

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ DRONE ΚΑΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ
ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ**



ΕΙΣΗΓΗΤΡΙΑ – ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ :

Δρ. Γεωργούλη Κωνσταντίνα
Επίκουρη Καθηγήτρια

ΦΟΙΤΗΤΕΣ :

Λούσκου Ελένη AM 7229
Φάσσα Αναστασία AM 7414
Σταματόπουλος Αλέξανδρος AM 6968

ΠΑΤΡΑ, 2024

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ολοκληρώνοντας την Πτυχιακή Εργασία μας αισθανόμαστε την ανάγκη να ευχαριστήσουμε την επιβλέπουσα καθηγήτρια της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας, την κυρία Δρ. Γεωργούλη Κωνσταντίνα, Επίκουρη Καθηγήτρια, της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου και τον κύριο Κασπίρη Ανδρέα, Ε.Τ.Π. της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου, για την ευκαιρία που μας έδωσαν να ασχοληθούμε με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα που αφορά νέες τεχνολογίες και μεθόδους, για την πολύτιμη βοήθεια που μας προσέφεραν κατά την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας, για τη συνεχή καθοδήγησή τους και την υπομονή τους.

Πάτρα, 2024

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναφέρεται στις νέες τεχνολογίες και μεθόδους που αφορούν την τρισδιάστατη αποτύπωση, κυρίως κτιρίων, που συνεχώς κερδίζουν έδαφος έναντι των παλαιότερων πιο κλασσικών μεθόδων.

Ως αντικείμενο μελέτης της εργασίας είναι η τρισδιάστατη αποτύπωση μέσω drone των εκκλησιών «Παντοκράτορας» και «Παντάνασσα» που βρίσκονται στο κέντρο της Πάτρας (φωτογραφική αποτύπωση περιμετρικά των εκκλησιών) και η μετέπειτα επεξεργασία του φωτογραφικού υλικού μέσω του προγράμματος Agisoft Metashape, με το οποίο δημιουργήσαμε ένα τρισδιάστατο φωτογραφικό μοντέλο που μπορεί να μας δώσει ανά πάσα ώρα και στιγμή οποιαδήποτε απόσταση – ύψος. Επιπλέον, αυτό το μοντέλο διατηρείται ως αρχείο και για μεταγενέστερες αποτυπώσεις για σύγκριση φθορών ή παρακολούθηση εργασιών. Επίσης, με επιπλέον επεξεργασία μπορούμε να εξάγουμε αρχιτεκτονικά σχέδια (όψεις – τομές). Οι δύο εκκλησίες επιλέχθηκαν για την ιδιαίτερη αρχιτεκτονική τους και τον ιδιαίτερο εξωτερικό διάκοσμο που διαθέτουν.

Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά τα βήματα της διαδικασίας για την δημιουργία του τρισδιάστατου φωτογραφικού μοντέλου, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα, καθώς και άλλες επιλογές προγραμμάτων για τον σκοπό αυτόν.

Λέξεις κλειδιά : drone, 3d μοντέλο, τρισδιάστατη αποτύπωση, φωτογραμμετρία.

ABSTRACT

This thesis refers to the new technologies and methods related to 3D mapping, mainly of buildings, which are constantly gaining ground compared to the older more classical methods.

As the object of study of the thesis is the 3D drone mapping of the churches "Pantokratoras" and "Pantanassa" located in the center of Patras (photographic mapping around the perimeter of the churches) and the subsequent processing of the photographic material through the program Agisoft Metashape, with which we created a 3D photographic model that can give us at any time any distance - height. In addition, this model is also kept as a file for later prints for damage comparison or monitoring of works. Also, with additional processing we can export architectural drawings (views - sections). The two churches were chosen for their particular architecture and their special exterior decoration.

The steps of the process for creating the 3D photographic model, the advantages and disadvantages, as well as other program options for this purpose are detailed below.

Keywords: drone, 3d model, 3D mapping, photogrammetry.

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ :

Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι φοιτητές έχουμε επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνουμε υπεύθυνα ότι είμαστε συγγραφείς αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, αναλαμβάνουμε την ευθύνη επί ολοκλήρου του κείμενου, έχουμε δε αναφέρει στη Βιβλιογραφία μας όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποιήσαμε και λάβαμε ιδέες ή δεδομένα.

Δηλώνουμε επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχουμε ενσωματώσει στην εργασία μας προερχόμενο από βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχουμε πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχουμε αναφέρει ανελλιπώς το όνομα του και την πηγή προέλευσης.

Οι φοιτητές :

Λούσκου Ελένη AM 7229

Φάσσα Αναστασία AM 7414

Σταματόπουλος Αλέξανδρος AM 6968

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ABSTRACT.....	4
ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ :	5
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ.....	9
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
1.2 ΣΤΟΧΟΙ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	10
1.3 ΔΟΜΗ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΚΛΑΣΣΙΚΟΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ.....	12
2.1 ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΜΕ ΜΕΤΡΟΤΑΙΝΙΑ - ΑΠΟΣΤΑΣΙΟΜΕΤΡΟ	12
2.2 ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΜΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΜΕΘΟΔΩΝ	18
2.3 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ.....	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΗ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΩΝ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ (DRONE)	20
3.1 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΓΕΓΟΝΟΤΑ	20
3.2. Τα ΣΜΗΕΑ (drone) γενικά.....	25
3.3. ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ	27
3.4. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΜΗΕΑ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΡΓΑ	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ.....	32
4.1. AGISOFT METASHAPE.....	32
4.2. ARCGIS DRONE2MAP	34
4.3. UGCS	35
4.4. REALITY CAPTURE	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. 3D ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ	42
5.1 ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΜΕΛΕΤΗΣ : ΕΚΚΛΗΣΙΕΣ «ΠΑΝΤΟΚΡΑΤΟΡΑΣ» ΚΑΙ «ΠΑΝΤΑΝΑΣΣΑ» ΠΑΤΡΩΝ.....	42
5.2. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ	50
5.2. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	54
5.3. ΕΞΑΓΩΓΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ - ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ.....	63
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	70
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	72

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Αποστασιόμετρο laser.	13
Εικόνα 2. Μετροταινία.....	14
Εικόνα 3. Ηλεκτρονικό ταχύμετρο.	16
Εικόνα 4. Ηλεκτρικό drone.....	20
Εικόνα 5. Επισκόπηση του περιβάλλοντος του UgCS.	36
Εικόνα 6. Προγραμματισμός πτήσης.....	37
Εικόνα 7. Drone που εκτελεί δοκιμαστική διαδρομή.....	38
Εικόνα 8. Σχεδιασμός κατακόρυφης πτήσης.....	39
Εικόνα 9. Επισκόπηση του περιβάλλοντος του Reality Capture.....	40
Εικόνα 10. Ιερός Ναός του Παντοκράτορος Πατρών.....	42
Εικόνα 11. Εσωτερικά του Ναού.....	43
Εικόνα 12. Εσωτερικά του Ναού.....	43
Εικόνα 13. Ιερός Ναός Παντοκράτορος επί Τουρκοκρατίας.....	44
Εικόνα 14. Πρόσοψη Ναού.	45
Εικόνα 15. Οι τρούλοι του Ναού.	45
Εικόνα 16. Ιερός Ναός Παντανάσσης Πατρών.....	46
Εικόνα 17. Εσωτερικά της εκκλησίας.	47
Εικόνα 18. Εσωτερικά της εκκλησίας.	49
Εικόνα 19. Πρόσοψη εκκλησίας.....	49
Εικόνα 20. Ημέρα αποτύπωσης.....	50
Εικόνα 21. Λήψη κατά την συναρμολόγηση του drone.	51
Εικόνα 22. Λήψη κατά την απογείωση του drone.....	51
Εικόνα 23. Επιφάνεια εργασίας προγράμματος Agisoft Metashape.	54
Εικόνα 24. Εισαγωγή φωτογραφιών στο πρόγραμμα.....	54
Εικόνα 25. Ένωση φωτογραφιών.	55
Εικόνα 26. Επιλογή ακρίβειας επεξεργασίας.....	56
Εικόνα 27. Ολοκληρωμένο μοντέλο από νέφος σημείων.....	56
Εικόνα 28. Εντολή Optimize Camera Alignment.....	57
Εικόνα 29. Dense cloud.	57
Εικόνα 30. Εντολή Build Dense Cloud.....	58
Εικόνα 31. Mesh.	58
Εικόνα 32. Παράμετροι για την εντολή Mesh.....	59
Εικόνα 33. Εξέλιξη επεξεργασίας "build Texture".....	59
Εικόνα 34. Εντολή Build Texture.....	60
Εικόνα 35. Μετρήσεις στην Όψη της εκκλησίας Παντάνασσας.....	60
Εικόνα 36. Μετρήσεις στην Όψη της εκκλησίας του Παντοκράτορα.....	61

Εικόνα 37. Μέτρηση ενός από τους τρούλους του Παντοκράτορα.....	61
Εικόνα 38. Παράμετροι κάμερας του drone.	62
Εικόνα 39. Κάτοψη εκκλησίας "Παντάνασσας".....	65
Εικόνα 40. Πρόσοψη εκκλησίας "Παντάνασσας".	65
Εικόνα 41. Δεξιά πλάγια όψη εκκλησίας "Παντάνασσας".	66
Εικόνα 42. Πίσω όψη εκκλησίας "Παντάνασσας".	66
Εικόνα 43. Αριστερή πλάγια όψη εκκλησίας "Παντάνασσας".....	67
Εικόνα 44. Κάτοψη εκκλησίας "Παντοκράτορα".....	67
Εικόνα 45. Δεξιά πλάγια όψη εκκλησίας "Παντοκράτορα".	68
Εικόνα 46. Πίσω όψη εκκλησίας "Παντοκράτορα".....	68
Εικόνα 47. Αριστερή πλάγια όψη εκκλησίας "Παντοκράτορα".....	69
Εικόνα 48. Πρόσοψη εκκλησίας "Παντοκράτορα".	69
Εικόνα 49. Πληροφορίες επεξεργασίας εκκλησίας "Παντοκράτορας".	70
Εικόνα 50. Πληροφορίες επεξεργασίας εκκλησίας "Παντάνασσα".	71

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως αντικείμενο τις εναέριες αποτυπώσεις μέσω drone σε ιδιαίτερα κτίρια όπως είναι οι εκκλησίες. Έχουμε παρατηρήσει ότι οι εκκλησίες έχουν αρκετές ιδιαιτερότητες τόσο από στατικής απόψεως (αποτελείται εξ ολοκλήρου από τοιχία) όσο και από αρχιτεκτονικής απόψεως εσωτερικά και εξωτερικά, λόγω των περίτεχνων διάκοσμων που διαθέτουν. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχει μια ιδιαίτερη δυσκολία στην αποτύπωση τους, τουλάχιστον παλαιότερα χρησιμοποιώντας κλασσικές μεθόδους αποτύπωσης.

Τα τελευταία τριάντα χρόνια έχουμε μεγάλες εξελίξεις στις αποτυπώσεις λόγω της αντίστοιχης εξέλιξης της τεχνολογίας που χρησιμοποιείται. Από τα ψηφιακά ταχύμετρα, τα ηλεκτρονικά αποστασιόμετρα, τα gps και τώρα τα drone. Παλαιότερα οι αποτυπώσεις γινόντουσαν με την χρήση κορδέλας ή μέτρου, νήμα της στάθμης, δημιουργούσαμε κάρναβο και με μεγάλη υπομονή και λεπτομέρεια αποτυπώναμε σιγά σιγά και κομμάτι-κομμάτι την κάθε όψη ξεχωριστά. Σαφώς, ο χρόνος αποτύπωσης ήταν ιδιαίτερα μεγάλος και απαιτούνταν και αντίστοιχα μεγάλες αμοιβές.

Παρακάτω περιγράφουμε μία τυπική διαδικασία αποτύπωσης δύο ιδιαίτερων κτιρίων όπως είναι οι εκκλησίες «Παντοκράτορας» και «Παντάνασσα» με την χρήση ενός μοντέλου drone που είναι ιδιαίτερα διαδεδομένο στην αγορά και ενός αντίστοιχου προγράμματος επεξεργασίας και σύνθεσης αεροφωτογραφιών.

1.2 ΣΤΟΧΟΙ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ως βασικοί στόχοι της εργασίας μας είναι :

- ✚ Εκμάθηση πτήσης drone με σκοπό την πραγματοποίηση μιας εναέριας αποτύπωσης. (προετοιμασία πτήσης, πιθανοί κίνδυνοι, χειρισμός drone)
- ✚ Χειρισμός κάμερας του drone ώστε να πραγματοποιήσουμε την εναέρια αποτύπωση. (χειρισμός drone, απόσταση κτίριο μελέτης, βήμα φωτογράφισης)
- ✚ Εκμάθηση προγράμματος επεξεργασίας αεροφωτογραφιών και σύνθεσης 3d μοντέλου. (βήματα επεξεργασίας, παραμετροποίηση, εξαγωγή αποτελεσμάτων)
- ✚ Επεξεργασία και αξιοποίηση αποτελεσμάτων.

