομέρειες του Ωδείου δεν είναι γνωστές, η γενική διάρθρωσή του είναι ξεκάθαρη. Μορφικά συγγενεύει με τους θαλάμους ακροάσεων των περσικών ανακτορικών συγκροτημάτων στα Σούσα και στην Περσέπολη, ενώ παρόμοιά του στην ελληνική επικράτεια εντοπίζονται στο Τελεστήριο της Ελευσίνας και στο μεταγενέστερο χώρο συγκέντρωσης του Κοινού των Αρκάδων στη Μεγαλόπολη.

Από τις περιορισμένες έρευνες και γραπτές μαρτυρίες φαίνεται ότι πρόκειται για μεγάλη τετραγωνική υπόστυλη αίθουσα (διαστάσεων 62,40 x 68,60μ.), η οποία εσωτερικά διαρρυθμιζόταν από ένα δάσος κίωνων διατεταγμένων σε εννέα ή δέκα σειρές των εννέα κίωνων η καθεμιά, που δημιουργούσαν κιονοστοιχίες σε επάλληλα τετράγωνα. Ο κεντρικός χώρος πρέπει να ήταν κατάλληλα διαμορφωμένος για τη διεξαγωγή των μουσικών αγώνων, τονίζοντας έτσι τον κεντρικό άξονα του κτιρίου, ενώ τα ξύλινα καθίσματα για τους θεατές θα ήταν τοποθετημένα περιμετρικά στις τέσσερις πλευρές. Αδιευκρίνιστο παραμένει εάν υπήρχαν ή όχι εξωτερικοί τοίχοι ωστόσο, ακόμα και στην περίπτωση που απουσίαζαν, ενδέχεται να χρησιμοποιήθηκαν τέντες ή κάποιο άλλο είδος προστατευτικού καλύμματος γύρω από το οικοδόμημα. Η κύρια είσοδος βρισκόταν κατά πάσα πιθανότητα στο μέσο της δυτικής πλευράς του, προς τη μεριά της Οδού Τριπόδων, ίσως προστατευόμενη από κάποια πρόσταση.

Επιπλέον θύρες θα ανοίγονταν στη μέση καθεμιάς από τις δύο πλαϊνές πλευρές προς βορρά και προς νότο αντίστοιχα. Επίσης αμφιλεγόμενη είναι η μορφή της στέγης, που άλλοι την αποκαθιστούν ως σκουφωτή και άλλοι ως πυραμιδοειδή. Η σκηνή, η οποία πάρθηκε από τους Αθηναίους ως λάφυρο μετά την επικράτηση επί των Περσών στις Πλαταιές (479 π.Χ.), εκτέθηκε στο ιερό του Διονύσου σε ανάμνηση των γεγονότων που προηγήθηκαν και προφανώς έδωσε την αφορμή για την επανεκτέλεση του σχεδίου της σε πέτρα και ξύλο από τον Περικλή μία γενιά αργότερα.

Φαίνεται πως οι Αθηναίοι κατέστρεψαν αυτοβούλως το Ωδείο πριν από την επιδρομή του Σύλλα (86 π.Χ.), προκειμένου να μην επιτρέψουν στους Ρωμαίους να ανέβουν στην Ακρόπολη χρησιμοποιώντας τα ξύλινα δοκάρια που παλαιότερα είχαν σώσει την Αθήνα από τον περσικό κίνδυνο και συμβόλιζαν την ελευθερία της πόλης. Μέσα στο β' τέταρτο του 1ου αι. π.Χ. (67-59 π.Χ.) το Ωδείο δέχθηκε επισκευές και ανοικοδομήθηκε από τον ηγεμόνα της Καππαδοκίας Αριοβαζάρνη Β' Φιλοπάτωρα.



Εικόνα 5: Ψηφιακή αναπαράσταση του Ωδείου του Περικλέους σε σχέση με το Θέατρο του Διονύσου

ΠΗΓΗ: www.ancientathens3d.com

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΜΝΗΜΕΙΩΝ

"Μνημείο είναι κάθε κατασκευή ιδιαίτερα σημαντική λόγω του ιστορικού, αρχαιολογικού, καλλιτεχνικού, επιστημονικού, κοινωνικού ή τεχνικού της ενδιαφέροντος, συμπεριλαμβανομένων των εγκαταστάσεων ή διακοσμητικών στοιχείων που αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα τους."

"Μνημειακά αρχιτεκτονικά σύνολα είναι ομοιογενή σύνολα αστικών ή αγροτικών κατασκευών σημαντικών λόγω του ιστορικού, αρχαιολογικού, καλλιτεχνικού, επιστημονικού, κοινωνικού ή τεχνικού τους ενδιαφέροντος, τα οποία βρίσκονται σε τέτοια συνάφεια μεταξύ τους ώστε να σχηματίζουν ενότητες που να μπορούν να οριοθετηθούν τοπογραφικά."

"Μνημειακοί τόποι είναι σύνθετα έργα του ανθρώπου και της φύσης, εν μέρει κτισμένα, τα οποία αποτελούν εκτάσεις τόσο χαρακτηριστικές και ομοιογενείς, ώστε να μπορούν να οριοθετηθούν τοπογραφικά και τα οποία είναι σημαντικά λόγω του ιστορικού, αρχαιολογικού, καλλιτεχνικού, επιστημονικού, κοινωνικού ή τεχνικού τους ενδιαφέροντος." (ΠΗΓΗ: Αρχοντάκης Γ., Βλάχου Μ., Αραμπατζή Ο., Παγούνης Β., (2013): «Ο συνδυασμός γεωδαιτικών τεχνικών στις αποτυπώσεις μνημείων. Εφαρμογή στο Ρωμαϊκό Ωδείο Πάτρας».)

Το Διεθνές Συμβούλιο Μνημείων και Τοποθεσιών, ICOMOS [από τα αρχικά της ονομασίας του στην αγγλική INTERNATIONAL COUNCIL ON MONUMENTS AND SITES] είναι ο πιο έγκυρος διεθνής επαγγελματικός, Μη Κυβερνητικός Οργανισμός (NGO) που έχει ως σκοπό την προώθηση της θεωρίας της μεθοδολογίας, της τεχνολογίας και της ενημέρωσης για την προστασία και την ανάδειξη των ιστορικών μνημείων και τοποθεσιών των χωρών του κόσμου. Το ICOMOS ιδρύθηκε το 1965 με απόφαση του ιστορικού Β΄ Διεθνούς Συνεδρίου Αρχιτεκτόνων και Τεχνικών της Προστασίας, που πραγματοποιήθηκε το 1964 στη Βενετία.

Κατά το συνέδριο αυτό καταρτίστηκε και ψηφίστηκε από τους εκπροσώπους της UNESCO, του Διεθνούς Κέντρου για τη Συντήρηση και Αναστήλωση των Ιστορικών Μνημείων (INTERNATIONAL CENTER FOR CONSERVATION AND RESTORATION OF MONUMENTS ICCROM), καθώς και από τους εκπροσώπους των 16 χωρών, μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα, το θεμελιώδες διεθνές κείμενο αρχών για επεμβάσεις στα ιστορικά μνημεία, γνωστό ως "Χάρτης της Βενετίας". Το ICOMOS έχει μέλη ειδικούς επιστήμονες από όλο τον κόσμο και δραστηριοποιείται σε 104 χώρες στις 5 ηπείρους και είναι ο τεχνικός σύμβουλος της σε θέματα προστασίας της πολιτιστικής κληρονομιάς. Με αυτήν την ιδιότητά του, εξετάζει τις προτάσεις των χωρών-μελών της UNESCO για την εγγραφή εθνικών μνημείων στον Κατάλογο της Παγκόσμιας Κληρονομιάς (Φυσικής και Πολιτιστικής) ενώ παράλληλα με 21 Διεθνείς Ειδικές Επιστημονικές Επιτροπές μελετά εξειδικευμένα θέματα όπως: Το CIAV (για την παραδοσιακή αρχιτεκτονική), το CIVVIH (για την προστασία ιστορικών πόλεων και οικισμών) κλπ.

Σύμφωνα με το άρθρο 1 του Χάρτη της Βενετίας, "Η έννοια ενός ιστορικού μνημείου δεν καλύπτει μόνο το μεμονωμένο αρχιτεκτονικό έργο αλλά και την αστική ή την αγροτική τοποθεσία που μαρτυρεί ένα ιδιαίτερο πολιτισμό μια ενδεικτική εξέλιξη ή ένα ιστορικό γεγονός. Αυτό ισχύει όχι μόνο για τις μεγάλες δημιουργίες αλλά και για τα ταπεινά έργα που με τον καιρό απέκτησαν πολιτιστική σημασία" (βλέπε παράρτημα).

Η τεκμηρίωση της πολιτιστικής κληρονομιάς περιλαμβάνει την αποτύπωση, καταγραφή, μελέτη μνημείων, τοπίων εξαιρετικής παγκόσμιας αξίας από την άποψη της ιστορίας, της τέχνης και της επιστήμης που συχνά απειλούνται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, τη δομική αστάθεια, την αύξηση του τουρισμού και της ανάπτυξης. Στην Ελλάδα, η προστασία των μνημείων είναι συνταγματικά κατοχυρωμένη, με το άρθρο 24 του Συντάγματος του 1975, το οποίο αναφέρεται στην υποχρέωση του κράτους για την προστασία του φυσικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος. Το άρθρο αυτό επιτάσσει τη λήψη όλων των αναγκαίων ειδικών μέτρων για τη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς.

Υπάρχει εξάλλου ένα γενικό πλαίσιο δεοντολογίας που αφορά στις μελέτες και ενέργειες σε τεχνικό επίπεδο για την προστασία των μνημείων. Το πλαίσιο αυτό διαμορφώθηκε μέσα από μια σειρά διεθνών επιστημονικών συναντήσεων, συμποσίων και συνεδρίων όλων των συναφών επιστημονικών κλάδων, με κυριότερους σταθμούς:

- Το συνέδριο της Αθήνας, 1931
- Χάρτα των Αθηνών, 1933
- Σύμβαση της Χάγης, 1954
- Συστάσεις για αρχαιολογικές ανασκαφές, Νέο Δελχί 1956
- Χάρτα της Βενετίας, 1964
- Ευρωπαϊκή Σύμβαση για την προστασία της αρχαιολογικής κληρονομιάς, 1969
- Σύμβαση για την προστασία της παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς, Παρίσι 1972
- Διακήρυξη του Άμστερνταμ, 1975
- Σύμβαση για την προστασία της Αρχιτεκτονικής κληρονομιάς της Ευρώπης, Γρανάδα 1985
- Διεθνής Χάρτα για την προστασία των Ιστορικών πόλεων, Ουάσιγκτον 1987

Η Ελλάδα συμμετείχε σε όλες τις παραπάνω συναντήσεις. Τα αποτελέσματα πολλών από αυτές τα έχει επικυρώσει με αντίστοιχους νόμους.

2.1. Ορισμός Γεωμετρικής Τεκμηρίωσης

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. Σκοπός είναι η παρουσίαση της κατάστασης στην οποία βρίσκεται τη

χρονική στιγμή της τεκμηρίωσης η κατασκευή. Έτσι είναι δυνατή η παρουσίαση των στοιχείων λεπτομερειών που περιλαμβάνονται σε αυτήν και ο εντοπισμός πιθανών κατασκευαστικών αποκλίσεων ή φθορών που έχει υποστεί. Η ακριβής μετρική καταγραφή της κατασκευής, δίνει τη δυνατότητα και σε άλλους ειδικούς επιστήμονες, όπως είναι οι στατικοί, οι αρχιτέκτονες, οι αρχαιολόγοι και οι ιστορικοί, να εκτιμήσουν τη σοβαρότητα των αποκλίσεων ή φθορών, να διαπιστώσουν την αιτία της δημιουργίας τους και ακόμα, αξιοποιώντας το λεπτομερές γεωμετρικό υπόβαθρο, να προτείνουν μεθόδους και διαδικασίες παρέμβασης για την αποκατάστασή τους. Ακόμα, η γεωμετρική τεκμηρίωση μιας κατασκευής μπορεί να συνεισφέρει και στην αλλαγή χρήσης της κατασκευής, χωρίς απαραίτητα να υπάρχει πρόβλημα φθορών ή αποκλίσεων.

2.2. Μέθοδοι Τεκμηρίωσης Μνημείων

Στην επιλογή της μεθόδου τεκμηρίωσης ενός μνημείου ή χώρου σημαντικό ρόλο έχει το είδος των προϊόντων που θα πρέπει να παραχθούν και η κλίμακα αναπαράστασης τους όπως επίσης ο τελικός χρήστης των προϊόντων αυτών. Το βασικό εργαλείο ενός μηχανικού στην περιγραφή ενός αντικειμένου είτε αυτό είναι ένα κτήριο ή ακόμα και ένα μηχανολογικό εξάρτημα ή ένας χώρος είναι τα σχέδια που εκτυπώνονται σε υπόβαθρο υπό κλίμακα. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται από τους επιστήμονες για την τρισδιάστατη αποτύπωση διαφέρουν ανάλογα με το είδος και τη σπουδαιότητα του αντικειμένου αλλά και τις δυνατότητες, τον εξοπλισμό, τον απαιτούμενο χρόνο και άλλα χαρακτηριστικά μεγέθη που αφορούν το αντικείμενο (μέγεθος, προσβασιμότητα κα.).

Στη συνέχεια, αναφέρονται οι διάφορες μέθοδοι Γεωμετρικής Τεκμηρίωσης που εφαρμόζονται σήμερα:

- Τοπομετρική Μέθοδος (εμπειρική)
- Τοπογραφική Μέθοδος
- Φωτογραμμετρική Μέθοδος

- Αποτύπωση με χρήση τεχνικών επίγειων σαρωτών λέιζερ
- Εναλλακτικές Μέθοδοι

2.2.1. Τοπομετρική Μέθοδος

Πρόκειται για την απλούστερη διαδικασία συλλογής δεδομένων, η οποία υπακούει σε γενικούς γεωμετρικούς κανόνες. Η μέτρηση των αναγκαίων στοιχείων υλοποιείται με τη μέθοδο των τριγώνων, προσδιορίζοντας διαδοχικά τις συντεταγμένες των σημείων που απαιτούνται για την πλήρη αναπαραγωγή της γεωμετρίας και της μορφής του προς μελέτη αντικειμένου. Ο απαιτούμενος εξοπλισμός για τις μετρήσεις αυτές είναι απλός και εύκολα διαθέσιμος, καθώς αποτελείται από όργανα όπως: μετροταινία, αλφάδι, νήμα της στάθμης, σταδία. Αρχικά η καταγραφή γίνεται σε σκαρίφημα (αυτοσχέδιο κροκί) το οποίο αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για τη σωστή απόδοση των σχεδίων, καθώς δίνει σε μικρογραφία την πραγματική εικόνα του μνημείου στο χώρο, σημειώνονται οι μετρούμενες διαστάσεις και με παραδοχές καθετότητας και τριπλευρισμού γίνεται η αποτύπωση. Στη συνέχεια οι μετρήσεις καταχωρούνται σε ψηφιακή μορφή σε περιβάλλον AutoCAD σε αυθαίρετο σύστημα συντεταγμένων και χωρίς να αποτυπώνεται η τρίτη διάσταση. Έτσι η παραγωγή ενός 3D μοντέλου είναι δύσκολη, καθώς δεν είναι δυνατόν να προέλθει γνωρίζοντας μόνο την αρχή και έναν από τους δύο άξονες.



Εικόνα 6: Νήμα της στάθμης
ΠΗΓΗ: www.google.gr



Εικόνα 7: Μετροταινία

ΠΗΓΗ: www.google.gr

Στον παρακάτω πίνακα, αναφέρονται κάποια από τα χαρακτηριστικά της τοπομετρικής μεθόδου.

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Απλότητα των εμπειρικών μετρήσεων. Χρησιμοποιείται κυρίως όπου δεν απαιτείται μεγάλη ακρίβεια ή δεν είναι δυνατή η μεταφορά οργάνων	Αδυναμία ελέγχου με κάποια επιστημονική μεθοδολογία με αποτέλεσμα να μην είναι εφικτή η αντικειμενική αξιολόγηση της αποτύπωσης
Δεν απαιτεί εξειδικευμένο προσωπικό	Απαιτούμενη άμεση προσπελασιμότητα των οργάνων
Απλά και φτηνά όργανα	Υποκειμενική σχέση αποτυπωτή με αντικείμενο

Πίνακας 1: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Τοπομετρικής Μεθόδου

2.2.2. Τοπογραφική Μέθοδος

Η τοπογραφική μέθοδος κάνει χρήση εξελιγμένων οργάνων ακριβείας όπως είναι οι Γεωδαιτικοί σταθμοί, οι οποίοι μετρούν οριζόντιες και κατακόρυφες γωνίες καθώς και

κεκλιμένες αποστάσεις. Στο τέλος της δεκαετίας του 1990 κατασκευάστηκαν Γεωδαιτικοί σταθμοί που μπορούν να μετρούν αποστάσεις χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα (reflectorless). Αυτή η τεχνολογία διευκόλυνε πάρα πολύ τη διαδικασία μετρήσεων, αύξησε την ακρίβεια και επιτάχυνε τη δουλειά στο πεδίο. Οι συντεταγμένες των προς απόδοση σημείων προσδιορίζονται με πολικές συντεταγμένες ή με εμπροσθοτομία στο χώρο. Τα βασικά πλεονεκτήματα της χρησιμοποίησης Γεωδαιτικού σταθμού για την αποτύπωση μνημείων είναι η δυνατότητα μέτρησης σημείων με μεγάλη ακρίβεια, καθώς επίσης η αυτόματη καταγραφή των μετρήσεων. Για τη χρήση της μεθόδου αυτής είναι αναγκαία η ίδρυση τριγωνομετρικού ή πολυγωνομετρικού δικτύου, από το οποίο εξαρτάται η αποτύπωση. Η εξάρτηση ενός μνημείου από το πολυγωνομετρικό δίκτυο δίνει τη δυνατότητα σύνδεσης των επιμέρους χώρων του μνημείου αλλά και τη διαπίστωση των ιδιοτήτων και των καταστάσεων που επικρατούν.



Εικόνα 8: Γεωδαιτικός Σταθμός
ΠΗΓΗ: www.google.gr

Βασικά μειονεκτήματα της μεθόδου είναι η αδυναμία που αυτή παρουσιάζει να αποτυπώσει επαρκή αριθμό σημείων σε περιορισμένο χρόνο. Ακόμα, στην επιλογή των σημείων της

αποτύπωσης ενέχονται ο υποκειμενικός και ο ανθρώπινος παράγοντας του ατόμου που εκτελεί την εν λόγω εργασία, οπότε είναι δυνατή η εισαγωγή χονδροειδών σφαλμάτων, η παράλειψη σημαντικών σημείων λεπτομερειών λόγω εσφαλμένης απόφασης ή φυσικής αδυναμίας. Επιπλέον η ανάγκη παραμονής στο πεδίο περισσότερο χρόνο αυξάνει το κόστος της αποτύπωσης, ενώ η μέθοδος αυτή απαιτεί επιπλέον εξοπλισμό στην περίπτωση που τα τελικά προϊόντα απαιτούν απόδοση υφής.

2.2.3. Φωτογραμμετρική Μέθοδος

"Η Φωτογραμμετρία είναι η Τέχνη, η Επιστήμη και η Τεχνική που σκοπό έχει την εξαγωγή αξιόπιστης μετρικής πληροφορίας φυσικών αντικειμένων και του περιβάλλοντος μέσω των διαδικασιών της καταγραφής, μέτρησης και ερμηνείας φωτογραφικών εικόνων και άλλων πρότυπων Ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και φαινομένων" (Godin et al., 2001).

Οι φωτογραμμετρικές μέθοδοι εφαρμόζονται συχνά για αποτυπώσεις μνημείων ειδικά σε μεγάλες κλίμακες αφού καταφέρνουν να διατηρούν την τέλεια αναλογία μεταξύ της ακρίβειας, της πληρότητας και του ποσού της πληροφορίας που είναι αναγκαία ή μη. Έχουν τη δυνατότητα αποτύπωσης άπειρων σημείων που σε συνδυασμό με τα μετρητικά στοιχεία αποτελούν μία σημαντική πληροφορία για την ιστορία του μνημείου. Η απόδοση των σημείων αυτών στο σύνολό τους μέσα από μια ανηγμένη μετρητική φωτογραφία ή μια ορθοφωτογραφία αποτελεί έναν τρόπο αποτύπωσης ειδικών στοιχείων όπως τοιχογραφημένες επιφάνειες, επίπεδες όψεις, εικόνες κλπ. Η βασική διαφορά της Φωτογραμμετρικής αποτύπωσης από την Τοπογραφική είναι πως δε διασπάται η συνέχεια του αντικειμένου από τμηματική και σημειακή διακριτοποίηση. Στην περίπτωση αυτή, το κόστος συλλογής δεδομένων είναι φθινό, ενώ η επεξεργασία και η απόδοση ακριβή.

Τα κύρια χαρακτηριστικά της Φωτογραμμετρικής αποτύπωσης παρατίθενται παρακάτω:

- Η αποτύπωση είναι αντικειμενική
- Ορίζεται σύστημα αναφοράς
- Υπάρχει δυνατότητα έμμεσων παρατηρήσεων
- Δεν υπάρχει ανάγκη σχεδίων πεδίου (σκαριφήματα-κροκί)
- Μπορεί να αξιοποιηθούν πλήρως οι δυνατότητες της νέας σχεδιαστικής τεχνολογίας (π.χ., CAD), αλλά και της ψηφιακής τεχνολογίας ανάλυσης εικόνας (image processing). Επιπλέον είναι δυνατόν να αξιοποιηθούν εύκολα οι νέες ολοκληρωμένες τεχνικές ψηφιακής τεκμηρίωσης (αλφαριθμητικά, γραφικά και εικόνες). Αντιμετωπίζονται άμεσα λεπτομέρειες και πολύπλοκα αρχιτεκτονικά ή δύσκολα προσπελάσιμα στοιχεία.
- Ο απαραίτητος εξοπλισμός για τις επεξεργασίες γραφείου είναι εξειδικευμένος είτε μέτριου είτε υψηλού κόστους.

