



ΤΕΙ Κρήτης
Τμ. Μηχανικών Φυσικών Πόρων &
Περιβάλλοντος Τ.Ε.



Σχολή Εφαρμοσμένων Επιστημών

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Ανάδειξη και προβολή πολιτιστικών
και φυσικών πόρων με τεχνικές
τριδιάστατης μοντελοποίησης
χαμηλού κόστους**

Ευγενία Λευθήρη

A.M. : 1441

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Μηχ. Μαραβελάκης Εμμανουήλ

ΧΑΝΙΑ 2018

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	4
INTRODUCTION	5
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ.....	7
1.1 Τρισδιάστατη μοντελοποίηση	7
1.1.2 Τρόποι αναπαράστασης μοντέλων	7
1.2 Μέθοδοι αποτύπωσης	8
1.3 Βασική αρχή της Τοπογραφίας.....	8
1.3.1 Χαρακτηριστικά τοπογραφικής μεθόδου.....	9
1.4 Αεροφωτογραφία	11
1.5 Δορυφορική τηλεπισκόπηση.....	13
1.5.1 Αρχή λειτουργίας τηλεπισκοπικών ανιχνευτών.....	13
1.6 Φωτογραμμετρία.....	18
1.6.1 Χαρακτηριστικά Φωτογραμμετρίας.....	20
1.7 Τρισδιάστατοι Σαρωτές.....	21
1.7.1 Τεχνικές 3D Σάρωσης	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	25
2.1 ΛογισμικόAutodesk 123D	25
2.2 Λογισμικό PhotoModeler	26
2.2.1 Εφαρμογές Photomodeler	28
2.3 Λογισμικό CloudCompare.....	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ AGISOFTPHOTOSCAN	31
3.1 Εισαγωγή στο Agisoft Photoscan	31
3.2 Διαδικασία.....	32
3.3 Χρήση Agisoft Photoscan	34
3.3.1 Εισαγωγή Φωτογραφιών	35
3.3.2 Ευθυγράμμιση εικόνων	36
3.3.3 Δημιουργία πυκνού νέφους σημείων	37
3.3.4 Δημιουργία Τριγωνικής Επιφάνειας.....	39
3.3.5 Δημιουργία Χαρτογράφησης Υφής	40
3.3.6 Εξαγωγή Αποτελεσμάτων	42

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ – ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ ΔΙΟΝ ΚΑΤΕΡΙΝΗΣ.....	44
4.1 Περιγραφή Αρχαιολογικού Χώρου	44
4.2 Εφαρμογή στο Agisoft Photoscan	44
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	48
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	49

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πριν την παρουσίαση της διπλωματικής μου εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω πρώτα απ όλα τον επιβλέποντα καθηγητή του Τμήματος Μηχανικών Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος Δρ. Μηχ. Μαραβελάκη Εμμανουήλ, για την ανάθεση της παρούσας εργασίας και την εκτίμηση που μου έδειξε καθ όλη την διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω το προσωπικό του Αρχαιολογικού Πάρκου Δίον Κατερίνης για την ευκαιρία που μου έδωσε να φωτογραφίσω μνημεία του χώρου και να εισάγω ένα από αυτά στην μελέτη της εργασίας μου.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες και ευγνωμοσύνη θέλω να απευθύνω στην οικογένεια μου και στους ανθρώπους που ήταν δίπλα μου, για την συμπαράσταση και την στήριξή τους με κάθε τρόπο σε όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

INTRODUCTION

This diploma thesis was carried out at the Department of environmental and natural resources engineering of T.E.I. Crete, under the guidance of Professor Dr. Maravelakis Emmanuel. The purpose of this thesis is to fully present the techniques and methods of 3D modeling.

Photographs were taken at the Archaeological site of Dion and processed in software for the results. The software used to implement the project is the Agisoft Photoscan.

This thesis consists out of five chapters.

In the first chapter is given an overview of the capture methods used.

In the second chapter some examples of other programs used for 3D modeling are presented and briefly analyzed.

The third chapter explains each step of the software used to highlight and promote cultural and natural resources.

In the fourth chapter a study of application is carried out and there is a description of the archaeological site Dion.

In the fifth and last chapter the conclusions of the work are presented.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανικών Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος του Τ.Ε.Ι. Κρήτης, υπό την καθοδήγηση του καθηγητή Δρ. Μηχ. Μαραβελάκη Εμμανουήλ. Σκοπός της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας είναι να παρουσιαστούν πλήρως οι τεχνικές και οι μέθοδοι της τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Πραγματοποιήθηκαν λήψεις φωτογραφιών στην περιοχή του Αρχαιολογικού Χώρου ΔΙΟΝ και έγινε επεξεργασία σε λογισμικό για τα αποτελέσματα. Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση της εργασίας είναι το Agisoft Photoscan.

Η παρούσα πτυχιακή αποτελείται από πέντε κεφάλαια.

Αρχικά στο πρώτο κεφάλαιο δίνεται μια εικόνα των μεθόδων αποτύπωσης που χρησιμοποιούνται.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται και αναλύονται συνοπτικά κάποια από τα λογισμικά που υπάρχουν.

Στο τρίτο κεφάλαιο επεξηγείται το κάθε βήμα του λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε, για την ανάδειξη και προβολή των πολιτιστικών και φυσικών πόρων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο πραγματοποιείται μελέτη της εφαρμογής και περιγραφή του Αρχαιολογικού χώρου.

Στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο παρατίθενται τα συμπεράσματα της εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ

1.1 Τρισδιάστατη μοντελοποίηση

Η διαδικασία κατά την οποία αναπτύσσεται μια μαθηματική εκπροσώπηση κάθε τρισδιάστατης επιφάνειας οποιοδήποτε αντικειμένου μέσω ειδικευμένου λογισμικού ονομάζεται τρισδιάστατη(3D) μοντελοποίηση. Το προϊόν της διαδικασίας αυτής ονομάζεται τρισδιάστατο μοντέλο και αντιπροσωπεύει ένα επίσης 3D αντικείμενο χρησιμοποιώντας μια συλλογή σημείων και άλλων πληροφοριών, στο τρισδιάστατο χώρο, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με διάφορες γεωμετρικές οντότητες όπως τρίγωνα, γραμμές, καμπύλες, κλπ. Τα μοντέλα μπορούν να δημιουργηθούν είτε χειροκίνητα είτε με αλγοριθμικές διαδικασίες (procedural modeling) ή μέσω σάρωσης (model scanning). Τα 3D μοντέλα μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες σε στερεά μοντέλα(Solid), τα οποία χρησιμοποιούνται για μη γραφικές προσομοιώσεις και καθορίζουν τον όγκο του αντικειμένου που αντιπροσωπεύουν και σε μοντέλα επιφάνειας(Shell/ Boundary), τα οποία αναπαριστούν την επιφάνεια, δηλαδή το όριο του αντικειμένου και σχεδόν όλα τα οπτικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται σε παιχνίδια και ταινίες, είναι μοντέλα επιφάνειας. Η χρήση του είναι ευκολότερη από τα στερεά μοντέλα.

1.1.2 Τρόποι αναπαράστασης μοντέλων

- Πολυγωνικός σχεδιασμός: Τα σημεία και οι κορυφές σε τρισδιάστατο χώρο συνδέονται με γραμμικά τμήματα σχηματίζοντας πολύγωνα. Τα πολυγωνικά μοντέλα είναι ευέλικτα και οι υπολογιστές μπορούν να τα επεξεργαστούν γραφικά σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Επειδή βέβαια, τα πολύγωνα είναι επίπεδες επιφάνειες, οι σύνθετες κυρτές επιφάνειες μοντελοποιούνται μόνο κατά προσέγγιση με τη χρήση πολλών πολυγώνων.

- Καμπυλωτός σχεδιασμός: Οι επιφάνειες NURBS (μαθηματική παρουσίαση 3D γεωμετρίας που μπορεί να περιγράψει με ακρίβεια οποιαδήποτε μορφή) επηρεάζονται από σταθμισμένα σημεία ελέγχου. Η αύξηση του βάρους για ένα σημείο θα τραβήξει την καμπύλη πιο κοντά στο σημείο αυτό. Τα NURBS είναι λείες επιφάνειες και είναι ιδιαίτερα κατάλληλα για οργανικές μοντελοποιήσεις.
- Ψηφιακή γλυπτική: Πρόκειται για νέα μέθοδο μοντελισμού η οποία έγινε πολύ γνωστή λίγα χρόνια μετά την επινόηση της. Υπάρχουν τρεις τύποι ψηφιακού σχεδιασμού: η εκτόπιση, η ογκομετρική, και η δυναμική διακόσμηση σε ψηφιδωτό στυλ.

1.2 Μέθοδοι αποτύπωσης

Μέθοδοι αποτύπωσης είναι η τοπογραφία, αεροφωτογραφία, δορυφορική τηλεπισκόπηση, φωτογραμμετρία και η σάρωση laser. Λαμβάνοντας τις λεπτομέρειες, το σχήμα, την υφή, την έκταση και την επιφάνεια του μνημείου ή του χώρου γίνεται η σωστή επιλογή αποτύπωσης. Παρακάτω αναλύονται οι μέθοδοι.

1.3 Βασική αρχή της Τοπογραφίας

Η τοπογραφία είναι η επιστήμη που με τη βοήθεια κατάλληλων τοπογραφικών οργάνων, απεικονίζονται και αποτυπώνονται τμήματα από την επιφάνεια της Γης, συμπεριλαμβανόμενων και των ανθρώπινων κατασκευών. Σκοπός της τοπογραφίας είναι η τοποθεσία θέσης, η απεικόνιση διαφόρων χαρτών (για στρατιωτικούς, γεωγραφικούς κ.α. σκοπούς) και η χρήση της από μηχανικούς, εργολάβους και αρχιτέκτονες για κατασκευή σχεδίων ή κτιρίων. Η τοπογραφία άρχισε να χρησιμοποιείται από πολύ παλιά για την αποτύπωση σημείων του τρισδιάστατου χώρου και η εξέλιξη της τεχνολογίας των σημερινών οργάνων καθώς και των προγραμμάτων επεξεργασίας βρίσκεται σε ικανοποιητικό επίπεδο για να αποτυπώνει με αξιοπιστία και ακρίβεια τις μετρήσεις και τα αποτελέσματα σε αρχαιολογικά και αρχιτεκτονικά μνημεία ή χώρους. Παλαιότερα το όργανο που χρησιμοποιούσαν για την μέτρηση των γωνιών

ήταν ο θεοδόλιχος. Σήμερα χρησιμοποιείται ο Γεωδαιτικός Σταθμός που είναι το παραδοσιακό όργανο για τη μέτρηση γωνιών και ηλεκτρονικού αποστασιόμετρο (που συνδέεται με χρήση κάτοπτρων, ή άλλης ανακλαστικής επιφάνειας ή υπέρυθρης ακτίνας ή ακτίνας laser) για την μέτρηση των αποστάσεων.

Ο εξοπλισμός οργάνων που μπορούν να ορίσουν ένα τρισδιάστατο σύστημα συντεταγμένων, μπορεί να χαρακτηριστεί μεσαίου κόστους. Η χρήση των οργάνων για ακριβή και σωστά αποτελέσματα θα πρέπει να γίνεται αυστηρά από έμπειρους μηχανικούς και τεχνολόγους.

1.3.1 Χαρακτηριστικά τοπογραφικής μεθόδου

- Η τοπογραφική αποτύπωση είναι αντικειμενική. Ορίζει ένα σύστημα αναφοράς βάσει του οποίου γίνεται ο προσδιορισμός των μετρήσεων στο χώρο
- Η ανακατασκευή γεωμετριών στην αναπαράσταση γίνεται μέσω συγκεκριμένων σημείων, που προσδιορίζονται αυστηρά
- Υπάρχει δυνατότητα επιστημονικού ελέγχου του αποτελέσματος και ικανοποίηση των απαιτήσεων ακρίβειας και αξιοπιστίας.
- Υπάρχει δυνατότητα και έμμεσων μετρήσεων, ως παράγωγων των πρωτογενών άμεσων μετρήσεων.
- Λόγω της πεπερασμένης ικανότητας για ικανοποίηση συνθηκών πυκνότητας, υπάρχει δυσκολία παρακολούθησης της συνέχειας γεωμετρικών στοιχείων (πχ. γραμμές και κυρίως επιφάνειες).
- Το μέγεθος της πυκνότητας, που επηρεάζει την πιστότητα της αναπαράστασης, συναρτάται από τον χρόνο παραμονής στο πεδίο.
- Είναι δυνατή η τοποθέτηση, στην αναπαράσταση, περισσότερων αντικειμένων σε αμοιβαία σχέση μεταξύ τους.
- Υπάρχει ανάγκη για στοιχειώδη σχεδιαστική ικανότητα στο πεδίου, για τη σύνταξη σκαριφημάτων, κλπ.)
- Αντιμετωπίζονται δύσκολα και μόνο μετά από κατάλληλη μαθηματική στατιστική επεξεργασία (στο γραφείο), περιπτώσεις μη-επιπεδότητας.

- Υπάρχει σημαντικό πρόβλημα χρόνου και κόστους εργασιών πεδίου, που εξαρτάται από την πολυπλοκότητα του αντικειμένου.
- Ο απαραίτητος εξοπλισμός για τις επεξεργασίες γραφείου είναι ο συνηθισμένος των τοπογραφικών εφαρμογών.
- Η αλγοριθμική επεξεργασία των δεδομένων είναι εύκολη.
- Δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν λεπτομέρειες και πολύπλοκα αρχιτεκτονικά ή δύσκολα προσπελάσιμα στοιχεία του προς αποτύπωση αντικειμένου.
- Υπάρχει ανάγκη για πρόσθετες εργασίες, που χρησιμοποιούνται στην εμπειρική μέθοδο, πχ. μετρήσεις με μετροταινία, ερασιτεχνικές φωτογραφίες κ.α.
- Η στερεομετρία του αντικειμένου ανακατασκευάζεται έμμεσα.

Εκτός από την κλασική τοπογραφική μέθοδο με μετρήσεις και σχέδια, οι ειδικοί μπορούν να χρησιμοποιήσουν την αεροφωτογραφία, την τηλεπισκόπηση, την φωτογραμμετρία και την σάρωση με λέιζερ.