1.3 ΔΟΜΗ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η διαδικασία πραγματοποίησης της πτυχιακής εργασίας αρχικά χωρίζεται σε δύο μέρη. Το πρώτο μέρος έχει να κάνει με την επιτόπου αποτύπωση των δύο εκκλησιών όπου πραγματοποιήσαμε πτήσεις με το drone και πήραμε φωτογραφίες περιμετρικά και των δύο ναών. Το δεύτερο μέρος της εργασίας παρουσιάζουμε τις επεξεργασίες που πραγματοποιήσαμε μέσω του προγράμματος Agisoft Metashape όπου δημιουργήσαμε τρισδιάστατα μοντέλα και των δύο ναών.

Η πτυχιακή μας εργασία είναι δομημένη σε πέντε κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο εμπεριέχει την εισαγωγή, τους στόχους της εργασίας καθώς και την περιγραφή της δομής της. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναφερόμαστε στις κλασσικές μεθόδους και όργανα αποτύπωσης, καθώς και σε συνδυασμούς αυτών που είναι αναγκαίο ή σύνηθες να συνυπάρχουν. Το τρίτο κεφάλαιο εμπεριέχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες και νομοθεσία που διέπει τα drone. Στη συνέχεια, στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφουμε περιληπτικά διάφορα προγράμματα επεξεργασίας εικόνων και δημιουργίας 3d μοντέλων που υπάρχουν στη αγορά και χρησιμοποιούνται ευρέως. Στο πέμπτο κεφάλαιο, αρχικά περιγράφουμε αναλυτικά όλη την διαδικασία αποτύπωσης μέσω των πτήσεων που πραγματοποιήσαμε και στους δύο ναούς, μετέπειτα παρουσιάζουμε αναλυτικά τα βήματα επεξεργασίας μέσω του προγράμματος Agisoft Metashape και τέλος παρουσιάζουμε τα 3d μοντέλα, τις όψεις και τις κατόψεις που μας δίνει το πρόγραμμα και για τους δύο ναούς. Η πτυχιακή μας ολοκληρώνεται με την παρουσίαση των συμπερασμάτων μας από την σύνταξη της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΚΛΑΣΣΙΚΟΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ

2.1 ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΜΕ ΜΕΤΡΟΤΑΙΝΙΑ - ΑΠΟΣΤΑΣΙΟΜΕΤΡΟ

Η αποτύπωση με μετροταινία και αποστασιόμετρο είναι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στην τοπογραφία και τη γεωδαισία για τη μέτρηση αποστάσεων και τη χαρτογράφηση μιας περιοχής. Εδώ είναι μια γενική περιγραφή αυτών των μεθόδων:

Αποτύπωση με Αποστασιόμετρο

Το αποστασιόμετρο είναι μια συσκευή που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση αποστάσεων χρησιμοποιώντας διάφορες τεχνολογίες, όπως το λέιζερ, τα υπερηχητικά κύματα ή το ραδιόφωνο.

Τύποι Αποστασιόμετρων:

- **Λέιζερ αποστασιόμετρα:** Χρησιμοποιούν ακτίνες λέιζερ για τη μέτρηση αποστάσεων με μεγάλη ακρίβεια.
- **Υπερηχητικά αποστασιόμετρα:** Χρησιμοποιούν υπερηχητικά κύματα για τη μέτρηση αποστάσεων, συνήθως για μικρότερες αποστάσεις.
- **Αποστασιόμετρα ραδιοσυχνότητας:** Χρησιμοποιούν ραδιοκύματα για τη μέτρηση αποστάσεων, συχνά σε πιο ειδικές εφαρμογές.

Διαδικασία Αποτύπωσης:

- **Στόχευση:** Το αποστασιόμετρο στοχεύεται προς το σημείο που θα μετρηθεί η απόσταση.
- **Εκπομπή Σήματος:** Η συσκευή εκπέμπει ένα σήμα (λέιζερ ή υπερηχητικό).
- **Ανίχνευση Ανακλώμενου Σήματος:** Το σήμα ανακλάται από το στόχο και επιστρέφει στη συσκευή.
- **Υπολογισμός Απόστασης:** Η συσκευή υπολογίζει την απόσταση βάσει του χρόνου που χρειάστηκε το σήμα να επιστρέψει.



Εικόνα 1. Αποστασιόμετρο laser.

Δυσκολίες στην Αποτύπωση με Αποστασιόμετρο.

1. Γραμμή Οπτικής Επαφής:

- **Εμπόδια:** Τα αποστασιόμετρα, ειδικά τα λέιζερ, απαιτούν σαφή γραμμή οπτικής επαφής μεταξύ της συσκευής και του στόχου. Εμπόδια όπως δέντρα, κτίρια ή άλλα φυσικά στοιχεία μπορούν να παρεμποδίσουν την ακρίβεια της μέτρησης.
- **Ανισόπεδο Έδαφος:** Σε ανώμαλο ή λοφώδες έδαφος, η γραμμή οπτικής επαφής μπορεί να διακοπεί, καθιστώντας δύσκολη την ακριβή μέτρηση.

2. Ακρίβεια και Ανακλαστικότητα:

- **Επιφάνεια Στόχου:** Η επιφάνεια του στόχου πρέπει να είναι αρκετά ανακλαστική για να επιστρέψει το σήμα. Σκοτεινές, τραχιές ή απορροφητικές επιφάνειες μπορεί να μειώσουν την ακρίβεια της μέτρησης.
- **Ανακλαστήρες:** Σε μεγάλες αποστάσεις ή σε δύσκολες επιφάνειες, μπορεί να απαιτηθούν ειδικοί ανακλαστήρες, προσθέτοντας πολυπλοκότητα στη διαδικασία.

3. Περιβαλλοντικές Συνθήκες:

- **Καιρός:** Οι καιρικές συνθήκες, όπως η ομίχλη, η βροχή ή η έντονη ηλιοφάνεια, μπορούν να επηρεάσουν την απόδοση των αποστασιομέτρων, μειώνοντας την ακρίβεια ή την εμβέλεια των μετρήσεων.
- **Θερμοκρασία:** Οι ακραίες θερμοκρασίες μπορούν να επηρεάσουν την απόδοση της συσκευής και την ακρίβεια των μετρήσεων.

4. Τεχνικοί Περιορισμοί:

- Μέγιστη Εμβέλεια: Κάθε αποστασιόμετρο έχει μια μέγιστη εμβέλεια πέρα από την οποία δεν μπορεί να μετρήσει με ακρίβεια. Σε πολύ μεγάλες αποστάσεις, μπορεί να χρειαστεί η χρήση ειδικού εξοπλισμού ή η εφαρμογή άλλων μεθόδων μέτρησης.
- Ακρίβεια στις Μεγάλες Αποστάσεις: Η ακρίβεια των μετρήσεων μπορεί να μειωθεί όσο αυξάνεται η απόσταση, ειδικά χωρίς τη χρήση ανακλαστικών επιφανειών.

5. Τεχνολογικές Απαιτήσεις:

- Συντήρηση και Διαχείριση: Τα αποστασιόμετρα απαιτούν τακτική συντήρηση και προσεκτική διαχείριση για να διατηρηθούν σε καλή λειτουργική κατάσταση. Η κακή συντήρηση μπορεί να επηρεάσει την ακρίβεια των μετρήσεων.
- Τεχνολογική Εκπαίδευση: Οι χρήστες πρέπει να είναι εξοικειωμένοι με τη χρήση της συσκευής και να γνωρίζουν πώς να διαχειριστούν προβλήματα που μπορεί να προκύψουν.

Αποτύπωση με Μετροταινία

Η μετροταινία είναι ένα εργαλείο μέτρησης που αποτελείται από μια ταινία, συνήθως κατασκευασμένη από μέταλλο, ύφασμα ή πλαστικό, η οποία φέρει ενδείξεις για τη μέτρηση μήκους. Χρησιμοποιείται ευρέως για τη μέτρηση μικρών και μεσαίων αποστάσεων.



Εικόνα 2. Μετροταινία.

Βασικά χαρακτηριστικά:

- **Μήκος:** Οι μετροταινίες διατίθενται σε διάφορα μήκη, από μερικά μέτρα έως 100 μέτρα ή περισσότερο.
- **Υλικό:** Μπορεί να είναι κατασκευασμένες από υλικά όπως ατσάλι, υφαντό ύφασμα ή ενισχυμένο πλαστικό.
- **Κλίμακα:** Οι μετροταινίες έχουν κλίμακες με μετρικές ή αγγλικές μονάδες, ή και τα δύο.

Διαδικασία Αποτύπωσης:

- **Εκκίνηση και Σημείο Αναφοράς:** Η μετροταινία τοποθετείται στο σημείο εκκίνησης της μέτρησης.
- **Τάνυση της Ταινίας:** Η ταινία τανύεται κατά μήκος της απόστασης που θα μετρηθεί.
- **Ανάγνωση της Τιμής:** Η τιμή διαβάζεται από την κλίμακα της ταινίας στο τελικό σημείο μέτρησης.
- **Καταγραφή:** Η μετρηθείσα απόσταση καταγράφεται.

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των δυο αυτών οργάνων αποτύπωσης είναι ότι η μετροταινία είναι απλή στη χρήση και οικονομική, αλλά μπορεί να είναι λιγότερο ακριβής και χρονοβόρα σε μεγάλες αποστάσεις. Το αποστασιόμετρο αντίστοιχα είναι πολύ ακριβές και γρήγορο, αλλά πιο ακριβό και απαιτεί ηλεκτρική ενέργεια.

Και οι δύο μέθοδοι χρησιμοποιούνται ευρέως σε διάφορες εφαρμογές, όπως:

- Τοπογραφικές μελέτες και χαρτογράφηση.
- Κατασκευαστικά έργα.
- Αρχιτεκτονικές μελέτες και διαρρυθμίσεις χώρων.
- Έρευνες και γεωδαιτικές μετρήσεις.

Η επιλογή μεταξύ μετροταινίας και αποστασιόμετρου εξαρτάται από τις απαιτήσεις της συγκεκριμένης εφαρμογής, τον απαιτούμενο βαθμό ακρίβειας και την έκταση της περιοχής που πρέπει να μετρηθεί. Η αποτύπωση με αποστασιόμετρο, αν και τεχνολογικά προηγμένη και συχνά πιο ακριβής από τη μετροταινία, παρουσιάζει και αυτή τις δικές της δυσκολίες και προκλήσεις.

ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΜΕ ΤΑΧΥΜΕΤΡΟ

Ταχύμετρο (Total Station): Το ταχύμετρο είναι ένα ηλεκτρονικό όργανο που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση οριζόντιων και κατακόρυφων γωνιών, καθώς και αποστάσεων, με μεγάλη ακρίβεια. Αποτελείται από ένα ηλεκτρονικό θεοδόλιχο για τη μέτρηση γωνιών, ένα ηλεκτρονικό αποστασιόμετρο για τη μέτρηση αποστάσεων, ένα μικροεπεξεργαστή όπου επεξεργάζεται τα δεδομένα και υπολογίζει συντεταγμένες σημείων, την οθόνη όπου εμφανίζει τις μετρήσεις και τα αποτελέσματα και το πρίσμα το οποίο χρησιμοποιείται ως στόχος για την επιστροφή των σημάτων από το ταχύμετρο.

Η αποτύπωση με ταχύμετρο είναι μια προηγμένη μέθοδος μέτρησης που χρησιμοποιείται ευρέως στην τοπογραφία και τη γεωδαισία για τη συλλογή γεωμετρικών δεδομένων σχετικά με μια περιοχή. Το ταχύμετρο συνδυάζει τις λειτουργίες ενός θεοδόλιχου και ενός ηλεκτρονικού αποστασιομέτρου, επιτρέποντας ακριβείς μετρήσεις γωνιών και αποστάσεων.



Εικόνα 3. Ηλεκτρονικό ταχύμετρο.