Τα σημαντικότερα στάδια εξέλιξης της Φωτογραμμετρίας ήταν:

- **Αναλογική** φωτογραμμετρία, όπου με χρήση των οπτικομηχανικών μέσων κατέστη δυνατή η εξαγωγή της θέσης στις τρεις διαστάσεις λεπτομερειών ενός εικονιζόμενου αντικειμένου που εικονίζεται σε ένα στερεοζεύγος φωτογραφιών που έχουν ληφθεί από διαφορετικές θέσεις με σημαντική επικάλυψη.
- **Αναλυτική** φωτογραμμετρία, όπου οι φωτογραμμετρικές διαδικασίες γίνονται με υπολογιστικά μέσα και για πρώτη φορά χρησιμοποιούνται Η/Υ για τον υπολογισμό των παραμέτρων των φωτογραφικών εικόνων και των προσανατολισμών τους καθώς και ο προσδιορισμός στον τρισδιάστατο χώρο της θέσης των λεπτομερειών των αντικειμένων
- **Ψηφιακή** φωτογραμμετρία, όπου σταματά η επεξεργασία των αναλογικών φωτογραφιών και η επεξεργασία γίνεται με υπολογιστικά μέσα σε ψηφιακές απεικονίσεις (σκαναρισμένες εικόνες ή πρωτογενείς ψηφιακές εικόνες) όχι μόνο

του ορατού φάσματος της Η/Μ ακτινοβολίας αλλά και άλλων προτύπων της όπως πχ. στο μήκος κύματος των μικροκυμάτων, υπέρυθρων ακτίνων.

2.2.4. Επίγεια Σάρωση Laser

Τα τελευταία χρόνια μεγάλη εφαρμογή βρίσκει στις αποτυπώσεις μνημείων μια νέα τεχνολογία, η χρήση τρισδιάστατων σαρωτών LASER. Αν και τα όργανα, αυτά δημιουργήθηκαν με πρωταρχικό σκοπό να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες της βιομηχανικής γεωδαισίας, βρήκαν πλήθος άλλων εφαρμογών όπως στην οδοποιία, στον έλεγχο κατασκευών, στις αποτυπώσεις μεγάλης κλίμακας καθώς και στις αποτυπώσεις μνημείων.

Ένας τρισδιάστατος σαρωτής είναι η συσκευή που συλλέγει συντεταγμένες τριών διαστάσεων (x, y, z) αυτόματα και συστηματικά, μιας συγκεκριμένης περιοχής ή ενός αντικειμένου, με υψηλό ρυθμό συλλογής σημείων και πετυχαίνοντας αποτελέσματα (3D model) σε πραγματικό χρόνο. Οι σαρωτές laser ανάλογα με τη μέθοδο υπολογισμού της απόστασης διακρίνονται στους παθητικούς και στους ενεργητικούς.

Ορισμένα από τα πλεονεκτήματα της σάρωσης laser είναι τα παρακάτω:

- Απευθείας αποτύπωση σημείων 3D
- Επεξεργασία μεγάλου αριθμού σημείων σε επιφάνειες
- Άριστη μέθοδος για την αποτύπωση και περιγραφή πολύπλοκων μη κανονικών επιφανειών
- Τα αποτελέσματα είναι διαθέσιμα σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα
- Εφαρμόζεται μέρα ή νύχτα και σχεδόν υπό όλες τις καιρικές συνθήκες
- Δυνατότητα αποτύπωσης απρόσιτων ή δυσπρόσιτων αντικειμένων
- Είναι ταχύτερη και αξιόπιστη μέθοδος αποτύπωσης



Εικόνα 9: Laser Scanner

ΠΗΓΗ: www.google.gr

2.2.5. Εναλλακτικές Μέθοδοι

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων χρόνων πολλοί επιστήμονες που ασχολούνται με την καταγραφή και τεκμηρίωση μνημείων Πολιτιστικής Κληρονομιάς προσπάθησαν να αναπτύξουν καινοτόμες μεθοδολογίες που έχουν σκοπό την αυτοματοποίηση των μετρήσεων για την καταγραφή των γεωμετρικών χαρακτηριστικών τους. Συνήθως οι προσπάθειες αυτές είχαν σαν σκοπό τη χρήση τεχνικών τοπογραφικών μετρήσεων και σύλληψης της εικονικής πληροφορίας με χρήση υβριδικών συστημάτων.

Χαρακτηριστικά αναφέρεται το παράδειγμα των (T. Kakiuchi, H. Chikatsu, 2004) που κατευθύνθηκαν στην κατασκευή και χρήση ενός γεωδαιτικού σταθμού με ενσωματωμένη ψηφιακή κάμερα. Ακόμα υπάρχει ένα πρόγραμμα το Archimedes 3D το οποίο κινείται σχεδόν στην ίδια λογική. Πρόκειται δηλαδή για ένα λογισμικό που εκτελείται σε φορητό Η/Υ που κατευθύνει το σύστημα μέτρησης ενός γεωδαιτικού σταθμού με δυνατότητα μετρήσεων χωρίς τη βοήθεια κάτοπτρου (μέτρηση απόστασης με ακτίνα laser) για την καταγραφή των χαρακτηριστικών σημείων στην όψη ενός αρχιτεκτονικού μνημείου. Ο έξυπνος τρόπος λειτουργίας και προσδιορισμού των χαρακτηριστικών σημείων που μετρώνται είναι δύο από τα βασικά χαρακτηριστικά της μεθοδολογίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3. Ο Επίγειος Σαρωτής Laser

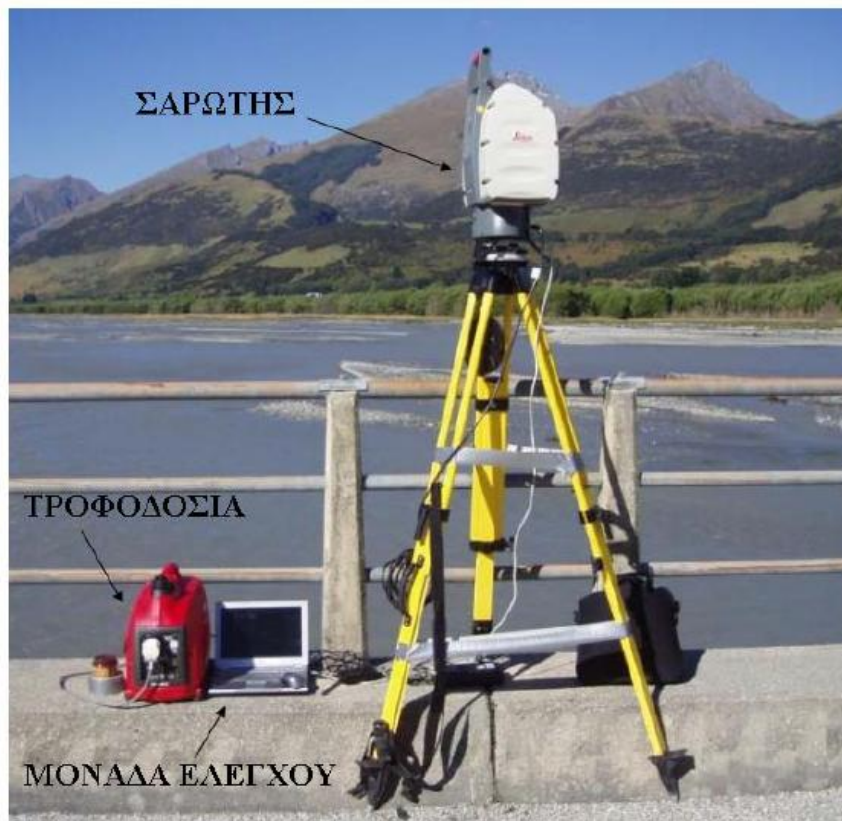
Λόγω των απαιτήσεων στις επιστήμες των αποτυπώσεων χώρων νέα όργανα μετρήσεων έχουν εισαχθεί τα οποία είναι σε θέση να μετρήσουν και να ανακατασκευάσουν τον τρισδιάστατο χώρο και τα αντικείμενα των διαφόρων μορφών και μεγεθών με έναν γρήγορο και οικονομικό τρόπο. Αυτά τα όργανα, βασισμένα στην τεχνολογία laser, είναι συνήθως γνωστά ως επίγειοι Τρισδιάστατοι Σαρωτές Laser (3D laser scanner). Τα όργανα αυτά δίνουν σε πραγματικό χρόνο τις τρισδιάστατες συντεταγμένες του αντικειμένου που αποτυπώνεται. Το προϊόν που παράγεται είναι νέφος σημείων με συντεταγμένες x,y,z που αναφέρονται στο σύστημα αναφοράς της σάρωσης.

3.1. Βασικά μέρη του Laser Scanner

Ένας Επίγειος Σαρωτής (Laser Scanner) αποτελείται από τα ακόλουθα μέρη:

- Ο σαρωτής που περιλαμβάνει τον πομπό ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, δέκτη ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που λαμβάνει το επιστρεφόμενο σήμα, καταγραφική μονάδα στην οποία καταγράφονται η επιστροφή του σήματος και ο χρόνος εκπομπής-λήψης, χρονόμετρο για τη μέτρηση του χρόνου μετάβασης και επιστροφής του εκπεμπόμενου σήματος, σύστημα περιστρεφόμενων καθρεφτών που κατευθύνει τη δέσμη της ακτινοβολίας.
- Μπαταρία για την τροφοδοσία του συστήματος

- Η μονάδα ελέγχου που αποτελείται από έναν φορητό υπολογιστή σε σύνδεση με τον σαρωτή. Στον υπολογιστή είναι εγκατεστημένο το λογισμικό σάρωσης και επεξεργασίας των δεδομένων.
- Βασικά παρελκόμενα που συνοδεύουν το σύστημα όπως τρίποδας για να στηθεί το όργανο και ειδικόί στόχοι σάρωσης.



Εικόνα 10: Βασικά μέρη Laser Scanner
ΠΗΓΗ: Προσωπικό αρχείο Τσακίρη Μαρία

3.2. Λειτουργία Τρισδιάστατου Σαρωτή

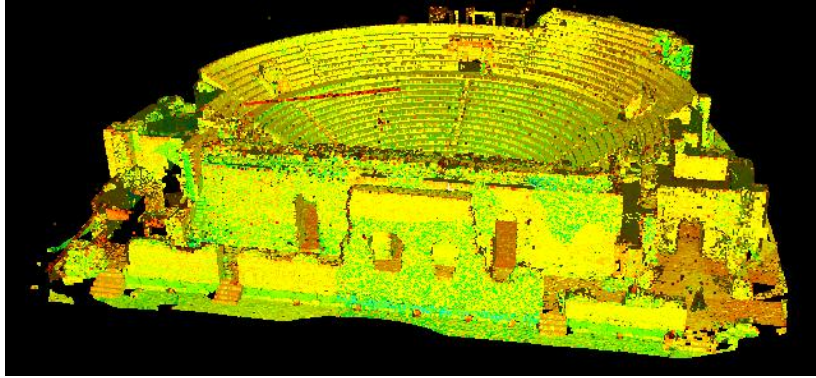
Οι συσκευές που χρησιμοποιούνται βασίζονται σε διαφορετικές τεχνολογίες, με την κάθε μία να έχει τις δικές της εφαρμογές, πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Η κυριότερη πάντως λογική πίσω από όλες τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται είναι η χρησιμοποίηση της οπτικής ακτινοβολίας. Η σημαντικότερη διαφοροποίηση που εισέρχεται για την επιλογή της κατάλληλης τεχνολογίας (και κατά συνέπεια του κατάλληλου οργάνου) έχει να κάνει με το μέγεθος, την υφή και το είδος του αντικειμένου που θα αποτυπωθεί.

Τα όργανα που χρησιμοποιούνται για τη σάρωση με ακτίνες laser ονομάζονται laser scanners ή αλλιώς επίγειοι σαρωτές. Σε κάθε περίπτωση σάρωσης οι ακτίνες laser χρησιμοποιούνται σε χαμηλή ισχύ, έτσι ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος φθοράς του αντικειμένου που σαρώνεται. Ένας μεγάλος αριθμός ακτινών εξαπολύεται από το σαρωτή, προσπίπτει στο αντικείμενο και καταγράφεται. Τα δεδομένα που προκύπτουν από μια διαδικασία σάρωσης με laser παίρνουν τη μορφή ενός νέφους σημείων, δηλαδή μιας συλλογής μικροσκοπικών σημειακών δεδομένων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη χαρτογράφηση ενός αντικειμένου. Η επεξεργασία των δεδομένων αυτών γίνεται μέσα από ειδικά προγράμματα σε υπολογιστή και δημιουργείται ένα τρισδιάστατο μοντέλο. Το μοντέλο αυτό στη συνέχεια υφίσταται περαιτέρω επεξεργασία ανάλογα με τις ανάγκες της εργασίας.

Ο σκοπός του laser scanner λοιπόν είναι να δημιουργήσει ένα "νέφος σημείων" (point cloud) αποτυπώνοντας πολύ πυκνά διακριτά σημεία της επιφάνειας του αντικειμένου. Αυτά τα σημεία μετά από επεξεργασία τους μπορούν να σχηματίσουν μία πιστή εικόνα του αντικειμένου. Φυσικά όσο πυκνότερα είναι τα σημεία τόσο πιστότερη αναπαράσταση έχουμε. Για να αποδοθεί σωστά το αντικείμενο που σαρώνεται ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία. Αρχικά, ορίζονται τα όρια της επιφάνειας που πρόκειται να αποτυπωθεί και η πυκνότητα σάρωσης. Στη συνέχεια, ο συνδεδεμένος με το κυρίως όργανο ηλεκτρονικός υπολογιστής, αφού λάβει με τη βοήθεια της CCD κάμερας του σαρωτή, την εικόνα της επιφάνειας και την επεξεργαστεί, ξεκινά την εκπομπή παλμού laser, που στην πράξη είναι ένα πλήθος μοναδιαίων παλμών,

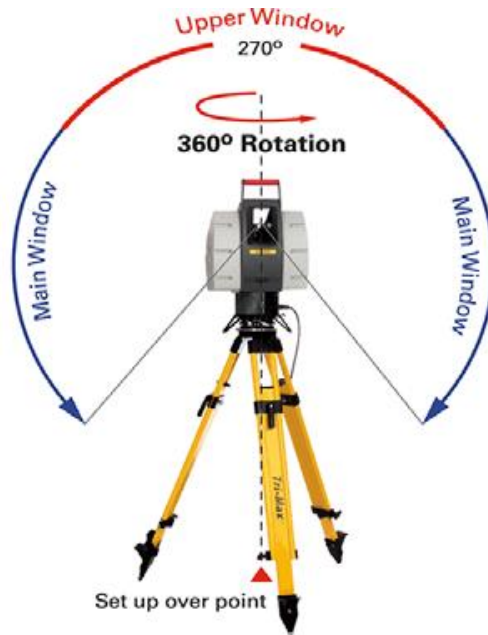
προς αυτή. Ο παλμός αυτός, αφού ανακλαστεί στην επιφάνεια που αποτυπώνεται, επιστρέφει στο σαρωτή, όπου ολοκληρωμένοι οπτικοί κωδικοποιητές, αφού μετρήσουν το χρόνο μετάβασης και επιστροφής και τις γωνίες ανάκλασης της δέσμης, μεταφέρουν τις πληροφορίες αυτές, σε πραγματικό χρόνο, στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, που δημιουργεί το τρισδιάστατο ανάγλυφο της επιφάνειας. Από το πλήθος των μοναδιαίων παλμών Laser, που εκπέμπονται, λαμβάνονται ένα πλήθος μετρήσεων προς σημεία της επιφάνειας, που αποτυπώνεται. Υπάρχει η δυνατότητα να αποτυπωθούν από 1000 έως 100000 σημεία ανά δευτερόλεπτο, για το καθένα από τα οποία προσδιορίζονται οι τρισδιάστατες συντεταγμένες του (X, Y, Z), ως προς το σύστημα αναφοράς, που έχει αρχικά οριστεί, δημιουργώντας μια αντίστοιχης ακρίβειας τρισδιάστατη εικόνα της επιφάνειας. Εφόσον κατά τη διαδικασία της αποτύπωσης συλλέγει και χρωματική πληροφορία των σημείων (με τη μορφή τιμών RGB) τότε έχουμε τη δυνατότητα να καθορίσουμε και το χρώμα του αντικειμένου αποτύπωσης.

Η δέσμη του σαρωτή Scan Station 2, κινείται κατά την οριζόντια και κατακόρυφη κατεύθυνση σε μια γωνία 360° - 270° αντίστοιχα. Συγκεκριμένα η πορεία της δέσμης είναι η εξής: προσπίπτει στο αντικείμενο και ανακλάται, στη συνέχεια επιστρέφει στο δέκτη και καταγράφεται ο χρόνος μετάβασης και επιστροφής, οι γωνίες σάρωσης και η ένταση της ακτινοβολίας. Η τελική σάρωση του αντικειμένου προκύπτει από μια διαδοχική σειρά στηλών διαδοχικών σημείων τα οποία σχηματίζουν μια τρισδιάστατη εικόνα. Ο σαρωτής καταγράφει στην καταγραφική του μονάδα το χρόνο μετάβασης - επιστροφής του σήματος εκπομπής, γωνίες σάρωσης, τις γωνίες με τις οποίες εκπέμπεται η δέσμη από το σαρωτή (κατακόρυφη γωνία) και την ένταση I της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας. Τα σημεία που σαρώνονται εμφανίζονται στην οθόνη του υπολογιστή με τη μορφή νέφους σημείων.



Εικόνα 11: Τρισδιάστατο μοντέλο Ρωμαϊκού Ωδείου Πατρών

ΠΗΓΗ: Αρχοντάκης Γ.: «Γεωμετρική Τεκμηρίωση Ρωμαϊκού Ωδείου Πατρών-Δημιουργία 3D Μοντέλου», Διπλωματική Εργασία, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα 2012.



Εικόνα 12: Γωνιακό εύρος σάρωσης Scan Station 2

ΠΗΓΗ: <http://www.leica-geosystems.com>

3.3. Μέθοδοι Σάρωσης Laser

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται κατά τη διαδικασία της σάρωσης. Για να γίνει αποτύπωση μεγάλων σε έκταση περιοχών χρησιμοποιείται η μέθοδος «time of flight»

(TOF). Άλλες μέθοδοι σάρωσης όπως η μέθοδος της διαφοράς φάσης και του τριγωνισμού, χρησιμοποιούνται για μικρότερα αντικείμενα και για περισσότερο ακριβείς μετρήσεις. Αυτές οι τεχνικές περιορίζονται ως προς την εμβέλεια τους για λιγότερο από 10 μέτρα. Από την άλλη, τα TOF συστήματα έχουν την απαιτούμενη εμβέλεια αλλά δεν υποστηρίζουν τις μεγάλες ακρίβειες που δίνουν τα συστήματα που χρησιμοποιούν τις μεθόδους της διαφοράς φάσης και του τριγωνισμού. Η μέθοδος «time of flight» προσφέρει μειωμένη σχετικά ακρίβεια, της τάξης των λίγων χιλιοστών. Αντίθετα η ακρίβεια της μεθόδου του τριγωνισμού είναι της τάξης των δεκάδων μικρομέτρων.

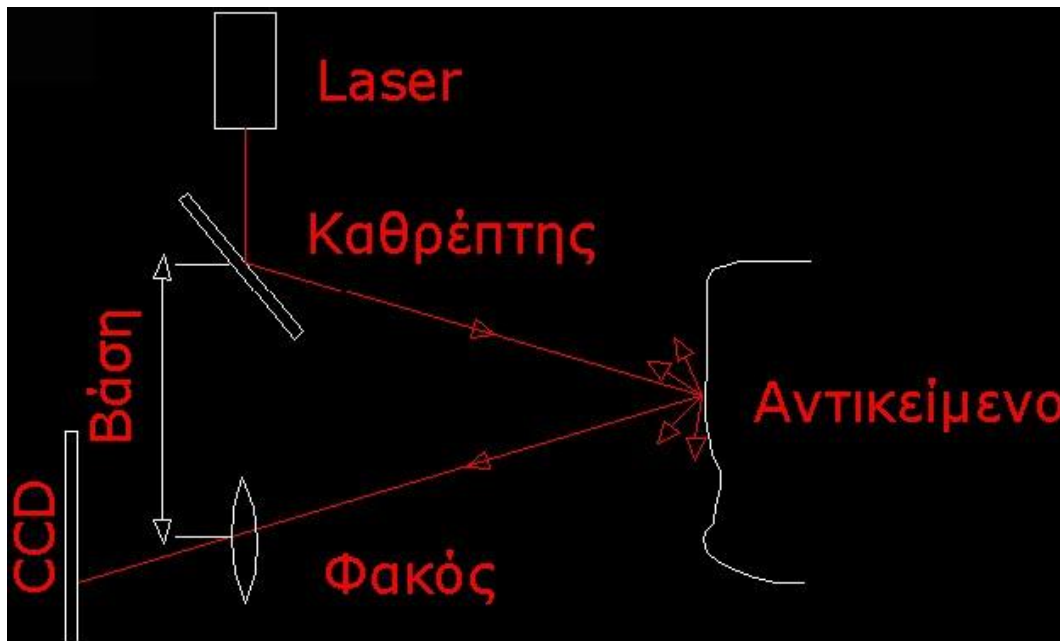
3.3.1. Μέθοδος time-of-flight

Η βασική αρχή της μεθόδου είναι η μέτρηση της διαφοράς χρόνου μεταξύ του εκπεμπόμενου και του λαμβανόμενου σήματος και βάσει της ταχύτητας φωτός, ο υπολογισμός της απόστασης δίνεται από τη σχέση:

$$D = c * t$$

Όπου, D είναι η διανυθείσα απόσταση (μετάβαση-επιστροφή) του σήματος, c είναι η ταχύτητα διάδοσης του σήματος, t είναι ο χρόνος της διαδρομής (time of flight).

Ο υπολογισμός της διαφοράς χρόνου μεταξύ του εκπεμπόμενου και λαμβανόμενου σήματος γίνεται με διάφορες τεχνικές, με τις σημαντικότερες να είναι η μετάδοση του παλμού και η διαμόρφωση του φέροντος κύματος.