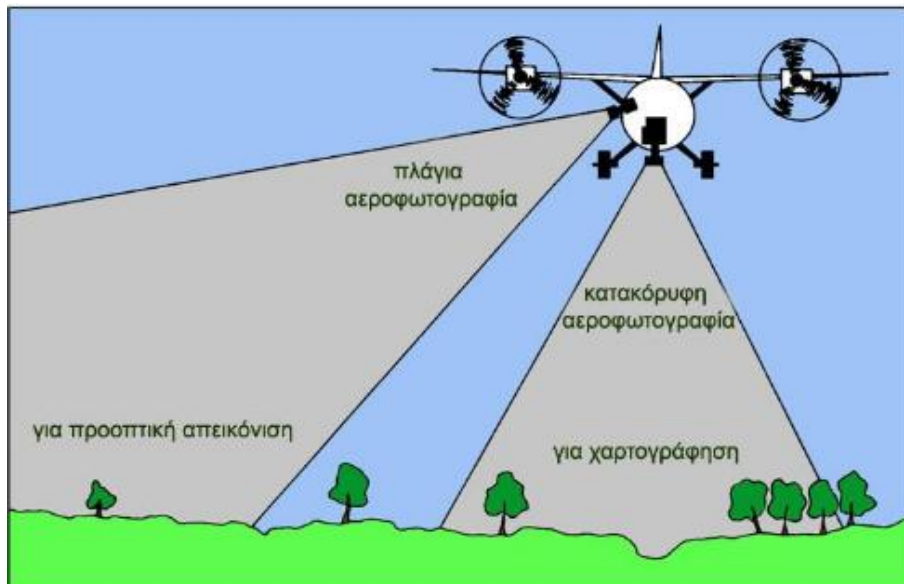
1.4 Αεροφωτογραφία

Οποιαδήποτε φωτογραφία της επιφάνειας της Γης, η οποία έχει ληφθεί εναέρια μέσω αεροσκαφών ορίζεται ως αεροφωτογραφία (Εικόνα 1). Ανάλογα της διεύθυνσης του σημείου λήψης προς τον ορίζοντα αυτή διακρίνεται σε κατακόρυφη, κεκλιμένη και πλάγια αεροφωτογραφία (Εικόνα 2). Για πρώτη φορά έγινε λήψη αεροφωτογραφίας το 1858 από αερόστατο στη Γαλλία. Κατά τη διάρκεια του Α' Παγκοσμίου Πολέμου πραγματοποιήθηκαν πολλές πτήσεις από τον στρατό, ειδικά για φωτογραφική αναγνώριση περιοχών. Μεταξύ του Α' και Β' Παγκόσμιου Πολέμου η χρήση της αεροφωτογραφίας άρχισε να επεκτείνεται για ειρηνικό σκοπό σε διάφορους τομείς. Επίσης στον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο η τεχνική της αεροφωτογραφίας βελτιώθηκε σημαντικά χρησιμοποιώντας ακόμα και υπέρυθρες ακτίνες. Για να γίνει λήψη της αεροφωτογραφίας πρέπει η λήψη να είναι συνεχής, κατασκευάστηκαν ειδικές φωτογραφικές μηχανές με μεγάλη εστιακή απόσταση και εύρος πεδίου, με αυτόματο μηχανισμό εκτύλιξης και έκθεσης μεγάλου μήκους φιλμ. Η εξέλιξη της αεροφωτογραφίας ήταν τόσο μεγάλη που κατασκευάστηκαν ειδικά αεροπλάνα για αυτή τη χρήση τα οποία ονομάστηκαν αεροφωτογραφικά. Τα συγκεκριμένα αεροπλάνα είναι εφοδιασμένα και με άλλες ειδικές συσκευές μαγνητοφώνησης, που καταγράφουν τις παρατηρήσεις των χειριστών κατά τη διάρκεια της λήψης, καθώς και με φωτοβολίδες μεγάλης έντασης φωτός για τις νυκτερινές λήψεις, πχ σε περιπτώσεις έρευνας και διάσωσης στη θάλασσα, σε απόκρημνες περιοχές. Σήμερα η εξελισσόμενη αεροφωτογραφία είναι κύριο μέσο της κατασκοπείας, η οποία εκτελείται από τηλεκατευθυνόμενα αεροσκάφη. Επίσης, αποτελεί και μέσον προηγμένων αυτοκατευθυνόμενων ή τηλεκατευθυνόμενων βλημάτων εύρεσης και αναγνώρισης στόχων. Η Αεροφωτογραφία χρησιμοποιείται στη χαρτογραφία, στην χωροταξία, στην αρχαιολογία, στην παραγωγή ταινιών, σε περιβαλλοντικές μελέτες, στην επιτήρηση χώρων και εγκαταστάσεων, στην εμπορική διαφήμιση και για διάφορους καλλιτεχνικούς λόγους. Το κόστος αυτής της μεθόδου είναι μετρίου μεγέθους αν χρησιμοποιηθεί ο κλασικός εναέριος φωτογράφος ο οποίος μεταφέρεται με αεροσκάφη (λόγω καυσίμου,

συντήρησης, ασφάλειας κλπ.). Σε περίπτωση που χρησιμοποιηθεί τηλεκατευθυνόμενο ελικόπτερο, τότε οι ανάγκες για την λήψη αεροφωτογραφίας μπορεί να γίνει με το χαμηλότερο δυνατό κόστος, είναι ιδιαίτερα προσιτή και οικονομική λύση και φιλικό προς το περιβάλλον. Τα ελικόπτερα που χρησιμοποιούνται για τις πτήσεις αυτές πρέπει να είναι ευέλικτα ώστε να μπορούν να κινηθούν γρήγορα και με σταθερότητα. Οι φωτογραφίες θα πρέπει να λαμβάνονται από ειδικούς και με μεθοδολογία.



Εικόνα 1 Αεροφωτογραφία της περιοχής του Λευκού Πύργου το 1948



Εικόνα 2 Παράδειγμα αεροφωτογραφίας

1.5 Δορυφορική τηλεπισκόπηση

Με τον όρο τηλεπισκόπηση εννοείται η επιστήμη και η τεχνολογία παρατήρησης και μελέτης φαινομένων και χαρακτηριστικών της γήινης επιφάνειας από απόσταση, βάσει της αλληλεπίδρασης των υλικών που βρίσκονται επάνω σε αυτή με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Τα τελευταία χρόνια η παρατήρηση της Γης αποτελεί σημαντικό εργαλείο για τη μελέτη του περιβάλλοντος. Την τηλεπισκόπηση την χρησιμοποιούμε στην καθημερινή μας ζωή σε ειδικά πεδία επιστημών, σημαντικό παράδειγμα είναι η καθημερινή πρόγνωση του καιρού η οποία γίνεται αξιοποιώντας δεδομένα από μετεωρολογικούς δορυφόρους, η παγκόσμια κλιματική αλλαγή βεβαιώνεται με τη χρήση δορυφόρων που παρακολουθούν τη θερμοκρασία στην επιφάνεια του πλανήτη κ.α. Η γήινη επιφάνεια παρατηρείται χρησιμοποιώντας ψηφιακούς σαρωτές που ανιχνεύουν την ανάκλαση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας της επιφάνειας της Γης και την αποδίδουν ως ψηφιακή εικόνα. Οι σαρωτές μπορεί να είναι εγκατεστημένοι σε τεχνητούς δορυφόρους που βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τη Γη ή να βρίσκονται σε αερομεταφερόμενα μέσα. Η Τηλεπισκόπηση εφαρμόζεται σε πολλούς επιστημονικούς τομείς και αξιοποιούν τα δεδομένα αυτά για ειρηνικούς σκοπούς ανάλογα με τις ανάγκες. Οι μετεωρολόγοι την εφαρμόζουν για την παρακολούθηση της ατμόσφαιρας και την πρόβλεψη του καιρού, οι χωροτάκτες για τον σχεδιασμό χρήσεων γης, οι γεωπόνοι για την αποτελεσματικότερη εκμετάλλευση γεωργικών εκτάσεων, οι δασολόγοι για την πρόγνωση και παρακολούθηση δασικών πυρκαγιών, οι ωκεανογράφοι για τη χαρτογράφηση των βιοφυσικών παραμέτρων των ωκεανών, οι γεωλόγοι για τον εντοπισμό κοιτασμάτων κ.α.

1.5.1 Αρχή λειτουργίας τηλεπισκοπικών ανιχνευτών

Για την παρατήρηση της επιφάνειας της Γης, οι ανιχνευτές μετρούν το ποσοστό της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που αντανακλάται από τα διάφορα υλικά. Κάθε αντικείμενο, επιφάνεια και υλικό που είναι επάνω στη Γη, αντανακλά την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε διαφορετικά μήκη κύματος.

Για παράδειγμα η χλωροφύλλη, που βρίσκεται στα πράσινα μέρη των φυτών, έχει την ικανότητα να ανακλά σε μεγάλο βαθμό την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στο πράσινο τμήμα του ορατού ηλεκτρομαγνητικού φάσματος και να την απορροφά στο μπλε και κόκκινο τμήμα. Η φασματική αυτή συμπεριφορά έχει ως αποτέλεσμα να αντιλαμβανόμαστε το πράσινο χρώμα των ζωντανών φυτών. Με τον ίδιο τρόπο όλα τα υλικά μπορούν να μελετηθούν, να εντοπισθούν και να απεικονισθούν χρησιμοποιώντας την αντανάκλαστική τους συμπεριφορά. Αν χρησιμοποιείται το ορατό τμήμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας για την αναπαράσταση, τότε έχουμε μια πραγματική έγχρωμη εικόνα, ισοδύναμη με αυτές που καταγράφουν οι ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές. Υπάρχουν αισθητήρες που ανιχνεύουν ακτινοβολία στο εγγύς υπέρυθρο, στο μέσο υπέρυθρο, στο θερμικό υπέρυθρο, στα μικροκύματα κλπ, με αποτέλεσμα να λαμβάνουμε μια ποικιλία εικόνων. Έτσι το αποτέλεσμα ποικίλει ανάλογα με τη φασματική ζώνη που λειτουργεί ο αισθητήρας, ένας ανιχνευτής που λειτουργεί στο θερμικό υπέρυθρο θα δώσει μια θερμική εικόνα ενώ ένας ανιχνευτής που λειτουργεί στο ορατό φάσμα θα δώσει μια έγχρωμη εικόνα πραγματικού χρώματος. Η ακτινοβολία που ανακλάστηκε προς το διάστημα, διέρχεται μέσα από πρισματικές διατάξεις που τη διαχωρίζουν σε φασματικές ζώνες προκαθορισμένου εύρους, έπειτα οδηγείται σε φωτοδιόδους που μετατρέπουν την ακτινοβολία σε ηλεκτρικό σήμα. Το σήμα αυτό κβαντοποιείται σε μορφή δυαδικών αριθμών και μεταδίδεται προς τη Γη, στους επίγειους σταθμούς, όπου το επεξεργάζονται και λαμβάνει την τελική μορφή ψηφιακής εικόνας που διανέμεται στους τελικούς χρήστες.

1.5.2 Κατηγορίες δεκτών ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας

Ανάλογα με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, η οποία αντανάκλαται και στη συνέχεια ανιχνεύεται, οι δέκτες διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- Παθητικοί δέκτες: Ανιχνεύουν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία προερχόμενη από φυσική πηγή, πχ ήλιο.
- Ενεργητικοί δέκτες: Καθοδηγούν οι ίδιοι τον στόχο χρησιμοποιώντας τη δική τους πηγή ακτινοβολίας, πχ εικονοληπτικά ραντάρ.

Επίσης, ανάλογα με το πόσα κανάλια ανιχνεύουν και σε τι φασματικό εύρος, οι ανιχνευτές μπορούν να διακριθούν σε:

- Μονοφασματικούς ανιχνευτές: Καταγράφει δεδομένα σε μια φασματική ζώνη και ανιχνεύει τη φασματική ανάκλαση σε ένα μικρό τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος ή σε μια ευρύτερη περιοχή. Μονοφασματικοί που καταγράφουν σε ολόκληρο το ορατό τμήμα και στο εγγύς υπέρυθρο δίνουν δεδομένα που ονομάζονται παγχρωματικά.
- Πολυφασματικούς ανιχνευτές: Καταγράφουν δεδομένα σε περισσότερες από μία φασματικές ζώνες.
- Υπεραφασματικούς ανιχνευτές: Καταγράφουν την ανάκλαση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε πολλές φασματικές ζώνες, στενού εύρους, συνήθως 10-20 νανομέτρων.

1.5.3 Επεξεργασία και Ανάλυση Δεδομένων

Τα στάδια για την επεξεργασία και την ανάλυση των δεδομένων είναι τα εξής:

Προεπεξεργασία: Η ορθή αξιοποίηση των τηλεπισκοπικών δεδομένων απαιτεί την κατάλληλη προεπεξεργασία τους, ώστε να απαλειφθεί μια σειρά σφαλμάτων, αλλοιώσεων και μεταβολών που εάν παραμείνουν θα υποβαθμίσουν την ποιότητα της τελικής πληροφορίας και θα οδηγήσουν αντίστοιχα σε εσφαλμένα ή αλλοιωμένα συμπεράσματα. Οι διορθώσεις που πρέπει να γίνουν αφορούν:

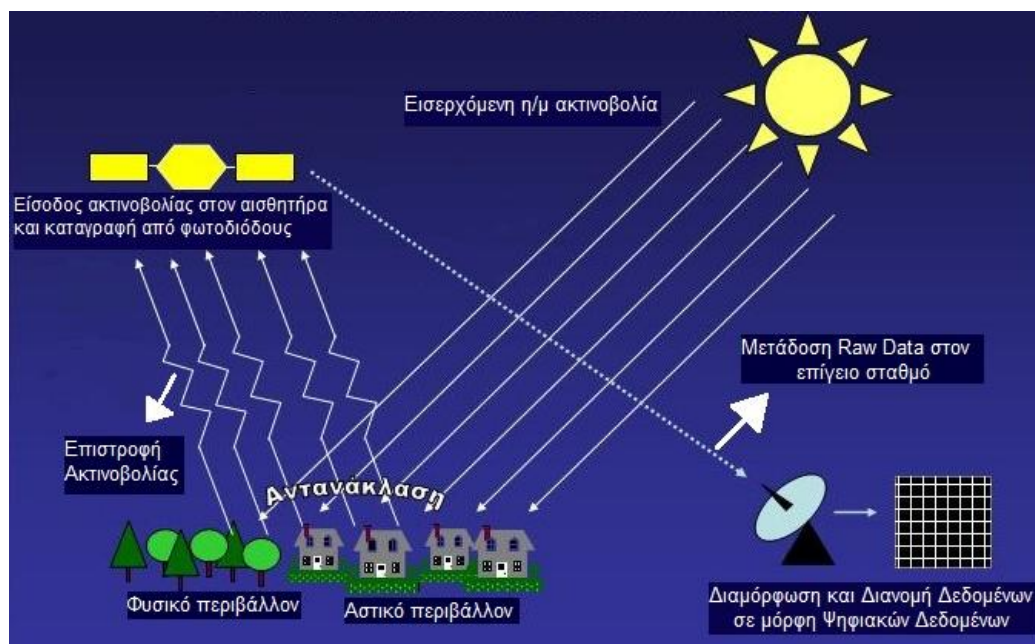
- α) Γεωμετρικές διορθώσεις που έχουν να κάνουν με την αναγωγή της καμπύλης γεωμετρίας της εικόνας σε επίπεδη γεωμετρία, απαλείφοντας τα σφάλματα που προέρχονται από την επιφάνεια του γήινου ελλειψοειδούς αλλά και της κίνησης γης και τεχνητού δορυφόρου. Επίσης, οι γεωμετρικές διορθώσεις είναι απαραίτητες ώστε να διορθωθούν σφάλματα που οφείλονται στο έντονο ανάγλυφο μιας περιοχής, διαδικασία που είναι γνωστή ως ορθοδιόρθωση ή ορθοαναγωγή. Τέλος, η εικόνα θα πρέπει να ανοιχθεί σε ένα σύστημα γεωγραφικών ή προβολικών συντεταγμένων, ώστε να μπορεί να συνδυασθεί με άλλα γεωγραφικά δεδομένα.
- β) Ραδιομετρικές διορθώσεις, που έχουν να κάνουν με την απαλοιφή σφαλμάτων που οφείλονται στην απορύθμιση των αισθητήρων του καταγραφέα και γενικά σε σφάλματα και αλλοιώσεις που προέρχονται από τα τεχνικά στοιχεία της διαδικασίας καταγραφής και μετάδοσης. Στις ατμοσφαιρικές διορθώσεις εντάσσονται και οι μέθοδοι που προσπαθούν να διορθώσουν ραδιομετρικά σφάλματα προερχόμενα από την επίδραση του αναγλύφου, όπως είναι η σκιά ενός ορεινού όγκου.
- γ) Ατμοσφαιρικές διορθώσεις, που έχουν να κάνουν με την απαλοιφή σφαλμάτων που προέρχονται από την επίδραση των συστατικών της ατμόσφαιρας. Καθώς η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που αντανάκλαστηκε από την επιφάνεια της Γης επιστρέφει στο διάστημα, διέρχεται μέσα από την ατμόσφαιρα, τα συστατικά της οποίας (νερό σε αέρια φάση & αερολύματα) αλλοιώνουν την ποσότητα της εισερχόμενης στον αισθητήρα ακτινοβολίας.

Ανάλυση: Η ανάλυση των τηλεπισκοπικών δεδομένων μπορεί να διακριθεί σε τρεις γενικές κατηγορίες:

- **Ποσοτική ανάλυση:** Ζητούμενο είναι η μέτρηση μιας ιδιότητας - μεταβλητής, για παράδειγμα η θερμοκρασία στην επιφάνεια της θάλασσας.
- **Ποιοτική ανάλυση:** Ζητούμενο είναι η αποτύπωση χαρακτηριστικών όπως οι χρήσεις γης ή ο εντοπισμός και αναγνώριση συγκεκριμένων υλικών.
- **Οπτική ανάλυση:** Ο αναλυτής εικόνας ερμηνεύει τα δεδομένα με οπτικό τρόπο, ώστε να εξάγει πληροφορίες αναφερόμαστε σε οπτική ανάλυση.

Κάθε κατηγορία απαιτεί διαφορετικά αντιμετώπιση και διαφορετικές μεθόδους και εργαλεία ανάλυσης.

Η τηλεπισκόπηση είναι από τις πιο γρήγορα αναπτυσσόμενες τεχνολογίες η οποία προσφέρει μεγάλο πεδίο εφαρμογών. Ο συνδυασμός της με άλλες επιστήμες όπως τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών προσφέρουν πληθώρα εφαρμογών στους ειδικούς. Η επιστήμη της τηλεπισκόπησης δίνει λύση στα προβλήματα συλλογής δεδομένων από περιοχές μεγάλης έκτασης. Το κόστος αγοράς και επεξεργασίας των δορυφορικών εικόνων είναι ιδιαίτερα χαμηλό σε σχέση με την έκταση της περιοχής που καλύπτουν και την ακρίβεια της πληροφορίας που παρέχουν. Ένα απλοποιημένο μοντέλο καταγραφής και διαμόρφωσης τηλεπισκοπικών δεδομένων φαίνεται στην (Εικόνα 3).

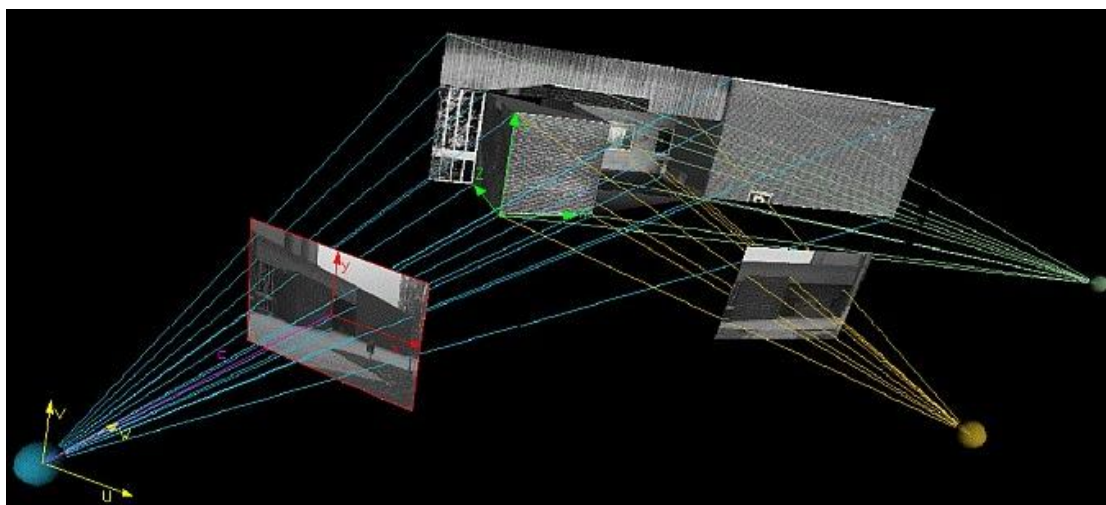


Εικόνα 3 Καταγραφή και διαμόρφωση δεδομένων τηλεπισκόπησης

1.6 Φωτογραμμετρία

Η μέθοδος προσδιορισμού διαστάσεων αντικειμένων με χρήση φωτογραφιών ορίζεται ως φωτογραμμετρία. Η λήψη φωτογραφιών μπορεί να γίνει είτε επίγεια είτε στον αέρα. Όπως είχαμε αναφέρει παραπάνω, η αεροφωτογραφία άρχισε να αναπτύσσεται για στρατιωτικές ανάγκες στον πόλεμο, η μέθοδος αυτή έλαβε νέες διαστάσεις αποτελεσματικής εφαρμογής, την αεροφωτογραμμετρία. Εκτός από στρατιωτικούς σκοπούς, άρχισε να χρησιμοποιείται στη χαρτογραφία και την τοπογραφία καθώς και σε πολλές οικολογικές μελέτες. Η αεροφωτογραμμετρία ασχολείται με τη χαρτογράφηση σε μικρές συνήθως κλίμακες της γήινης επιφάνειας, χρησιμοποιώντας φωτογραφίες που προκύπτουν από εξειδικευμένες φωτομηχανές οι οποίες ίπτανται σε μεγάλο ύψος πάνω από την Γη. Η επίγεια φωτογραμμετρία ασχολείται με την ψηφιοποίηση αντικειμένων τα οποία βρίσκονται σε μικρή απόσταση (κάτω από 100m) από το φωτογραφικό φακό και οι κλίμακες αποτύπωσης είναι μεγαλύτερη ή ίση του 1:1000. Συνήθως, η φωτογράφιση των μνημείων με τρισδιάστατες ψηφιοποιήσεις που αφορούν μεγάλες κλίμακες πραγματοποιούνται επίγεια. Ωστόσο, και στη καταγραφή σε μνημεία ή χώρους είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν τεχνικές αεροφωτογραμμετρίας κυρίως όταν απαιτούνται τοπογραφικά διαγράμματα ή χάρτες για μεγάλους αρχαιολογικούς χώρους ή κτίρια, οπότε και η κλίμακα αποτύπωσης είναι σχετικά μικρή (1:2000, 1:500). Υπάρχει μεγάλη εξέλιξη στον εξοπλισμό και στα όργανα τα οποία χρησιμοποιούνται στην μέθοδο της φωτογραμμετρίας, ακόμα και σε βαθμό αυτοματοποίησης. Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται στην φωτογραμμετρία περιλαμβάνει φωτογραφικές μηχανές, μετρητικές διατάξεις και εξειδικευμένα υπολογιστικά συστήματα που ονομάζονται Ψηφιακοί Φωτογραμμετρικοί Σταθμοί, αλλά και εφαρμογές λογισμικού. Οι Ψηφιακοί Φωτογραμμετρικοί Σταθμοί (ΨΦΣ) είναι εξειδικευμένοι ηλεκτρονικοί υπολογιστές που επεξεργάζονται στερεομοντέλα φωτογραμμετρικών εικόνων και παρέχουν σχεδιαστικές λεπτομέρειες χρησιμοποιώντας ένα ειδικό υποσύστημα υλικού στερεοσκοπικής παρατήρησης. Μπορούν να αποθηκεύουν και να διαχειρίζονται αρχεία εικόνων, να επεξεργάζονται εικόνες, να εμφανίζουν εικόνες ή τμήματά τους, να εκτελούν μεγέθυνση και

σμίκρυνση των εικόνων και να μετακινούν τη θέση παρατήρησης στα στερεομοντέλα των εικόνων. Επίσης, να μετράνε τα σημεία και τα χαρακτηριστικά με σφάλμα μικρότερο του μέγεθος της εικονοψηφίδας και να τοποθετούν τα μετρημένα σημεία και χαρακτηριστικά πάνω στο στερεομοντέλο των εμφανιζόμενων εικόνων. Το εξειδικευμένο υλικό είναι σε θέση να προβάλει τρισδιάστατα τις εικόνες ενός στερεομοντέλου κάνοντας χρήση ειδικού οπτικού συστήματος με χρήση ενεργητικής ή παθητικής πόλωσης εικόνων. Η βέλτιστη τεχνική φωτογραμμετρικής επεξεργασίας εικόνων είναι χωρίς αμφισβήτηση η *στερεοσκοπική*, η οποία εξασφαλίζει μεγαλύτερη ακρίβεια μετρήσεων, συντομότερη επεξεργασία με τη μέτρηση δύο ομόλογων σημείων ταυτόχρονα σε δύο διαφορετικές εικόνες, αποφυγή σφαλμάτων από λανθασμένη επιλογή παρόμοιων αλλά διαφορετικών σημείων στις δύο εικόνες. Η στερεοσκοπική φωτογραμμετρία οφείλεται στην τρισδιάστατη παρατήρηση των αντικειμένων, που μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρήση ενός ζεύγους διαδοχικών φωτογραφιών, οι οποίες έχουν ληφθεί από διαφορετικά σημεία αλλά με κοινή επικάλυψη. Όταν η απόσταση μπροστά από το αντικείμενο είναι μικρή, τότε προτιμάται η χρήση συγκλίνουσας μη στερεοσκοπικής φωτογραμμετρικής επεξεργασίας όπου οι άξονες της φωτογραφικής μηχανής συγκλίνουν προς το κέντρο του μνημείου ή του χώρου. Στην φωτογραμμετρία το κόστος του εξοπλισμού θεωρείται από χαμηλό μέχρι μετρίου. Η (Εικόνα 4) δείχνει τα Φωτογραμμετρικά συστήματα μέτρησης συντεταγμένων.



Εικόνα 4 Φωτογραμμετρία

1.6.1 Χαρακτηριστικά Φωτογραμμετρίας

- Η αποτύπωση είναι αντικειμενική. Ορίζει σύστημα αναφοράς.
- Η ανακατασκευή των γεωμετριών του αντικειμένου, στο χώρο, πραγματοποιείται μέσω συνεχούς απόδοσης ή/και σημειακής.
- Υπάρχει δυνατότητα επιστημονικού ελέγχου του αποτελέσματος ως προς την ακρίβεια και αξιοπιστία και δυνατότητα έμμεσων μετρήσεων.
- Δεν υπάρχει ανάγκη σχεδίων πεδίου.
- Μπορεί να αξιοποιηθούν πλήρως οι δυνατότητες της νέας σχεδιαστικής τεχνολογίας, αλλά και της ψηφιακής τεχνολογίας ανάλυσης εικόνας. Επιπλέον είναι δυνατόν να αξιοποιηθούν εύκολα οι νέες ολοκληρωμένες τεχνικές ψηφιακής τεκμηρίωσης. Αντιμετωπίζονται άμεσα λεπτομέρειες και πολύπλοκα αρχιτεκτονικά ή δύσκολα προσπελάσιμα στοιχεία.
- Στη διαδικασία των φωτογραμμετρικών αποτυπώσεων, ενσωματώνεται εύκολα η λογική της διαχρονικής παρακολούθησης της δυναμικής συμπεριφοράς του αντικειμένου, εφόσον είναι εύκολη, φθηνή και "πληθωρική" η συλλογή δεδομένων.
- Γίνεται άμεση ανακατασκευή της στερεομετρίας του αντικειμένου.
- Αξιοποιούνται γεωμετρικές ιδιότητες τα οποία διευκολύνουν ή/και πλουτίζουν τις επεξεργασίες.
- Η αλγοριθμική επεξεργασία των δεδομένων είναι δύσκολη.
- Υπάρχει ανάγκη για πρόσθετες εργασίες της τοπογραφικής μεθόδου (στις περιπτώσεις χρήσης φωτοσταθερών, ή τοποθέτησης του αντικειμένου σε αμοιβαία σχέση με άλλα αντικείμενα).
- Ο απαραίτητος εξοπλισμός για τις επεξεργασίες γραφείου είναι εξειδικευμένος είτε μέτριου είτε υψηλού κόστους. Η φωτογραμμετρία ανάλογα με τον τρόπο του υπολογισμού και τον αριθμό των συντεταγμένων των σημείων των λεπτομερειών διακρίνεται σε μονοσκοπική και σε στερεοσκοπική φωτογραμμετρία και ανάλογα με τη θέση της φωτομηχανής, σχετικά με το αντικείμενο, σε επίγεια και από αέρα.