Διαδικασία αποτύπωσης με ταχύμετρο

- Εγκατάσταση: Το ταχύμετρο τοποθετείται πάνω σε ένα τρίποδο και ευθυγραμμίζεται σωστά (σταθεροποίηση και ρύθμιση του επιπέδου).
- Ανάγνωση και Καταγραφή Σημείων: Το ταχύμετρο κατευθύνεται προς ένα πρίσμα που βρίσκεται στο σημείο ενδιαφέροντος. Η συσκευή μετρά τις γωνίες και την απόσταση από το ταχύμετρο έως το πρίσμα. Τα δεδομένα αποθηκεύονται στη μνήμη της συσκευής ή μεταφέρονται σε υπολογιστή για επεξεργασία.
- Υπολογισμός Συντεταγμένων: Οι μετρήσεις χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των συντεταγμένων του σημείου ενδιαφέροντος σε σχέση με ένα προκαθορισμένο σύστημα αναφοράς.
- Επεξεργασία και Απεικόνιση: Τα δεδομένα επεξεργάζονται για την παραγωγή χαρτών, σχεδίων και άλλων γεωμετρικών απεικονίσεων της περιοχής μελέτης.

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης ταχυμέτρου

Βασικά πλεονεκτήματα της χρήσης του ταχυμέτρου σε μία αποτύπωση είναι τα εξής:

- Ακρίβεια: Παρέχει πολύ υψηλή ακρίβεια στις μετρήσεις γωνιών και αποστάσεων.
- Αποτελεσματικότητα: Συνδυάζει τις λειτουργίες του θεοδόλιχου και του αποστασιομέτρου, επιτρέποντας γρήγορες και ακριβείς μετρήσεις.
- Ευκολία Χρήσης: Τα σύγχρονα ταχύμετρα είναι εύχρηστα.
- Αποθήκευση και Μεταφορά Δεδομένων: Τα δεδομένα μπορούν να αποθηκευτούν ηλεκτρονικά και να μεταφερθούν σε υπολογιστή για περαιτέρω ανάλυση.

Αντίστοιχα, η χρήση του ταχύμετρου σε μια αποτύπωση έχει και μειονεκτήματα όπως για παράδειγμα:

- Το κόστος: Τα ταχύμετρα είναι ακριβά όργανα και η συντήρησή τους μπορεί να είναι δαπανηρή.
- Την "εξάρτηση" από Ορατότητα: Απαιτείται σαφής οπτική γραμμή μεταξύ του ταχυμέτρου και του πρίσματος, κάτι που μπορεί να είναι δύσκολο σε περιοχές με εμπόδια.
- Την εκπαίδευση: Απαιτείται εξειδικευμένη εκπαίδευση για τη σωστή χρήση του ταχυμέτρου και την επεξεργασία των δεδομένων.

Η αποτύπωση με ταχύμετρο είναι μια κρίσιμη μέθοδος για πολλές επιστημονικές και επαγγελματικές εφαρμογές, εξασφαλίζοντας ακρίβεια και αξιοπιστία στα γεωμετρικά δεδομένα που συλλέγονται.

2.2 ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΜΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΜΕΘΟΔΩΝ

Η αποτύπωση με συνδυασμό μεθόδων αποτελεί μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για τη συλλογή γεωμετρικών δεδομένων, η οποία αξιοποιεί τα πλεονεκτήματα διαφόρων τεχνικών και εργαλείων για να επιτευχθούν τα βέλτιστα αποτελέσματα. Αυτή η προσέγγιση μπορεί να περιλαμβάνει τη χρήση μετροταινίας, αποστασιομέτρου, ταχυμέτρου, GPS και άλλων τεχνολογιών.

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα όταν συνδυάζουμε πολλές μεθόδους αποτύπωσης είναι η αυξημένη ακρίβεια. Ο συνδυασμός διαφόρων μεθόδων επιτρέπει τη διασταύρωση και την επαλήθευση των δεδομένων, μειώνοντας την πιθανότητα λαθών. Επίσης η χρήση διαφορετικών τεχνικών μπορεί να αντισταθμίσει τις αδυναμίες που έχει κάθε μέθοδος όταν χρησιμοποιείται μόνη της.

Επιπλέον, ο συνδυασμός μεθόδων επιτρέπει την προσαρμογή της προσέγγισης στις ιδιαιτερότητες κάθε έργου, όπως τοπογραφικά εμπόδια, καιρικές συνθήκες και απαιτήσεις ακρίβειας. Ακόμα, η χρήση πολλαπλών εργαλείων μπορεί να επιταχύνει τη διαδικασία αποτύπωσης, μειώνοντας τον χρόνο που απαιτείται για την ολοκλήρωση της μέτρησης.

2.3 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ.

1. Μετροταινία και Αποστασιόμετρο:

- Μετροταινία: Χρησιμοποιείται για μικρές αποστάσεις και σημεία που απαιτούν ακριβή μέτρηση.
- Αποστασιόμετρο: Χρησιμοποιείται για γρήγορες μετρήσεις σε μεγαλύτερες αποστάσεις ή σε δύσκολα προσβάσιμα σημεία.

2. Ταχύμετρο και GPS:

- Ταχύμετρο: Παρέχει υψηλή ακρίβεια σε τοπικές μετρήσεις γωνιών και αποστάσεων.
- GPS: Χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των συντεταγμένων σε μεγαλύτερες κλίμακες και για την ενοποίηση των δεδομένων σε ένα παγκόσμιο σύστημα συντεταγμένων.

3. Drone και Παραδοσιακές Μέθοδοι:

- Drone: Χρησιμοποιείται για τη συλλογή αεροφωτογραφιών και τη δημιουργία μοντέλων τρισδιάστατης επιφάνειας.
- Παραδοσιακές Μέθοδοι (π.χ., ταχύμετρο, μετροταινία): Χρησιμοποιούνται για την επαλήθευση και τη λεπτομερή αποτύπωση συγκεκριμένων σημείων.

Η αποτύπωση με συνδυασμό μεθόδων αποτελεί μια ολοκληρωμένη και αποδοτική προσέγγιση για τη συλλογή και την επεξεργασία γεωμετρικών δεδομένων, εξασφαλίζοντας υψηλή ακρίβεια και ευελιξία στην αντιμετώπιση των προκλήσεων κάθε έργου. Κάποια από αυτά τα έργα είναι τα εξής:

- Κατασκευαστικά Έργα: Συνδυασμός GPS και ταχυμέτρου για την τοποθέτηση και τον έλεγχο των κατασκευών.
- Αρχαιολογία: Χρήση drone για αεροφωτογραφίες και ταχυμέτρου για την ακριβή αποτύπωση των αρχαιολογικών ευρημάτων.
- Περιβαλλοντικές Μελέτες: Χρήση αποστασιομέτρου και GPS για την αποτύπωση φυσικών τοπίων και περιβαλλοντικών αλλαγών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΗ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΩΝ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ (DRONE)

3.1 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΓΕΓΟΝΟΤΑ

Τα Συστήματα Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών (Unmanned Aerial Vehicles - UAVs), κοινώς γνωστά ως drones, έχουν εξελιχθεί ραγδαία από τις αρχές του 20ού αιώνα. Από τα πρώτα πρωτότυπα μέχρι τις σύγχρονες εμπορικές και στρατιωτικές εφαρμογές, τα drones έχουν αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο εκτελούμε μια πληθώρα αποστολών. Αυτή η πτυχιακή εργασία έχει ως στόχο να παρουσιάσει την ιστορική εξέλιξη των UAVs, αναδεικνύοντας τα βασικά στάδια και τις τεχνολογικές καινοτομίες που τα διαμόρφωσαν.



Εικόνα 4. Ηλεκτρικό drone.

Η ιστορική εξέλιξη των συστημάτων μη επανδρωμένων αεροσκαφών, γνωστών ως drones, ξεκινά από τις πρώτες δεκαετίες του 20ού αιώνα. Αρχικά, ορισμένες χώρες χρησιμοποιούσαν απλά αεροσκάφη χωρίς πλήρωμα για σκοπούς κατασκοπείας και παρακολούθησης. Τα πρώτα αναφερόμενα αεροσκάφη ήταν το Βρετανικό DH.82 Queen Bee και το Γερμανικό Fieseler Fi 103 (V-1).

Κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, οι δυνάμεις των Συμμάχων και των Άξιων χρησιμοποίησαν drones για σκοπούς κατασκοπείας, καθώς και για επιθέσεις. Μετά τον πόλεμο, οι τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα της ραδιενέργειας και της επικοινωνίας ενίσχυσαν την ανάπτυξη των drones. Τη δεκαετία του 1990, η τεχνολογία UAVs (Unmanned Aerial Vehicles) έκανε σημαντικά βήματα προόδου, εισάγοντας πιο προηγμένα συστήματα ελέγχου και αυτόματης πτήσης.

Η πρώτη μεγάλης κλίμακας παραγωγή ενός drone ειδικού σκοπού ήταν αποτέλεσμα της εργασίας του Ρέτζιναλντ Ντένι. Υπηρέτησε στο Βρετανικό Βασιλικό Σώμα Αεροπορίας κατά τον Α' Παγκόσμιο Πόλεμο, και μετά τον πόλεμο, το 1919,

μετανάστευσε στις Ηνωμένες Πολιτείες για να αναζητήσει την τύχη του στο Χόλυγουντ ως ηθοποιός. Ο Ντένι έγινε γνωστός ως ηθοποιός, και μεταξύ των δουλειών που έκανε, έστρεψε το ενδιαφέρον του στα ραδιοελεγχόμενα μοντέλα αεροσκάφη κατά την δεκαετία του 1930. Ο ίδιος και οι συνεργάτες του συνέστησαν την εταιρεία "Reginald Denny Industries" και άνοιξαν κατάστημα πώλησης μοντέλων αεροσκαφών το 1934 στη λεωφόρο του Χόλυγουντ, που είχε το όνομα "Reginald Denny Hobby Shops".[9]

Το κατάστημα εξελίχθηκε στην εταιρεία "Radioplane Company". Ο Ντένι πίστευε πως τα χαμηλού κόστους ραδιοελεγχόμενα αεροσκάφη θα ήταν χρήσιμα για την εκπαίδευση οπλιτών αντιαεροπορικών πυρών, και το 1935 παρουσίασε ένα πρωτότυπο drone στόχο, το RP-1, στον Στρατό των ΗΠΑ. Ο Ντένι στη συνέχεια αγόρασε ένα σχέδιο από τον Ουόλτερ Ράιτερ το 1938 και άρχισε να το εμπορεύεται στους χομπίστες ως "Dennymite", και το παρουσίασε στον Στρατό ως το RP-2, καθώς και άλλα τροποποιημένα αεροσκάφη ως RP-3 και RP-4 το 1939. Το 1940, ο Ντένι και οι συνεργάτες του υπέγραψαν συμβόλαιο με τον Στρατό για το ραδιοελεγχόμενο RP-4, το οποίο έγινε το Radioplane OQ-2. Κατασκεύασαν περίπου δεκαπέντε χιλιάδες drone για τον στρατό κατά τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο.[10][11]

Ήταν στο εργοστάσιο του Radioplane στο Βαν Νάις όταν το 1944 ο Στρατιωτικός φωτογράφος Ντέιβιντ Κόνοβερ είδε μια νεαρή γυναίκα με το όνομα Νόρμα Τζιν, και σκέφτηκε πως θα είχε προοπτικές ως μοντέλο. Η «ανακάλυψη» αυτή οδήγησε την Τζιν στη δημοσιότητα, και σύντομα άλλαξε το όνομα της σε Μέριλιν Μονρόε.[12]

Ο πραγματικός εφευρέτης ενός ραδιοελεγχόμενου αεροσκάφους το οποίο μπορούσε να πετάξει πέρα από το οπτικό πεδίο ήταν ο Έντουαρντ Μ. Σόρενσεν όπως πιστοποιείται από τα διπλώματα ευρεσιτεχνίας των ΗΠΑ. Η εφεύρεση του ήταν η πρώτη που είχε την δυνατότητα παροχής πληροφοριών μέσω ενός ακροδέκτη, το τι κάνει το αεροπλάνο, όπως η άνοδος του, το υψόμετρο, την διεύθυνση, στροφές ανά λεπτό καθώς και άλλα όργανα. Χωρίς αυτές τις ευρεσιτεχνίες τα πρώιμα ραδιοελεγχόμενα αεροσκάφη μπορούσαν να επιχειρήσουν μόνο εντός του οπτικού πεδίου του χειριστή πιλότου τους.[13]

Το Ναυτικό των ΗΠΑ άρχισε να πειραματίζεται με τα ραδιοελεγχόμενα αεροσκάφη από την δεκαετία του 1930, και το έργο του είχε αποτέλεσμα το drone Curtiss N2C-2 το 1937. Το N2C-2 ήταν τηλεδιαχειριζόμενο από άλλο αεροσκάφος, το οποίο ονομαζόταν TG-2. Οι αντιαεροπορικοί στόχοι drone N2C-2 τέθηκαν σε υπηρεσία μέχρι το 1938.[14]

Η Πολεμική Αεροπορία του Στρατού των ΗΠΑ (US Army Air Forces, USAAF) άρχισε να χρησιμοποιεί τα N2C-2 το 1939.[14] Παλαιά αεροσκάφη μετατράπηκαν και τέθηκαν σε υπηρεσία ως drone αντι-αεροπορικών στόχων «Σειράς-A». Μίας και το γράμμα "A" χρησιμοποιούνταν για τα επιθετικά αεροσκάφη (από την λέξη attack), τα μεταγενέστερα πλήρους μεγέθους αεροσκάφη-στόχοι έλαβαν την κωδική ονομασία "PQ". Η USAAF απέκτησε εκατοντάδες drone στόχους τύπου Culver "PQ-8", τα οποία ήταν η ραδιοελεγχόμενη έκδοση του συμβατικού μικρού διθέσιου επιβατικού αεροσκάφους Culver Cadet, και χιλιάδες βελτιωμένες εκδόσεις Culver PQ-14 Cadet ως παράγωγα του PQ-8. Οι ΗΠΑ επίσης χρησιμοποίησαν ραδιοελεγχόμενα αεροσκάφη, συμπεριλαμβανομένων των τροποποιημένων βαρέων βομβαρδιστικών B-17 Flying Fortress και B-24 Liberator σε μικρή κλίμακα σε μάχη

κατά την Επιχείρηση Αφροδίτη στον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο ως πολύ μεγάλες εναέριες τορπίλες, χωρίς όμως μεγάλη επιτυχία και την απώλεια του πληρώματος μέρους του οποίου ήταν ο Τζόζεφ Κένεντι Τζούνιορ.