Εικόνα 13: Αρχή της μεθόδου time-of-flight

ΠΗΓΗ: www.google.gr

Η μέθοδος time of flight χωρίζεται σε δύο υποκατηγορίες:

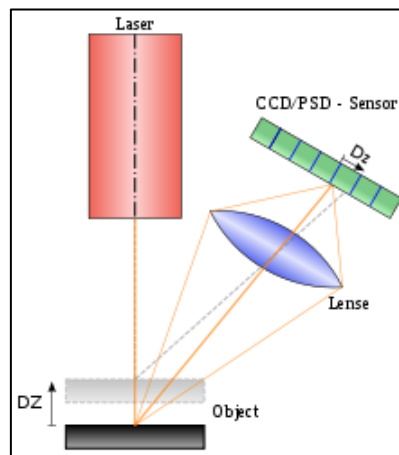
- Μετάδοση του παλμού
- Μετάδοση συνεχούς κύματος

3.3.2. Μέθοδος Τριγωνισμού

Κατά τη μέθοδο αυτή, μια λεπτή λωρίδα φωτός laser προβάλλεται σε όλη την επιφάνεια ενός αντικειμένου και παρακολουθείται από μια ψηφιακή κάμερα. Η εικόνα της ανακλώμενης ακτινοβολίας ανιχνεύεται σε ένα δέκτη, που βρίσκεται σε γνωστή απόσταση d από τον πομπό. Η θέση του μεγίστου της έντασης που καταγράφεται στο δέκτη είναι ανάλογη της απόστασης του στόχου. Οι συντεταγμένες x, y του στόχου στόχου, θεωρώντας αμελητέα τα σφάλματα των φακών, προσεγγίζοντας ως:

$$Z = \frac{d f_0}{p + f_0 \cdot \tan \theta}$$

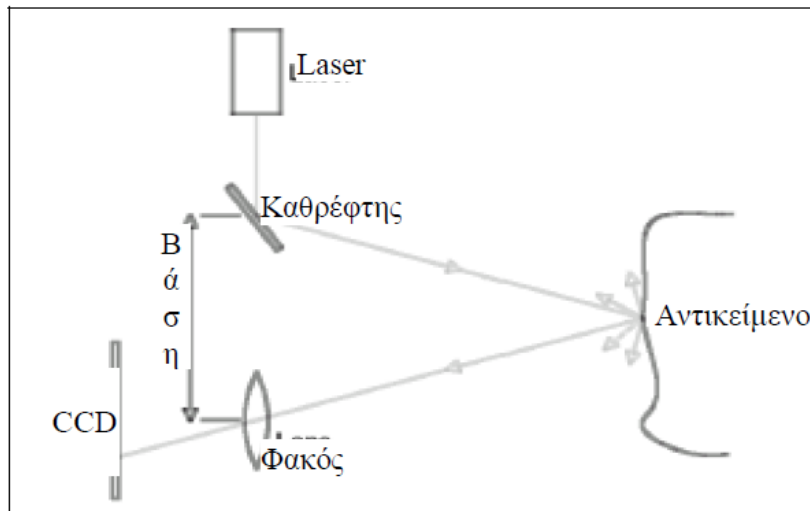
Όπου d είναι η απόσταση πομπού-δέκτη, f_0 είναι η απόσταση φακού-δέκτη, p είναι η θέση της εικόνας του σημείου στον δέκτη και θ είναι η γωνία εκπομπής της ακτίνας.



Εικόνα 14: Διάταξη σάρωσης με τη μέθοδο του τριγωνισμού
 ΠΗΓΗ: Προσωπικό αρχείο Αραμπατζή Ορθοδοξία

Η μέθοδος του τριγωνισμού μπορεί να γίνει με μία και με δύο ψηφιακές μηχανές.

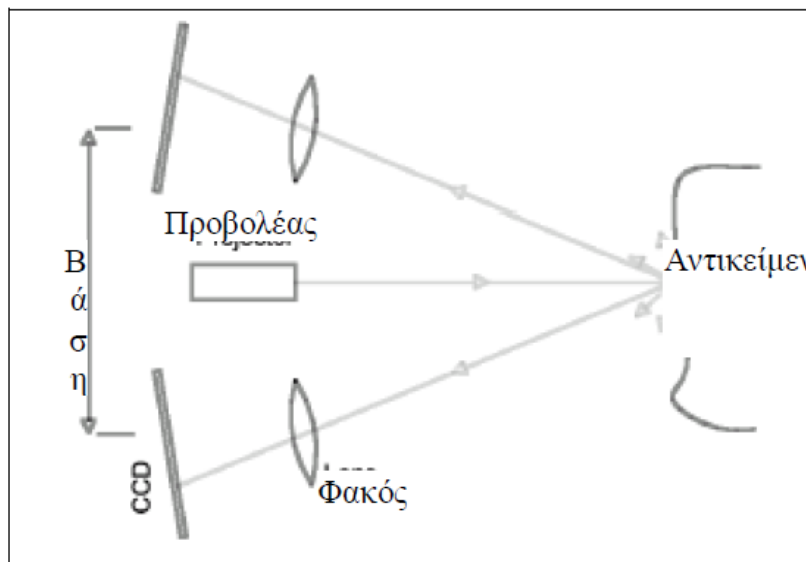
- Χρήση μίας ψηφιακής μηχανής: οι σαρωτές αυτού του είδους αποτελούνται από μια συσκευή μετάδοσης σήματος και μια μηχανή CCD. Η συσκευή μετάδοσης σήματος βρίσκεται στο ένα άκρο της μηχανικής βάσης και εκπέμπει μία ακτίνα laser με καθορισμένη και διαρκώς αυξανόμενη γωνία πάνω στο αντικείμενο. Η κάμερα CCD βρίσκεται στο άλλο άκρο της μηχανικής βάσης και ανιχνεύει το σημείο ή την γραμμή της ακτίνας laser πάνω στο αντικείμενο. Η τρισδιάστατη θέση του σημείου στην επιφάνεια προκύπτει από το τρίγωνο που δημιουργείται όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 15: Αρχή τριγωνισμού-περίπτωση μιας μηχανής

ΠΗΓΗ: Προσωπικό αρχείο Τσακίρη Μαρία

- Χρήση δύο ψηφιακών μηχανών: μια παραλλαγή της αρχής του τριγωνισμού είναι με τη χρήση δύο ψηφιακών μηχανών, όπου τοποθετείται μία σε κάθε άκρο της βάσης Ένας ξεχωριστός προβολέας φωτός, ο οποίος δε συμμετέχει σε καμία λειτουργία της μέτρησης, παράγει το σημείο ή το πρότυπο που πρόκειται να ανιχνευτεί.



Εικόνα 16: Αρχή τριγωνισμού-χρήση διπλής μηχανής

ΠΗΓΗ: Προσωπικό αρχείο Τσακίρη Μαρία

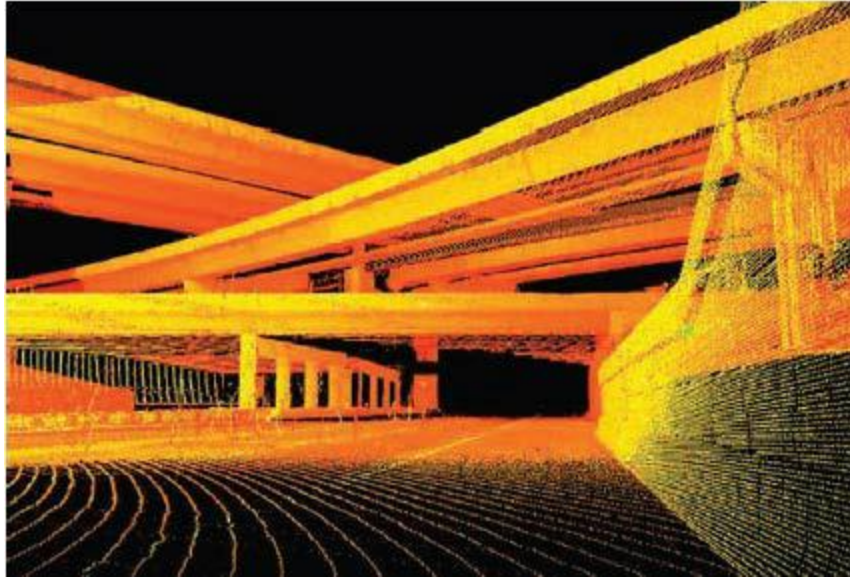
3.4. Εφαρμογές του Laser Scanner

Υπάρχει ένα ευρύ πεδίο εφαρμογών της τρισδιάστατης σάρωσης με laser, που κυμαίνεται από την εξαιρετικά εξειδικευμένη σάρωση για μικροσκοπικές εφαρμογές σε επιστημονικά εργαστήρια ως την τρισδιάστατη σάρωση μεγάλων τεχνικών έργων και αντικειμένων ιστορικής αξίας που δε μπορούν να μελετηθούν λόγω του κινδύνου πιθανής φθοράς ή και καταστροφής τους αλλά και της μεγάλης λεπτομέρειας που απαιτούν για την απεικόνισή τους. Έτσι πλέον οι σαρωτές laser, με τη βοήθεια και των ηλεκτρονικών υπολογιστικών συστημάτων καθώς και των λογισμικών επεξεργασίας, βρίσκουν σημαντικό πεδίο εφαρμογών σε προβλήματα αποτύπωσης, τα οποία με τις μέχρι τώρα τεχνολογίες ήταν πολύ δύσκολο να αντιμετωπιστούν.

Τέτοιες εφαρμογές είναι οι εξής:

- Μελέτες συγκοινωνιακών εφαρμογών

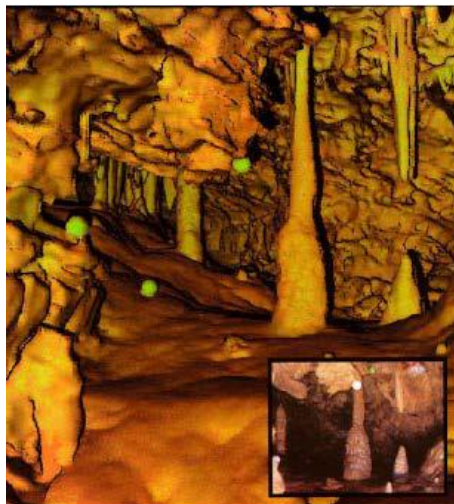
Οι σαρωτές laser, βρίσκουν σημαντικό πεδίο εφαρμογών σε μελέτες οδοποιίας ή συγκοινωνιακών έργων. Μια τυπική αποτύπωση ενός οδικού δικτύου, μπορεί να γίνει 20% - 30% ταχύτερα με τους σαρωτές laser από τις συμβατικές μεθόδους και με μικρότερο συνεργείο αποτύπωσης. Ένα επίσης σημαντικό πλεονέκτημα της αποτύπωσης πολυσύχναστων δρόμων με σαρωτή laser, είναι ότι δεν υπάρχει ανάγκη διακοπής της κυκλοφορίας. Τέτοιες εφαρμογές είναι: μετρήσεις διασταυρώσεων, μετρήσεις σε σήραγγες, υπολογισμός όγκου χωματισμών, υπολογισμός κλίσης και σταθερότητας πρανών κλπ.



Εικόνα 17: Αποτύπωση ανισόπεδου κόμβου
ΠΗΓΗ: www.astrolabe.gr

- Τοπογραφικές εφαρμογές

Ειδικές εφαρμογές τοπογραφικών αποτυπώσεων, όπως είναι η αποτύπωση σπηλαίων (έντονο ανάγλυφο και ακαθόριστο σχήμα) ή η αποτύπωση ενός αεροδρομίου που ήδη βρίσκεται σε χρήση και δεν είναι δυνατή η διακοπή της λειτουργίας του, μπορούν εύκολα να αντιμετωπιστούν με τη χρήση σαρωτών laser.



Εικόνα 18: Αποτύπωση σπηλαίου
ΠΗΓΗ: www.astrolabe.gr

- Αποτυπώσεις μνημείων

Στις αποτυπώσεις μνημείων (κτηρίων, περιοχών, ακόμα και αντικειμένων), όπου παρουσιάζονται προβλήματα πρόσβασης, εγγύτητας και πολυπλοκότητας καθώς και στις αρχαιολογικές ανασκαφές, αρχίζει να παγιώνεται η αποτύπωση με επίγεια σάρωση ως μια τεχνολογία η οποία, εκτός της ανάγκης για γεωμετρική τεκμηρίωση σε διάφορες χρονικές στιγμές, παρέχει και τη δυνατότητα εικονικών μουσείων και εικονικής πραγματικότητας για την ανάδειξη των μνημείων της πολιτιστικής κληρονομιάς.

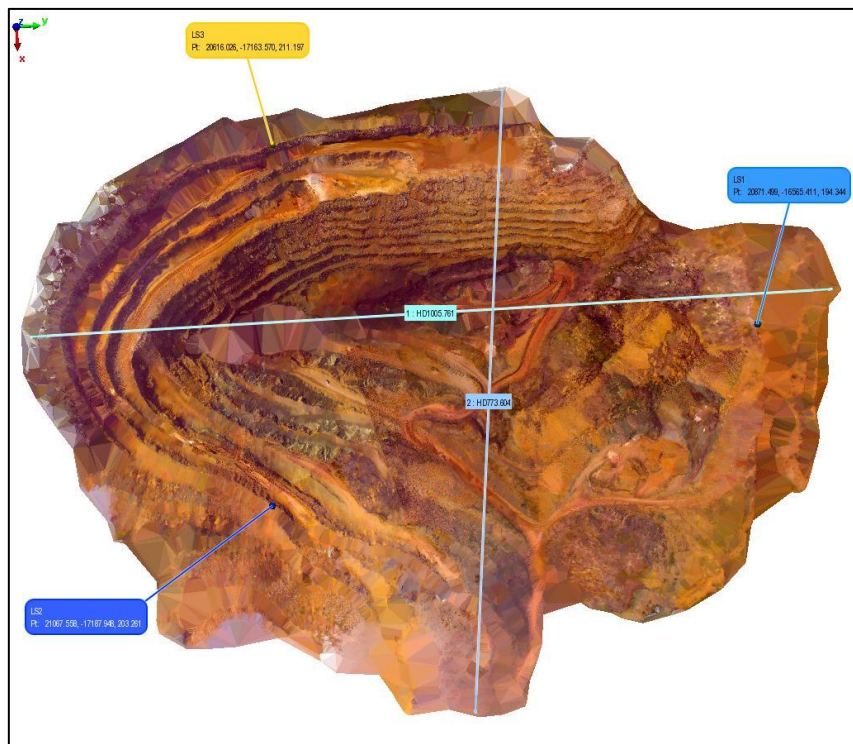


Εικόνα 19: 3D αποτύπωση μνημείου

ΠΗΓΗ: www.astrolabe.gr

Άλλες εφαρμογές του Laser Scanner είναι οι παρακάτω:

- Αρχιτεκτονική
- Αρχαιολογία
- Γεωλογικές, γεωτεχνικές εφαρμογές
- Πολεοδομικές εφαρμογές
- Εγκληματολογία, τεκμηρίωση θέσεων ατυχημάτων, καταστροφών
- Ορυχεία, μεταλλεία, λατομεία, ΧΥΤΑ
- Κινηματογραφικά οπτικά εφέ, εικονική πραγματικότητα, κλπ

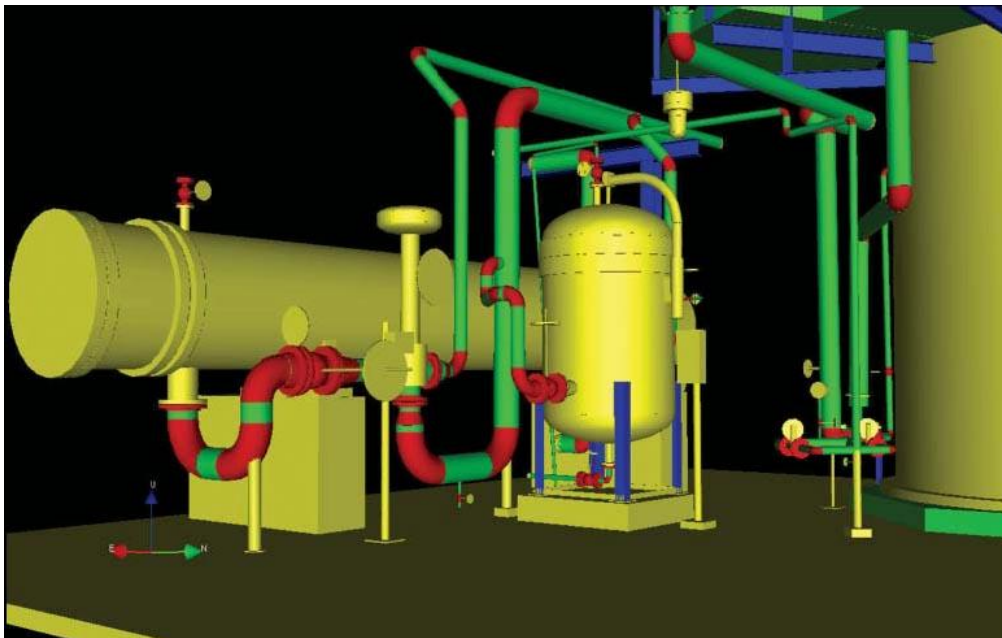


Εικόνα 20: 3D αποτύπωση χωματοουργικών
ΠΗΓΗ: www.astrolabe.gr



Εικόνα 21: 3D αποτύπωση για εφαρμογές Building Information Modeling - BIM

ΠΗΓΗ: www.astrolabe.gr



Εικόνα 22: 3D αποτύπωση και "έξυπνη" μοντελοποίηση βιομηχανικών εγκαταστάσεων

ΠΗΓΗ: www.astrolabe.gr

3.5. Διαδικασία μετρήσεων και επεξεργασία τους

Η αποτύπωση ενός αντικειμένου με σαρωτή μειώνει το χρόνο εργασιών στο πεδίο (καθώς καταγράφει τρισεκατομμύρια σημεία σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα), ωστόσο, απαιτείται προσεκτική επεξεργασία των μετρήσεων στο γραφείο, με εξειδικευμένα λογισμικά προγράμματα. Τα διαδοχικά βήματα που ακολουθούνται για τις μετρήσεις και την επεξεργασία τους αναπτύσσονται παρακάτω.

3.5.1. Διαδικασία Σάρωσης με το σαρωτή Leica Scan Station 2

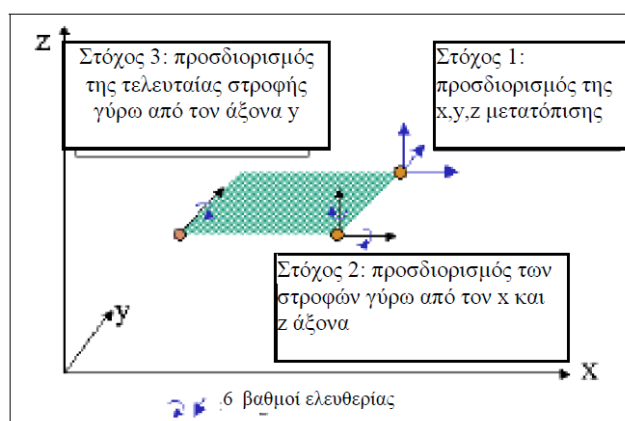
Αρχικά γίνεται η οριζοντίωση και κέντρωση του σαρωτή στη στάση από την οποία θα γίνει η σάρωση και συνδέεται με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή (laptop) με καλώδιο δικτύου. Στη συνέχεια μέσω του λογισμικού Cyclone επιλέγεται το «παράθυρο» σάρωσης, δηλαδή ορίζεται το εύρος σάρωσης μέσω φωτογραφίας που τραβάει το όργανο και η οποία αποθηκεύεται στο λογισμικό. Επίσης αφού επιλεγεί το «βήμα» σάρωσης γίνεται εκτίμηση του χρόνου ολοκλήρωσης της σάρωσης. Ταυτόχρονα τοποθετείται σφαιρικός στόχος σε στάση η οποία βρίσκεται μέσα στο εύρος σάρωσης. Αφού ολοκληρωθεί η σάρωση εισάγεται αρχείο με τις συντεταγμένες των στάσεων και επιλέγεται η στάση στην οποία βρίσκεται το όργανο και η σφαίρα μαζί με τα ύψη οργάνων και στόχων αντίστοιχα. Στη συνέχεια μέσω του modelspace που δημιουργείται επιλέγεται η σφαίρα για να προσανατολιστεί το νέφος σωστά ώστε να μπορεί να γίνει το registration (εφόσον υπάρχουν παραπάνω από δύο σαρώσεις). Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν διαφορετικοί τρόποι για τη συνένωση του νέφους ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο έγινε η σάρωση. Η διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω αφορά τη μέθοδο της Γεωαναφοράς, η οποία και επιλέχθηκε για την εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Οι 3 τρόποι συνένωσης νεφών αναλύονται στην επόμενη υποενότητα.

3.5.2. Συνένωση νεφών

Τα μοντέλα που δημιουργούνται από τις διαφορετικές θέσεις σάρωσης του αντικειμένου, ενώνονται μεταξύ τους, βάσει κοινών σημείων. Τα κοινά σημεία μπορεί να είναι, προσημασμένοι στόχοι που αποτυπώνονται από κάθε στάση ή χαρακτηριστικά σημεία που φαίνονται στα μοντέλα. Η διαδικασία συνένωσης γίνεται με τους 3 παρακάτω τρόπους.

A) Με χρήση ειδικών στόχων (target constraint)

Στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιούνται ειδικοί στόχοι με υψηλή ανακλαστικότητα που αναγνωρίζονται από το λογισμικό του σαρωτή και τοποθετούνται στην επικαλυπτόμενη επιφάνεια μεταξύ των σαρώσεων, κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Ο χρήστης πρέπει απλά να επιλέξει τουλάχιστον 3 σαρωμένους ειδικούς στόχους και στο τέλος να ελέγξει τα σφάλματα σύνδεσης. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η τοποθέτησή τους, η μέτρηση τους με τοπογραφικά όργανα, ο προσδιορισμός των συντεταγμένων τους και η ξεχωριστή σάρωσή τους με τον σαρωτή. Έτσι με τη χρήση των ειδικών αυτών στόχων το ένα νέφος σημείων μετατίθεται και στρέφεται γύρω από τους τρεις άξονες έτσι ώστε να προσαρμοστεί στο άλλο νέφος σημείων που θεωρείται σαν σταθερό.