1.6.2 Στάδια εξέλιξης της φωτογραμμετρίας

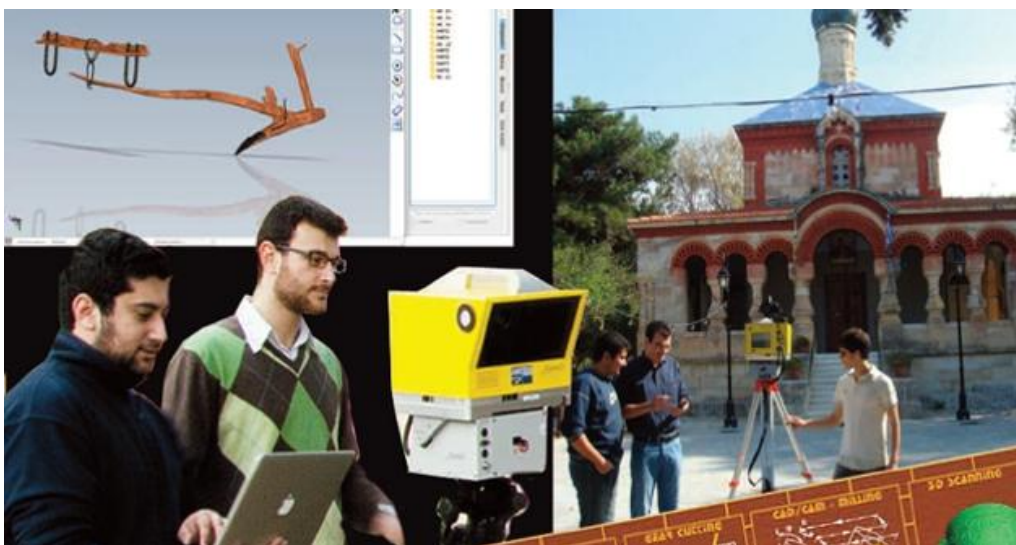
Τα στάδια εξέλιξης της φωτογραμμετρίας χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Αναλογική φωτογραμμετρία: Χρησιμοποιούνται οπτικομηχανικά μέσα για την εξαγωγή της θέσης στις τρεις διαστάσεις λεπτομερειών ενός αντικειμένου που εικονίζεται σε ένα στερεοζεύγος φωτογραφιών οι οποίες έχουν ληφθεί από διαφορετικές θέσεις.
- Αναλυτική φωτογραμμετρία: Η διαδικασία γίνεται με υπολογιστικά μέσα. Για πρώτη φορά χρησιμοποιούνται ηλεκτρονικοί υπολογιστές 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: Σταματά η επεξεργασία των αναλογικών φωτογραφιών και η επεξεργασία γίνεται με υπολογιστικά μέσα σε ψηφιακές απεικονίσεις του ορατού φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, στο μήκος κύματος των μικροκυμάτων, των υπέρυθρων ακτίνων κλπ.

1.7 Τρισδιάστατοι Σαρωτές

Οι τρισδιάστατοι σαρωτές είναι συσκευές που αναλύουν ένα πραγματικό αντικείμενο για την συλλογή πληροφοριών σχετικά με το σχήμα και την εμφάνιση του (πχ. χρώμα). Στη συνέχεια, οι πληροφορίες που συλλέγονται μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να κατασκευάσουν ψηφιακά τρισδιάστατα μοντέλα. Σκοπός είναι η δημιουργία σημείων των γεωμετρικών δειγμάτων στην επιφάνεια του αντικειμένου. Έπειτα, αυτά τα σημεία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αλλαγή του σχήματος του αντικειμένου. Αν συλλεχθούν πληροφορίες χρώματος σε κάθε σημείο, τότε τα χρώματα αντικειμένου μπορούν να προσδιοριστούν. Οι τρισδιάστατοι σαρωτές έχουν πολλά κοινά με τις φωτογραφικές μηχανές. όπως και οι φωτογραφικές μηχανές, έχουν έναν κωνικό οπτικό πεδίο και μπορούν να συλλέγουν

πληροφορίες μόνο για τις επιφάνειες που φαίνονται. Ενώ μια φωτογραφική μηχανή συλλέγει πληροφορίες που αφορούν το χρώμα επιφανειών στο οπτικό της πεδίο, ένας τρισδιάστατος σαρωτής συλλέγει πληροφορίες και για την απόσταση των επιφανειών στο οπτικό του πεδίο. Η «εικόνα» που παράγεται από ένα τρισδιάστατο σαρωτή περιγράφει την απόσταση για κάθε σημείο στην εικόνα. Αυτό επιτρέπει τον προσδιορισμό την τρισδιάστατης θέσης κάθε σημείου στην εικόνα. Στις περισσότερες περιπτώσεις μια μόνο σάρωση δεν μπορεί να περιγράψει ένα πλήρες αντικείμενο. Απαιτούνται πολλαπλές σαρώσεις από πολλές διαφορετικές κατευθύνσεις για την απόκτηση πληροφοριών σχετικά με όλες τις πλευρές του αντικειμένου. Αυτές οι σαρώσεις θα πρέπει να έχουν ένα κοινό σύστημα αναφοράς και στη συνέχεια να συγχωνευθούν για να δημιουργήσουν ένα ολοκληρωμένο μοντέλο. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται ευθυγράμμιση ή εγγραφή και δίνει τη δυνατότητα να αναπαρασταθούν γρήγορα και με ακρίβεια εξαιρετικά σύνθετα περιβάλλοντα. Η όλη διαδικασία, είναι συνήθως γνωστή ως αγωγός τρισδιάστατης σάρωσης. Οι τρισδιάστατοι σαρωτές χρησιμοποιούνται από τις βιομηχανίες του θεάματος για την παραγωγή ταινιών και βιντεοπαιχνιδιών. Επίσης, εφαρμόζεται στον βιομηχανικό σχεδιασμό, στην ορθωτική και προσθετική, στον ποιοτικό έλεγχο πολιτιστικών αντικειμένων κ.α. Η (Εικόνα 5) δείχνει μια επίγεια σάρωση λέιζερ που έγινε από το Εργαστήριο Σχεδιομελέτης και Κατεργασιών (DML) του ΤΕΙ Κρήτης.



Εικόνα 5 Επίγεια σάρωση laser

1.7.1 Τεχνικές 3D Σάρωσης

Υπάρχει μια ποικιλία τεχνολογιών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ψηφιακή απόκτηση του σχήματος ενός τρισδιάστατου αντικειμένου. Οι τεχνολογίες αυτές μπορούν να διαχωριστούν σε δύο κατηγορίες: επαφής και μη επαφής. Οι μη επαφής διαχωρίζονται περαιτέρω σε ενεργές και παθητικές. Σε κάθε μία από αυτές τις κατηγορίες, αντιστοιχεί μια ποικιλία τεχνολογιών.

- **Επαφής:** Οι τρισδιάστατοι σαρωτές εξετάζουν το αντικείμενο μέσα από τη φυσική επαφή, ενώ το αντικείμενο ακουμπά πάνω σε μια συγκεκριμένη επίπεδη επιφάνεια. Αν δεν μπορεί να σταθεροποιηθεί εκεί λόγω της καμπυλότητάς του, συγκρατείται από ένα εξάρτημα. Ο μηχανισμός σάρωσης έχει τρεις διαφορετικές μορφές:
 1. Ένα σύστημα μεταφοράς με συμπαγείς βραχίονες που κρατούν σφιχτά το αντικείμενο, σε κάθετη διεύθυνση με αυτή της κίνησης που γίνεται κατά μήκος μιας γραμμής. Αυτά τα συστήματα λειτουργούν καλύτερα στις επίπεδες και κυρτές επιφάνειες που δεν έχουν πολλές λεπτομέρειες.
 2. Ένα σύστημα με αρθρωτό βραχίονα και υψηλής ακρίβειας αισθητήρες που ανιχνεύουν τη γωνία περιστροφής. Ο βραχίονας αποτελείται από ξεχωριστά μέρη και κινείται προς όλες τις κατευθύνσεις. Υπολογίζεται η γωνία περιστροφής για κάθε μέρος του βραχίονα και μπορεί να προσδιοριστεί κι η θέση που έχει μετακινηθεί σε σχέση με τις συντεταγμένες αναφοράς. Αυτά τα συστήματα είναι ιδανικά για εσωτερικούς χώρους.
 3. Ένα σύστημα που αποτελεί τον συνδυασμό των δύο παραπάνω μεθόδων. Υπάρχει ένας αρθρωτός βραχίονας πάνω σε ένα κινητό φορείο για τη σάρωση αντικειμένων μεγάλων διαστάσεων με εσωτερικές κοιλότητες ή επικαλυπτόμενες επιφάνειες.
- **Μη Επαφής:** Όταν πραγματοποιείται σάρωση δεν απαιτείται επαφή με το αντικείμενο. Εκπέμπουν κάποιο είδος ακτινοβολίας(ακτίνες φωτός, ακτίνες Χ, υπερήχους) με σκοπό την ανίχνευση των αντανάκλασεων του αντικειμένου.

1. Ενεργητικοί σαρωτές: Η τρισδιάστατη σάρωση με λέιζερ μπορεί να γίνει με διάφορες τεχνικές μέτρησης, του χρόνου πτήσης ενός παλμού λέιζερ, τριγωνοποίησης και σύγκριση φάσης. Οι τεχνικές αυτές συνήθως χρησιμοποιούνται ανεξάρτητα η μία από την άλλη, μπορούν όμως και να συνδυαστούν για να δημιουργήσουν ένα πιο ευέλικτο σύστημα.
2. Παθητικοί σαρωτές: Δεν εκπέμπουν κανένα είδος ακτινοβολίας αλλά βασίζονται στην ανακλώμενη ακτινοβολία του περιβάλλοντος. Οι περισσότεροι σαρωτές συνήθως ανιχνεύουν το ορατό φως επειδή είναι άμεσα διαθέσιμο. Είναι πιο φθηνοί από αυτούς που χρησιμοποιούν ενεργητικές τεχνικές., καθώς δεν απαιτούν ιδιαίτερο υλικό, αλλά απλές ψηφιακές κάμερες.

1.7.2 Χαρακτηριστικά 3D Σάρωσης

Τα κύρια χαρακτηριστικά της μεθόδου ανίχνευσης λέιζερ είναι:

- Η ταχύτατη και αξιόπιστη μέθοδος αποτύπωσης
- Παρέχει ακριβέστερα προϊόντα από οποιαδήποτε άλλη μεθοδολογία
- Απαιτεί λιγότερη προεπεξεργασία και μικρότερο χρόνο εργασίας στο γραφείο
- Συνδυάζει την ακρίβεια της τοπογραφικής αποτύπωσης και την πληρότητα και συνέχεια αποτύπωσης της φωτογραμμετρικής
- Παρέχουν μεταβλητή ανάλυση στο έδαφος ανάλογα με την απαιτούμενη ακρίβεια του τελικού προϊόντος
- Παρέχει συνολική αποτύπωση των 3D αντικειμένων χωρίς επιπλέον κόπο ή χρόνο εργασίας
- Το κόστος αγοράς εξοπλισμού είναι μεγάλο, ενώ το κόστος της αποτύπωσης μπορεί να είναι ιδιαίτερα χαμηλό, λόγω του μειωμένου χρόνου παραμονής των ειδικευμένων επιστημόνων στο τόπο καταγραφής και του περιορισμένου αριθμού εργατωρών που απαιτούνται για τη δημιουργία του συνολικού τρισδιάστατου μοντέλου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

2.1 ΛογισμικόAutodesk 123D

Το Autodesk 123D είναι ένα ολοκληρωμένο δωρεάν λογισμικό με περιεχόμενο και υπηρεσίες κατασκευής. Είναι ένα μέρος για σχεδίαση και δημιουργία όπου δεν χρειάζεται εμπειρία και τεχνική δεξιότητα. Το Autodesk 123D συνεργάζεται με τρεις εταιρείες (Ponoko, Teckshop και 3D Systems) για να επιτρέψει στους χρήστες να δημιουργήσουν φυσικά αντικείμενα από τα σχέδια τους, χρησιμοποιώντας τρισδιάστατη τεχνολογία εκτύπωσης.

Το Autodesk 123Dαποτελείται από τα εξής:

- Catch: Δημιουργεί τρισδιάστατα μοντέλα από σειρά φωτογραφιών που λήφθηκαν από διαφορετικές γωνίες χρησιμοποιώντας φωτογραμμετρία
- Sculpt +: Επιτρέπει τον χειροκίνητο σχεδιασμό σε ένα εικονικό μοντέλο
- Make: Επιτρέπει τη δημιουργία χαμηλής τεχνολογίας κατασκευής πλαστικοποιημένου αντικειμένου στερεού μοντέλου
- Design: Απλοποιημένο πρόγραμμα για τη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων
- Creature: Επιτρέπει τον σχηματισμό των δημιουργημάτων 3D στο iPad
- Circuits: Εικονική Διάταξη και κύκλωμα εφαρμογής του σχεδίου
- Tinkercad: Εφαρμογή τρισδιάστατης εκτύπωσης.

Το Autodesk 123D είναι διαθέσιμο σε Windows και σε εφαρμογή για Android και iOS. Τα λογισμικά αυτά χρησιμοποιούν την τεχνολογία φωτογραμμετρίας για την δημιουργία τρισδιάστατου μοντέλου από πολλαπλές εικόνες που έχουν ληφθεί από τον χρήστη. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων από ανθρώπους, τόπους και πράγματα. Για την

δημιουργία ενός τρισδιάστατου μοντέλου στο Catch, ο χρήστης φωτογραφίζει ένα θέμα από πολλές οπτικές γωνίες με καλό φωτισμό. Συνιστάται 30-40 λήψεις φωτογραφιών εάν το μοντέλο είναι μεσαίου μεγέθους, για μεγαλύτερα μοντέλα/ θέματα συνιστάται έως και 70 εικόνες για περισσότερες λεπτομέρειες του μοντέλου/ θέματος. Οι εικόνες ενώνονται μέσω του λογισμικού και δημιουργείται ένα τρισδιάστατο μοντέλο. Αυτή η διαδικασία μπορεί να διαρκέσει αρκετά λεπτά. Στο τέλος δημιουργείται το μοντέλο για προβολή και επεξεργασία. Τα 3D μοντέλα που δημιουργούνται από το Catch μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τρισδιάστατη εκτύπωση. Με την δημιουργία λογαριασμού στο Autodesk 123D προσφέρει στους χρήστες την δυνατότητα να δουν, να σχολιάσουν και να κατεβάσουν άλλα μοντέλα χρηστών. Ομοίως κάθε χρήστης έχει την δυνατότητα να μοιραστεί τις δημιουργίες του.