Το "TDN-1" ήταν μη επανδρωμένο drone το οποίο αναπτύχθηκε το 1940. Το TDN είχε την δυνατότητα μεταφοράς βομβών 450 κιλών, αλλά δεν τέθηκε ποτέ σε επιχειρησιακά καθήκοντα.[15]

Με το «Πρόγραμμα Fox» για επιθετικά drone του Εργοστασίου Ναυτικών Αεροσκαφών (Naval Aircraft Factory) εγκαταστάθηκε το 1941 τηλεοπτική κάμερα RCA στο drone και μια οθόνη τηλεόρασης στο αεροσκάφος ελέγχου TG-2.[14] Τον Απρίλιο του 1942 το επιθετικό drone πραγματοποίησε επιτυχημένη επίθεση τορπιλών σε αντιτορπιλικό εντός εύρους 32 χιλιομέτρων από το αεροσκάφος ελέγχου TG-2.[14] Ακόμη ένα επιθετικό drone συγκρούστηκε επιτυχώς με στόχο που κινούνταν με ταχύτητα 8 κόμβων (14 χλμ./ώρα).[14] Το Γραφείο Αεροναυτικής του Ναυτικού τότε πρότεινε την υλοποίηση προγράμματος για τηλεχειριζόμενα drone με τη βοήθεια τηλεοπτικής κάμερας με 162 αεροπλάνα ελέγχου και 1.000 επιθετικά drone.[14] Προέκυψαν διαφωνίες εντός του Ναυτικού αναφορικά με τα συγκριτικά πλεονεκτήματα του προτεινόμενου προγράμματος για την εκτέλεση πλήρους κλίμακας μάχης έναντι μιας μικρής κλίμακας δοκιμής σε μάχη με μικρή έκθεση των αεροσκαφών, η οποία θα μπορούσε να αποκαλύψει την ιδέα στον εχθρό και να του επιτρέψει την ανάπτυξη αντιμέτρων πριν την πλήρη παραγωγή.[14] Τα επιθετικά drone παρέμειναν ένα αναπόδεικτο σχέδιο στο μυαλό των στρατιωτικών σχεδιαστών εν μέσω των σημαντικών επιτυχιών των συμμάχων το 1944.[14] Η χρησιμοποίησή τους περιορίστηκε σε τέσσερις επιθέσεις drone σε εμπορικά Ιαπωνικά πλοία που ήταν αγκυροβολημένα στα νησιά Ράσελ στο τέλος του Ιουλίου και ακολουθήθηκαν από τις επιθέσεις 46 drone στα βόρεια Νησιά του Σολομώντα.[14] Δύο χτυπήματα και δύο παρ' ολίγον χτυπήματα επιτεύχθηκαν στο σταθμευμένο πλοίο.[14] Πολλά από τα μεταγενέστερα drone απέτυχαν να πετύχουν τον στόχο τους, αλλά τα περισσότερα ήταν αποτελεσματικά.[14]

Σύγχρονη εποχή (μη επανδρωμένα αεροσκάφη μάχης)

Η στάση απέναντι στα ΜΕΑ, τα οποία αντιμετωπιζόταν ως μη αξιόπιστα και ακριβά παιχνίδια, άλλαξε αμέσως μετά τη νίκη της Ισραηλινής Πολεμικής Αεροπορίας έναντι της Συριακής το 1982. Η συντονισμένη χρήση των ΜΕΑ από το Ισραήλ μαζί με τα επανδρωμένα αεροσκάφη οδήγησε άμεσα στην καταστροφή δεκάδων Συριακών αεροσκαφών με ελάχιστες απώλειες. Τα Ισραηλινά drone χρησιμοποιήθηκαν ως ηλεκτρονικά δολώματα, ηλεκτρονικοί πομποί καθώς και για αναγνώριση πραγματικού χρόνου με βίντεο.[14]

Ο στρατός των ΗΠΑ εισήλθε σε μια νέα εποχή κατά την οποία τα ΜΕΑ έχουν καθοριστικό όλο στην παροχή πληροφοριών σημάτων (SIGINT), ή τα συστήματα ηλεκτρονικών αντιμέτρων τα οποία θα έχουν ευρεία χρήση κατά τον 21ο αιώνα, με τα ΜΕΑ να ελέγχονται και να διαμοιράζουν τα δεδομένα σε συνδέσεις δεδομένων

μεγάλου εύρους σε πραγματικό χρόνο, συνδεδεμένα με πλατφόρμες εδάφους, αέρος, θάλασσας και διαστήματος. Η τάση εμφανίστηκε πριν από τον Πόλεμο στο Αφγανιστάν που ξεκίνησε το 2001, αλλά επιταχύνθηκε σε μεγάλο βαθμό από την χρήση ΜΕΑ σε αυτή τη σύρραξη. Το ΜΕΑ Predator RQ-1L (General Atomics) ήταν το πρώτο ΜΕΑ που παρατάχθηκε στα Βαλκάνια το 1995 και το Ιράκ το 1996 και αποδείχθηκε εξαιρετικά αποτελεσματικό στην Επιχείρηση Απελευθέρωσης του Ιράκ καθώς και το Αφγανιστάν.[15]

Ένα άλλο πεδίο των ΜΕΑ που αναπτύχθηκε είναι τα μικροσκοπικά μη επανδρωμένα αεροσκάφη, που εκτείνονται από τα «μικρά εναέρια οχήματα» (micro aerial vehicle, MAV) και τα μικροσκοπικά ΜΕΑ τα οποία μπορούν να μεταφερθούν από έναν στρατιώτη, έως τα ΜΕΑ που μπορούν να εκτοξευτούν όπως μια βολή πυροβόλου σε ένα φορητό σύστημα αεράμυνας.[16]

Η ιδέα σχεδιασμού ενός μη επανδρωμένου αεροσκάφους που θα μπορεί να παραμείνει στον αέρα για μεγάλο χρονικό διάστημα κυριαρχούσε για περίπου μια δεκαετία, αλλά επιχειρήθηκε κατά τον 21ο αιώνα. Τα ΜΕΑ αντοχής για επιχειρήσεις σε χαμηλό και υψηλό υψόμετρο, που μερικές φορές αποκαλούνται ως ΜΕΑ «υψηλού υψομέτρου μεγάλης αντοχής» (high-altitude long-endurance, HALE), είναι πλέον σε πλήρη χρήση.[17]

Στις 21 Αυγούστου 1998, ένα αεροσκάφος ΑΑΙ Aerosonde με το όνομα Laima ήταν το πρώτο ΜΕΑ που πέταξε πάνω από τον Ατλαντικό Ωκεανό, ολοκληρώνοντας την πτήση σε 26 ώρες.[18]

Το γραφείο Τελωνείων και Συνοριοφυλακής των ΗΠΑ πειραματίστηκε με αρκετά μοντέλα ΜΕΑ, και αγόρασε στόλο μη οπλισμένων MQ-9 Reaper για να παρακολουθεί τη μεθόριο των ΗΠΑ με το Μεξικό. Σύμφωνα με όσα είπαν αξιωματούχοι αυτά τα ΜΕΑ βοήθησαν σε σχεδόν 3.900 συλλήψεις και την κατάσχεση 4 τόνων μαριχουάνα σε έξι μήνες.[19]

Στις 18 Μαΐου 2006, η Ομοσπονδιακή Διοίκηση Αεροπορίας των ΗΠΑ (Federal Aviation Administration, FAA) έχει την δυνατότητα πια μέσω εξουσιοδότησης και με την χρήση αεροσκαφών τύπου M/RQ-1 και M/RQ-9 να κινείται εντός του πολιτικού εναερίου χώρου των ΗΠΑ για να ερευνούν για επιζώντες σε θεομηνίες. Τα αιτήματα για την χρήση αυτών των αεροσκαφών έγιναν το 2005 ώστε να χρησιμοποιηθούν στις επιχειρήσεις έρευνας και διάσωσης μετά τον Τυφώνα Κατρίνα όπου και δεν χρησιμοποιήθηκαν τελικά γιατί δεν υπήρχε πιστοποίηση από την FAA. Η υπέρυθρη κάμερα του Predator με ψηφιακά ενισχυμένο ζουμ έχει την δυνατότητα ταυτοποίησης της θερμότητας ενός ανθρώπινου σώματος από υψόμετρο 10.000 ποδιών (3.000 μέτρα), κάνοντας το αεροσκάφος ιδανικό εργαλείο έρευνας και διάσωσης.[20]

Σύμφωνα με αναφορά της Wall Street Journal του 2006, «Μετά την διαπρεπή υπηρεσία σε εμπόλεμες ζώνες τα τελευταία χρόνια, τα μη επανδρωμένα αεροπλάνα προκαλούν αναταράξεις μιας και πραγματοποιούν αγώνα για να αντιμετωπίσουν τα πολιτικά αεροπλάνα και τους ερασιτέχνες πιλότους στους Αμερικανικούς πολιτικούς

αιθέρους. Τα drone αντιμετωπίζουν εμπόδια σε κανονισμούς ασφάλειας και τεχνολογίας – αν και η ζήτηση για αυτά είναι μεγάλη . Οι κυβερνητικές αρχές τα θέλουν ως ενισχυτικά μέσα για θεομηνίες, συνοριοφύλαξη και δασοπυρόσβεση, ενώ οι ιδιωτικές εταιρείες ελπίζουν μια μέρα θα χρησιμοποιήσουν τα drone για μεγαλύτερη πληθώρα εργασιών, όπως η επιθεώρηση αγωγών και το ψέκασμα καλλιεργειών».[21]

Τα drone αναψυχής έχουν γίνει δημοφιλή στις Ηνωμένες Πολιτείες τα τελευταία χρόνια, καθώς αναμενόταν πως θα πωληθούν περίπου ένα εκατομμύριο σε ένα χρόνο.[22]

Το πρώτο ΜΕΑ στην Ελλάδα κατασκευάστηκε το 2016. Πρόκειται για το πολιτικό ΗCUAV RX-1 το οποίο κατασκευάστηκε σε συνεργασία εταιρίας από τα Τρίκαλα με το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης και το Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης. Το αερόχημα αυτό, έχει μήκος 4 μέτρων, ταχύτητα απογείωσης 2,8 μέτρα/δευτερόλεπτο και μέγιστη ταχύτητα πτήσης 190 χλμ. /ώρα. Η εμβέλεια του ανέρχεται στα 150 χιλιόμετρα, με αυτονομία χρήσης 11 ωρών, πετώντας σε υψόμετρο 2 χιλιομέτρων. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την υποστήριξη υπηρεσιών και έργων πολιτικής προστασίας και δημόσιας ασφάλειας, όπως η συνοριοφύλαξη, η δασοπροστασία, καταγραφή της ατμόσφαιρας, αεροφωτογράφιση και άλλα. Η πρώτη του πτήση έγινε στις 4 Αυγούστου 2016 και είχε διάρκεια 15 λεπτών.[23]

3.2. Τα ΣΜΗΕΑ (drone) γενικά.