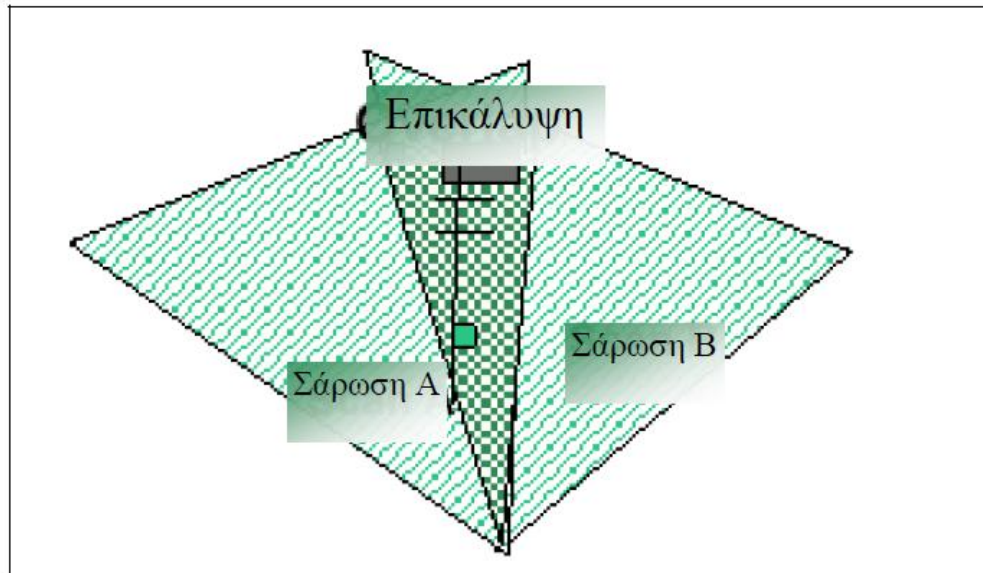


Εικόνα 23: Συνένωση με χρήση ειδικών στόχων

ΠΗΓΗ: Προσωπικό αρχείο Τσακίρη Μαρία

B) Με χρήση ομόλογων σημείων (cloud constraint)

Με τη μέθοδο αυτή γίνεται συνένωση σαρώσεων που έχουν κάποια επικάλυψη χρησιμοποιώντας τρία τουλάχιστον ομόλογα σημεία και στις δύο σαρώσεις. Τα σημεία αυτά επιλέγονται κατά το στάδιο της επεξεργασίας των δεδομένων και δεν γίνεται σήμανση τους πάνω στο αντικείμενο κατά τη διάρκεια της σάρωσης. Μετά την επιλογή των ομόλογων σημείων δημιουργείται το cloud constraint που είναι ο δεσμός που δημιουργείται μεταξύ δύο σαρώσεων και προσδιορίζει το βέλτιστο μετασχηματισμό ευθυγράμμισης μεταξύ δύο νεφών σημείων. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα σημεία θα πρέπει να καλύπτουν ομοιόμορφα το Point cloud, να είναι ευδιάκριτα και να μη σχηματίζουν συμμετρικές επιφάνειες όπως μια ευθεία, ένα ισόπλευρο ή ένα ισοσκελές τρίγωνο.

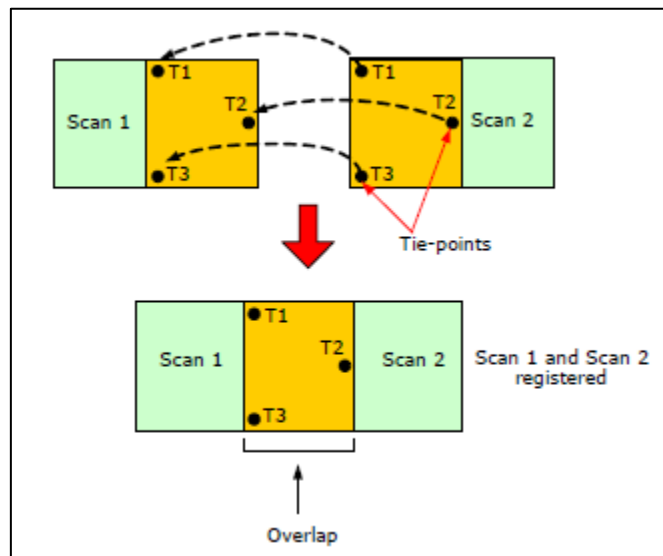


Εικόνα 24: Συνένωση με χρήση ομόλογων σημείων

ΠΗΓΗ: Προσωπικό αρχείο Τσακίρη Μαρία

Γ) Με Γεωαναφορά (Registration to Survey controlled Targets)

Η μέθοδος αυτή ουσιαστικά περιλαμβάνει τη μέθοδο χρήσης ειδικών στόχων με μόνη διαφορά ότι οι στόχοι έχουν πραγματικές συντεταγμένες σε κάποιο σύστημα αναφοράς και ότι αυτοί δεν χρειάζεται να τοποθετηθούν σε επικαλυπτόμενη επιφάνεια μεταξύ των διάφορων σαρώσεων. Οι συντεταγμένες αυτές συνήθως προσδιορίζονται με χρήση γεωδαιτικού σταθμού. Στη συνέχεια γίνεται ο κατάλληλος μετασχηματισμός μεταξύ των νεφών σημείων, εισάγονται μέσω του λογισμικού οι συντεταγμένες των στόχων και το τελικό συνενωμένο νέφος σημείων αποκτά το σύστημα αναφοράς που έχουν οι ειδικοί στόχοι.



Εικόνα 25: Γεωαναφορά με στόχους (targets)

ΠΗΓΗ: Αρχοντάκης Γ.: «Γεωμετρική Τεκμηρίωση Ρωμαϊκού Ωδείου Πατρών-Δημιουργία 3D Μοντέλου», Διπλωματική Εργασία, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα 2012.

3.6. Ακρίβεια Αποτύπωσης

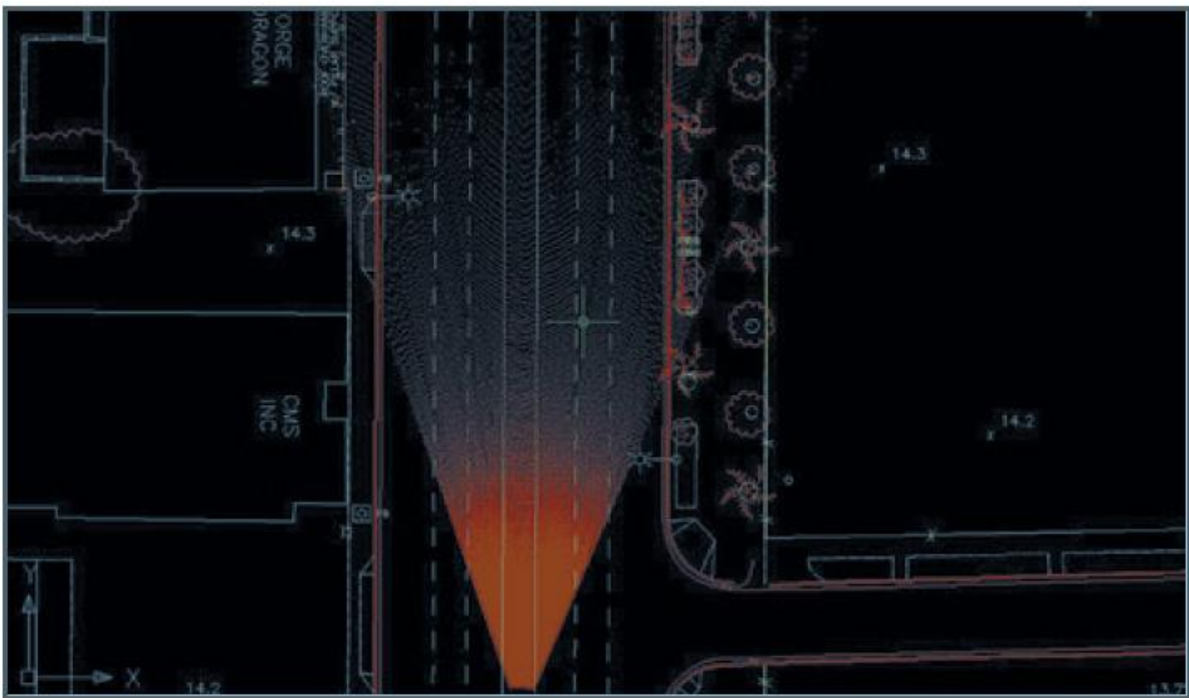
Ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία που θα πρέπει να ληφθεί πολύ σοβαρά υπόψη είναι η ακρίβεια με την οποία γίνονται οι μετρήσεις. Η ακρίβεια της αποτύπωσης έχει άμεση συνέπεια στην τελική ποιότητα του τελικού προϊόντος και κατά συνέπεια αποτελεί μέτρο χρησιμότητας και της δυνατότητας εφαρμογής της σάρωσης laser σε κάθε περίπτωση. Η ακρίβεια των μετρήσεων, εξαρτάται από τη γωνία πρόσπτωσης μεταξύ της ακτίνας laser και της επιφάνειας του αντικειμένου. Σε γενικές γραμμές, μικρότερη απόσταση και πιο οξεία γωνία πρόσπτωσης επιφέρουν πιο ακριβή αποτελέσματα.

Οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ακρίβεια είναι οι παρακάτω:

- Η μέθοδος σάρωσης
- Η ταχύτητα σάρωσης
- Η απόσταση σαρωτή και αντικειμένου
- Η ανακλαστικότητα των επιφανειών
- Το μέγεθος της κουκίδας του laser
- Το υλικό της επιφάνειας που μετράται και στην οποία προσπίπτουν οι ακτίνες
- Η πυκνότητα σάρωσης
- Ο θόρυβος σάρωσης
- Η θερμοκρασία που επικρατεί
- Η ατμόσφαιρα

A) Πυκνότητα σάρωσης: Κατά τη διαδικασία της σάρωσης απαραίτητη προϋπόθεση είναι να καθορίσουμε το βήμα σάρωσης, δηλαδή την απόσταση μεταξύ των γειτονικών σημείων που θα αποτυπώσει ο σαρωτής. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται σε δύο στάδια. Αρχικά, δίνεται η απόσταση από το αντικείμενο σάρωσης ή η μέση απόσταση καθώς είναι δύσκολο να έχουμε μόνο μία τιμή της απόστασης. Στη συνέχεια δίνεται το βήμα σάρωσης το οποίο κυμαίνεται από λίγα χιλιοστά και μπορεί να φτάσει έως και μερικά μέτρα. Αυτό εξαρτάται από τις δυνατότητες

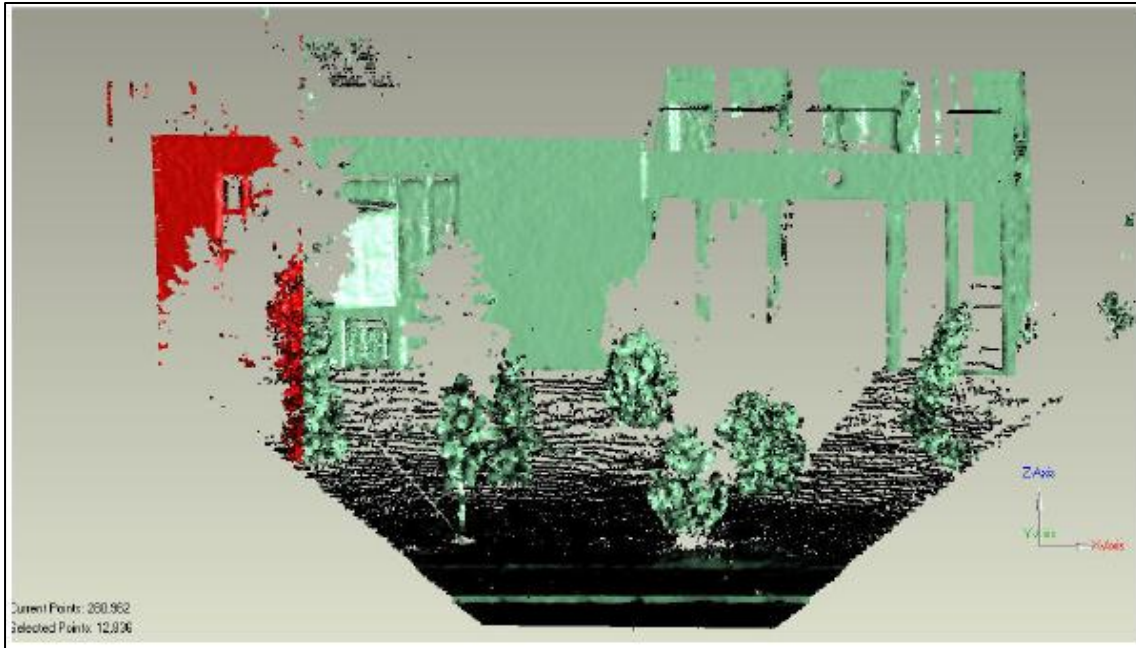
του οργάνου με το οποίο θα γίνει η σάρωση, το αντικείμενο αποτύπωσης αλλά και τις απαιτήσεις ακριβείας του τελικού προϊόντος. Αξιοσημείωτο είναι όμως ότι το βήμα σάρωσης είναι προσεγγιστικό και αφορά μόνο τα αντικείμενα τα οποία βρίσκονται κάθετα στην πορεία της ακτίνας laser. Οι πλάγιες σαρώσεις μας δίνουν μικρότερη πυκνότητα από αυτήν που υπολογίσαμε άρα σε αυτές τις περιπτώσεις συνήθως δίνουμε υψηλότερη πυκνότητα από αυτήν που αρχικά σχεδιάζαμε.



Εικόνα 26: Σημεία σάρωσης-μείωση πυκνότητας ανάλογα με την απόσταση
 ΠΗΓΗ: Συμεωνίδης Π. : «Σαρωτές laser - Τεχνολογία, Τεχνικές και Εφαρμογές», Τμήμα
 Γεωπληροφορικής και Τοπογραφία, Τ.Ε.Ι Σερρών, Σέρρες 2007.

Β) Θόρυβος Σάρωσης: Είναι γεγονός ότι κατά τη διαδικασία της σάρωσης, αποτυπώνεται και άχρηστη πληροφορία. Αυτό συμβαίνει περισσότερο στις σαρώσεις που γίνονται σε εξωτερικούς χώρους. Ο θόρυβος της σάρωσης αποτελείται από περιττά σημεία τα οποία επιλέγονται να αποτυπωθούν για να αποφευχθούν κενά στο τελικό αποτέλεσμα της αποτύπωσης. Τέτοια

σημεία μπορεί να είναι δέντρα, φυτά ή τεχνητά εμπόδια που βρίσκονται μπροστά από το αντικείμενο και εμποδίζουν την αποτύπωση του.



Εικόνα 27: Παράδειγμα αποτύπωσης βλάστησης που αποτελεί θόρυβο των μετρήσεων

ΠΗΓΗ: Συμεωνίδης Π. : «Σαρωτές laser - Τεχνολογία, Τεχνικές και Εφαρμογές», Τμήμα Γεωπληροφορικής και Τοπογραφίας, Τ.Ε.Ι Σερρών, Σέρρες 2007.

Γ) Διαστάσεις Κουκίδας Laser

Το μέγεθος της κουκίδας του laser παίζει σημαντικό ρόλο στην ακρίβεια αποτύπωσης. Γενικά το μέγεθος της κουκίδας διαφέρει ανάλογα με τον τύπο του οργάνου και τις εταιρείες. Ισχύει πως όσο μικρότερη είναι η κουκίδα τόσο πιο εύκολα ορίζεται το σημείο που θα αποτυπωθεί.

Δ) Ανακλαστικότητα της επιφάνειας

Είναι γνωστό, ότι οι άσπρες επιφάνειες ανακλούν την ακτινοβολία σε πολύ μεγάλο βαθμό, ενώ οι μαύρες την απορροφούν σχεδόν ολοκληρωτικά.

Ένας τρόπος για τη διερεύνηση των σφαλμάτων που προκύπτουν από τη μεταβολή της ανακλαστικότητας, είναι η χρήση ενός άσπρου επίπεδου στόχου, του οποίου το κέντρο θα έχει επικαλυφθεί με ανακλαστικό υλικό. Οι διαφορές που θα προκύψουν στον προσδιορισμό της απόστασης μεταξύ του κέντρου και του υπόλοιπου στόχου, θα δώσουν μια σαφή εικόνα των αποκλίσεων που πρέπει να αναμένονται. [Boehler W.,2004].

Ε) Θερμοκρασία

Κάθε σαρωτής λειτουργεί κανονικά μόνο όταν χρησιμοποιείται σε ένα συγκεκριμένο εύρος θερμοκρασίας (συνήθως 0°-50° C). Ακόμα και μέσα σε αυτό το εύρος μπορεί να παρατηρηθούν αποκλίσεις ειδικά στη μετρημένη απόσταση.

ΣΤ) Ατμόσφαιρα

Η θερμοκρασία και η πίεση της ατμόσφαιρας μπορούν να επηρεάσουν την ταχύτητα διάδοσης του φωτός μέσα σε αυτή. Από τη στιγμή που μετρώνται μικρές αποστάσεις, η αλλαγή στη ταχύτητα του φωτός λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών και μεταβολών στην πίεση δεν επηρεάζει ουσιαστικά τα αποτελέσματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4. Γεωδαιτικός εξοπλισμός-Διαδικασία-Επεξεργασία Μετρήσεων

Για τη διεξαγωγή των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε σύστημα GPS, ένας ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός και ο σαρωτής laser. Συγκεκριμένα:

- Ένας δέκτης GPS ATX 1200 της Leica
- Γεωδαιτικός σταθμός TCR 405 της Leica
- Σαρωτής Scan Station 2 της Leica
- Ψηφιακή Φωτογραφική Μηχανή SLR, CANON EOS 40D

4.1. Αναγνώριση της Περιοχής

Πριν την έναρξη των τοπογραφικών εργασιών στο χώρο του Θεάτρου του Διονύσου, προηγήθηκε μια αίτηση για έγκριση των μετρήσεων στην Επιτροπή Διονυσιακού Θεάτρου, Ασκληπιού Ηρώδου του Αττικού και Στοάς του Ευμενούς.

Το πρώτο στάδιο στη διαδικασία της γεωμετρικής τεκμηρίωσης του μνημείου ήταν η αναγνώριση της προς αποτύπωση περιοχής. Έγινε, δηλαδή, μια γενική εκτίμηση της εικόνας της περιοχής, εντοπίστηκαν οι δυσκολίες που θα προέκυπταν και οι λεπτομέρειες που χρειάζονταν για την αποτύπωση. Μελετήθηκε πλήρως το ΒΑ ανάλημμα με σκοπό τον εντοπισμό των κατάλληλων σημείων που θα τοποθετηθούν οι στάσεις.



Εικόνα 28: Σχετική θέση ΒΑ αναλήμματος σε σχέση με το Θέατρο του Διονύσου

ΠΗΓΗ: www.bing.com

4.2. Μέθοδος RTK (Real Time Kinematic) - Μετρήσεις με GPS

Για να δοθούν συντεταγμένες που να ταιριάζουν στην περιοχή εφαρμόστηκαν τεχνικές δικτυακού RTK. Το δικτυακό RTK αξιοποιεί τα δεδομένα από όλους τους σταθμούς αναφοράς του δικτύου. Η συλλογή των δεδομένων των σταθμών γίνεται σε ένα κέντρο όπου εκεί γίνεται και η επεξεργασία τους. Η μέθοδος αυτή αυξάνει την αποδοτικότητα, την ακρίβεια αλλά και την αξιοπιστία του RTK και μειώνονται οι περιορισμοί που προκύπτουν όταν η απόσταση ανάμεσα στο σταθερό και στο κινητό δέκτη είναι μεγάλη.

Για την απόκτηση προσεγγιστικής θέσης έγινε σύνδεση μέσω αμφίδρομης επικοινωνίας (κινητό τηλέφωνο) με την αποστολή μηνύματος NMEA (National Maritime Electronics Association) στο κέντρο. Έτσι, δημιουργήθηκε ένας εικονικός σταθμός που βρίσκεται λίγα μέτρα από το κέντρο λήψης του σήματος της κεραίας GPS και στην πραγματικότητα δεν υπάρχει. Ο σταθερός λοιπόν δέκτης υλοποιείται από τον εικονικό σταθμό με σκοπό τον προσδιορισμό της θέσης όσο μακριά και να βρίσκεται από τον πλησιέστερο μόνιμο σταθμό. Αξίζει να σημειωθεί,

ότι η ύπαρξη του δικτύου συμβάλλει στο γεγονός ότι κάθε χρονική στιγμή μέτρησης είναι γνωστά το μέγεθος και η συμπεριφορά των σφαλμάτων των παρατηρήσεων.

Αρχικά επισημάνθηκαν οι επιθυμητές θέσεις για στάσεις με πασαλάκια μετρώντας τις συντεταγμένες τους, και στη συνέχεια αφού επαναπροσδιόρισμε τις συντεταγμένες μια στάσης στο κέντρο του Θεάτρου του Διονύσου (δοσμένη από άλλη διπλωματική εργασία- Δημητρακάκης Ιωάννης) παρατηρήσαμε πως ενώ τα x,y δε διέφεραν σχεδόν καθόλου, οι τιμές των υψομέτρων διέφεραν περίπου στα 10 m. Αυτό συμβαίνει διότι το GPS που χρησιμοποιήσαμε έχει αποθηκευμένο ένα μοντέλο γεωειδούς σχεδιασμένο από τη Metrica και ενώ τα x,y είναι ίδια με τα πραγματικά x,y του ΕΓΣΑ '87 τα υψόμετρα διαφέρουν. Έτσι, κρατήθηκε σαν αφετηρία υψομέτρων αυτό που μας δόθηκε καθώς η μέτρηση του έγινε στο σύστημα αναφοράς Heros. Παρακάτω παρατίθενται οι συντεταγμένες των στάσεων και τα υψόμετρα τους. Αξίζει να σημειωθεί ότι η στάση S5 παραλήφθηκε καθώς χάθηκε μετά από κατολίσθηση της περιοχής και οι συντεταγμένες των στάσεων S4, S9, S10 και S11 υπολογίστηκαν μετά από μετρήσεις με total station με τα Θεμελιώδη Γεωδαιτικά Προβλήματα.