2.2 Λογισμικό PhotoModeler

Το PhotoModeler(Εικόνα 6)είναι μια εφαρμογή λογισμικού που με βάση την στερεό- φωτογραμμετρική επεξεργασία εικόνων εκτελεί τρισδιάστατη μοντελοποίηση. Εξάγει τρισδιάστατες μετρήσεις και μοντέλα από φωτογραφίες που έχουν ληφθεί με μια συνηθισμένη φωτογραφική μηχανή. Είναι ένας οικονομικά αποδοτικός τρόπος για την ακριβή τρισδιάστατη σάρωση, τη μέτρηση, την τοπογραφία και τη σύλληψη της πραγματικότητας. Το Photomodeler κυκλοφόρησε το 1993, ήταν το πρώτο εμπορικό σύστημα τρισδιάστατης μοντελοποίησης ψηφιακής εικόνας κοντινής απόστασης που βασίζεται στην φωτογραμμετρία. Το λογισμικό δημιουργεί ακριβή τρισδιάστατα μοντέλα (αποτελείται από σημεία, γραμμές, καμπύλες, γωνίες, κυλίνδρους, επιφάνειες, σχήματα και NURBS), και ακριβείς τρισδιάστατες μετρήσεις από φωτογραφίες που έχουν ληφθεί με τις περισσότερες τυποποιημένες μηχανές (ψηφιακή ή με φιλμ). Τα τρισδιάστατα μοντέλα μπορούν να δημιουργηθούν και να εξαχθούν με φωτογραφικές υφές που εξάγονται από τις αρχικές φωτογραφίες.

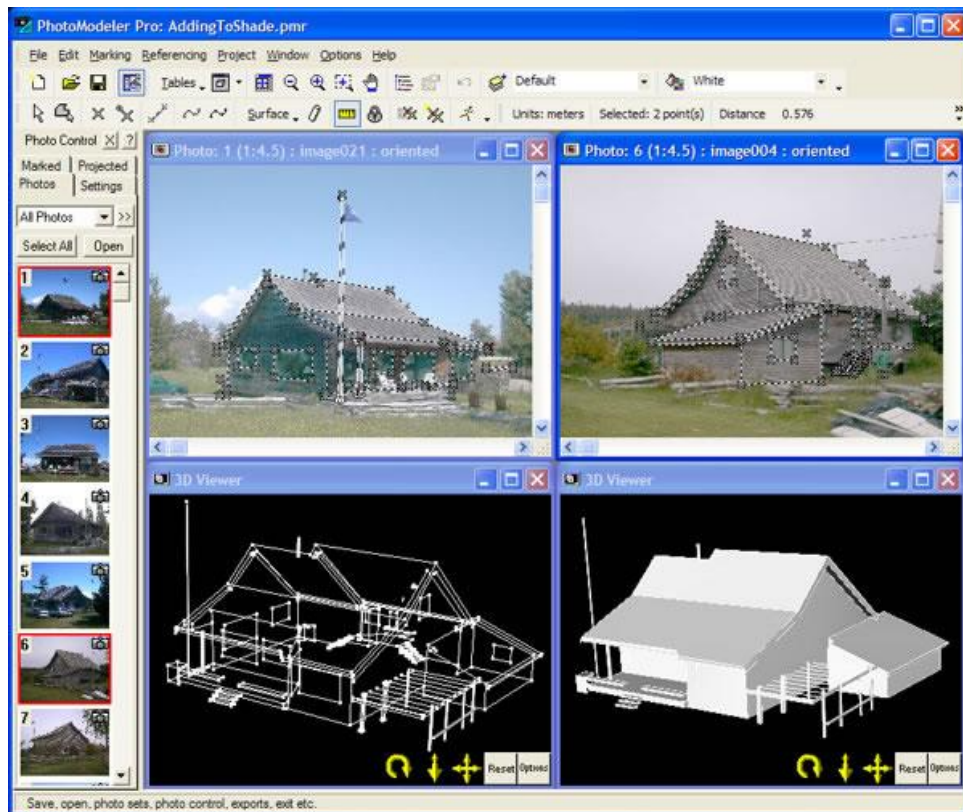
Το Photomodeler Scanner είναι ένα σετ που περιλαμβάνει όλα τα χαρακτηριστικά και επιπλέον περιλαμβάνει SmartMatch (αυτόματη ανίχνευση για να ταιριάζουν οι φωτογραφίες), DSM (πυκνή μοντελοποίηση επιφάνειας),

και σύλληψη γεωμετρίας με την πάροδο του χρόνου (4D μέτρηση + 3D + χρόνος).

Το Photomodeler UAS είναι ιδανικό για την σύλληψη μεγάλων περιοχών από ψηλά καθώς και για αντικείμενα εξέτασης που είναι ψηλά από το έδαφος. Έχει δυνατότητες που απευθύνεται σε πελάτες που χρησιμοποιούν μη επανδρωμένα αεροσκάφη ή εναέρια φωτογραφίες.

Το λογισμικό εξάγει τρισδιάστατα δεδομένα με τις παρακάτω μορφές(ορισμένα με χαρτογράφηση φωτογραφικής υψής): 3ds, Rhino 3DM, DXF, Filmbox FBX, IGES, Google Earth, Maya Script, 3D Studio Max Script, Wavefront OBJ, Raw και VRML.

Οι άμεσες εναλλακτικές λύσεις για το Photomodeler είναι τα εξής λογισμικά: Pixdim, RhinoPhoto, Australis και Eiconvision. Επίσης, παρόμοια με τον προϊόν Photomodeler Scanner είναι: AdamTech 3DM, Topcon ImageMaster, Autodesk 123D Catch και Photoscan.



Εικόνα 6 Εφαρμογή Photomodeler

2.2.1 Εφαρμογές Photomodeler

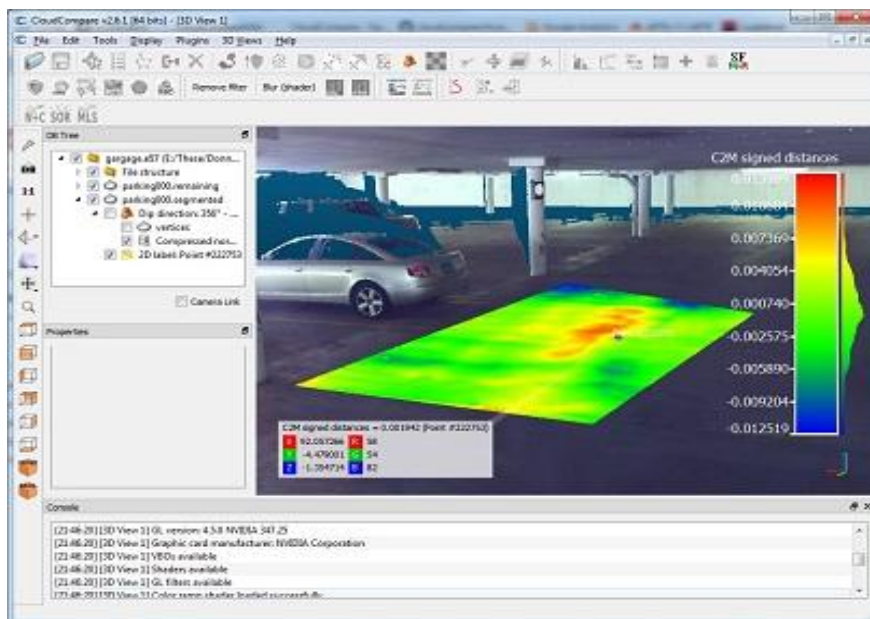
- Εγκληματολογία
- Αρχαιολογία/ Παλαιοντολογία
- Αρχιτεκτονική
- Βιολογία
- Μηχανική
- Κινηματογράφου
- Ορυχεία
- Γεωργία
- Επίγνωση κατάστασης

2.3 Λογισμικό CloudCompare

Το CloudCompare (Εικόνα 7) είναι ένα λογισμικό τρισδιάστατης επεξεργασίας. Μπορεί να χειριστεί τριγωνικά πλέγματα και βαθμονομημένες εικόνες. Αρχικά δημιουργήθηκε κατά τη διάρκεια μιας συνεργασίας μεταξύ της Telecom ParisTech και της R&D της EDF. Το έργο της CloudCompare ξεκίνησε το 2003 με το διδακτορικό του Daniel Girardeau- Montaut για την αλλαγή ανίχνευσης τρισδιάστατων γεωμετρικών δεδομένων. Εκείνη την εποχή, ο κύριος σκοπός του ήταν να εντοπίσει γρήγορα τις αλλαγές της 3D υψηλής πυκνότητας νέφους που αποκτήθηκαν με σαρωτές λέιζερ σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις (όπως μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας) ή εργοτάξια. Στη συνέχεια εξελίχθηκε προς ένα πιο γενικό και προηγμένο λογισμικό τρισδιάστατης επεξεργασίας. Είναι πλέον ένα δωρεάν λογισμικό και χρησιμοποιείται για οποιοδήποτε σκοπό είτε εμπορικά είτε για την εκπαίδευση.

Το CloudCompare παρέχει μια σειρά από βασικά εργαλεία για χειροκίνητη επεξεργασία και απόδοση τρισδιάστατων σημείων νέφους και τριγωνικών πλεγμάτων. Προσφέρει επίσης διάφορους προηγμένους αλγόριθμους επεξεργασίας, μεταξύ των οποίων και μεθόδους για την εκτέλεση: προεξοχές(άξονας, κύλινδρος κλπ), υπολογισμός απόστασης, στατιστικά στοιχεία υπολογισμού, τμηματοποίηση, εκτίμηση γεωμετρικών χαρακτηριστικών(πυκνότητα, καμπυλότητα, τραχύτητα κλπ).

Το λογισμικό μπορεί να χειριστεί απεριόριστα βαθμωτά πεδία ανά σημείο νέφους όπου διάφοροι αλγόριθμοι μπορούν να εφαρμοστούν (εξομάλυνση, κλίση, αξιολόγηση, στατιστικές κλπ). Ένα δυναμικό σύστημα χρωματικής απόδοσης βοηθά τον χρήστη να απεικονίσει ανά σημείο τα βαθμωτά πεδία με αποτελεσματικό τρόπο. Επίσης ,μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να απεικονίσει τα δεδομένα N-D. Είναι διαθέσιμο για τα εξής λογισμικά συστήματα: Windows, Linux και Mac OS.



Εικόνα 7 Εφαρμογή CloudCompare

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ AGISOFTPHOTOSCAN

3.1 Εισαγωγή στο Agisoft Photoscan

Το Agisoft Photoscan είναι ένα αυτόνομο προϊόν λογισμικού που εκτελεί φωτογραμμετρική επεξεργασία των ψηφιακών εικόνων και αποτυπώνει τρισδιάστατα χωρικά δεδομένα. Χρησιμοποιείται σε Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS), για προβολή πολιτιστικών κληρονομιών και για έμμεσες μετρήσεις αντικειμένων διαφορετικής κλίμακας. Το Photoscan είναι διαθέσιμο σε πρότυπη και επαγγελματική έκδοση. Η πρότυπη έκδοση είναι μια βασική υλοποίηση του λογισμικού που ωστόσο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να λύσει διάφορα καθήκοντα: την ανασυγκρότηση, την μοντελοποίηση, την ψηφιοποίηση των αντικειμένων και των μνημείων, καθώς και την δημιουργία βίντεο παιχνιδιών κλπ, ενώ η επαγγελματική έκδοση έχει σχεδιαστεί για τη σύνταξη του περιεχομένου GIS. Τα αποτελέσματα του είναι ακριβή και χρησιμοποιείται ευρέως από τους αρχαιολόγους. Η λήψη των φωτογραφιών μπορούν να γίνουν εναέρια και από κοντινή απόσταση. Το Photoscan επεξεργάζεται φωτογραφικές λήψεις μετρικής και μη-μετρικής κάμερας και επεξεργάζεται μέχρι και δεκάδες χιλιάδες φωτογραφίες με υψηλό βαθμό ακρίβειας σε οριζόντιες και σε κάθετες διαστάσεις. Οι μετρικές φωτογραφικές μηχανές διαφέρουν από τις κοινές φωτογραφικές μηχανές λόγω των υψηλών προδιαγραφών στην ποιότητα των φακών και στη σταθερότητα της εσωτερικής γεωμετρίας που αποτελεί προϋπόθεση για την επίτευξη υψηλής ακρίβειας φωτογραμμετρικών προϊόντων. Τα ανεπεξέργαστα δεδομένα μπορούν να προστεθούν στο Photoscan με τη μορφή ψηφιακών εικόνων σε μία από τις ακόλουθες μορφές: TIFF, DNG, JPEG, BMP, PNG, PPM και JPEG MPO. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιαδήποτε ποιότητα φωτογραφίας, ωστόσο πρέπει να σημειωθεί ότι η ανάλυση των δεδομένων θα επηρεάσει την ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Έτσι, θα πρέπει η κάμερα που θα επιλεγεί να είναι τουλάχιστον 12 MP. Το Photoscan θεωρείται ένα

τέλειο εργαλείο για την εναέρια επεξεργασία εικόνων. Η λειτουργικότητα και η ποιότητα του προγράμματος αναπτύσσεται διαρκώς.

Το Photoscan μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε:

- Χαρτογράφηση για καταγραφή βλάστησης, του εδάφους και για παρακολούθηση ηφαιστείων.
- Κινούμενα σχέδια και εφαρμογές πολυμέσων λόγω των μεγάλων δυνατοτήτων ως εργαλείο για την δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων.
- Ιατρική και Βιολογία για μορφολογικές μετρήσεις που είναι σημαντικές στον εντοπισμό σε παθήσεις(σκολίωση, σχήμα του ποδιού), προσθετική, πλαστική χειρουργική κ.α.
- Εγκληματολογία για αναπαράσταση σκηνής του εγκλήματος/ ατυχήματος.
- Αρχιτεκτονική για συντήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς στο περιβάλλον του μουσείου(κτίρια, αγάλματα κ.α.)
- Αρχαιολογία για την διαμόρφωση αντικειμένων ή για ιστορική χαρτογράφηση ανασκαφής.

Το λογισμικό μπορεί να τρέξει σε οποιοδήποτε από αυτά τα λειτουργικά συστήματα: Microsoft Windows, MacOS ή Linux

3.2 Διαδικασία

Το λογισμικό photoscan αναγνωρίζει και επεξεργάζεται τις φωτογραφίες που έχουν εισαχθεί. Επομένως, θα πρέπει να ακολουθούνται κάποιοι κανόνες, ώστε να επιλεγθούν κατάλληλες φωτογραφίες για την δημιουργία τρισδιάστατου μοντέλου.