Τα Συστήματα Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών (ΣΜΗΕΑ) είναι αεροσκάφη που λειτουργούν χωρίς την ανάγκη ανθρώπινης παρουσίας επί του σκάφους. Χρησιμοποιούνται για πολλούς και διαφορετικούς σκοπούς, αναλόγως τον τύπο και την τεχνολογία που διαθέτουν. Εδώ είναι μερικές βασικές πληροφορίες για τα drones:

Καταναλωτικά Drones:

- Σχεδιασμένα για ψυχαγωγικούς σκοπούς, όπως φωτογραφία και βιντεογραφία.
- Απλά στη χρήση με βασικές δυνατότητες.
- Συνήθως μικρού μεγέθους και με περιορισμένη διάρκεια πτήσης.

Επαγγελματικά Drones:

- Χρησιμοποιούνται από επαγγελματίες για λήψη υψηλής ποιότητας φωτογραφιών και βίντεο.
- Εξοπλισμένα με προηγμένους αισθητήρες και κάμερες.
- Μεγαλύτερη διάρκεια πτήσης και εμβέλεια.

Βιομηχανικά και Εμπορικά Drones:

- Σχεδιασμένα για ειδικές αποστολές όπως επιθεωρήσεις, γεωργία ακριβείας, παράδοση εμπορευμάτων.
- Υψηλή τεχνολογία και αντοχή στις περιβαλλοντικές συνθήκες.

Στρατιωτικά Drones:

- Χρησιμοποιούνται από τις ένοπλες δυνάμεις για επιτήρηση, συλλογή πληροφοριών και επιχειρησιακές αποστολές.
- Εξοπλισμένα με εξελιγμένα συστήματα παρακολούθησης και συχνά με όπλα.

Χρήσεις του drone

Τα drones έχουν ευρεία και ποικίλη χρήση σε πολλούς διαφορετικούς τομείς. Αναλυτικά, ορισμένες από τις κύριες χρήσεις των drones περιλαμβάνουν:

Την Φωτογραφία και Βίντεο: Τα drones χρησιμοποιούνται ευρέως για τη λήψη εντυπωσιακών φωτογραφιών και βίντεο από αέρος. Με χρήση υψηλής ανάλυσης καμερών, τα drones προσφέρουν μοναδικές γωνίες λήψης και επαγγελματική εικόνα.

Τη Γεωργία: Οι γεωργοί χρησιμοποιούν drones για την παρακολούθηση των καλλιεργειών, την εντοπισμό ασθενειών, την ανάλυση απόδοσης του εδάφους και την εφαρμογή αγροτικών πρακτικών.

Την Ασφάλεια και Παρακολούθηση: Τα drones χρησιμοποιούνται για την επιτήρηση και παρακολούθηση περιοχών, όπως ο έλεγχος των συνόρων, τον έλεγχο φυσικών καταστροφών, την παρακολούθηση του ανθρώπινου πληθυσμού και τη διεξαγωγή επιχειρήσεων ασφαλείας.

Τη Διασκέδαση: Τα drones χρησιμοποιούνται για διάφορες ψυχαγωγικές δραστηριότητες.

Την Ανθρωπιστική Βοήθεια: Τα drones χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά ιατρικού εξοπλισμού και εφοδίων σε απομακρυσμένες περιοχές, την παρακολούθηση περιοχών καταστροφής και τη βοήθεια σε περιπτώσεις ανθρωπιστικής κρίσης .

Τα βασικά μέρη ενός drone

Ένα drone αποτελείται από τα εξής βασικά μέρη:

1. Πτερύγια (Propellers): Τα πτερύγια είναι οι λεπίδες που παράγουν τη συστηματική ώθηση για την κίνηση του drone στον αέρα. Υπάρχουν τέσσερα πτερύγια συνήθως, δύο που περιστρέφονται προς τα μπροστά και δύο που περιστρέφονται προς τα πίσω για να εξισορροπήσουν το drone.
2. Κινητήρες (Motors): Οι κινητήρες είναι υπεύθυνοι για την παραγωγή ενέργειας που χρειάζεται το drone για να λειτουργήσει. Ο κάθε κινητήρας συνδέεται με ένα πτερύγιο και ελέγχεται από τον ελεγκτή της κίνησης.
3. Κορμός (Body): Ο κορμός του drone είναι η δομή που στηρίζει τα άλλα μέρη, όπως οι κινητήρες και τα πτερύγια. Συνήθως είναι κατασκευασμένος από ελαφριά υλικά όπως πλαστικό ή κράμα αλουμινίου για να μειώσει το βάρος του drone.
4. Μπαταρία (Battery): Η μπαταρία είναι η πηγή ενέργειας που τροφοδοτεί τους κινητήρες και τον ελεγκτή του drone. Συνήθως, οι μπαταρίες λιθίου χρησιμοποιούνται λόγω της υψηλής ενέργειας ανά μονάδα βάρους που παρέχουν.
5. Ηλεκτρονικός Ελεγκτής πτήσης (Flight Controller): Ο ηλεκτρονικός ελεγκτής πτήσης είναι ένα μικρό υπολογιστικό σύστημα που ελέγχει την κίνηση του drone και τη σταθερότητά του στον αέρα. Περιλαμβάνει αισθητήρες όπως επιταχυνσιόμετρα και γυροσκόπια για να αντιλαμβάνεται την κλίση και την κατεύθυνση του drone.

Τα παραπάνω αποτελούν τα βασικά μέρη ενός drone, ωστόσο μπορεί να περιλαμβάνει και άλλα εξαρτήματα όπως κάμερα, αισθητήρες εμβέλειας, RTK, GPS, ηχεία, LED φωτισμό κ.λπ. Ανάλογα με τον τύπο του drone (π.χ. quadcopter, hexacopter, octocopter), τα μέρη και τα εξαρτήματα μπορεί να διαφέρουν.

3.3. ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή νομοθεσία για τα drones, οι κατηγορίες των drones διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

1. Open Category (Ανοικτή Κατηγορία): Ανήκουν σε αυτή την κατηγορία τα drones που είναι χαμηλού κινδύνου και περιλαμβάνουν τα drones που ζυγίζουν λιγότερο από 900 γραμμάρια. Για τα drones αυτής της κατηγορίας δεν απαιτούνται άδειες πτήσης, αλλά πρέπει να τηρούνται ορισμένοι κανόνες και περιορισμοί.
2. Specific Category (Συγκεκριμένη Κατηγορία): Ανήκουν σε αυτή την κατηγορία τα drones που απαιτούν άδεια πτήσης λόγω υψηλότερου κινδύνου λόγω μεγέθους, τύπου πτήσης ή χρήσης. Η λήψη άδειας πτήσης γίνεται μέσω του Εθνικού Οργανισμού Για την Πολεμική Αεροπορία (ΕΟΠΑ).
3. Certified Category (Πιστοποιημένη Κατηγορία): Ανήκουν σε αυτή την κατηγορία τα drones που εκτελούν επαγγελματικές πτήσεις και απαιτούν πιστοποίηση και άδεια πτήσης από την αρμόδια αρχή.

Στην Ελληνική νομοθεσία, οι κατηγορίες των drones ακολουθούν κατά γενική ομολογία την Ευρωπαϊκή νομοθεσία. Υπάρχει όμως και η δυνατότητα για την εφαρμογή εθνικών κανόνων και περιορισμών σχετικά με τη χρήση των drones στην ελληνική επικράτεια, με σκοπό την διευκόλυνση και προστασία του κοινού και του εναέριου χώρου.

Κατηγορίες των διπλωμάτων

Οι κατηγορίες διπλωμάτων στην ανοικτή κατηγορία (open category), η οποία χαρακτηρίζεται χαμηλού ρίσκου, χωρίζονται σε 3 υποκατηγορίες τις A1, A2 και A3 και πιο συγκεκριμένα έχουμε:

- Την υποκατηγορία A1.

Τα drones της υποκατηγορίας αυτής μπορούν να πετούν σχεδόν παντού, με τη διαφορά ότι απαιτείται να ελαχιστοποιούν τις πτήσεις πάνω από μη εμπλεκόμενα άτομα. Μη εμπλεκόμενο άτομο θεωρείται εκείνο που δεν συμμετέχει στη δραστηριοποίηση με το drone ή δεν γνωρίζει τις οδηγίες και τις προφυλάξεις ασφάλειας που παρέχονται από τον “εκμεταλλεόμενο” το συγκεκριμένο drone (ιδιοκτήτη/χειριστή). Εμπλεκόμενο είναι το άτομο που συμμετέχει στη δραστηριότητα, κατανοεί το ρίσκο και είναι σε θέση να ελέγξει τη θέση του drone όταν αυτό βρίσκεται σε διαδικασία πτήσης.

- Την υποκατηγορία A2.

Τα drones της υποκατηγορίας αυτής μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αστικό περιβάλλον, ωστόσο πρέπει το drone να διατηρείται σε ασφαλή απόσταση από μη εμπλεκόμενα πρόσωπα. Η ελάχιστη απόσταση από μη εμπλεκόμενα άτομα πρέπει να είναι ίση με το ύψος στο οποίο πετάει το drone. Για παράδειγμα, εάν το drone πετάει σε ύψος 30 m, πρέπει το πλησιέστερο μη εμπλεκόμενο άτομο να απέχει τουλάχιστον 30 m από τη θέση όπου το drone θα πέσει κάθετα σε περίπτωση ενδεχόμενου συμβάντος/ατυχήματος. Σε κάθε περίπτωση, αυτή η απόσταση δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 5 μέτρα.

- Την υποκατηγορία A3

Τα drones της υποκατηγορίας αυτής δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αστικό περιβάλλον και πρέπει να απέχουν τουλάχιστον 150m από κατοικημένες, εμπορικές ή βιομηχανικές περιοχές.

Ασφάλιση του drone

Σύμφωνα με τον Εθνικό Κανονισμό για τα drones στην Ελλάδα, η ασφάλιση του drone είναι υποχρεωτική για όλες τις κατηγορίες των drones. Η μείωση του κινδύνου που απορρέει από τη χρήση των drones είναι ένας από τους βασικούς στόχους του εθνικού νομοθετικού πλαισίου.

Οι χρήστες drones πρέπει να αναλάβουν την ευθύνη για οποιαδήποτε ζημία προκαλέσουν λόγω της χρήσης τους. Για τον λόγο αυτό, η ασφάλιση του drone καλύπτει την ευθύνη του χρήστη απέναντι σε τρίτους σε περίπτωση ατυχήματος.

Η ασφάλιση του drone πρέπει να καλύπτει τουλάχιστον τον ελάχιστο ποσό ασφάλισης που ορίζεται από τον Εθνικό Οργανισμό Για την Πολεμική Αεροπορία (Ε ΟΠΑ) και να πληροί τις απαιτήσεις που ορίζονται στον εθνικό κανονισμό. Οι περιορισμοί και οι απαιτήσεις για την ασφάλιση του drone μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με την κατηγορία του drone και τον τρόπο χρήσης του.

Συνεπώς, είναι σημαντικό για τους χρήστες drones στην Ελλάδα να ενημερωθούν για τις απαιτήσεις και τις υποχρεώσεις που αφορούν στην ασφάλιση του drone τους, προκειμένου να συμμορφωθούν με τον εθνικό κανονισμό και να διασφαλίσουν ότι είναι καλυμμένοι σε περίπτωση ατυχήματος.

Διαδικασία έκδοσης διπλώματος

Η διαδικασία έκδοσης διπλώματος για τη χρήση drones στην Ελλάδα περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα:

1. Εκπαίδευση: Πρώτο και βασικό βήμα είναι η εκπαίδευση του διακινούντος για την ασφαλή και νόμιμη χρήση του drone. Ανάλογα με την κατηγορία του drone, μπορεί να απαιτείται εξειδικευμένο μάθημα πιλοτικής εκπαίδευσης.
2. Αίτηση άδειας: Ο χρήστης του drone πρέπει να υποβάλει αίτηση για την έκδοση άδειας χρήσης drone στον Εθνικό Οργανισμό Για την Ποιότητα Αεροπορικών-Χωρ. Υπηρεσιών (ΕΟΠΑ-ΧΥ).
3. Έλεγχος και έκδοση άδειας: Η αίτηση του διακινούντος ελέγχεται από την αρμόδια αρχή και, εάν πληροί όλες τις απαιτήσεις και προϋποθέσεις, τότε εκδίδεται η άδεια χρήσης του drone.
4. Ασφάλιση: Όπως προαναφέρθηκε, ένα σημαντικό μέρος της διαδικασίας είναι η ασφάλιση του drone, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της εθνικής νομοθεσίας.
5. Ανανέωση: Η άδεια χρήσης του drone πρέπει να ανανεώνεται κατά την διάρκεια της ισχύος της, σύμφωνα με τους όρους και τις προϋποθέσεις που ορίζονται από την αρμόδια αρχή

Πτήσεις πάνω από αστικό ιστό

Τα drone που φέρουν σήμα CE κατηγορίας 0 ή έχουν κατασκευαστεί ιδιωτικά και ζυγίζουν έως 250g μπορούν να πετάξουν στην υποκατηγορία A1, που σημαίνει σχεδόν παντού, εκτός πάνω από συναθροίσεις ανθρώπων ή περιοχές που η εναέρια κυκλοφορία δεν επιτρέπει. Τα drones που φέρουν ετικέτα αναγνώρισης κατηγορίας (CE) 1 μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν στην υποκατηγορία A1, με τη διαφορά ότι απαιτείται να ελαχιστοποιούν τις πτήσεις πάνω από μη εμπλεκόμενα άτομα.