Στάση	X(m)	Y(m)	Z(m)
S0	475942.265	4202272.921	91.431
S1	475978.065	4202293.538	98.862
S2	475969.057	4202317.191	105.887
S3	475988.083	4202329.053	104.552
S4	475992.269	4202321.336	100.234
S6	475992.393	4202302.671	98.221
S7	475989.017	4202301.887	95.497
S8	475982.828	4202296.681	93.833

S9	476008.101	4202276.083	93.284
S10	475985.077	4202315.865	102.526
S11	475998.363	4202308.026	98.453

Πίνακας 2: Συντεταγμένες στάσεων



Εικόνα 29: Μετρήσεις με GPS
ΠΗΓΗ: Προσωπικό αρχείο

4.3. Μετρήσεις με total station-Ταχυμετρία

Για την ολοκληρωμένη αποτύπωση του ΒΑ αναλήμματος (τοπογραφικό διάγραμμα-οδοιπορικό) ιδρύθηκε μία νέα στάση η S9, οι συντεταγμένες της οποίας φαίνονται στο πίνακα 2, καθώς κρίναμε την ύπαρξή της αναγκαία με την πάροδο των μετρήσεων. Πριν την έναρξη των εργασιών της ταχυμετρίας έγινε η σύνταξη των απαραίτητων αυτοσχέδιων υπαίθρου στο χώρο του μνημείου για να γίνει πιο εύκολη και γρήγορη η διαδικασία της αποτύπωσης. Ένα σωστό αυτοσχέδιο υπαίθρου είναι απαραίτητη προϋπόθεση για τη γρήγορη και εύκολη εκτέλεση των εργασιών γραφείου, γιατί προβάλλει σε μικρογραφία την πραγματική εικόνα του χώρου επισημαίνοντας τα σημεία λεπτομερειών και άλλες δηλωτικές πληροφορίες και αποτελεί ένα από τα βασικά εργαλεία του μηχανικού που τον βοηθούν να εξοικονομήσει χρόνο και να απαλλαγεί από επιπλέον εργασία.

Οι μετρήσεις έγιναν με τη χρήση του ολοκληρωμένου γεωδαιτικού σταθμού TCR 405 της Leica. Δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στη σωστή καταγραφή των ονομάτων τόσο της στάσης και του σημείου μηδενισμού, όσο και των χαρακτηριστικών σημείων. Επίσης μέγιστης σημασίας ήταν και η ταύτιση των σημείων που στοχεύονταν με αυτά που καταγράφονταν στα αυτοσχέδια υπαίθρου για να αποφευχθούν τυχόν λάθη. Από κάθε στάση αποτυπώθηκαν όσα σημεία ήταν ορατά. Για το συγκεκριμένο τοπογραφικό διάγραμμα χρησιμοποιήθηκαν μόνο οι στάσεις S1 και S9 καθώς είχαμε πλήρη ορατότητα σε όλη την περιοχή προς αποτύπωση. Ο υπολογισμός των συντεταγμένων των ταχυμετρικών σημείων έγινε ως εξής: στο τέλος της κάθε στάσης μεταφέρονταν οι μετρήσεις από το όργανο (στάση μηδενισμού, σημείο, ύψος οργάνου, ύψος σκόπευσης, οριζόντια γωνία, κατακόρυφη γωνία και απόσταση) στον υπολογιστή σε αρχείο .txt με τη βοήθεια του λογισμικού Leica Geo Office Tools. Στη συνέχεια με τη χρήση του λογισμικού Microsoft Quickbasic (QB45) δημιουργούνταν ένα αρχείο .odb με τις μετρήσεις της κάθε στάσης βάζοντας στην πρώτη γραμμή του αρχείου .odb την εξής μορφή: 1, στάση,

ύψος οργάνου, στάση μηδενισμού, γωνία μηδενισμού. Τέλος, το πρόγραμμα εξήγαγε ένα αρχείο SYN με τις συντεταγμένες του κάθε ταχυμετρικού σημείου.

4.3.1. Σύνταξη τοπογραφικού διαγράμματος

Για τη σύνταξη του τοπογραφικού σχεδίου του ΒΑ αναλήμματος του Θεάτρου του Διονύσου και της γύρω περιοχής, εισήχθησαν τα σημεία με τις γνωστές συντεταγμένες τους στο AutoCAD και έγινε απόδοση σε κλίμακα 1:200 με τη βοήθεια του αυτοσχεδίου υπαίθρου. Η οριζοντιογραφία βρίσκεται στο πακέτο με τα τελικά σχέδια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5. ΠΑΡΑΓΩΓΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

5.1. Συνένωση Νέφους Σημείων

Τα ανεξάρτητα νέφη σημείων που δημιουργούνται από τις επιμέρους σαρώσεις μετασχηματίζονται σε ένα ενιαίο σύστημα αναφοράς είτε με τη χρήση σφαιρικών στόχων είτε με τη χρήση επικαλυπτόμενων γνωστών σημείων σε δυο γειτονικές σαρώσεις ενώ υπάρχει η δυνατότητα συνδυασμού των δύο παραπάνω μεθόδων. Το λογισμικό του Cyclone εντοπίζει αυτόματα στόχους και δημιουργεί ένα σύστημα περιορισμών, το οποίο χρησιμοποιείται για την αναγωγή των επιμέρους σαρώσεων σε ένα ενιαίο σύστημα αναφοράς. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να απενεργοποιήσει κάποιους από αυτούς, ή να προσθέσει επιπλέον, προκειμένου να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Μετά το τέλος της διαδικασίας παρουσιάζεται αναλυτική αναφορά για την ακρίβεια της συνένωσης.

Αξίζει να σημειωθεί ότι επειδή το όργανο όσο και ο σφαιρικός στόχος τοποθετήθηκαν σε σημεία με γνωστές συντεταγμένες η επεξεργασία και η συνένωση των νεφών έγινε μέσω του λογισμικού Cyclone και δεν ήταν περίπλοκη διαδικασία.

Συγκεκριμένα η διαδικασία είναι η ακόλουθη:

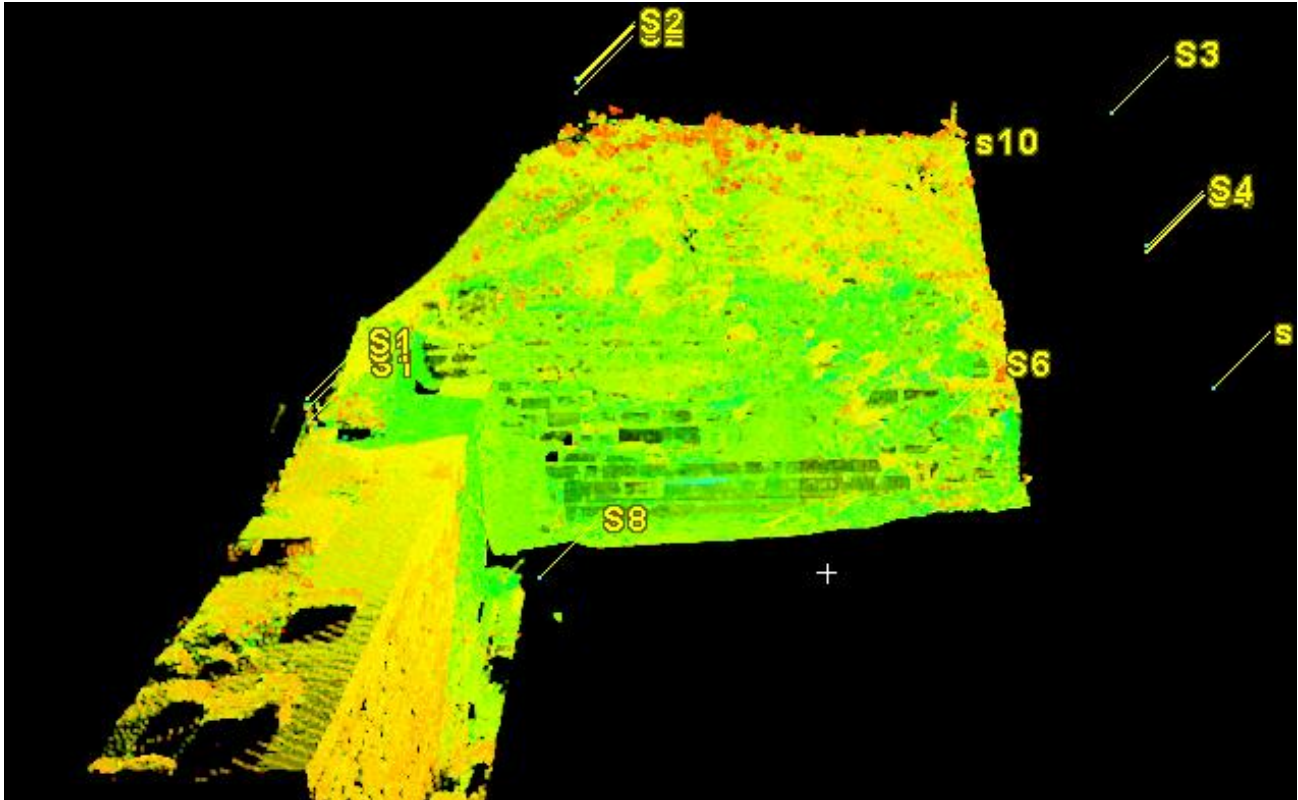
Από το αρχικό παράθυρο Navigator που εμφανίζεται με την έναρξη του Cyclone επιλέγεται το μενού Create Registration και δίνεται όνομα στη συνένωση. Στη συνέχεια στο παράθυρο της συνένωσης επιλέγεται το μενού ScanWorld- Add ScanWorld και προστίθενται οι προς συνένωση σαρώσεις. Έπειτα επιλέγεται το μενού Registration-Create ScanWorld/Freeze Registration, ενώ από το μενού Registration Create and Open ModelSpace δημιουργείται το τελικό μοντέλο της συνένωσης και εμφανίζεται στην οθόνη.

5.2. Απαλοιφή Θορύβου

Η πρώτη ενέργεια για την έναρξη της παραγωγής των παραγώγων είναι η απομάκρυνση όλων των σημείων που αποτελούν «θόρυβο» στο νέφος σημείων. Η ύπαρξη τέτοιων σημείων οφείλεται στη διαφορά μεγέθους των αντικειμένων που πρέπει να σαρωθούν. Ο σαρωτής αποτυπώνει σημεία τα οποία δεν ανήκουν στην επιφάνεια του τοίχου και αυτά δυσκολεύουν τη μοντελοποίηση προκαλώντας σφάλματα στο ψηφιακό μοντέλο.

Πρέπει να γίνει προσεκτική επιλογή των σημείων που θα διαγραφούν καθώς επίσης να ελέγχεται πριν την οποιαδήποτε μεταβολή αν υπάρχει η δυνατότητα αναίρεσης των αλλαγών και αν δεν υπάρχει να γίνονται διαδοχικά αντίγραφα πριν και μετά τις μεταβολές. Με την απομάκρυνση των στοιχείων που δεν είναι αναγκαία για την απόδοση του αντικειμένου αλλά και των στοιχείων θορύβου, το μέγεθος του αρχικού νέφους σημείων μπορεί να μειωθεί κατά πολύ σε σχέση με το αρχικό. [Συμεωνίδης Π.,2007].

Η διαγραφή γίνεται με τη βοήθεια του εργαλείου «Fence». Με το εργαλείο αυτό επιλέγονται τα σημεία και διαλέγεται αν πρέπει να διαγραφούν τα σημεία που βρίσκονται μέσα στο πολύγωνο που έχει δημιουργηθεί ή έξω από αυτό (Fence Delete inside ή Fence Delete outside).



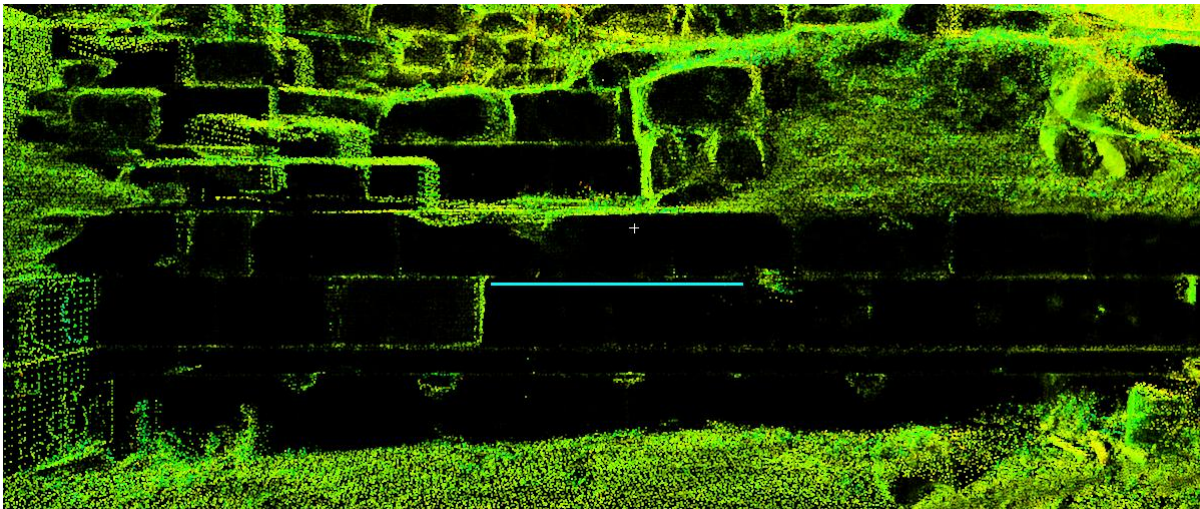
Εικόνα 30: Τρισδιάστατο μοντέλο μετά την απαλοιφή Θορύβου
ΠΗΓΗ: Cyclone

5.3. Προσανατολισμός Νέφους Σημείων

Μετά την απαλοιφή του θορύβου, απαραίτητη διαδικασία για τη σωστή δημιουργία των παραγώγων είναι ο προσανατολισμός του νέφους ως προς τον επιθυμητό άξονα. Στη συγκεκριμένη περίπτωση επιλέχτηκε ο βασικός άξονας να είναι παράλληλος στη διεύθυνση που ορίζει ο Βόρειος τοίχος του Ωδείου του Περικλέους.

Η διαδικασία προσανατολισμού του point cloud είναι η εξής:

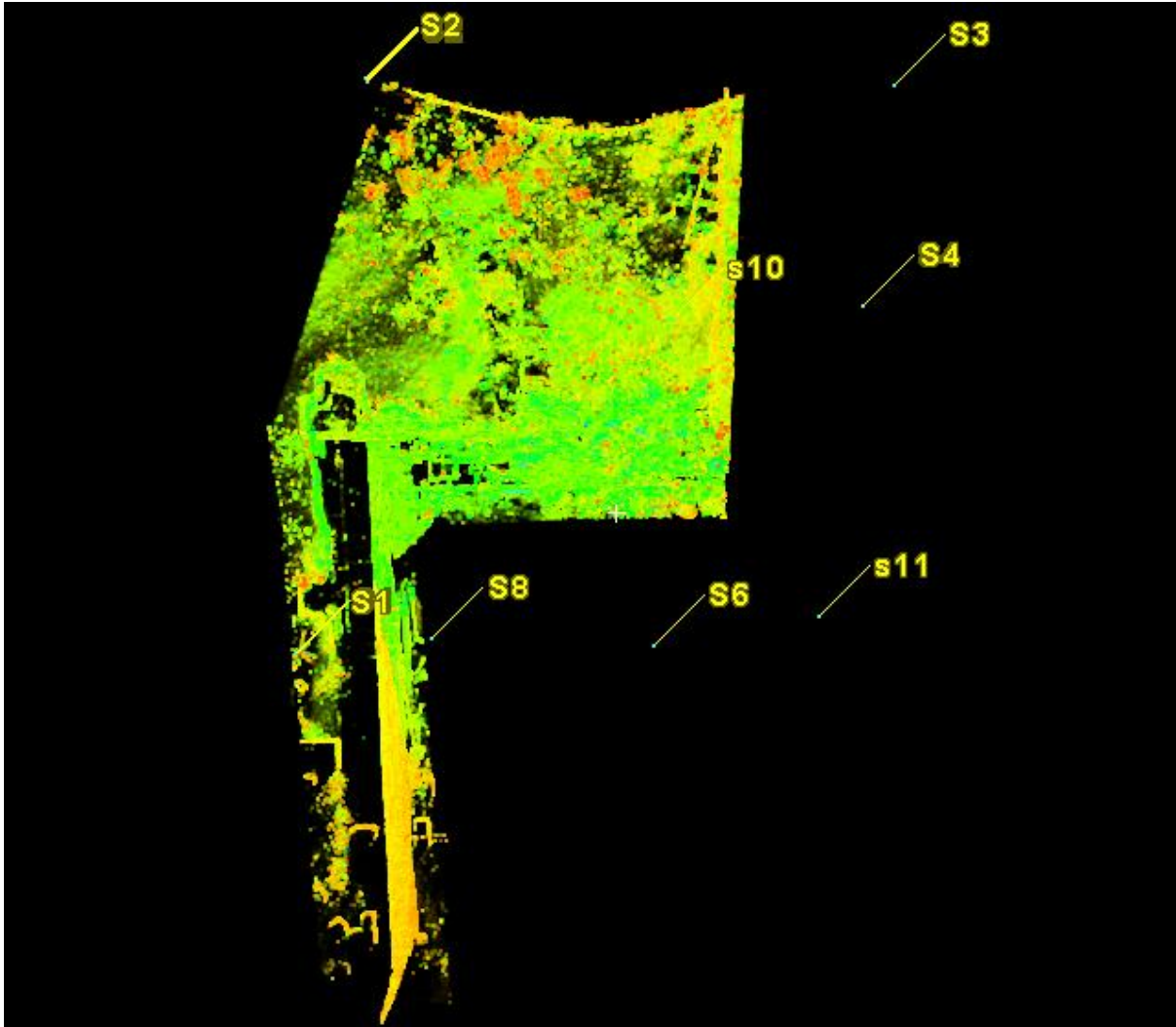
Αρχικά επιλέγονται δύο σημεία στον άξονα που επιθυμούμε να προσανατολίσουμε το μοντέλο (συγκεκριμένα στην επιφάνεια του τοίχου). Στη συνέχεια από το menu *Create Object- From Pick Points- Line Segment* δημιουργείται ο άξονας και με δεξί κλικ από την επιλογή *edit properties* γίνεται διόρθωση των συντεταγμένων του αρχικού και τελικού σημείου του άξονα ώστε να είναι ευθύγραμμος. Έπειτα από το menu *View-Coordinate System- Set Using One Axis-X Axis* δηλώνεται ο άξονας που δημιουργήθηκε σαν άξονας X. Τέλος από το menu *View Coordinate System- Save/Edit Coordinate Systems* αποθηκεύουμε και προσανατολίζουμε το νέφος ως προς τον άξονα X.



Εικόνα 31: Δημιουργία Άξονα X

ΠΗΓΗ: *Cyclone*

Το αποτέλεσμα της δημιουργίας του άξονα στο τρισδιάστατο μοντέλο φαίνεται παρακάτω:



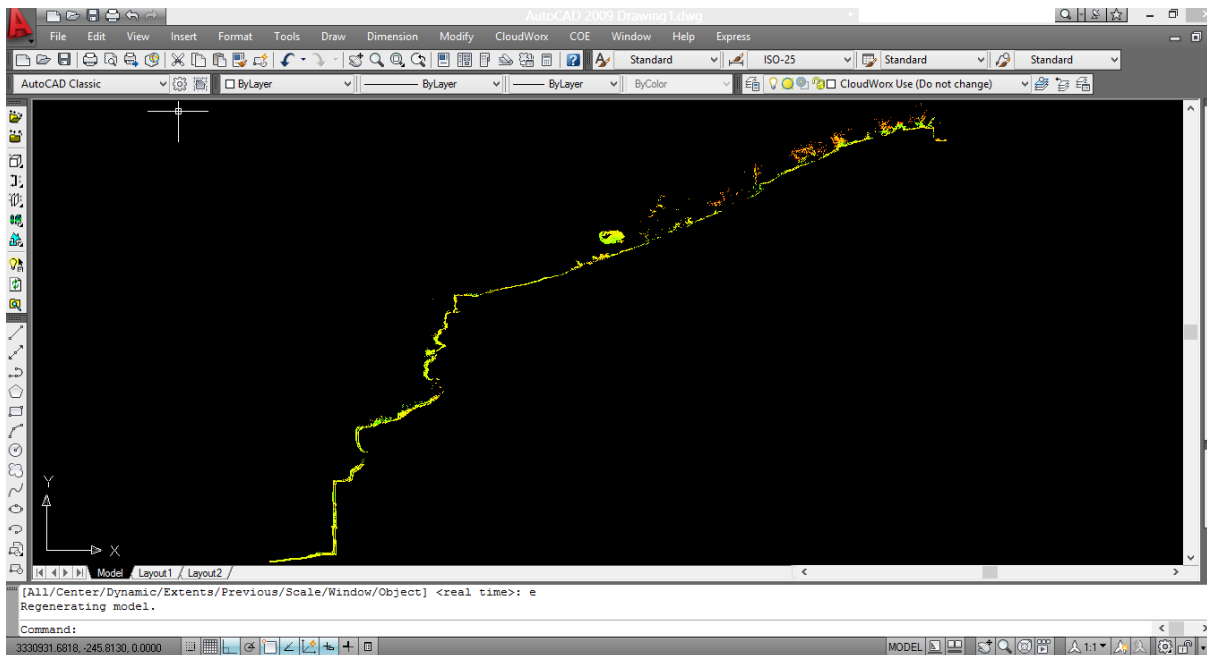
Εικόνα 32: Προσανατολισμός ΒΑ αναλήμματος ως προς Άξονα Χ
ΠΗΓΗ: Cyclone

5.4. Δημιουργία Τομών

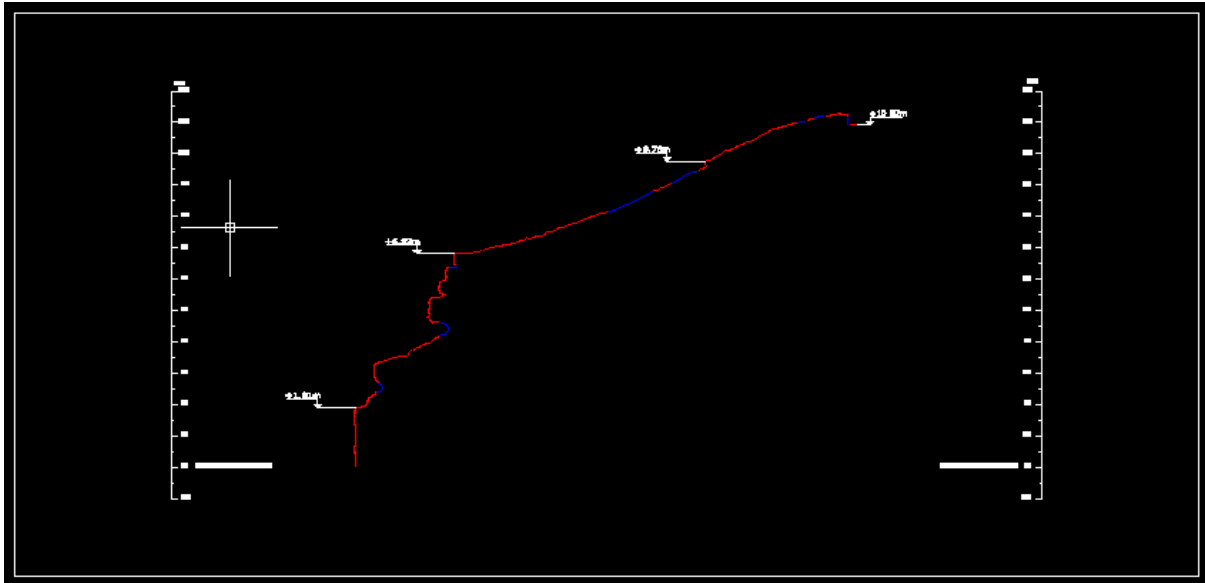
Η εξαγωγή τομών είναι μία εύκολη και συνηθισμένη διαδικασία. Από την Επιτροπή Διονυσιακού Θεάτρου, Ασκληπιού Ηρώδου του Αττικού και Στοάς του Ευμενούς ζητήθηκε να σχεδιαστούν 11 τομές στο σύνολο, 10 εγκάρσιες και μία οριζόντια κατά μήκος των τεσσάρων

αντηρίδων. Πιο συγκεκριμένα, από τις 10 οι 4 σχεδιάστηκαν πάνω στις αντηρίδες και οι υπόλοιπες 6 ανάμεσα τους (2 ανάμεσα σε κάθε ζεύγος αντηρίδων).