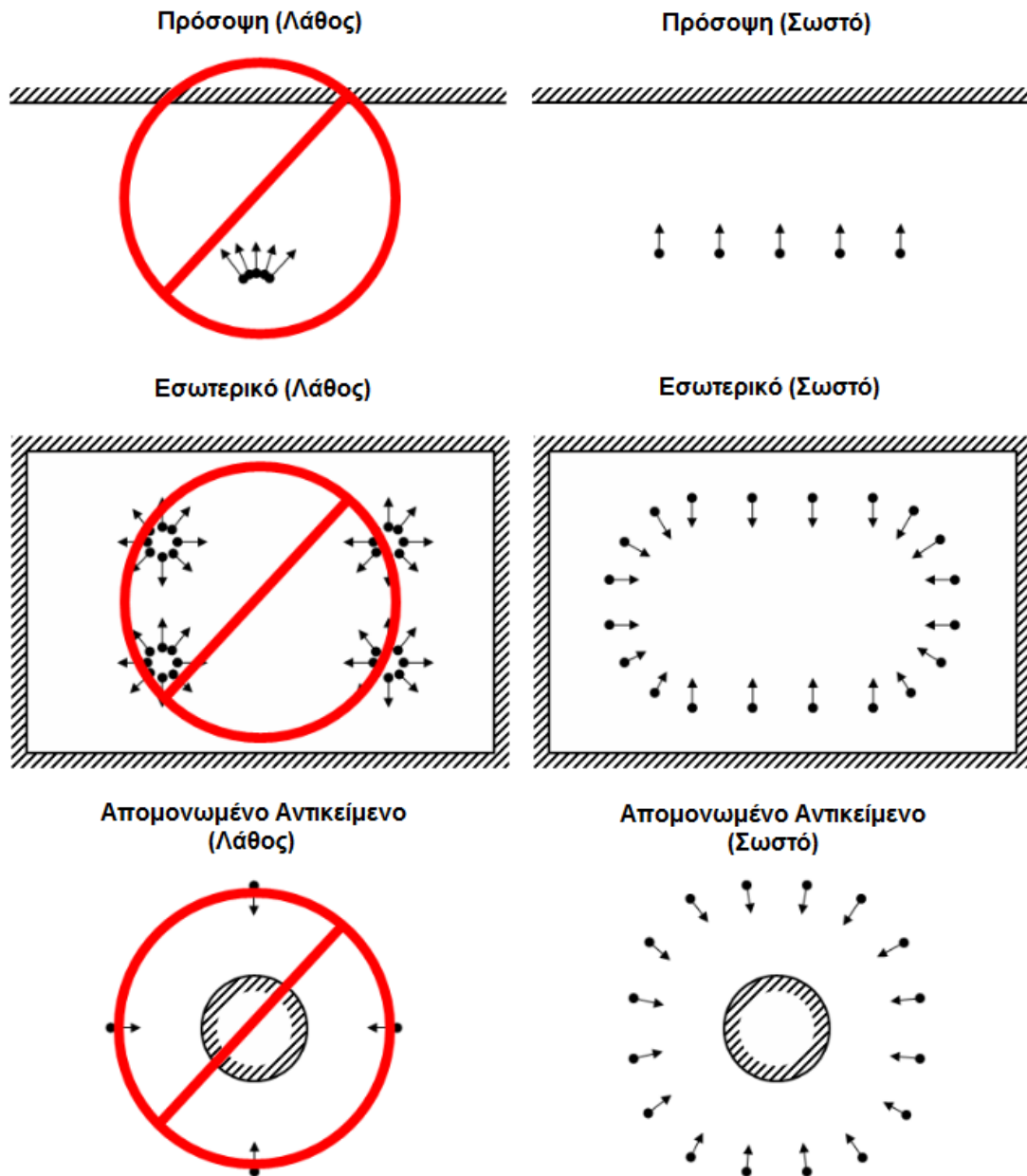
Βασικοί κανόνες:

- Χρήση ψηφιακής φωτογραφικής μηχανής με ανάλυση 5MP ή περισσότερο. Επίσης, συνιστάται φακός εστιακού μήκους 20 έως 80mm.
- Ο αριθμός ISO (μέτρηση Φώτο- ευαισθησίας της κάμερας) να ρυθμιστεί στο μικρότερο δυνατό αριθμό. Η ρύθμισή του χρησιμεύει ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού, καθώς το μεγάλο ISO πιθανότατα θα

δημιουργήσει «θόρυβο» και κόκκο, αν δεν υπάρχει επαρκής φωτισμός. Η ταχύτητα κλείστρου να μην είναι πολύ αργή για να μην προκύψει θόλωση λόγω ελαφρών κινήσεων.

- Αποφυγή εντελώς επίπεδου αντικειμένου ή σκηνής
- Αποφυγή αντικειμένων χωρίς υφή, γυαλιστερά, διαφανή και αντικείμενα με μεγάλη αντανάκλαση. Για λαμπερά αντικείμενα η λήψη να γίνεται σε συννεφιασμένα μέρα.
- Αποφυγή ανεπιθύμητων προσκλήνιων και μετακίνησης των αντικειμένων εντός της σκηνής.
- Να μην γίνει περικοπή και μετατροπή γεωμετρικά στις εικόνες.
- Να γίνουν πολλές λήψεις φωτογραφιών της σκηνής με πολλές επικαλύψεις και από διάφορες οπτικές γωνίες.
- Μη προσπαθήσετε να προσθέσετε κάποιο αντικείμενο σε εικόνα αν λείπουν τμήματα, αυτά τα μέρη εμφανίζονται σε άλλες εικόνες.
- Ο καλός φωτισμός απαιτείται για την επίτευξη καλύτερης ποιότητας των αποτελεσμάτων, αλλά θα πρέπει να αποφεύγονται οι αναλαμπές. Αποφυγή χρήσης φλας.
- Συνιστάται η χρήση περιστροφέα και τρίποδου για να είναι όλες οι εικόνες από την ίδια οπτική γωνία, ώστε να μην υπάρξει σφάλμα ευθυγράμμισης κατά την συρραφή των φωτογραφιών που έχουν ληφθεί. Το τρίποδο πρέπει να μείνει στην αρχική του θέση και να μην μετακινηθεί καθόλου. Οι λήψεις λαμβάνονται δεξιόστροφα και στο τέλος φωτογραφίζεται ο ουρανός και το έδαφος.

Στα παρακάτω σχεδιαγράμματα (Εικόνα 8) φαίνεται ο λανθασμένος και σωστός τρόπος λήψης των φωτογραφιών:



Εικόνα 8 Λανθασμένος και Σωστός τρόπος λήψεις φωτογραφιών

3.3 Χρήση Agisoft Photoscan

Λαμβάνοντας τους παραπάνω κανόνες, έγινε η φωτογράφιση στο Αρχαιολογικό Πάρκο Δίων. Με την βοήθεια του Photoscan θα δημιουργήσουμε τρισδιάστατα μοντέλα του χώρου.

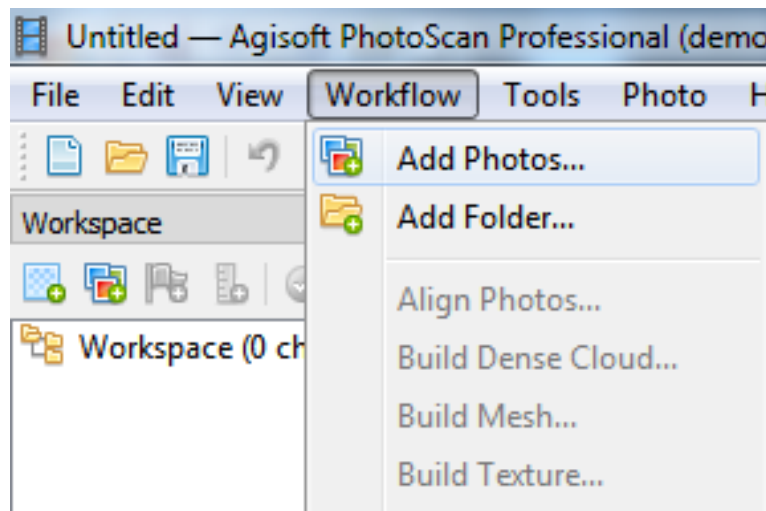
3.3.1 Εισαγωγή Φωτογραφιών

Πραγματοποιείται εισαγωγή φωτογραφιών στο Photoscan. Τα ανεπεξέργαστα δεδομένα μπορούν να προστεθούν με τη μορφή ψηφιακών εικόνων σε μία από τις ακόλουθες μορφές: TIFF, DNG, JPEG, BMP, PNG ,PPM και JPEG MPO. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε JPEG MPO.

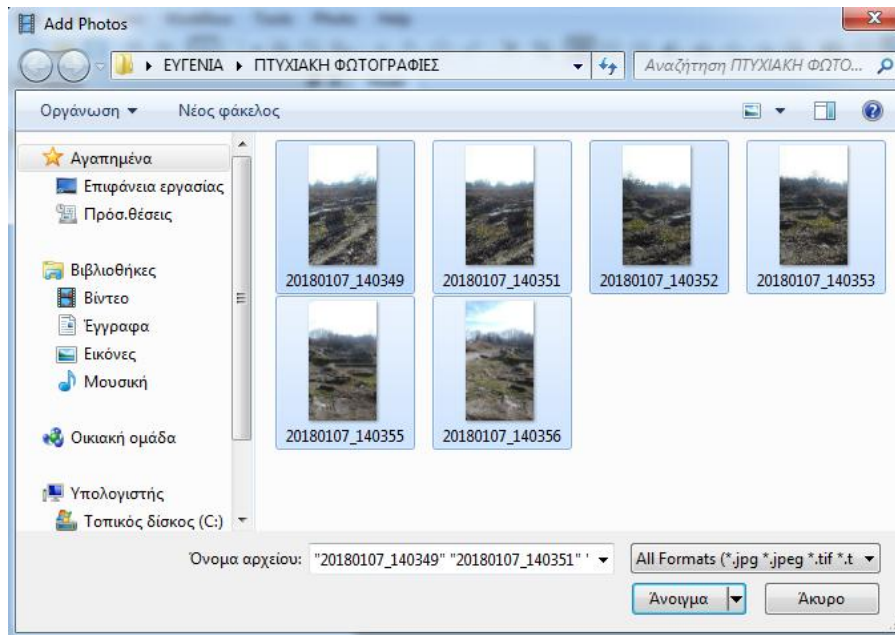
Κατά την έναρξη της εφαρμογής επιλέγεται από το μενού εργαλείων του κεντρικού παραθύρου το Workflow και στη συνέχεια το Add Photos(Εικόνα 9). Επιλέγονται οι φωτογραφίες για επεξεργασία και πατάμε το κουμπί Άνοιγμα(Εικόνα 10).

Οι φωτογραφίες που έχουν επιλεγεί θα εμφανιστούν κεντρικό παράθυρο της εφαρμογής.

Σε περίπτωση εισαγωγής ανεπιθύμητης φωτογραφίας, μπορεί να αφαιρεθεί εύκολα επιλέγοντας την φωτογραφία που θέλουμε να αφαιρέσουμε και επιλέγοντας στο πλαίσιο μενού την εντολή remove cameras.



Εικόνα 9 Εισαγωγή φωτογραφιών



Εικόνα 10 Παράθυρο επιλογής εικόνων

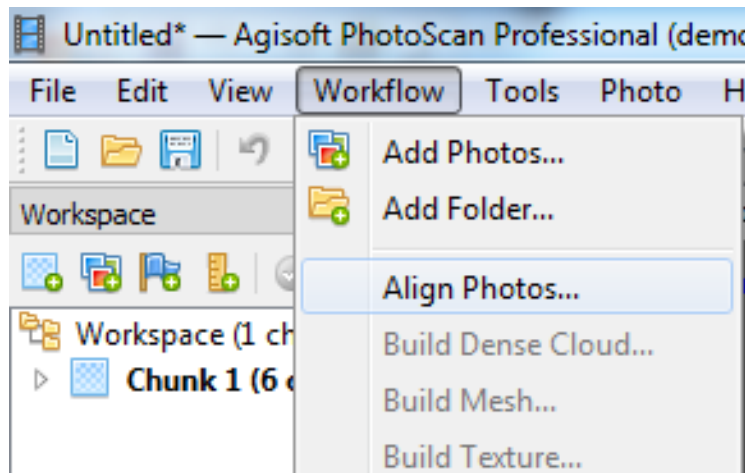
3.3.2 Ευθυγράμμιση εικόνων

Μόλις οι φωτογραφίες φορτωθούν στο Photoscan, πρέπει να ευθυγραμμιστούν. Σε αυτό το στάδιο, το πρόγραμμα βρίσκει την θέση και τον προσανατολισμό της φωτογραφικής μηχανής. Επίσης, ανιχνεύει και εντοπίζει κοινά σημεία ανάμεσα σε όλη την ακολουθία φωτογραφιών.

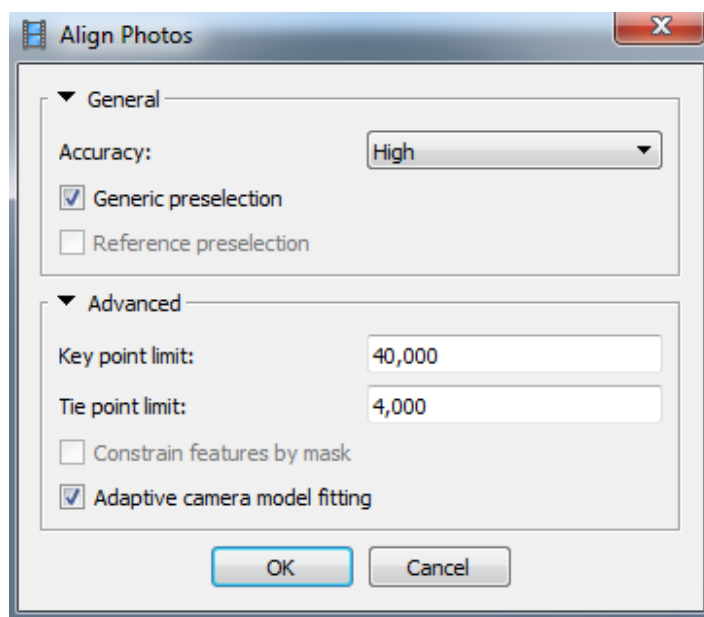
Από το μενού εργαλείων επιλέγεται το Workflow και ύστερα η εντολή Align Photos (Εικόνα 11).

Οι επιλογές για την ευθυγράμμιση (Εικόνα 12) είναι:

- Η ακρίβεια, η επιλογή υψηλότερης ακρίβειας συμβάλλει στην καλύτερη εκτίμηση θέσεων, αλλά διαρκεί περισσότερο χρόνο σε σχέση επιλογής χαμηλότερης ακρίβειας (Accuracy: High).
- Η προεπιλογή ζεύγους των σημείων, είναι η διαδικασία ταύτισης ενός υποσυνόλου ζευγών εικόνων και επηρεάζει την επιτάχυνση της διαδικασίας (Generic Preselection).
- Όρια σημείων, ο αριθμός δείχνει το ανώτερο όριο σημείων χαρακτηριστικών και αντιστοίχησης (Point limits).