Εάν έχουμε ένα drone με σήμανση C2, στην υποκατηγορία A2, κατά γενικό κανόνα, μπορεί κάποιος να πετάει σε αστικό ιστό αρκεί να διατηρεί το drone σε οριζόντια απόσταση από οποιοδήποτε μη εμπλεκόμενο άτομο. Η οριζόντια ωστόσο απόσταση πρέπει να είναι μικρότερη από το ύψος στο οποίο πετάει το drone, δηλαδή εάν το drone πετά σε ύψος 30m, η απόσταση από οποιοδήποτε μη εμπλεκόμενο άτομο θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 30m ή τουλάχιστον 5m εάν το drone διαθέτει low speed mode και δεν αναπτύσσει ταχύτητα πάνω από 3m/sec.

Τα drones που φέρουν ετικέτα αναγνώρισης κλάσης (CE) 3 ή 4, ή που έχουν κατασκευαστεί ιδιωτικά και ζυγίζουν έως 25 kg, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην υποκατηγορία A3. Αυτό σημαίνει ότι δεν μπορούν ποτέ να χρησιμοποιηθούν σε αστικό περιβάλλον και πρέπει να κρατάμε το drone τουλάχιστον 150m από κατοικημένες, εμπορικές ή βιομηχανικές περιοχές. Σε κάθε περίπτωση, πρέπει να αποφύγουμε την πτήση σε περιοχές που η εναέρια κυκλοφορία έχει απαγορεύσει.

3.4. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΜΗΕΑ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΡΓΑ

Τα drones χρησιμοποιούνται σε διάφορες εφαρμογές και εργασίες λόγω των δυνατοτήτων τους να παρέχουν γρήγορη πρόσβαση και υψηλή ανάλυση από ψηλά. Μερικές από τις κύριες εφαρμογές των drones σε διάφορα έργα περιλαμβάνουν:

- **Βιομηχανία:** Τα drones χρησιμοποιούνται στην παρακολούθηση και συντήρηση εγκαταστάσεων, στον έλεγχο ποιότητας και στην επιθεώρηση του εξοπλισμού.
- **Γεωργία:** Χρησιμοποιούνται για την βελτιστοποίηση της γεωργικής παραγωγής μέσω της εποπτείας των καλλιεργειών και της παρακολούθησης του εδάφους.
- **Κατασκευές και ακίνητα:** Χρησιμοποιούνται για την επίβλεψη και την παρακολούθηση της προόδου των κατασκευαστικών έργων, την αξιολόγηση της κατάστασης των κτιρίων και την ανίχνευση πιθανών βλαβών.
- **Διάσωση και ανθρωπιστική βοήθεια:** Χρησιμοποιούνται σε επιχειρήσεις διάσωσης και ανθρωπιστικής βοήθειας για την αναζήτηση αγνοουμένων, την παράδοση πρώτων υλών και την επιθεώρηση περιοχών μετά από φυσικές καταστροφές.
- **Τουρισμός και διαφήμιση:** Χρησιμοποιούνται για τη λήψη εντυπωσιακών αεροφωτογραφιών και videos για την προώθηση του τουρισμού και τη διαφήμιση τοπικών προορισμών.

Βασικά στάδια εκτέλεσης έργων με Drone

Η εκτέλεση ενός έργου με χρήση drones περιλαμβάνει διάφορα στάδια τα οποία πρέπει να ακολουθηθούν για την επιτυχή διεξαγωγή του έργου. Τα βασικά στάδια περιλαμβάνουν:

1. **Προετοιμασία και Σχεδιασμός:** Στο πρώτο στάδιο απαιτείται να καθοριστούν οι στόχοι του έργου, οι ανάγκες χρηστών, οι περιορισμοί και οι προδιαγραφές του έργου. Καθορίζεται η επιλογή του drone, του εξοπλισμού και του λογισμικού που θα χρησιμοποιηθεί.
2. **Πτήση και Συλλογή Δεδομένων:** Κατά τη διάρκεια της πτήσης, το drone συγκεντρώνει δεδομένα και εικόνες από τον χώρο του έργου, σύμφωνα με τα προκαθορισμένα σημεία και χρονοδιαγράμματα.
3. **Επεξεργασία Δεδομένων:** Τα δεδομένα που συλλέγονται από το drone υπόκεινται σε επεξεργασία και ανάλυση ώστε να παράγονται αναλυτικές αναφορές, χάρτες, μετρήσεις, μοντέλα 3D και άλλα αποτελέσματα που θα χρησιμοποιηθούν για τον σκοπό του έργου.
4. **Ανάλυση και Ερμηνεία Δεδομένων:** Τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των δεδομένων αναλύονται και ερμηνεύονται για τη λήψη αποφάσεων και την υλοποίηση των ενεργειών που απαιτούνται για την εκπλήρωση των στόχων του έργου.

5. Αναφορά και Παράδοση Αποτελεσμάτων: Τέλος, τα αποτελέσματα της μελέτης παρουσιάζονται σε αναφορά και παραδίδονται στους ενδιαφερόμενους του έργου, προσφέροντας ουσιαστική πληροφόρηση και αναλύσεις για τη λήψη αποφάσεων.

Κάθε έργο μπορεί να έχει διαφορετικά στάδια ανάλογα με τους στόχους του. Η συμμόρφωση με τους νόμους και τους κανονισμούς που αφορούν στη χρήση των drones είναι επίσης ένα σημαντικό στάδιο σε κάθε έργο που πραγματοποιείται με αυτά τα μέσα.

Εξαγωγές στοιχείων από πτήσεις με drone

Από τις εναέριες πτήσεις έχουμε τις εξής εξαγωγές στοιχείων :

- Ορθοφωτοχάρτες, πρόκειται για 2D αποτύπωση υπό κλίμακα με πραγματικές διαστάσεις.
- DEM, οριζοντιογραφικοί χάρτες με ισοϋψείς καμπύλες.
- DTM, χάρτες του φυσικού εδάφους, μετά την αφαίρεση αντικειμένων, όπως βλάστηση, κτήρια, κλπ.
- Ειδικό χάρτες (DSM) που ανάλογα τις χαρακτηριστικές ιδιότητες των αντικειμένων που αποτυπώνει, υπάρχει και ο κατάλληλος χρωματισμός (π.χ. θερμοκρασία).
- 3D αναπαράσταση με υφή των επιφανειών (3D textured mesh), όπως θα χρησιμοποιήσουμε παρακάτω στη περίπτωση μελέτης.
- 3D νέφος σημείων, κατάλληλο για λεπτομερή αναπαράσταση του «αντικειμένου καταγραφής».

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ

4.1. AGISOFT METASHAPE

Το Agisoft Metashape είναι το πρόγραμμα που χρησιμοποιήσαμε στην παρούσα πτυχιακή εργασία, καθώς είναι ένα “stand alone” πρόγραμμα για φωτογραμμετρική επεξεργασία των ψηφιακών εικόνων και την δημιουργία 3D χωρικών δεδομένων για την χρήση GIS εφαρμογών, καταγραφή χρήσεων γης, καταγραφή πολιτιστικής κληρονομιάς, παραγωγή «οπτικών εφέ» για έμμεσες μετρήσεις αντικειμένων σε διάφορες κλίμακες. Το πρόγραμμα χρησιμοποιείται σε διάφορους τομείς, όπως:

1. Γεωδαισία: Χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ψηφιακών χαρτών του εδάφους και την αναγνώριση σημείων ελέγχου.
2. Αρχαιολογία: Χρησιμοποιείται για την αποκατάσταση αρχαιολογικών θέσεων, τη δημιουργία ψηφιακών αναπαραστάσεων και τη χαρτογράφηση ερειπίων.
3. Ανάπτυξη ενεργειακών έργων: Χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση και τον έλεγχο έργων όπως αιολικά πάρκα και φωτοβολταϊκά συστήματα.
4. Δημιουργία ψηφιακών μοντέλων πόλεων και αγροτεμαχίων: Χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ψηφιακών μοντέλων πόλεων, αγροτεμαχίων και εδαφών για πολεοδομία, αγροτική ανάπτυξη και γεωργία.

Το Agisoft Metashape παρέχει εκτενείς δυνατότητες επεξεργασίας και ανάλυσης δεδομένων, όπως διάγραμμα αντίστασης, μεγέθυνση και περιστροφή, ανάλυση πόντων εργασίας και πολλά άλλα. Επιπλέον, υποστηρίζει τη διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων και την εξαγωγή ακριβών αποτελεσμάτων.

Βασικά Χαρακτηριστικά:

- Μεγάλη ταχύτητα & κορυφαία ακρίβεια
- Επεξεργασία είτε μέσω cloud είτε τοπικά
- Φιλικό περιβάλλον εργασίας χρήστη & stereo mode λειτουργία

Επιπλέον, το Agisoft Metashape επεξεργάζεται γρήγορα, προσφέροντας υψηλής ακρίβειας αποτελέσματα για αεροφωτογραφίες και κοντινές λήψεις (έως 3cm για αεροφωτογραφίες και έως 1mm για κοντινές λήψεις). Μπορεί να επεξεργαστεί πάνω από 50,000 φωτογραφίες σε ένα τοπικό cluster με τη λειτουργία κατανεμημένης επεξεργασίας. Εναλλακτικά, το έργο μπορεί να μεταφερθεί στο cloud, διατηρώντας όλες τις επιλογές επεξεργασίας. Το λογισμικό προσφέρει ευέλικτη ροή εργασίας,

καθιστώντας το φιλικό ακόμη και για αρχάριους. Παρέχει ακόμα προηγμένες λειτουργίες, όπως η στερεοσκοπική λειτουργία, με πλήρη έλεγχο της ακρίβειας και δημιουργία λεπτομερούς αναφοράς. Επιπλέον, προσφέρει υψηλή ακρίβεια σε μετρήσεις και υποστηρίζει δείκτη βλάστησης για γεωργία και διαχείριση περιβάλλοντος, ενώ υποστηρίζει εικόνες υπό κλίση για μοντελοποίηση προσόψεων και κτιρίων. Τέλος, παρέχει φωτορεαλιστική υφή.

Κάποια από τα πλεονεκτήματα του προγράμματος είναι:

- Δυνατότητα Στερεοσκοπικής παρατήρησης και απόδοσης
- Αεροτριγωνισμός
- Παραγωγή Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους
- Δημιουργία true orthophoto
- Γεωαναφορά βάσει των στοιχείων της πτήσης
- Επεξεργασία πολυφασματικών εικόνων
- 4D ανακατασκευή δυναμικών σκηνών
- Υποστήριξη Python Scripting
- Στερεοσκοπικές μετρήσεις για ακριβή εξαγωγή χαρακτηριστικών

4.2. ARCGIS DRONE2MAP

Το ArcGIS Drone2Map είναι μια εφαρμογή επιφάνειας εργασίας που μετατρέπει ακατέργαστες ακίνητες εικόνες από μη επανδρωμένα αεροσκάφη σε πολύτιμα προϊόντα πληροφοριών στο ArcGIS. Με το υλικό των drone να γίνεται όλο και πιο προσιτό, μπορούμε να δημιουργήσουμε 2D και 3D χάρτες χαρακτηριστικών και περιοχών που μπορεί να είναι δύσκολο να προσεγγιστούν ή να καλυφθούν πλήρως λόγω μεγέθους ή εδάφους. Μπορούμε επίσης να παρακολουθούμε τις περιβαλλοντικές αλλαγές, τον αντίκτυπο των φυσικών καταστροφών, τα προγραμματισμένα γεγονότα κ.ο.κ.