Για τη δημιουργία κατακόρυφης τομής εισάγεται απευθείας το μοντέλο στο AutoCAD μέσω του υποπρογράμματος CloudWorx. Με την εντολή CloudWorx, Clip Point Cloud, Slice "κόβεται" από το μοντέλο μια πολύ λεπτή "λωρίδα" στο σημείο που πρόκειται να σχεδιαστεί η τομή. Στη συνέχεια επιλέγεται από το menu View, 3D Views, Right για την προβολή της. Τέλος, γίνεται η λεπτομερής ψηφιοποίηση της τομής. Η ψηφιοποιημένη τομή μπορεί να αποθηκευτεί ως .dwg αρχείο για περαιτέρω επεξεργασία.

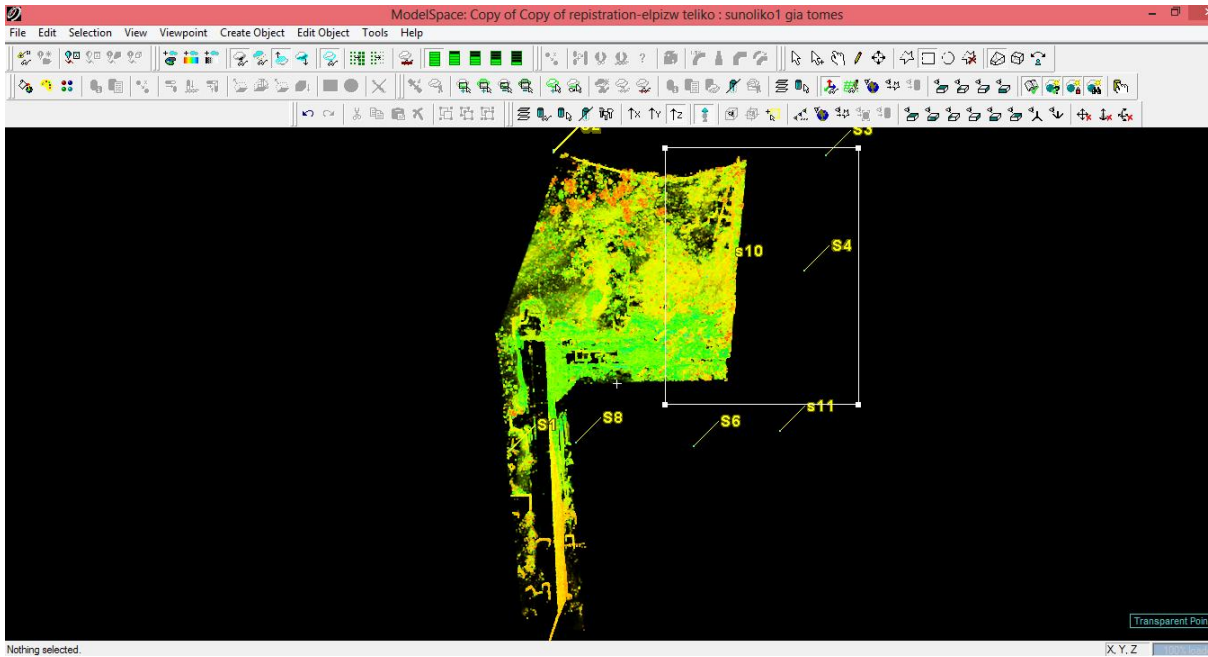


Εικόνα 33: Τομή T2-2 στο CloudWorx
ΠΗΓΗ: AutoCAD

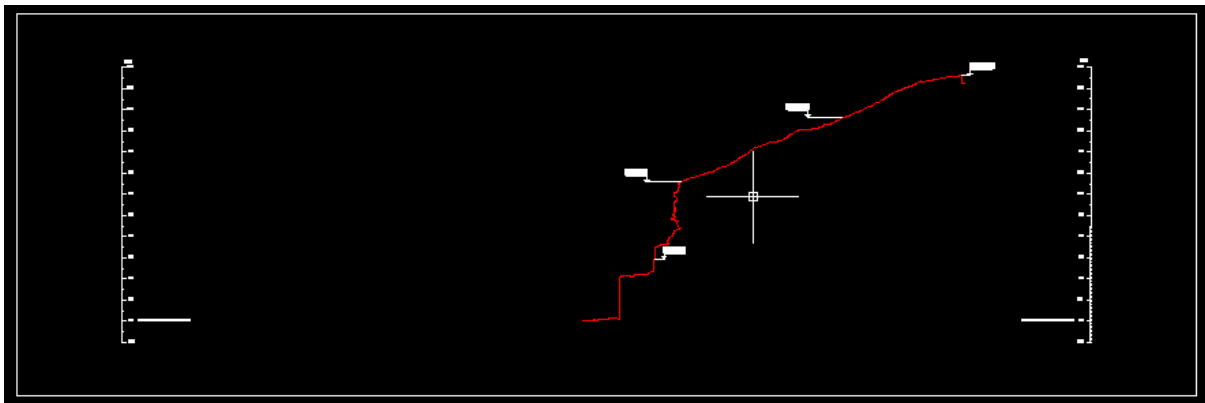


Εικόνα 34: Τομή T2-2 στο CloudWorx μετά από ψηφιοποίηση
ΠΗΓΗ: AutoCAD

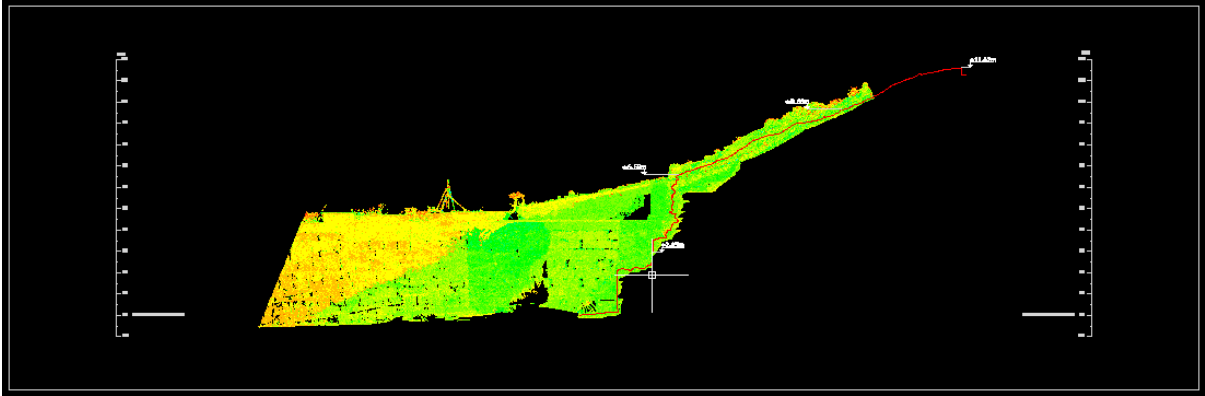
Για τη δημιουργία των οφωτομών επιλέγεται αρχικά το point cloud στο οποίο απεικονίζεται το αντικείμενο που επιθυμούμε και προσανατολίζεται ως προς άξονα παράλληλο με αυτόν όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 5.3.. Στη συνέχεια όπως περιγράφηκε και προηγουμένως εισάγεται το προσανατολισμένο νέφος στο AutoCAD μέσω του CloudWorx με σκοπό την ψηφιοποίηση της ζητούμενης τομής. Αφού ολοκληρωθεί η σχεδίαση της τομής, μέσω του λογισμικού Cyclone και με τις εντολές orthometric και frontview μπορεί ο χρήστης να δει κάθετα τον τοίχο. Ακολουθεί η τμηματοποίηση του Point cloud σε μικρότερα επιθυμητά τμήματα με την εντολή fence, Copy Fenced to New ModelSpace και η δημιουργία αντίστοιχων αρχείων .dxf με την εντολή File, Export και την επιλογή αποθήκευσης σε μορφή .dxf. Έτσι μετά τη μετατροπή των .dxf αρχείων σε .dwg εισάγονται στο σχέδιο της τομής στις σωστές συντεταγμένες (paste to original coordinates) και στρέφονται προς την επιθυμητή όψη ώστε να αποδοθεί η τελική οφωτομή. Αξίζει να σημειωθεί ότι το Cyclone έχει τη δυνατότητα αυτόματης δημιουργίας διατομών.



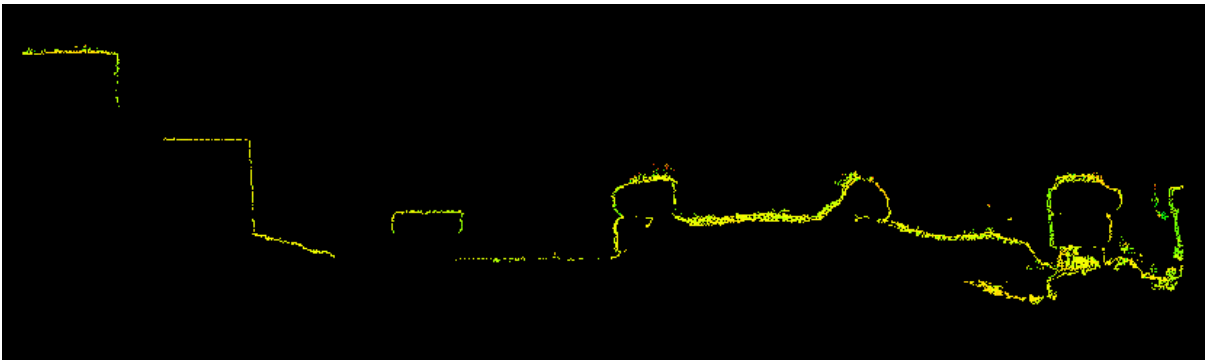
Εικόνα 35: Επιλεγμένο τμήμα με την εντολή Fence
ΠΗΓΗ: Cyclone



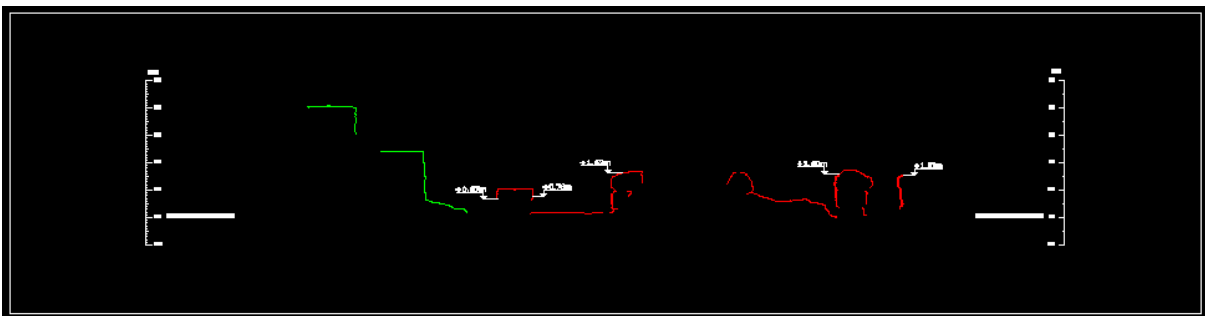
Εικόνα 36: Τομή T2-1,2-αριστερά στο CloudWorkx μετά από ψηφιοποίηση
ΠΗΓΗ: AutoCAD



Εικόνα 37: Οψοτομή T2-1,2-αριστερά στο AutoCad
ΠΗΓΗ: AutoCAD



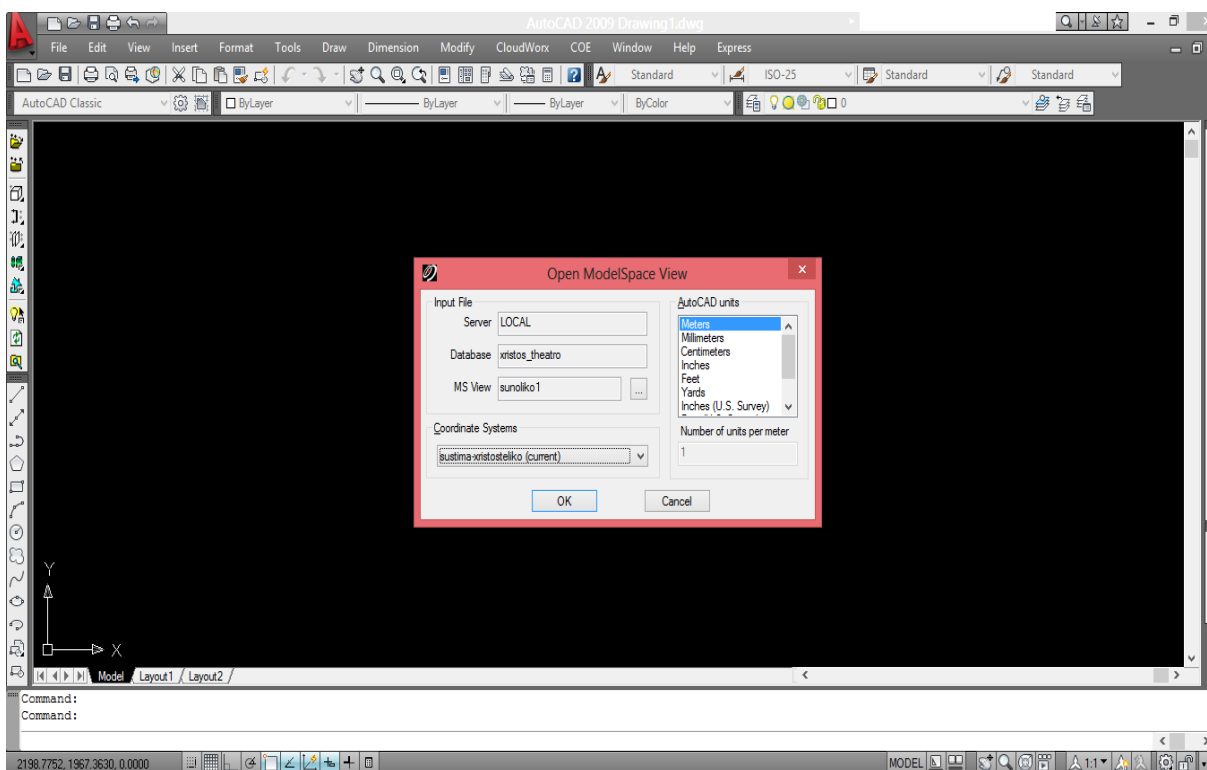
Εικόνα 38: Οριζόντια τομή T3 στο CloudWorx
ΠΗΓΗ: AutoCAD



Εικόνα 39: Οριζόντια τομή T3 στο CloudWorx μετά από ψηφιοποίηση
ΠΗΓΗ: AutoCAD

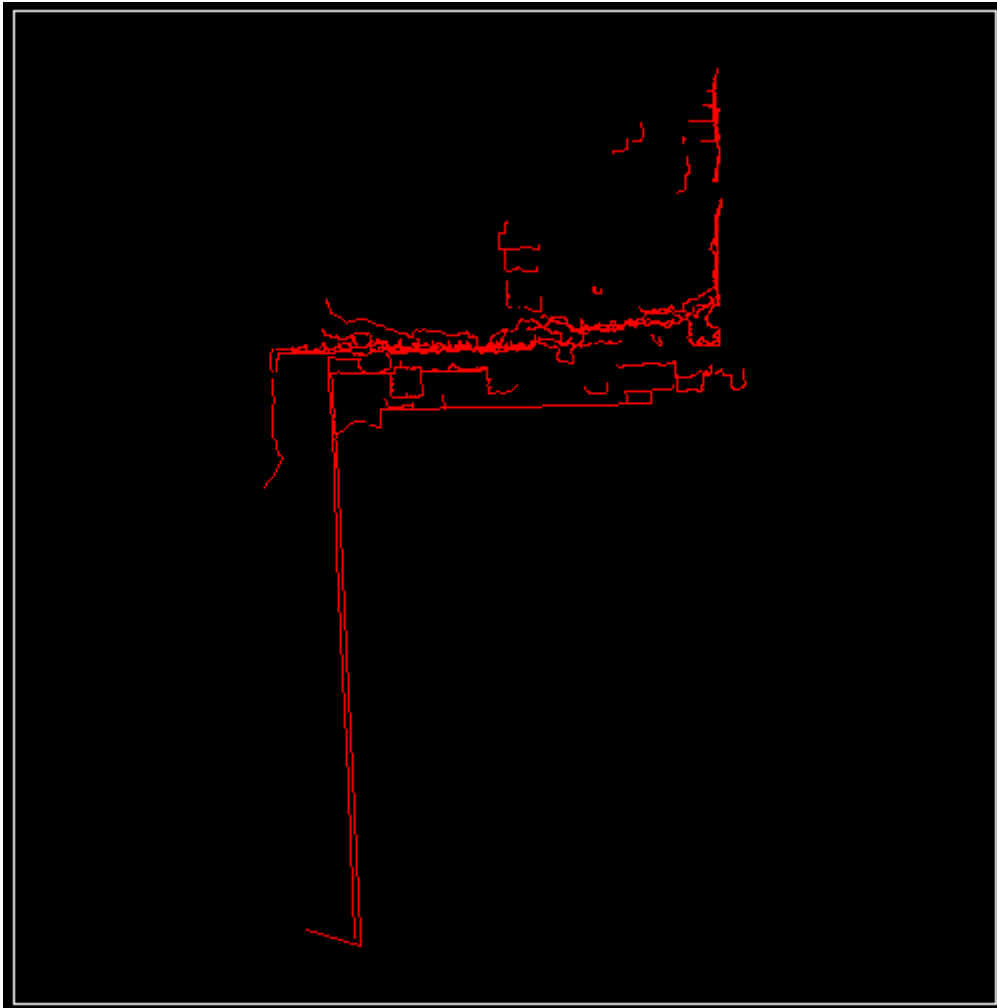
5.5. Δημιουργία Κάτοψης

Για τη δημιουργία της κάτοψης χρησιμοποιήθηκε παρόμοιος τρόπος με αυτόν των τομών. Συγκεκριμένα, επιλέχθηκε το roipit cloud που απεικονίζει τον τοίχο προς αποτύπωση και προσανατολίστηκε ως προς τον άξονα που σχεδιάσαμε στο Κεφάλαιο 5.3.. Αυτό πραγματοποιήθηκε στο περιβάλλον του AutoCad με την εντολή CloudWorx, Open ModeSpace View και στην επιλογή MS View επιλέγουμε το νέφος που περιέχει τον τοίχο και στην επιλογή Coordinate Systems τον άξονα που δημιουργήσαμε.



Εικόνα 40: Επιλογή του νέφους και του άξονα μέσω CloudWorx

Στη συνέχεια στρέφοντας το νέφος σε front view δημιουργήθηκε ένα "χτένι" κατά το ύψος του τοίχου με σκοπό συνεχόμενα "κοψίματα" με την εντολή Slice και την ψηφιοποίηση των μεμονωμένων τμημάτων ώστε να φτάσουμε στο τελικό αποτέλεσμα της ζητούμενης κάτοψης.



Εικόνα 41: Κάτοψη από CloudWorx

5.6. Δημιουργία Όψης

Το τρισδιάστατο μοντέλο που δημιουργείται από το laser scanner παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας όψεων με διάφορες τεχνικές οι οποίες ποικίλουν ανάλογα με το υπόβαθρο και το σκοπό για τον οποίο δημιουργούνται. Έτσι, η απόδοση υψής στην όψη μπορεί να γίνει με την κατάλληλη επεξεργασία του point cloud μετά τη συνένωση των επιμέρους νεφών, με την εφαρμογή της τεχνικής Texture Map πάνω στο point cloud αλλά και την προσαρμογή επιφάνειας πάνω σε αυτό (Mesh).