Εικόνα 11 Ευθυγράμμιση εικόνων



Εικόνα 12 Παράθυρο επιλογών

3.3.3 Δημιουργία πυκνού νέφους σημείων

Το Photoscan επιτρέπει την παραγωγή και την απεικόνιση ενός μοντέλου πυκνού νέφους σημείων.

Από το μενού εργαλείων επιλέγεται το Workflow και η εντολή Build Point Cloud(Εικόνα 13). Από παράθυρο που εμφανίζεται επιλέγονται οι παράμετροι ανασυγκρότησης(Εικόνα 14).

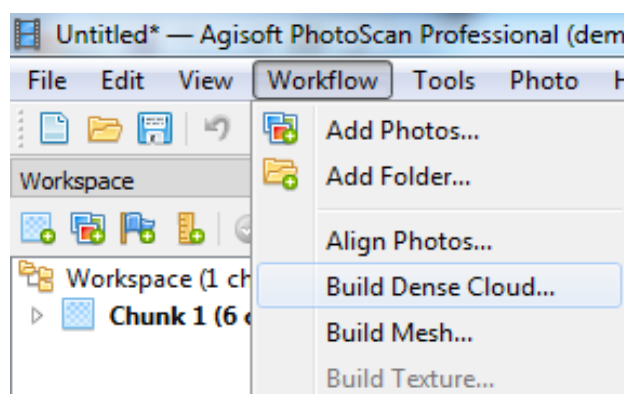
Οι παράμετροι για την δημιουργία πυκνού νέφους σημείων είναι:

- Ποιότητα: Καθορίζει την επιθυμητή ποιότητα ανασυγκρότησης. Η επιλογή υψηλής ποιότητας λαμβάνει περισσότερες λεπτομέρειες και

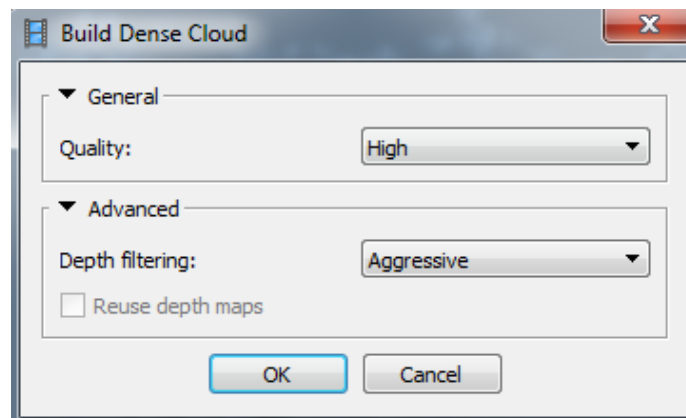
ακριβή γεωμετρία αλλά διαρκεί περισσότερο ο χρόνος επεξεργασίας (Quality:High).

- Φιλτράρισμα βάθους: Στο στάδιο αυτό το πρόγραμμα υπολογίζει τους χάρτες βάθους για κάθε εικόνα. Λόγω ορισμένων παραγόντων, όπως ο θόρυβος και η κακή εστίαση φωτογραφιών, μπορεί να υπάρξει διαφορά μεταξύ των σημείων.

Σε μικρές λεπτομέρειες που διαχωρίζονται χωρικά, συνιστάται ήπια λειτουργία φιλτραρίσματος (Mild). Σε περίπτωση περιοχής που δεν περιέχει σημαντικά μικρές λεπτομέρειες συνιστάται η χρήση ενεργού φιλτραρίσματος(Aggressive). Η λειτουργία μέτριου φιλτραρίσματος (Moderate) φέρνει αποτελέσματα που βρίσκονται ανάμεσα στις προηγούμενες λειτουργίες φίλτρων. Επιπλέον, το φιλτράρισμα βάθους μπορεί να είναι απενεργοποιημένο(Disabled). Αλλά αυτή η επιλογή δεν συνιστάται καθώς το αποτέλεσμα που προκύπτει μπορεί να είναι εξαιρετικά θορυβώδες (Depth Filtering: Aggressive).



Εικόνα 13 Δημιουργία πυκνού νέφους σημείων



Εικόνα 14 Παράθυρο επιλογών

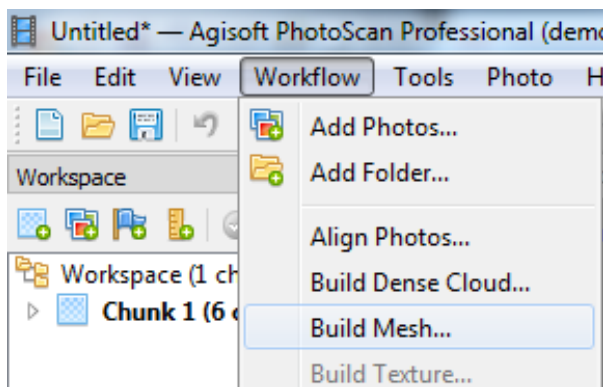
3.3.4 Δημιουργία Τριγωνικής Επιφάνειας

Σ' αυτό το στάδιο το Photoscan δημιουργεί μία επιφάνεια τριγωνικού πλέγματος, βασιζόμενο στα σημεία νέφους που δημιουργήθηκαν προηγουμένως. Από το μενού επιλέγεται το Workflow και έπειτα η εντολή Build Mesh (Εικόνα 15).

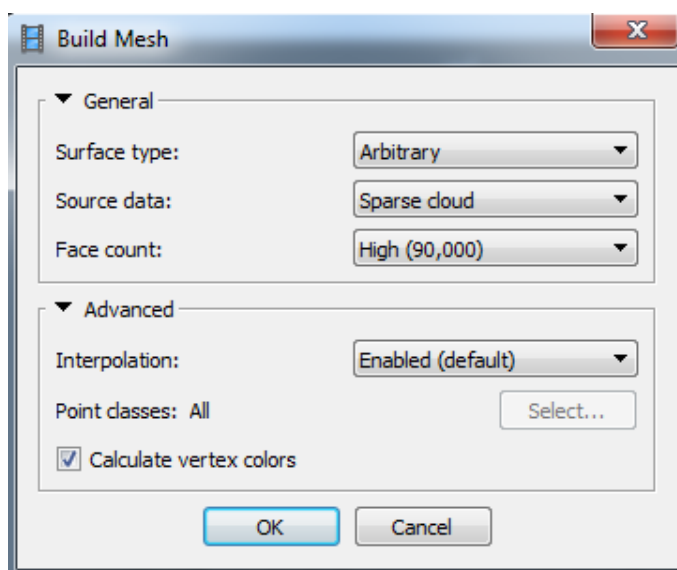
Το Photoscan υποστηρίζει αρκετές μεθόδους και ρυθμίσεις ανακατασκευής, οι οποίες βοηθούν στην παραγωγή βέλτιστων ανακατασκευών για ένα συγκεκριμένο σύνολο δεδομένων.

Οι βασικοί παράμετροι για την δημιουργία τριγωνικού πλέγματος(Εικόνα 16)είναι:

- Τύπος επιφάνειας: Ο τύπος επιφάνειας Arbitrary χρησιμοποιείται για τη μοντελοποίηση οποιουδήποτε είδους αντικειμένου ενώ ο τύπος επιφάνειας Height field επιλέγεται για επεξεργασία αεροφωτογραφιών (Surface type: Arbitrary).
- Δεδομένα προέλευσης: Καθορίζει την προέλευση για τη δημιουργία πλέγματος. Η επιλογή Sparse cloud χρησιμοποιείται για ένα γρήγορο τρισδιάστατο μοντέλο που βασίζεται στο νέφος αραιών σημείων, ενώ η επιλογή Dense cloud, παράγει υψηλής ποιότητας μοντέλου, βάση την προηγούμενη ανακατασκευή του πυκνού νέφους σημείων. Η τελευταία ρύθμιση έχει ως αποτέλεσμα, η επεξεργασία να είναι μεγαλύτερης διάρκειας χρόνου (Source data: Dense cloud).
- Πολύγωνο: Καθορίζει το μέγιστο αριθμό πολυγώνων στο τελικό πλέγμα. Οι προτεινόμενες τιμές (High, Medium, Low) υπολογίζονται με βάση τον αριθμό σημείων στο προηγούμενο πυκνό νέφος σημείων που δημιουργήθηκε (Face count: High).



Εικόνα 15 Δημιουργία γεωμετρίας



Εικόνα 16 Παράθυρο επιλογών

3.3.5 Δημιουργία Χαρτογράφησης Υφής

Η κατάλληλη επιλογή χαρτογράφησης υφής συμβάλλει στην επίτευξη της καλύτερης οπτικής ποιότητας του τελικού μοντέλου.

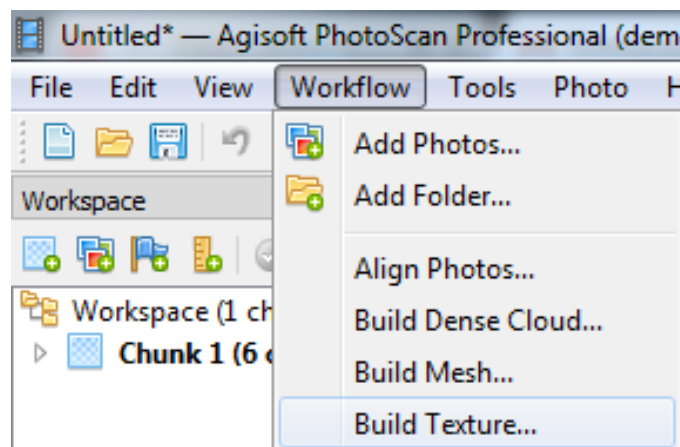
Επιλέγεται η εντολή BuildTexture από το μενού εργαλείων Workflow (Εικόνα 17) και στη συνέχεια επιλέγονται οι βασικοί παράμετροι για την δημιουργία υφής (Εικόνα 18).

Οι βασικοί παράμετροι για την δημιουργία υφής είναι:

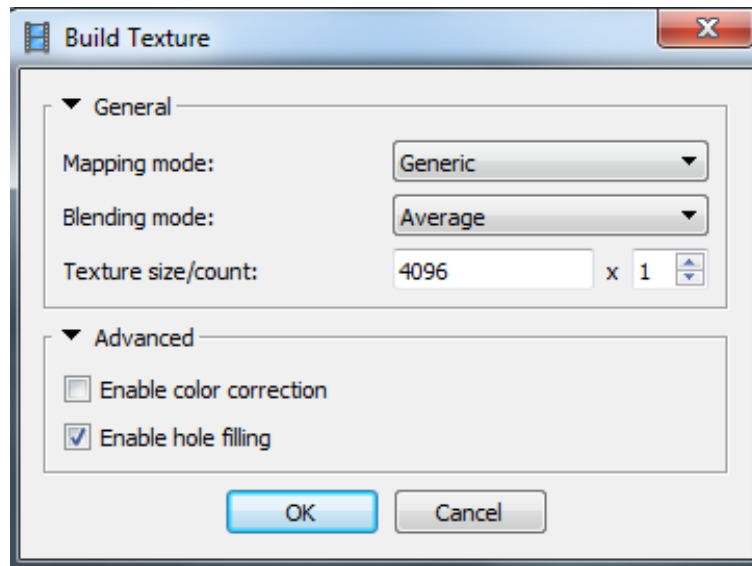
- Λειτουργία αντιστοίχισης: Με την επιλογή χαρτογράφησης Generic, το πρόγραμμα προσπαθεί να δημιουργήσει όσο το δυνατόν ομοιόμορφη υφή. Με την επιλογή Adaptive Orthophoto το πρόγραμμα τείνει να παράγει πιο συμπαγής υφή, το ίδιο και η επιλογή Orthophoto, όμως με ακόμα πιο συμπαγής υφή. Η επιλογή Spherical είναι κατάλληλη μόνο

για συγκεκριμένη κατηγορία αντικειμένων που έχουν σφαιρική μορφή και η επιλογή Single Photo επιτρέπει τη δημιουργία υφής από μια φωτογραφία (Mapping mode: Generic).

- Λειτουργία συγχώνευσης (Δεν χρησιμοποιείται στη λειτουργία Single Photo): Επιλέγει με ποιον τρόπο οι τιμές των εικονοστοιχείων, από διαφορετικές εικόνες θα συνδυαστούν στην τελική υφή. Η λειτουργία Mosaic συνδυάζει συνιστώσα χαμηλής συχνότητας για επικαλυπτόμενες εικόνες για να αποφευχθεί το πρόβλημα της γραμμής, ενώ η συνιστώσα υψηλής συχνότητας που είναι υπεύθυνη για τις λεπτομέρειες της εικόνας, λαμβάνεται απ' την εικόνα που έχει καλή ανάλυση για την ενδιαφέρουσα περιοχή. Η λειτουργία Average χρησιμοποιεί την μέση τιμή όλων των εικονοστοιχείων από μεμονωμένες φωτογραφίες και εξαρτάται απ' τις ίδιες παραμέτρους που ισχύουν για τη συνιστώσα υψηλής συχνότητας της λειτουργίας Mosaic. Οι λειτουργίες Max intensity και Min intensity, επιλέγουν την φωτογραφία με την μέγιστη και ελάχιστη ένταση αντίστοιχα του εικονοστοιχείου. Σε περίπτωση απενεργοποίησης, η φωτογραφία που θα λάβει την τιμή χρώματος για το εικονοστοιχείο, επιλέγεται όπως το στοιχείο υψηλής συχνότητας στην λειτουργία Mosaic (Blending mode: Average).
- Μέγεθος/ Μέτρηση Υφής: Καθορίζει το μέγεθος (πλάτος και ύψος) της υφής σε εικονοστοιχεία και τον αριθμό των αρχείων για την υφή προς εξαγωγή.



Εικόνα 17 Δημιουργία χαρτογράφησης



Εικόνα 18 Παράθυρο επιλογών

3.3.6 Εξαγωγή Αποτελεσμάτων

Το αποτέλεσμα που προκύπτει είναι ένα τρισδιάστατο μοντέλο, το οποίο απεικονίζει με ακρίβεια τον χώρο που φωτογραφήθηκε. Το Photoscan δίνει την δυνατότητα εξαγωγής των αποτελεσμάτων για την μετέπειτα επεξεργασία σε αρκετά λογισμικά. Το λογισμικό θα πρέπει να μην είναι σε μορφή demo για να μπορέσει να γίνει η αποθήκευση του έργου και να πραγματοποιηθεί η εξαγωγή.