Βασικά χαρακτηριστικά του ArcGIS Drone2Map:

- Απόκτηση ταχύτητας σε μια τάξη μεγέθους. Δημιουργία προϊόντων πληροφοριών που ενημερώνουν για αποφάσεις σε λίγα λεπτά και όχι σε ημέρες.
- Μειώνεται η ανάγκη για ακριβές υπηρεσίες επεξεργασίας αεροφωτογραφιών.
- Το ArcGIS Drone2Map επιτρέπει έναν γρήγορο έλεγχο, επιτρέποντας στον πιλότο να το κάνει σωστά με την πρώτη φορά.
- Ανιχνεύει τις παραμέτρους της κάμερας και των αισθητήρων του drone και εφαρμόζει έξυπνα τις σωστές προεπιλογές, επιτρέποντας την ταχεία επεξεργασία.
- Αξιοποίηση της τεχνολογίας των drones για την γρήγορη δημιουργία προϊόντων GIS, όπως ορθομωσαϊκών και 3D meshes.
- Απεικόνιση των εικόνων που λαμβάνονται υπό πολλαπλές οπτικές γωνίες, για πλήρη εποπτεία των αντικειμένων της εικόνας που μας ενδιαφέρουν.
- Εύχρηστο περιβάλλον δημιουργίας διςδιάστατων και τριςδιάστατων προϊόντων GIS, για απεικόνιση και ανάλυση.
- Χρήση του δικού μας εξοπλισμού drone με ενσωματωμένη φωτογραφική μηχανή και άμεση επεξεργασία των ληφθεισών εικόνων στο πεδίο.
- Δημιουργία διςδιάστατων ορθομωσαϊκών για χρήση ως χάρτες υποβάθρου, για επεξεργασία εικόνας και για μέτρηση αντικειμένων.
- 3D απεικονίσεις με textured meshes και point clouds, για την δημιουργία τριςδιάστατων μοντέλων και την διεξαγωγή αναλύσεων και μετρήσεων στον τριςδιάστατο χώρο.

4.3. UGCS

Το UgCS (Unmanned Aircraft System (UAS) Ground Control Software) είναι ένα λογισμικό που χρησιμοποιείται για την προγραμματισμό, τον έλεγχο και την παρακολούθηση πτήσεων drone. Το λογισμικό διαθέτει πολλαπλά εργαλεία για την εκτέλεση αυτόματων πτήσεων, όπως την καθοδήγηση του drone σε συγκεκριμένα μονοπάτια, τη λήψη αισθητήρων, τη γεωγραφική πληροφόρηση και τη δημιουργία διαφόρων τύπων χαρτών.

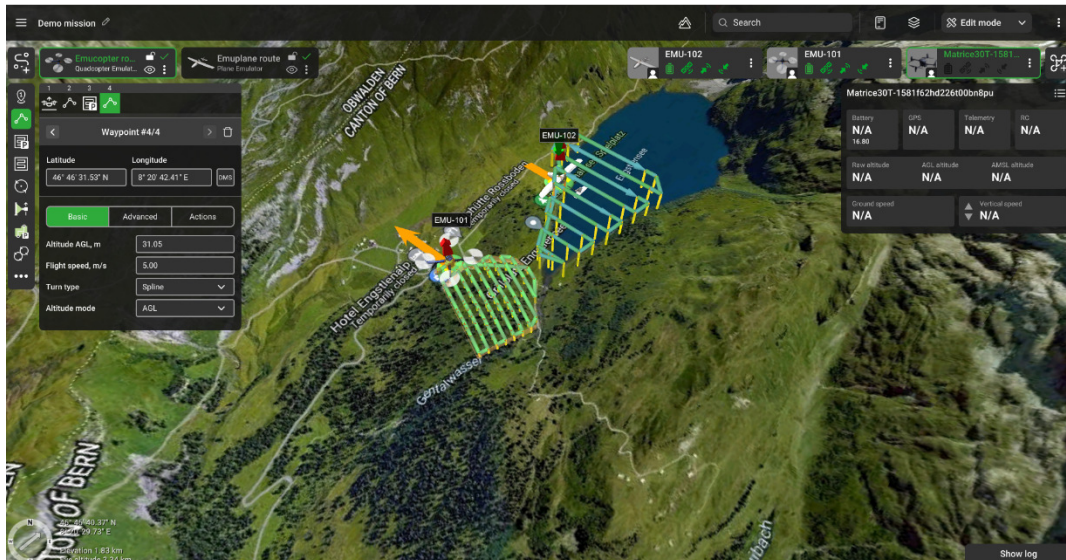
Κάποια από τα κύρια χαρακτηριστικά του UgCS περιλαμβάνουν:

- Πληροφορίες πτήσης σε πραγματικό χρόνο: Το λογισμικό παρέχει πληροφορίες σχετικά με την τρέχουσα τοποθεσία και την κατάσταση του drone κατά τη διάρκεια της πτήσης.
- Προγραμματισμός αυτόματων πτήσεων: Οι χρήστες μπορούν να δημιουργήσουν πολύπλοκα μονοπάτια πτήσης με διάφορα σημεία ενδιαφέροντος και εντολές, όπως τη λήψη φωτογραφιών ή την εκτέλεση εργαστηριακών μετρήσεων.
- Συμβατότητα με πολλούς τύπους drone: Το UgCS υποστηρίζει πολλά δημοφιλή μοντέλα drone από διάφορους κατασκευαστές, όπως DJI, Parrot, 3DR, Yuneec και άλλους.
- Ανάλυση δεδομένων: Το λογισμικό παρέχει εκτενείς δυνατότητες για την ανάλυση και την αξιοποίηση των δεδομένων που συλλέγονται από το drone, όπως η δημιουργία χαρτών, οι γεωγραφικές πληροφορίες και η εκτίμηση βλάβης.
- Επιφάνεια χάρτη: Το UgCS παρέχει μια ευρύχωρη επιφάνεια χάρτη που επιτρέπει στους χρήστες να προβάλλουν την τοποθεσία και την κίνηση του drone σε πραγματικό χρόνο, καθώς και να προσθέτουν σημειώσεις, να πραγματοποιούν μετρήσεις και να εκτελούν διάφορες εντολές ελέγχου.

Συνολικά, το UgCS είναι ένα πολύ ισχυρό και ευέλικτο λογισμικό προγραμματισμού πτήσεων drone που χρησιμοποιείται σε πολλούς τομείς, όπως η γεωδαισία, η αγροτική ανάπτυξη, η παρακολούθηση του περιβάλλοντος και η ανάπτυξη υποδομών. Το λογισμικό προσφέρει πλήρη έλεγχο των πτήσεων και τη δυνατότητα εκτέλεσης εργασιών μεγάλης κλίμακας με ακρίβεια και αξιοπιστία.

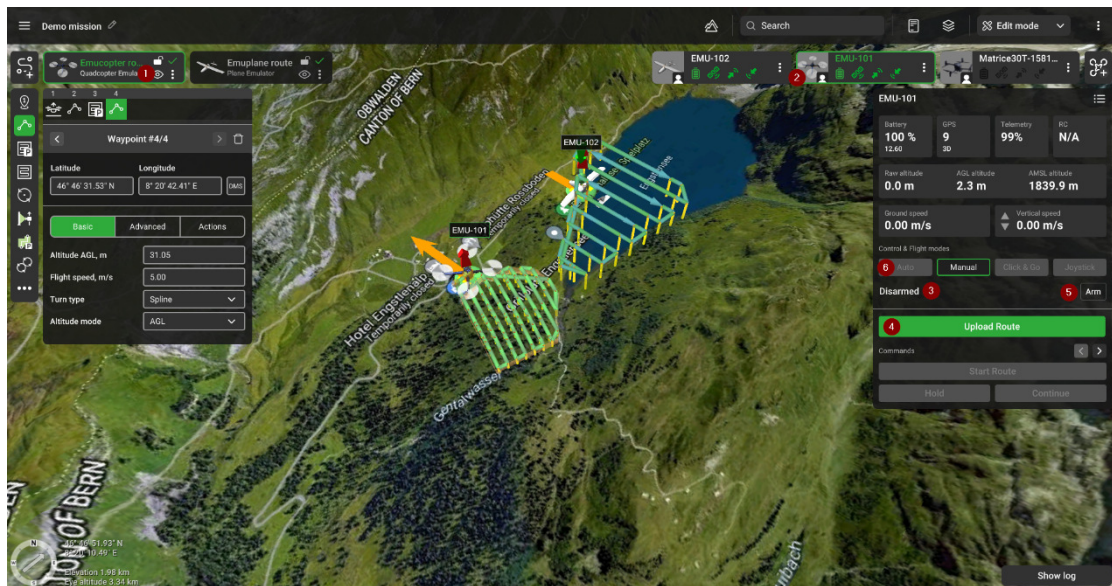
Συνοπτική διαδικασία προγραμματισμού μιας πτήσης

Κατά την αρχική εκτόξευση, υπάρχουν δύο προσχεδιασμένες διαδρομές στην "Αποστολή επίδειξης", μία για κάθε drone εξομοιωτή.



Εικόνα 5. Επισκόπηση του περιβάλλοντος του UgCS.

Τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη προσομοίωσης επιτρέπουν στον χρήστη να εκπαιδευτεί στη χρήση του UgCS για την πτήση του drone για σκοπούς παρουσίασης ή επίδειξης. Ωστόσο, δεν προσομοιώνει με ακρίβεια τα χαρακτηριστικά πτήσης των πραγματικών μη επανδρωμένων αεροσκαφών. Για τον σκοπό αυτό, θα πρέπει να χρησιμοποιείται το πραγματικό υλικό μη επανδρωμένου αεροσκάφους. Για παράδειγμα, πολλά drones της DJI μπορούν να προσομοιώσουν πραγματικές πτήσεις χωρίς να απογειωθούν.

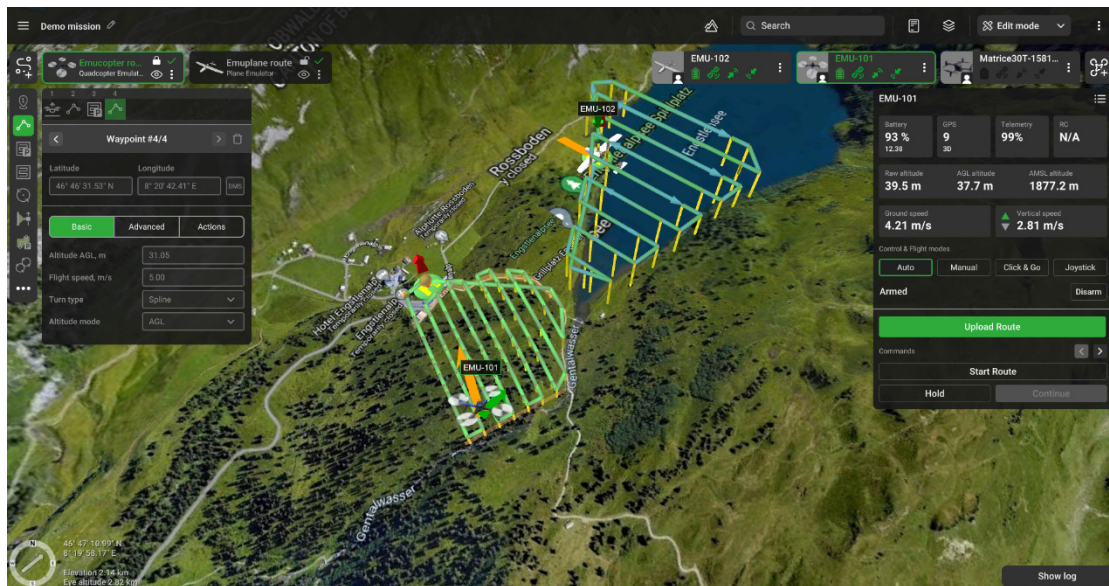


Εικόνα 6. Προγραμματισμός πτήσης.

Για να ξεκινήσει η προγραμματισμένη πτήση με ένα από τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη εξομοιωτή, ακολουθούμε τα παρακάτω βήματα:

1. Επιλέγουμε την επιθυμητή διαδρομή (διαδρομή Emucopter),
2. Επιλέγουμε το drone του εξομοιωτή (Απαραίτητη προϋπόθεση είναι ότι τα προφίλ του drone για την επιλεγμένη διαδρομή και το επιλεγμένο drone πρέπει να ταιριάζουν)
3. "Ανεβάζουμε" τη διαδρομή χρησιμοποιώντας την εντολή "Upload",
4. Ενεργοποιούμε το drone χρησιμοποιώντας την εντολή "Arm",
5. Ξεκινάμε την αποστολή στέλνοντας την εντολή "Auto mode" (Αυτόματη λειτουργία).

Στη συνέχεια θα παρατηρήσουμε ότι το μη επανδρωμένο αεροσκάφος απογειώνεται και αρχίζει να πετάει τη διαδρομή.