Παρακάτω αναλύονται και εφαρμόζονται οι τεχνικές αυτές για τη δημιουργία της όψης του Βορειοανατολικού αναλήμματος αλλά και του κάθετου σε αυτό τοίχου του Θεάτρου του Διονύσου.

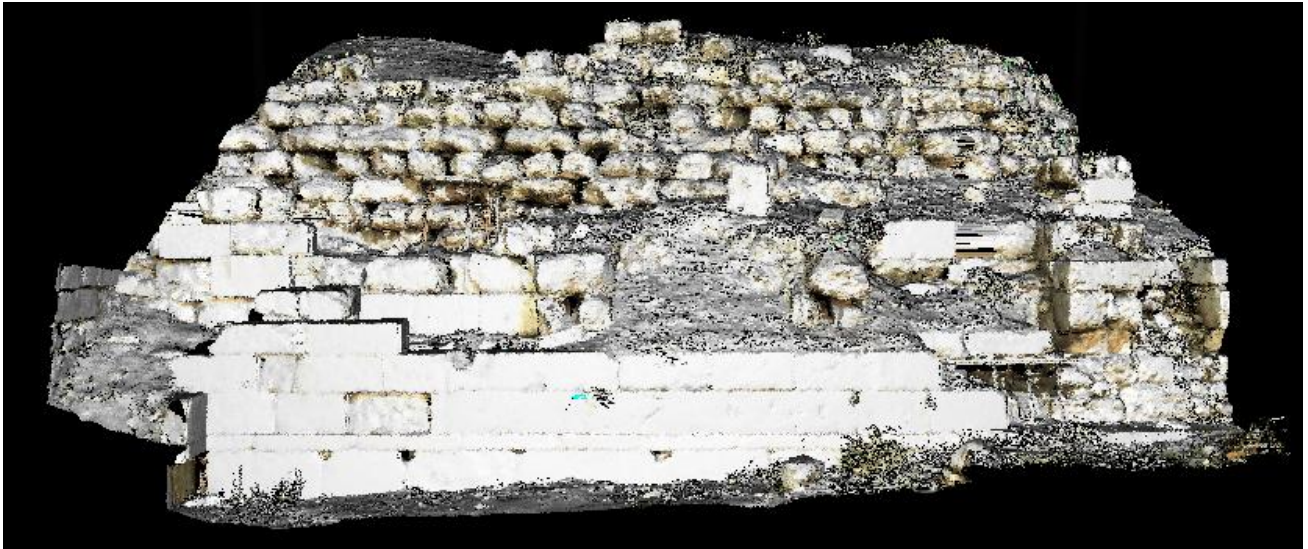
Για τη δημιουργία των όψεων επιλέγεται αρχικά το point cloud στο οποίο απεικονίζεται το αντικείμενο που επιθυμούμε και προσανατολίζεται ως προς άξονα παράλληλο με αυτό όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 5.3.. Αφού ολοκληρωθεί ο προσανατολισμός του point cloud, μέσω του λογισμικού Cyclone και με τις εντολές orthometric και frontview μπορεί ο χρήστης να δει κάθετα τον τοίχο. Στη συνέχεια επιλέγεται το point cloud και από το μενού Tools, Mesh, Create Mesh, Complex Meshing γίνεται το mesh. Έπειτα από το μενού Selection, Set Selectable απενεργοποιείται η ορατότητα του Point cloud. Τέλος, από το μενού View, View Object As επιλέγεται το χρώμα του Mesh. Μετά την εφαρμογή του mesh σειρά έχει η εφαρμογή του texture mapping.

Η εφαρμογή texture mapping, απεικονίζει αντικείμενα που έχουν σαρωθεί (point cloud) χρησιμοποιώντας τα χρώματα της εικόνας. Για τη δημιουργία του texture map χρειάζονται τουλάχιστον 7 ομόλογα σημεία διακριτά τόσο στο point cloud όσο και στη φωτογραφία. Απαραίτητη προϋπόθεση για τη σωστή προσαρμογή της εικόνας είναι η φωτογράφιση του αντικειμένου από σωστή θέση.

Η διαδικασία με την οποία γίνεται το Texture Mapping στο Cyclone είναι η εξής:

Αρχικά γίνεται η εισαγωγή των φωτογραφιών στο Cyclone Navigator ως εξής: Επιλέγεται η βάση στην οποία υπάρχουν οι σαρώσεις και από το μενού File→Import φορτώνονται οι φωτογραφίες στο Cyclone. Στη συνέχεια ανοίγει το model space και από το menu view επιλέγεται Global Texture Map. Έπειτα με την εντολή Edit Object→Appearance →Texture Map Browser ανοίγει η εικόνα που απαιτείται. Αφού ανοιχθεί η εικόνα και ρυθμιστεί το zoom, επιλέγονται τα ίδια σημεία στην εικόνα και στο point cloud με την ίδια σειρά. Αφού γίνει λοιπόν η επιλογή σημείων, από την εργαλειοθήκη του Texture Editor επιλέγοντας Add και Compute υπολογίζονται τα σφάλματα και επιλέγονται τα 7 καλύτερα σημεία (με το μικρότερο σφάλμα). Στη συνέχεια, στο επιλεγμένο νέφος σημείων, εφαρμόζεται η εντολή Edit Object→Appearance →Apply Color Map→Image Texture Map για την προσαρμογή της εικόνας στο Point Cloud. Τα ομόλογα σημεία που επιλέγονται κάθε φορά πρέπει να είναι ομοιόμορφα κατανεμημένα στη φωτογραφία για την καλύτερη προσαρμογή και την αποφυγή παραμορφώσεων.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το αποτέλεσμα δεν είναι αρκετά ικανοποιητικό και δε φαίνεται αρκετά καλά η όψη του τοίχου με τα πραγματικά χρώματα καθώς το βήμα σάρωσης(resolution) κατά τη διάρκεια των μετρήσεων ήταν της τάξης των 5mm. Αυτό σημαίνει πως για καλύτερα αποτελέσματα θα έπρεπε να είχε επιλεγθεί πιο μικρό βήμα σάρωσης της τάξης ίσως των 2mm, με σκοπό να έχουμε ένα πιο πυκνό νέφος σημείων που θα δώσει και περισσότερη πληροφορία για επεξεργασία. Αυτό βέβαια προϋποθέτει την κατοχή ενός υπολογιστικού μηχανήματος μεγάλης μνήμης και καλού επεξεργαστή κάτι το οποίο δεν ήταν εφικτό στα πλαίσια της διπλωματικής αυτής. Παρακάτω φαίνονται τα αποτελέσματα των δύο όψεων.



Εικόνα 42: Όψη Βορειοανατολικού αναλήμματος



Εικόνα 43: Όψη κάθετου τοίχου στο Βορειοανατολικό ανάλημα

Τέλος, πρέπει να τονιστεί πως έγιναν προσπάθειες δημιουργίας των δύο όψεων και με άλλους τρόπους που τελικά δεν κατάφεραν να φέρουν το επιθυμητό αποτέλεσμα. Η αρχική ιδέα ήταν η ψηφιοποίηση του νέφους το οποίο εισάγαμε μέσω του Cloudwork στο περιβάλλον του AutoCAD. Εκεί παρατηρήθηκε πως οι ενώσεις των πετρών μεταξύ τους δεν ήταν ορατές παντού, πρόβλημα το οποίο θα αντιμετωπιζόταν αν είχαμε σαρώσει με μικρότερο βήμα σάρωσης ώστε να έχουμε ένα πιο πλούσιο νέφος που θα δώσει περισσότερη πληροφορία. Στη συνέχεια, για τη λύση αυτού του προβλήματος αποφασίστηκε η ψηφιοποίηση των πετρών που δε φαίνονταν μέσω φωτογραφιών. Αυτό θα ήταν εφικτό αφού πρώτα μετατρέψουμε τις φωτογραφίες από κεντρική προβολή σε ορθή. Έτσι χρησιμοποιήθηκαν διάφορα προγράμματα για τη μετατροπή αυτή όπως το RDF didattica, Direc, XRTC. Δυστυχώς κανένα από τα προγράμματα αυτά δεν ωφέλησε καθώς υπήρχαν διάφορα προβλήματα στο καθένα ξεχωριστά, όπως για το RDF didattica οι φωτογραφίες που εισάγονταν ήταν υψηλής ανάλυσης και δεν μπορούσε να τις επεξεργαστεί.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6. ΤΕΛΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Στο συγκεκριμένο Κεφάλαιο παρουσιάζονται τα τελικά σχέδια του Ωδείου, συνοψίζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την όλη εργασία και δίνονται κάποιες σκέψεις για περαιτέρω συνέχεια της.

6.1. Τελικά Σχέδια

Με την εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας δημιουργήθηκαν τα παρακάτω τελικά σχέδια, τα οποία εμπεριέχονται και στο φάκελο.

- ένα Τοπογραφικό Διάγραμμα-Οδοιπορικό (σε κλίμακα 1:200)
- μία κάτοψη (σε κλίμακα 1:100)
- μία οριζόντια τομή κατά μήκος των τεσσάρων αντηρίδων (σε κλίμακα 1:100)
- 4 εγκάρσιες τομές, μία σε κάθε αντηρίδα (σε κλίμακα 1:100)
- 6 εγκάρσιες οψοτομές, δύο ανάμεσα σε κάθε ζεύγος αντηρίδων (σε κλίμακα 1:100)
- μία όψη του ΒΑ αναλήμματος του Θεάτρου του Διονύσου και του Βόρειου τοίχου του Ωδείου του Περικλέους (σε κλίμακα 1:100)
- μία όψη του κάθετου τοίχου στο ΒΑ ανάλημμα του Θεάτρου του Διονύσου (σε κλίμακα 1:100)

6.2. Συμπεράσματα

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται μια αξιολόγηση των εργασιών και των αποτελεσμάτων που συντελέστηκαν και αναπτύχθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια για την τεκμηρίωση πολύπλοκων γεωμετρικά σχηματισμών, όπως είναι ένα αρχαίο μνημείο. Επίσης θα αξιολογηθεί ο τρόπος με τον οποίο έγινε η συλλογή και η επεξεργασία των δεδομένων και θα προταθούν εναλλακτικοί τρόποι εργασίας με στόχο την βελτιστοποίηση του τελικού αποτελέσματος.

Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με τις προτάσεις για την περαιτέρω συνέχιση της παρούσας εργασίας.

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν είναι τα παρακάτω:

- Χρησιμοποιώντας Total Station γίνεται αποτύπωση «σημείο προς σημείο» επιτυγχάνοντας διακριτή ακρίβεια σε κάθε σημείο ενώ στην αποτύπωση με χρήση laser scanner επιτυγχάνεται ενιαία σχετική ακρίβεια σε ολόκληρο το νέφος.
- Η αποτύπωση με laser scanner συνδυάζει την ακρίβεια της τοπογραφικής και την πληρότητα της φωτογραμμετρικής αποτύπωσης.
- Στις γεωδαιτικές εφαρμογές, ο σαρωτής laser σε συνδυασμό με άλλες τοπογραφικές μεθόδους αποτύπωσης μπορεί να δώσει πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα και ειδικά σε αποτυπώσεις κτηρίων, ακόμα και αντικειμένων όπου παρουσιάζονται προβλήματα πρόσβασης, εγγύτητας και πολυπλοκότητας. Έτσι οι διάφορες μέθοδοι Γεωμετρικής Τεκμηρίωσης δίνουν καλύτερα αποτελέσματα όταν συνδυάζονται και όχι όταν χρησιμοποιούνται η μία ανεξάρτητα από τις άλλες.

- Το κόστος απόκτησης του σαρωτή ScanStation 2 είναι πολύ μεγάλο, όμως το ασύγκριτο πλεονέκτημα της χρήσης του για τέτοιου είδους εργασίες είναι η ικανότητα συλλογής πολύ μεγάλου πλήθους σημείων σε μικρό χρονικό διάστημα.
- Η αποτύπωση με χρήση Total station υπόκειται στην υποκειμενική κρίση του παρατηρητή (επιλογή σκόπευσης σημείων), ενώ με χρήση Laser scanner η αποτύπωση είναι ανεξάρτητη του χειριστή.
- Παρόλο που οι προδιαγραφές του σαρωτή που χρησιμοποιήθηκε (Scan Station 2) επιτρέπουν σάρωση με οριζόντιο εύρος 360° και κατακόρυφο 270° , στην πράξη η επιλογή σάρωσης σε τόσο μεγάλο εύρος δημιουργεί προβλήματα και πολλές φορές λόγω του πλήθους των σημείων που καλείται να αποτυπώσει το όργανο παύει να αποκρίνεται. Έτσι, διαπιστώθηκε ότι η δημιουργία μικρών και σύντομων χρονικά σαρώσεων οδηγεί σε καλύτερα αποτελέσματα και με λιγότερο κόπο και θόρυβο.
- Η άσχημη κατάσταση της περιοχής έκανε χρονοβόρα και απαιτητική τη διαδικασία της σάρωσης για να επιτευχθεί το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα, καθώς το έδαφος δεν αποτελούνταν από τσιμέντο αλλά χώμα και επίσης υπήρχε σημαντική κλίση. Αυτό ήταν εμπόδιο για την ίδρυση επιπλέον στάσεων στα σημεία αυτά για την αποφυγή των «κενών» στις σαρώσεις.
- Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα δημιουργίας γεωμετρικών τομών με σαρωτή laser, σε σύγκριση με τις μεμονωμένες τομές που προκύπτουν από τις μετρήσεις με (reflectorless) total station, είναι η δυνατότητα δημιουργίας πλήθους κάθετων και οριζόντιων τομών για ένα μόνο μοντέλο χωρίς επιπλέον μετρήσεις.

- Η χρήση δορυφορικών μεθόδων (GPS) για τη δημιουργία τριγωνομετρικού δικτύου στη συγκεκριμένη περιοχή, ήταν μία επιλογή η οποία μείωσε τον χρόνο εργασιών στο πεδίο. Αν είχαν επιλεγθεί επίγειες μέθοδοι για τη δημιουργία του τριγωνομετρικού δικτύου, λόγω της μη ορατότητας μεταξύ των σημείων με τα διάφορα τριγωνομετρικά, θα ήταν απαραίτητη η πύκνωση του δικτύου με αρκετά ακόμα σημεία, με αποτέλεσμα να αυξηθεί ο χρόνος ολοκλήρωσης των μετρήσεων στο πεδίο.

6.3. Προτάσεις

Με την ολοκλήρωση της συγκεκριμένης Διπλωματική Εργασίας και την ανάλυση των αποτελεσμάτων της, αξίζει να σημειωθούν κάποιες προτάσεις για τυχόν μελλοντική, επιπρόσθετη διερεύνηση του θέματος.

- Η σάρωση από επιπλέον θέσεις μπορεί να καλύψει τα "κενά" που υπάρχουν στο τελικό μοντέλο. Υπάρχει η δυνατότητα διερεύνησης των κενών στο τελικό μοντέλο και της επιλογής του ελάχιστου αριθμού σαρώσεων και της κατάλληλης θέσης κάθε σάρωσης για την πλήρη κάλυψη των "κενών" σημείων.
- Χρήση διαφορετικού επίγειου σαρωτή. Θα ήταν χρήσιμο ένα ακόμα πιο γρήγορο και ελαφρύ όργανο ώστε να μειωθεί περισσότερο ο χρόνος στο ύπαιθρο και να ελαχιστοποιηθούν τα κενά στην πληροφορία.
- Θα ήταν ενδιαφέρον να γίνουν οι επιπλέον απαραίτητες μετρήσεις με Total Station, για τη δημιουργία τομών στις ίδιες θέσεις με αυτές που προέκυψαν στην παρούσα μελέτη από το 3D μοντέλο με σκοπό να αξιολογηθούν οι δύο διαδικασίες,

τόσο ξεχωριστά όσο και με συνδυασμός τους, με μεγαλύτερη λεπτομέρεια και αξιοπιστία.

- Σαν συνέχεια της συγκεκριμένης εργασίας θα μπορούσε να γίνει εισαγωγή και επεξεργασία των νεφών σημείων σε κάποιο άλλο πρόγραμμα όπως το Polyworks, το Geomagis ή το 3DReshaper και να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων και των δυνατοτήτων των διαφόρων λογισμικών.
- Συνδυασμός της παρούσας μεθοδολογίας με φωτογραμμετρικές μεθόδους, καθώς θα ήταν δυνατή η παραγωγή υψηλής ποιότητας εικονιστικών προϊόντων. Παράλληλα θα υπήρχε η δυνατότητα παραγωγής πραγματικά φωτορεαλιστικού μοντέλου για τις ανάγκες της πιο εύκολης δημιουργίας της όψης των δύο τοίχων.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Χαρακτηριστικά του TCR 405

Μετρήσεις Γωνίας (Hz, Υ)	
Μέθοδος	Απόλυτη συνεχής
Ανάλυση οθόνης	1 " / 0,1 mgon / 0,01 εκατομμύρια
Τυπική Απόκλιση (ISO 17.123-3)	5 "(1.5mgon)
Τηλεσκόπιο	
Μεγέθυνση	30x
Πεδίο προβολής	1 30 (26μ σε 1km)
Ελάχιστη. απόσταση στόχου	1,7 μ.
Σταυρόνημα	Φωτεινές
Αντισταθμιστή	
Σύστημα	Ηλεκτρονική λάδι 2 αντισταθμιστή άξονα
Ρύθμιση ακρίβεια	1,5 "
Μέτρηση απόστασης με ανακλαστήρα (IR)	
Εύρος μέτρησης με στρογγυλό πρίσμα GPR1	3500 τ.μ.
Μέτρησης με φύλλο ανάκλασης (60 mm x 60 mm)	250 χιλιοστά
Τυπική απόκλιση (ISO 17123 - 4) (πρόστιμο / γρήγορη / παρακολούθηση)	2 χιλιοστών + 2 ppm/55 mm + 2 ppm / 5 mm + 2 ppm
Ώρα για measurement (πρόστιμο / γρήγορη / παρακολούθηση)	<1 sec / <0,5 sec / <0,15 δευτ.
Χωρίς πρίσμα measurement Απόστασης (RL)	
Εύρος:	PinPoint R100 ("Power") 170 μ. (90reflective)
Μεσαίο ατμοσφαιρικές συνθήκες)	PinPoint R300 ("Ultra") > 500 90% ανακλαστική)
Τυπική απόκλιση (ISO 17123 - 4) (Standard / Tracking)	3 χιλιοστά ppm/5mm +2 +2 ppm
Χρόνος ανά ΠΠΣ.) Κανονική / Tracking)	τυπ. 3s/1s
Μέγεθος σε 100m	12 χιλιοστά x 40 mm
Επικοινωνία	
Εσωτερική αποθήκευση δεδομένων	10 000 μπλοκ δεδομένων
Διασύνδεση	RS232
Δεδομένα μορφές	GSI / Idex / ASCII / DXF / Ελεύθερα

	αναγνωρίσιμα σχήματα
Λειτουργία	
Εμφάνιση	Γραφικών 160 x 280 pixels, ΑΡΗΑ αριθμητικό 8 γραμμές x 31 χαρακτήρες
Laser κέντρωση	
Τύπος	Laser σημείο, φωτεινότητα ρυθμιζόμενη σε βήματα
Ακρίβεια	1,5 χιλιοστά σε ύψος 1,5 μ. μέσο
Περιβαλλοντικές Συνθήκες	
Εύρος θερμοκρασίας (λειτουργία)	-20 ° C έως +50 ° C (-4 ° F έως +122 ° F)
Από σκόνη και υγρασία απόδειξη (IEC 60529)	IP55
Υγρασία	95 &, μη συμπύκνωσης
Βάρος	
Βάρος με μπαταρία και τρικόχλιο	5,2 kg
Περίοδος λειτουργίας με GEB121	περίπου. 6 ώρες
Αριθμός μετρήσεις αποστάσεων με GEB1212	περίπου 9'000

Πίνακας 3: Τεχνικά χαρακτηριστικά του TCR 405

ΠΗΓΗ: <http://www.leica-geosystems.com>



Εικόνα 44: ΟΓΣ Leica TCR 405

ΠΗΓΗ: : <http://www.leica-geosystems.com>

Χαρακτηριστικά Scan Station 2

ΓΕΝΙΚΑ	
Τύπος οργάνου	Πολύ υψηλής ταχύτητας Ανιχνευτής laser παλμών με διπλό άξονα αντιστάθμισης
Επικοινωνία με το χρήστη	Notebook or Tablet PC
Κίνηση ανιχνευτών(scanner motor)	Κίνηση με σερβομηχανισμό

Κάμερα	Ενσωματωμένη κάμερα υψηλής ανάλυσης
ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΤΗΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	
Θέση	6mm
Απόσταση	4mm
Γωνία	60μrad
Μέτρηση στόχων	2mm απόκλιση
Διπλός άξονας αντιστάθμισης	Μπορεί να επιλεγεί on/ off: Resolution 1", dynamic range $\pm 5'$
LASER SCANNER	
Τύπος Laser	Laser παλμών
Χρώμα Laser	Πράσινο
Τάξη Laser	3R
Εμβέλεια Laser	300 m κατά 90% και 134 m κατά 18%
Μέγεθος σημείων	Από 0 - 50m :4mm (FWHH): 6mm (Gaussian)
Μέγιστη πυκνότητα δειγμάτων	<1mm
ΟΠΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ	
Οριζόντια γωνία	360°
Κατακόρυφη γωνία	270°
Οπτική ανίχνευσης	Ενιαίο κάτοπτρο, πανοραμικό, με 2 παράθυρα, ένα μπροστά και το άλλο επάνω, τα οποία προστατεύονται από το περιβάλλον από 2 ασπίδες γυαλιού
Δείκτης για οριζοντίωση	Εξωτερική φυσαλίδα και μέσω του laptop
ΑΝΤΑΛΛΑΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	

Εισαγωγή	Cyclone native IMP object database format, Cyclone Object Exchange (COE) format, ASCII point data (XYZ, SVY, PTS, PTX, TXT) Leica X-function DBX, LandXML, ZFS, ZFC, 3DD
Εξαγωγή	ASCII point data (XYZ, SVY, PTS, PTX, TXT) DXF, Leica X-function DBX, LandXML, PTZ

Πίνακας 4: Τεχνικά χαρακτηριστικά του Scan Station 2

ΠΗΓΗ: <http://www.leica-geosystems.com>



Εικόνα 45: Leica ScanStation 2

ΠΗΓΗ: <http://www.leica-geosystems.com>

Τεχνικά χαρακτηριστικά για την Canon EOS 40D

Αισθητήρας εικόνας

Αισθητήρας CCD: APS-C μέγεθος 22.2 x 14.8 χιλ. CMOS των 10,5 Megapixel

Ενεργά Pixels: 10.1M

Συνολικά Pixels: 10.5M

Αναλογίες: 3:2

Χαμηλοπερατό Φίλτρο: Ενσωματωμένο/Σταθερό, αυτοκαθαριζόμενο

Τύπος Φίλτρου Χρωμάτων: Πρωτεύοντων Χρωμάτων

Επεξεργαστής εικόνας

Επεξεργαστής εικόνας: DIGIC III στα 14 bits

Βάση Φακού - Πατούρα: EF/EF-S

Εστιακή Απόσταση: Αύξηση κατά 1.6x με φακό EF

Εστίαση

Τύπος: TTL-CT-SIR με αισθητήρα CMOS

Σύστημα/Σημεία Αυτόματης Εστίασης (AF): AF 9 σημείων

Εύρος Λειτουργίας AF: EV -0.5 - 18 (σε θερμ. 20°C & ρύθμιση ISO 100)

Καταστάσεις AF: AI Focus, One Shot, AI Servo

Επιλογή Σημείου AF: Αυτόματη/Χειροκίνητη

Ένδειξη Επιλεγμένου Σημείου AF: Υπέρθεση στο σκόπευτρο και στο LCD πάνελ

AF με πρόβλεψη κίνησης: Ναι

Κλειδώμα Αυτόματης Εστίασης (AF): Με πάτημα του κουμπιού του κλείστρου μέχρι το μέσον σε κατάσταση One Shot AF.