Για να γίνει η εξαγωγή του τρισδιάστατου μοντέλου σ' ένα άλλο πρόγραμμα επιλέγεται από το μενού File η εντολή Export Model.

Το Agisoft Photoscan προσφέρει αρκετές μορφές εξαγωγής και αυτό δίνει την δυνατότητα μεταφοράς σε πολλά προγράμματα, με αποτέλεσμα την ευκολία και την καλύτερη δυνατή επεξεργασία των χρηστών.

Οι μορφές εξαγωγής που προσφέρει το πρόγραμμα είναι:

- Wavefront OBJ
- 3DS file format
- VRML
- Stanford PLY
- STL models
- Autodesk FBX

- Autodesk DXF
- Google Earth KMZ
- U3D
- Adobe PDF

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ – ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ ΔΙΟΝ ΚΑΤΕΡΙΝΗΣ

4.1 Περιγραφή Αρχαιολογικού Χώρου

Το Δίον αναδείχθηκε στα τέλη του 5^{ου} αιώνα π. Χ. ως το επίσημο θρησκευτικό κέντρο των Μακεδόνων. Η καθιέρωση των ολυμπιακών αγώνων προς τιμή του Διός και των Μουσών από τον βασιλιά Αρχέλαο συνέβαλε στην πανελλήνια αναγνώριση του ιερού και στην αναβάθμιση του πολιτισματος του Δίου, που απέκτησε μορφή αστικού κέντρου στα τέλη του 4^{ου} αιώνα π. Χ. Ο Φίλιππος Β' και ο Μέγας Αλέξανδρος πανηγύριζαν τις νίκες τους με μεγαλοπρεπείς θυσίες στο ιερό του Ολυμπίου Διός. Στα αυτοκρατορικά χρόνια εγκαταστάθηκαν άποικοι απ' την Ιταλία, οι οποίοι εισήγαγαν τη Ρωμαϊκή πολιτειακή οργάνωση, ενώ μετά την επικράτηση του Χριστιανισμού το Δίον έγινε έδρα επισκόπου. Από τα μέσα του 5^{ου} αιώνα μ. Χ. οι φυσικές καταστροφές και επιδρομές γοθικών φυλών είχαν σαν αποτέλεσμα την μετοίκηση των κατοίκων στα ορεινά. Το Δίον βρίσκεται στις ανατολικές υπώρειες του Ολύμπου. Στην αρχαιότητα απέιχε μόλις 1.5 χιλιόμετρο απ' την ακτή του Θερμαϊκού κόλπου. Σήμερα το Δίον απέχει περίπου 5 χιλιόμετρα απ' την ακτή της Πιερίας και 15 χιλιόμετρα απ' την Κατερίνη. Ο αρχαιολογικός χώρος του Δίου καταλαμβάνει έκταση περίπου 1.500 στρεμμάτων. Αποτελεί τον πυρήνα ενός συστηματικού αρχαιολογικού πάρκου, που παρέχει στους επισκέπτες υπηρεσίες περιήγησης, πληροφόρησης και αναψυχής.

4.2 Εφαρμογή στο Agisoft Photoscan

Παρακάτω παρατίθεται η διαδικασία που ακολουθήσαμε για την μοντελοποίηση του χώρου που φωτογραφήθηκε. Ελήφθησαν φωτογραφίες στον αρχαιολογικό χώρο Δίον Κατερίνης (Εικόνα 19) και η κάμερα που χρησιμοποιήθηκε είναι από κινητό τηλέφωνο με ανάλυση 8MP. Ο καιρός ήταν καλός με λίγα σύννεφα και βοήθησε στον σωστό φωτισμό για τις λήψεις φωτογραφιών. Στην (Εικόνα 20) φαίνονται οι φωτογραφίες που ελήφθησαν.

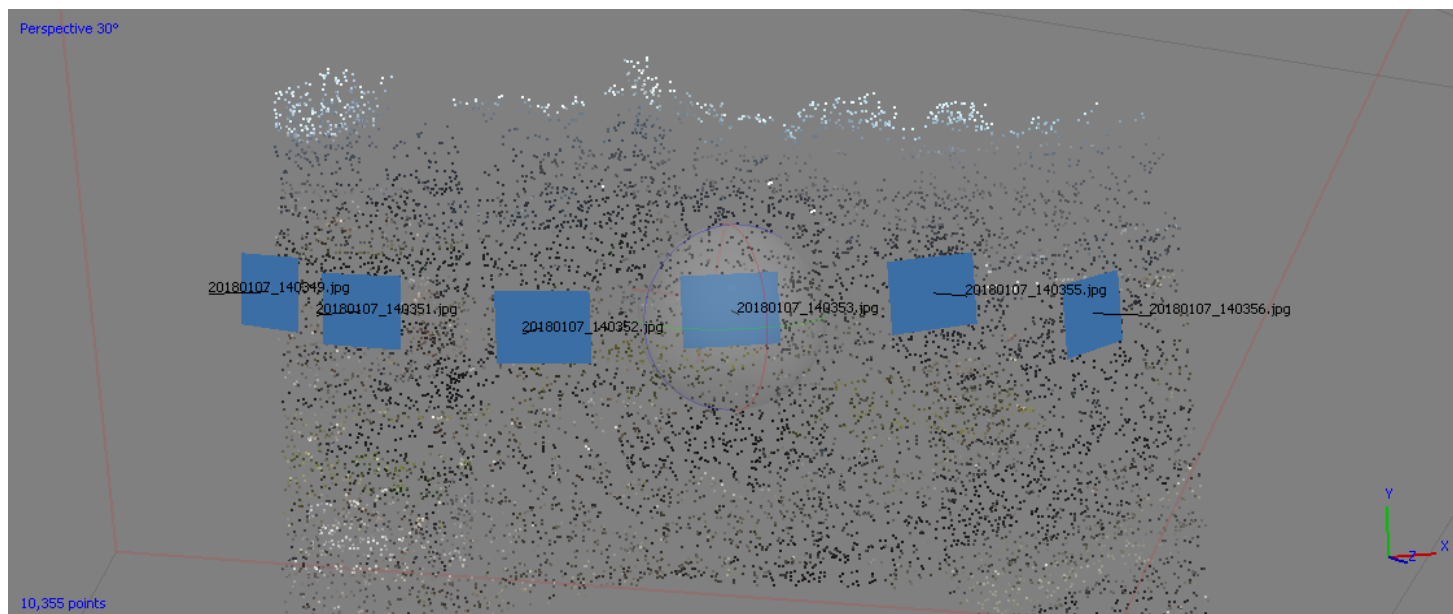


Εικόνα 19 Λήψη φωτογραφιών στον Αρχαιολογικό χώρο Δίον Κατερίνης



Εικόνα 20 Φωτογραφίες που ελήφθησαν στον Αρχαιολογικό χώρο

Οι φωτογραφίες που εισήχθησαν στο λογισμικό είναι 6 και ο χρόνος αναμονής για το τελικό αποτέλεσμα διήρκησε περίπου 10 λεπτά. Στην (Εικόνα 21) αποτυπώνονται οι θέσεις λήψεων και ο υπολογισμός αραιού νέφους.



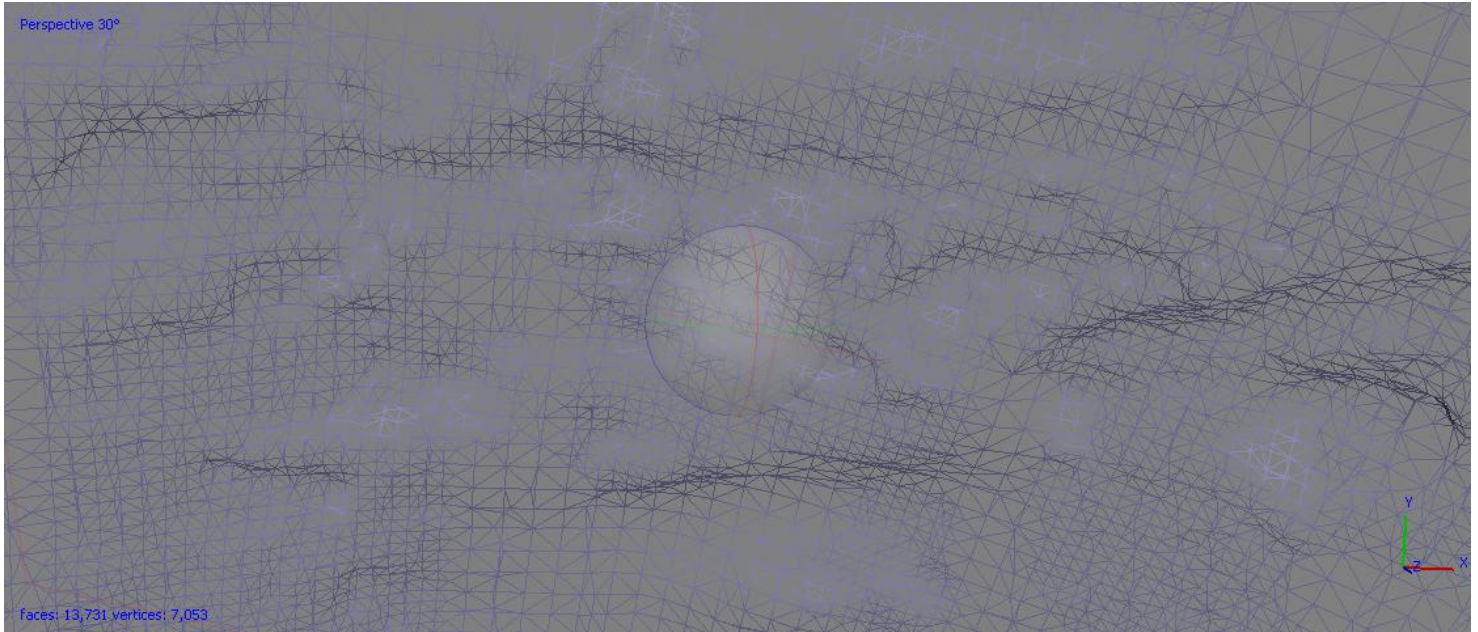
Εικόνα 21 Αποτέλεσμα υπολογισμού αραιού νέφους και θέσεις λήψεων

Η (Εικόνα 22) αποτυπώνει το αποτέλεσμα πυκνού νέφους σημείων



Εικόνα 22 Απεικόνιση πυκνού νέφους

Στην (Εικόνα 23) απεικονίζεται η δημιουργία τριγωνικού πλέγματος.



Εικόνα 23 Απεικόνιση πολυγώνων

Στην (Εικόνα 24) αποτυπώνεται η υφή και η τελική μορφή του χώρου.



Εικόνα 24 Αποτέλεσμα χαρτογράφησης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σήμερα, οι μέθοδοι αποτύπωσης και οι τεχνικές δημιουργίας τρισδιάστατης μοντελοποίησης αυξάνονται και βελτιώνονται ραγδαία, και γίνονται περισσότερο απαραίτητοι λόγω της αυξημένης χρήσης από διάφορους επιστημονικούς κλάδους.

Διάφορες εφαρμογές μοντελοποίησης χρησιμοποιούνται για τη χαρτογράφηση του πλανήτη μας και βοηθάει σημαντικά στην ιατρική, στην βιολογία και στην εγκληματολογία. Επιπλέον, έχει συμβάλλει στην εκπαίδευση και στην ψυχαγωγία, χρησιμοποιείται σε κινούμενα σχέδια και σε βιντεοπαιχνίδια λόγω των μεγάλων δυνατοτήτων των εργαλείων τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Απαραίτητο πλέον είναι στην αρχαιολογία και στην αρχιτεκτονική για τη δοκιμή διάφορων έργων σε προγράμματα μοντελοποίησης, για τη συντήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς ή την ξενάγηση σε κάποιον αρχαιολογικό χώρο, όπως έγινε και στην παρούσα πτυχιακή εργασία.

Έγινε χρήση του λογισμικού Agisoft Photoscan για την ανάδειξη του αρχαιολογικού χώρου με 3d μοντελοποίηση. Είναι πολύ εύκολο στη χρήση του και υποστηρίζεται από εγχειρίδιο χρήσης. Επίσης, για την εκμάθηση του έγινε περιήγηση σε βίντεο στο διαδίκτυο. Η έκδοση Photoscan Professional κοστίζει 2900 € και η Photoscan Standard με ικανοποιητικές αλλά με λιγότερες δυνατότητες κοστίζει 150 €. Ωστόσο, η λήψη σε μορφή demo είναι δωρεάν, αλλά δε επιτρέπει την πλήρη λειτουργία του προγράμματος. Όμως, σημαντικό είναι ότι το Photoscan παρέχει τη δυνατότητα ενεργοποίησης και δοκιμαστικής έκδοσης για την πλήρη λειτουργία του για 30 ημέρες. Πρέπει να δοθεί προσοχή κατά τη λήψη των εικόνων και στις παραμέτρους επεξεργασίας για τα επιθυμητά αποτελέσματα.

Γενικά, το συμπέρασμα είναι ότι η χρήση εφαρμογών τρισδιάστατης μοντελοποίησης για αποτύπωση αντικειμένων ή τοπίων, μπορεί να θεωρηθεί ως μια αρκετά καλή λύση λόγω των ικανοποιητικών αποτελεσμάτων που εξάγει το λογισμικό. Πρόκειται για σχετικά οικονομικές και εύκολες στη χρήση τους, χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις εξοπλισμού και προγραμματισμού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Manual του προγράμματος Agisoft Photoscan

https://el.wikipedia.org/wiki/3D_μοντελοποίηση

<http://www.ipet.gr/digitech2/index.php>

<https://el.wikipedia.org/wiki/τοπογραφία>

<https://el.wikipedia.org/wiki/Αεροφωτογραφία>

http://www.superior-air.gr/el/helicopter_transfers/αεροφωτογράφιση

<https://el.wikipedia.org/wiki/τηλεπισκόπηση>

<http://dasodata.gr/index.php/doryforiki-tilepiskopisi>

<https://el.wikipedia.org/wiki/φωτογραμμετρία>

https://en.wikipedia.org/wiki/3D_scanner

<https://el.wikipedia.org/wiki/Φωτογραφικός φακός>

https://en.wikipedia.org/wiki/Autodesk_123D

<https://en.wikipedia.org/wiki/PhotoScan>

<https://en.wikipedia.org/wiki/PhotoModeler>

<https://en.wikipedia.org/wiki/CloudCompare>

<http://www.agisoft.com>

<http://www.ancientdion.org>

N. Μπιλάλης και **Ε. Μαραβελάκης**, 2^η έκδοση (2014), «Συστήματα CAD/CAM & Τρισδιάστατη Μοντελοποίηση, Εκδόσεις Κριτική.