Δέσμη Υποβοήθησης AF: Διακοπτόμενο άναμμα του ενσωματωμένου φλας

Χειροκίνητη Εστίαση: Επιλογή μέσω του φακού και προεπιλεγμένο στη Ζωντανή Λήψη (Liveview)

Έλεγχος έκθεσης

Καταστάσεις Φωτομέτρησης

Φωτομέτρηση TTL πλήρους διαφράγματος με SPC 35 ζωνών

(1) Συνολικής αποτίμησης (διασύνδεση με οποιοδήποτε σημείο AF)

(2) Μερική (περίπου 9% του σκοπεύτρου στο κέντρο)

(3) Φωτομέτρηση σημείου (στοπ): Φωτομέτρηση κεντρικού σημείου (περίπου 3.8% του σκοπεύτρου στο κέντρο)

(4) Μέσου Όρου με Αυξημένη Βαρύτητα στο Κέντρο

Εύρος Φωτομέτρησης: EV 1-20 (σε θερμ. 20°C με φακό 50mm f/1.4 & ρύθμιση ISO100)

Κλειδώμα Αυτόματης Έκθεσης (AE)

Αυτόματο: Λειτουργεί σε κατάσταση One Shot AF με φωτομέτρηση συνολικής αποτίμησης όταν επιτευχθεί εστίαση

Χειροκίνητο: Μέσω πλήκτρου Κλειδώματος AE σε καταστάσεις της "δημιουργικής" ζώνης.

Διόρθωση Έκθεσης: +/- 2 EV, σε βήματα 1/2 ή 1/3 στοπ

Αυτόματη Οριοθέτηση Έκθεσης (AEB): +/- 2 EV, σε βήματα 1/2 ή 1/3 στοπ

Ισοδύναμη Ταχύτητα ISO: 100-1600 (σε βήματα 1/3-stop), δυνατότητα επέκτασης σε ISO

H: 3200 (επιλέγεται σε Εξειδικευμένη Λειτουργία)

Κλείστρο

Τύπος: Ηλεκτρονικά ελεγχόμενο κλείστρο εστιακού επιπέδου

Ταχύτητα: 30-1/8000 δευτ. (βήμα 1/2 ή 1/3), Λυχνία

Ελευθέρωση Κλείστρου: Ηλεκτρομαγνητική ελευθέρωση με "μαλακό" άγγιγμα

Ισορροπία Λευκού

Τύπος: Αυτόματος καθορισμός μέσω του αισθητήρα εικόνας

Ρυθμίσεις: Αυτόματη (AWB), Φως Ημέρας, Σκιά, Συννεφιά, Λυχνίες Πυρακτώσεως, Λυχνίες Φθορισμού (λευκό), Φλας, Εξειδικευμένη και Καθορισμός Θερμοκρασίας Χρώματος.

Διόρθωση ισορροπίας λευκού: Μπλε/Κίτρινο +/-9, Ματζέντα/Πράσινο +/-9.

Προσωπικές επιλογές Ισορροπίας Λευκού: 1 επιλογή μπορεί να αποθηκευτεί

Οριοθέτηση Ισορροπίας Λευκού: +/-3 στοπ σε βήματα ενός στοπ

3 λήψεις οριοθέτησης ανά πάτημα του κλειστρου.

Επιλογή μετατόπισης προς Μπλε/Κίτρινο ή Ματζέντα/Πράσινο.

LCD οθόνη

Οθόνη: 3" TFT, περίπου 230,000 pixel

Ενεργή Ζωντανή Λήψη (Live View Mode)

Κάλυψη: Περίπου 100% (για εικόνες JPEG)

Φωτεινότητα: Δυνατότητα επιλογής 7 επιπέδων

Εγγραφόμενα Pixels/Συμπίεση

Μέγεθος Εικόνας: (LF) 3888x2592, (LN) 3888x2592, (MF) 2816x1880, (MN) 2816x1880, (SF) 1936x1288, (SN) 1936x1288, (RAW) 3888x2592, (sRAW) 1936x1288

Συμπίεση: Fine, Normal, RAW / sRAW (Canon RAW 2η έκδοση)

ΠΗΓΗ: <http://www.inspirations.gr>

The-Digital-Picture.com Reviews



Εικόνα 46: Φωτογραφική Μηχανή Canon EOS 40D

[ΠΗΓΗ: www.google.gr](http://www.google.gr)

Χάρτης της Βενετίας

Άρθρο 1. Η έννοια ενός ιστορικού μνημείου δεν καλύπτει μόνο το μεμονωμένο αρχιτεκτονικό έργο αλλά και την αστική ή την αγροτική τοποθεσία που μαρτυρεί ένα ιδιαίτερο πολιτισμό μια ενδεικτική εξέλιξη ή ένα ιστορικό γεγονός. Αυτό ισχύει όχι μόνο για τις μεγάλες δημιουργίες αλλά και για τα ταπεινά έργα που με τον καιρό απέκτησαν πολιτιστική σημασία.

Άρθρο 2. Η συντήρηση και η αποκατάσταση των μνημείων, αποτελεί έναν επιστημονικό κλάδο ο οποίος πρέπει να αποτείνεται στη συνεργασία όλων των επιστημών και όλων των τεχνών που μπορούν να συνεισφέρουν στη μελέτη και τη διάσωση της μνημειακής κληρονομιάς.

Άρθρο 3. Η συντήρηση και η αποκατάσταση των μνημείων αποσκοπούν να τα διασώσουν τόσο σαν έργα τέχνης όσο και σαν ιστορικές μαρτυρίες.

Άρθρο 4. Η συντήρηση των μνημείων έχει σαν πρωταρχική απαίτηση τη συνεχή και μόνιμη φροντίδα για την διατήρησή τους.

Άρθρο 5. Η συντήρηση των μνημείων ευνοείται πάντοτε από την καταλληλότητά τους να χρησιμοποιηθούν για κάποιο σκοπό ωφέλιμο στην κοινωνία. Μια τέτοια χρησιμοποίηση είναι βέβαια επιθυμητή, αλλά δεν πρέπει να αλλάζουν την διάρθρωση ή την διακόσμηση των κτιρίων. Οι διαρρυθμίσεις που επιβάλλει η αλλαγή της λειτουργίας τους (από νέες χρήσεις) πρέπει να αντιμετωπίζονται και ενδεχομένως να επιτρέπονται μέσα σ' αυτά τα όρια.

Άρθρο 6. Η συντήρηση ενός μνημείου συνεπάγεται την διατήρησή του άμεσου περιβάλλοντος του, στην κλίμακα του. Αν το παραδοσιακό πλαίσιο δεν έχει εξαφανισθεί, έχουμε καθήκον να το διατηρήσουμε αλλά και ταυτόχρονα να αποκλείσουμε κάθε άλλη προσθήκη, κάθε κατεδάφιση και κάθε αλλαγή που θα μπορούσε να αλλάξει τις σχέσεις των όγκων και των χρωμάτων.

Άρθρο 7. Το μνημείο είναι αναπόσπαστο από την ιστορική στιγμή που αντιπροσωπεύει και από τον χώρο που είναι τοποθετημένο. Επομένως η μετακίνηση του όλου ή τμήματος ενός μνημείου μπορεί να γίνει παραδεκτή μόνο αν επιβάλλεται από την ανάγκη διασώσεώς του, ή δικαιολογείται από λόγους μεγάλης εθνικής ή διεθνούς σημασίας.

Άρθρο 8. Τα γλυπτικά, ζωγραφικά ή διακοσμητικά στοιχεία που είναι αναπόσπαστα δεμένα με το μνημείο, δεν μπορούν να διαχωριστούν παρά μόνο αν το μέτρο αυτό είναι η μοναδική διέξοδος για να εξασφαλιστεί η διάσωση τους.

Άρθρο 9. Η διαδικασία της αποκαταστάσεως είναι μια επέμβαση υψηλής εξειδίκευσης που επιβάλλεται να γίνεται κατ' εξαίρεση. Έχει σαν στόχο να διατηρήσει και να αποκαλύψει τις ιστορικές και αισθητικές αξίες του μνημείου και βασίζεται στον σεβασμό προς την αρχική του υπόσταση και τα αυθεντικά του στοιχεία. Σταματάει στο σημείο που αρχίζουν να υπάρχουν υποθέσεις. Πέρα από αυτό το σημείο, οποιαδήποτε εργασία που ενδεχομένως θα θεωρηθεί

απαραίτητη για τεχνικούς ή αισθητικούς λόγους, θα πρέπει να διαχωρίζεται από την αρχική αρχιτεκτονική σύνθεση και να φέρνει την σφραγίδα της εποχής μας. Σε όλες τις περιπτώσεις η αρχαιολογική μελέτη θα προηγείται της αποκατάστασης και θα την ακολουθεί.

Άρθρο 10. Όταν οι παραδοσιακές τεχνικές αποδεικνύονται ανεπαρκείς, η στέρηση ενός μνημείου μπορεί να εξασφαλιστεί με την προσφυγή σε όλες σε όλες τις σύγχρονες τεχνικές συντηρήσεως και κατασκευές, που η αποτελεσματικότητα θα έχει αποδειχθεί από τα επιστημονικά δεδομένα και τις οποίες θα εγγυάται η πείρα της εφαρμογής τους.

Άρθρο 11. Οι αξιόλογες προσθήκες όλων των εποχών στη σημερινή υπόσταση ενός μνημείου πρέπει να γίνουν σεβαστές, γιατί σκοπός της αποκαταστάσεως του δεν είναι η ενότητα του αρχικού του ρυθμού. Όταν ένα κτίριο φέρνει υπερκείμενες φάσεις διάφορων εποχών, η επαναφορά στην αρχική του κατάσταση δεν δικαιολογείται παρά μόνο κατ' εξαίρεση. Αν, δηλαδή, τα στοιχεία που θα αφαιρεθούν έχουν πολύ μικρή σημασία και η σύνθεση που θα αποκαλυφθεί είναι μεγάλης ιστορικής, αρχαιολογικής ή αισθητικής αξίας κι ακόμη αν η κατάσταση της διατηρήσεως του μνημείου κριθεί αρκετά ικανοποιητική. Η κρίση σχετικά με την αξιολόγηση των μεταγενέστερων στοιχείων και η απόφαση για την απάλειψή τους, δεν θα πρέπει να εξαρτώνται μόνο από το άτομο που ανέλαβε την μελέτη του έργου.

Άρθρο 12. Τα στοιχεία που προορίζονται να αντικαταστήσουν τμήματα του μνημείου που έχουν καταστραφεί, πρέπει να ενσωματώνονται αρμονικά στο σύνολο, αλλά και να διακρίνονται από τα αυθεντικά μέρη, έτσι ώστε να μην πλαστογραφούνται τα καλλιτεχνικά και ιστορικά τεκμήρια του κτιρίου.

Άρθρο 13. Οι προσθήκες δεν μπορεί να γίνουν ανεκτές παρά μόνο αν σέβονται όλα τα ενδιαφέροντα μέρη του κτιρίου, το παραδοσιακό του πλαίσιο, την ισορροπία της συνθέσεως του και τις σχέσεις του με τον περιβάλλοντα χώρο.

Άρθρο 14. Τα μνημειακά σύνολα πρέπει να γίνουν αντικείμενο ειδικών φροντίδων για να σωθεί η ακεραιότητά τους και να εξασφαλισθεί η εξυγίανσή τους, η διαρρύθμισή και η αξιοποίησή τους. Οι εργασίες για την συντήρηση και την αποκατάστασή τους, πρέπει να εμπνέονται από τις αρχές που διατυπώνονται στα προηγούμενα άρθρα.

Άρθρο 15. Οι ανασκαφές πρέπει να γίνονται σύμφωνα με τους επιστημονικούς κανόνες και καθώς ορίζουν οι "συστάσεις για τους διεθνείς όρους που πρέπει να εφαρμόζονται στις αρχαιολογικές ανασκαφές" τις οποίες υιοθέτησε η UNESCO το 1956. Επιβάλλεται να γίνεται διευθέτηση των ερειπίων και να λαμβάνονται τα αναγκαία μέτρα για την συντήρηση και την μόνιμη προστασία των αρχιτεκτονικών στοιχείων και των ευρημάτων. Εξάλλου, θα είναι ευπρόσδεκτη κάθε πρωτοβουλία που θα διευκολύνει την κατανόηση του μνημείου χωρίς να παραμορφώνει την σημασία του. Ωστόσο, κάθε εργασία ανακατασκευής θα πρέπει να αποκλείεται εκ των προτέρων. Μόνο η αναστήλωση μπορεί να αντιμετωπισθεί, δηλαδή η ανασύνθεση μελών που σώθηκαν αλλά έχουν μετακινηθεί. Οι συμπληρώσεις όμως θα είναι πάντα αναγνωρίσιμες και θα αντιπροσωπεύουν το ελάχιστο που απαιτείται για να εξασφαλιστούν οι συνθήκες συντηρήσεως του μνημείου και να αποκατασταθεί η μορφολογική του συνέχεια.

Άρθρο 16. Οι εργασίες συντηρήσεως, αποκαταστάσεως και ανασκαφής θα πρέπει να βασίζονται σε εξακριβωμένη τεκμηρίωση, δηλαδή σε αναλυτικές και κριτικές εκθέσεις, εικονογραφημένες με σχέδια και φωτογραφίες. Όλες οι φάσεις των εργασιών για την απάλειψη νεώτερων στοιχείων, την στερέωση, την ανασύνθεση και την ένταξη νέων (στοιχείων), καθώς και όλα τα τεχνικά και μορφολογικά στοιχεία που θα εξακριβώνονται κατά την διάρκεια των εργασιών, θα πρέπει να καταγράφονται λεπτομερειακά. Αυτή η τεκμηρίωση θα κατατίθεται στα αρχεία ενός δημοσίου ιδρύματος και θα είναι προσιτή στους ερευνητές. Προτείνεται η δημοσίευσή τους. (ΠΗΓΗ: <http://el.wikipedia.org>)

Φωτογραφικό Υλικό



Εικόνα 47: Σάρωση από την S8



Εικόνα 48: Σάρωση από την S11



Εικόνα 49: Μετρήσεις με Total Station στην S4



Εικόνα 50: Μετρήσεις με Total Station στην S2



Εικόνα 51: Ειδικός σφαιρικός στόχος για τη συνένωση των νεφών

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ανάγνου Α,-Γεωργίου Μ.: «Επίγειοι Τρισδιάστατοι Σαρωτές και Εφαρμογές τους», Πτυχιακή Εργασία, Τ.Ε.Ι. Αθήνας, Αθήνα 2012.
2. Αραμπατζή Ο.: «Όργανα αποτύπωσης επιφανειών με σάρωση (Laser Scanners)» Προσωπικές Σημειώσεις
3. Arabatzi O, V Pagounis, M Tsakiri (2011) Experiences in cultural heritage documentation using modern geodetic techniques- Monuments at the Acropolis of Athens. In: Proc. FIG Working Week, 18-22 May, Morocco.
4. Αρχοντάκης Γ.: «Γεωμετρική Τεκμηρίωση Ρωμαϊκού Ωδείου Πατρών-Δημιουργία 3D Μοντέλου», Διπλωματική Εργασία, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα 2012.
5. Αρχοντάκης Γ., Βλάχου Μ., Αραμπατζή Ο., Παγούνης Β., (2013): «Ο συνδυασμός γεωδαιτικών τεχνικών στις αποτυπώσεις μνημείων. Εφαρμογή στο Ρωμαϊκό Ωδείο Πάτρας».
6. Boehler W., Bordas V., Marbs A., Απρίλιος 2004 **“Investigating Laser Scanner Accuracy”**, Germany.
7. Βλάχου Μ. : «Γεωμετρική Τεκμηρίωση Ρωμαϊκού Ωδείου Πατρών-Τοπογραφική Αποτύπωση-Αποτύπωση Ψηφιδωτού», Διπλωματική εργασία, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα 2012.
8. Γεωργόπουλος Α., Μπαλοδήμος Δ. : «Σύγχρονες Τεχνολογίες στη Γεωμετρική Τεκμηρίωση Μνημείων» - Παρουσίαση για τα 170 χρόνια του Πολυτεχνείου Ε.Μ.Π. - Δεκέμβριος 2007.
9. Γεωργόπουλος Α., Ιωαννίδης Χ.: «Γεωμετρική Τεκμηρίωση Πολιτιστικών Αγαθών», Εργαστήριο Φωτογραμμετρίας- Σ.Α.Τ.Μ-Ε.Μ.Π. - Διήμερο Συνέδριο προσωπικού του Τμήματος Αναδασμού, ΚΕΓΕ Αγρού, 17-18/11/2008.
10. Ιωαννίδης Χ. (2005) 'Αποτυπώσεις Μνημείων'. Διάλεξη επίγειων σαρωτών laser στις αποτυπώσεις μνημείων. Αθήνα, Ελλάδα.

11. Κατσιούλη Π. : « Δημιουργία Γεωμετρικών Τομών από Δεδομένα Επίγειας Σάρωσης »
Διπλωματική εργασία, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα 2005
12. Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., 2010, «ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑ», Θεσσαλονίκη:
εκδόσεις ΖΗΤΗ.
13. Μακρής Γ. Ν. (1999) «Σύγχρονες αντιλήψεις και πρακτικές γεωμετρικής τεκμηρίωσης -
αποτύπωσης κειμηλίων, μνημείων και συνόλων». Αθήνα, Ελλάδα
14. Μπαλοδήμος Δ. : «Ειδικές Γεωδαιτικές Αποτυπώσεις» Εργαστήριο Γενικής Γεωδαισίας,
Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα 1993.
15. Μπαλοδήμος Δ. : «Η Συμβολή της Γεωδαισίας και της Φωτογραμμετρίας στην
Τεκμηρίωση και διατήρηση της πολιτιστικής μας κληρονομιάς- Μια πρόταση για την
Ήπειρο», 1ο Συνέδριο: Το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο για το Μέτσοβο, ΜΕΚΔΕ
2001.
16. Μπαμπουρδά Δ.: «Γεωμετρική Τεκμηρίωση της Κρήνης της Καλλιρόης, στον
αρχαιολογικό χώρο της Πνύκας», Διπλωματική Εργασία, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα 2010.
17. Pagonis V, O Arabatzi, M Tsakiri, D Tsini,: (2010), *Geodetic technology for cultural
heritage monitoring - the case study of Clepsydra at the Acropolis of Athens*, In:
Proc the 8th Intern, Symposium on the Conservation of Monuments in the
Mediterranean Basic MONUBASIN, May 31 - June 2, Patra, Greece.
18. Παπαγεωργίου Ε. : «Συμβολή των Επίγειων Σαρωτών Laser στη Γεωμετρική
Τεκμηρίωση Σωστικών Ανασκαφών», Διπλωματική εργασία, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα
2004
19. Σίσκας Βασίλειος, «Χρήση Επίγειου Σαρωτή για την αποτύπωση Αρχαίου Πύργου στην
Αγία Μαρίνα Κέας», Διπλωματική Εργασία, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα 2012.
20. Συμεωνίδης Π. : « Σαρωτές laser - Τεχνολογία, Τεχνικές και Εφαρμογές», Τμήμα
Γεωπληροφορικής και Τοπογραφίας, Τ.Ε.Ι Σερρών, Σέρρες 2007.

21. Τριάντου Ε., «Γεωμετρική τεκμηρίωση του Ι. Ν. Γέννησης του Χριστού - Διερεύνηση δυνατοτήτων του εικονογεωδαιτικού σταθμού GPT-7003i της TOPCON», Διπλωματική Εργασία, Σ.Α.Τ.Μ., ΕΜΠ, Αθήνα 2009.

Διαδίκτυο

1. www.leica-geosystems.com, Leica Geosystems
2. www.metrica.gr, Εταιρεία Metrica
3. www.astrolabe.gr, Εταιρεία Astrolabe
4. www.geomatics.gr
5. <http://geo.teiser.gr>, Τμήμα Γεωπληροφορικής και Τοπογραφίας
6. <http://e-topo.web.auth.gr> Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών
7. <http://www.diazoma.gr>, Αρχαία Θέατρα
8. <http://odysseus.culture.gr>
9. <http://el.wikipedia.org>
10. <http://www.eie.gr>
11. <http://www.diazoma.gr>
12. www.ysma.gr