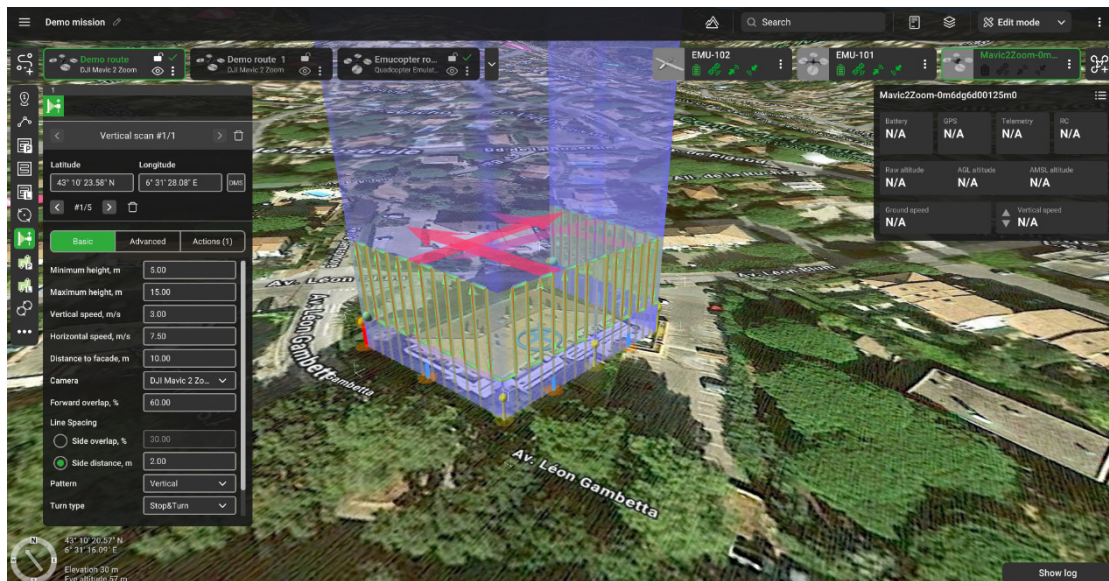
Εικόνα 7. Drone που εκτελεί δοκιμαστική διαδρομή

Για να χρησιμοποιήσουμε τον εξομοιωτή για μια πρόσφατα δημιουργημένη διαδρομή, δημιουργούμε τη διαδρομή στην επιθυμητή περιοχή χάρτη, επιλέγουμε τον εξομοιωτή drone και μεταφορτώνουμε τη διαδρομή. Αξίζει να σημειωθεί ότι για να αλλάξουμε τη θέση του drone, η διαδρομή πρέπει να μεταφορτωθεί δύο φορές.

Πλεονεκτήματα του προγράμματος

Τα βασικά πλεονεκτήματα του UgCS σε σχέση με ανάλογα λογισμικά είναι:

- Πλήρη συνεργασία με όλους τους παρόχους on-line χαρτογραφικών δεδομένων (ενδεικτικά αναφέρονται Google, Mapbox, Bing, OSM Mapnik)
- Off-line χάρτες
- Δυνατότητα χρήσης χαρτογραφικών δεδομένων επιλογής του χρήστη
- 3D προβολή χαρτών με χρήση του SRTM ή άλλης πηγής δεδομένων υψομετρίας
- Δυνατότητα εισαγωγής DTM χρήστη
- Δυνατότητα εισαγωγής 2D οντοτήτων (σημεία, γραμμές, πολύγωνα)



Εικόνα 8. Σχεδιασμός κατακόρυφης πτήσης.

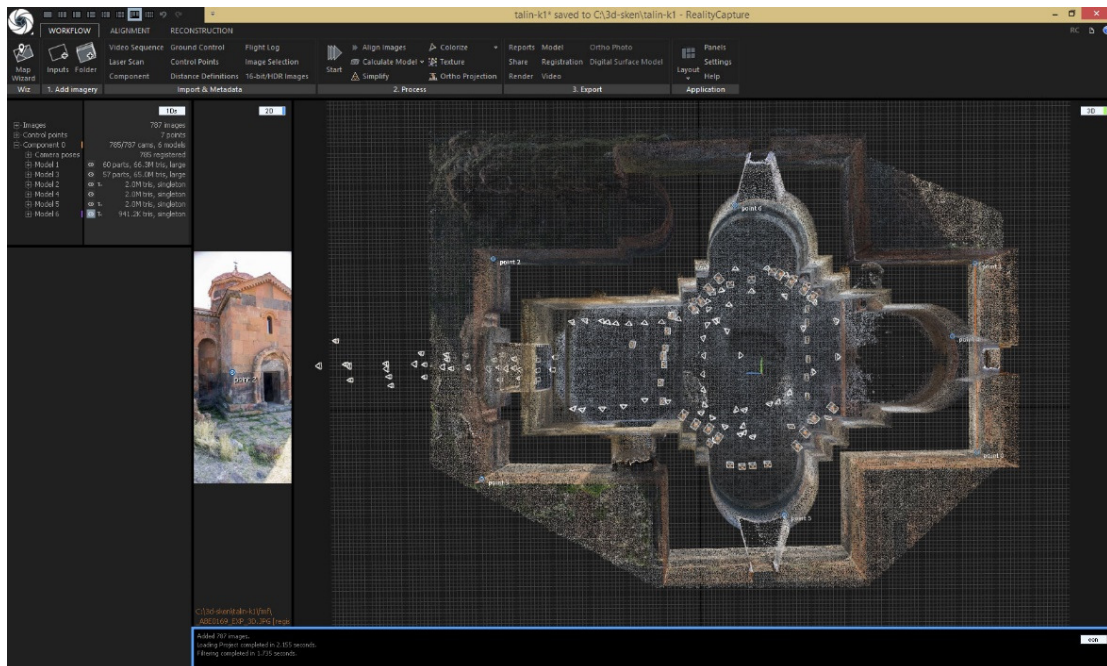
Το UgCS είναι συμβατό με σειρά λειτουργικών συστημάτων όπως Microsoft Windows, macOS και Linux όπου εγκαθίσταται ο εξυπηρετητής (Server) στο οποίο γίνεται ο σχεδιασμός των αυτόματων πτήσεων.

4.4. REALITY CAPTURE

Το πρόγραμμα δημιουργίας 3D μοντέλου Reality Capture είναι ένα λογισμικό που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία υψηλής ποιότητας 3D μοντέλων από φωτογραφίες και βίντεο. Το πρόγραμμα αυτό χρησιμοποιεί προηγμένους αλγορίθμους για την ανίχνευση και την ανάλυση των δεδομένων εικόνας και βίντεο που παρέχονται του χρήστη, προσφέροντας ένα γρήγορο και αποτελεσματικό τρόπο δημιουργίας 3D μοντέλων.

Επιπλέον, το πρόγραμμα υποστηρίζει διάφορες πηγές εικόνων, συμπεριλαμβανομένων ψηφιακών φωτογραφιών, αεροφωτογραφιών, βίντεο και σκαναρισμένων εικόνων. Η εφαρμογή αυτόματα ανιχνεύει σημεία αναφοράς στις φωτογραφίες και χρησιμοποιεί αυτές τις πληροφορίες για τη δημιουργία του μοντέλου. Το πρόγραμμα παρέχει επίσης εργαλεία επεξεργασίας για την επιμέλεια και τη βελτίωση του μοντέλου, καθώς και δυνατότητες εξαγωγής των 3D μοντέλων σε διάφορα μορφές αρχείων όπως OBJ, FBX, STL και πολλά άλλα.

Το Reality Capture διακρίνεται επίσης για την υψηλή ακρίβεια και τη γρήγορη επεξεργασία ενός μεγάλου αριθμού φωτογραφιών ή βίντεο. Είναι ένα ιδανικό εργαλείο για επαγγελματίες στους τομείς της αρχιτεκτονικής, της ανάπτυξης παιχνιδιών, της αρχαιολογίας, της κατασκευής και άλλων τομέων που χρειάζονται υψηλής ποιότητας 3D μοντέλα.



Εικόνα 9. Επισκόπηση του περιβάλλοντος του Reality Capture.

Το Reality Capture μετατρέπει εύκολα σύνολα συνηθισμένων φωτογραφιών σε φωτορεαλιστικά και ακριβή τρισδιάστατα μοντέλα. Φωτογραφίες εδάφους, σαρώσεις με λέιζερ ή εικόνες από μη επανδρωμένα αεροσκάφη, όλα αυτά βοηθούν στη μετατροπή μιας ιδέας σε τελική απεικόνιση.

Είτε πρόκειται για ένα έργο αστικής ανάπτυξης όπου απαιτείται λεπτομερής έρευνα εδάφους είτε για την παρουσίαση ενός μνημείου όπου απαιτείται η τεκμηρίωση της βασικής γραμμής, η φωτογραμμετρία μπορεί να βοηθήσει στην επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος.

Το τελικό τρισδιάστατο μοντέλο βελτιστοποιείται κατά τη χρήση για εξωτερικό λογισμικό CAD, λογισμικό οπτικοποίησης ή Unity ή Unreal Engine. Οι ακριβείς μετρήσεις μπορούν να ληφθούν απευθείας μέσα από το τρισδιάστατο μοντέλο και οι ορθογραφικές προβολές που παράγονται από το μοντέλο χρησιμεύουν ως βάση για τεχνικά σχέδια 2D.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. 3D ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ

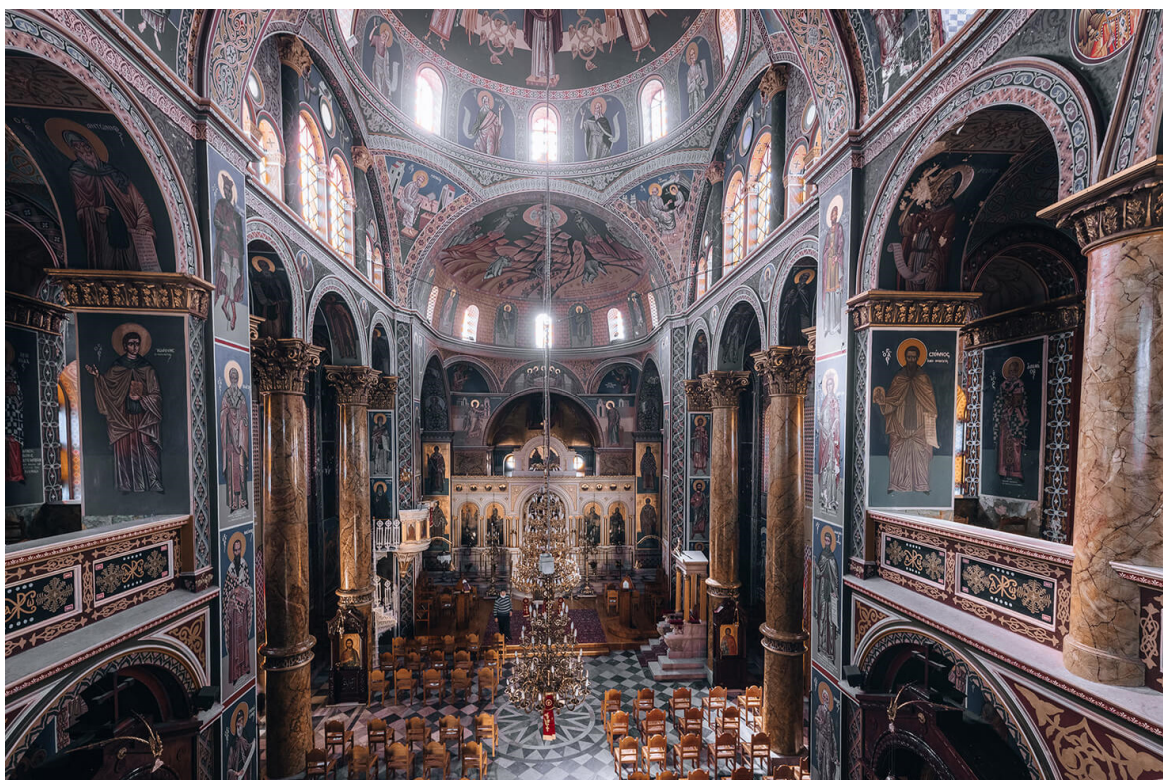
5.1 ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΜΕΛΕΤΗΣ : ΕΚΚΛΗΣΙΕΣ «ΠΑΝΤΟΚΡΑΤΟΡΑΣ» ΚΑΙ «ΠΑΝΤΑΝΑΣΣΑ» ΠΑΤΡΩΝ

Ως πρώτη περίπτωση μελέτης έχουμε επιλέξει τον Ιερό Ναό του Παντοκράτορος ο οποίος χτίστηκε περίπου το 900 μ.Χ. πάνω στα ερείπια ενός αρχαίου ναού, του ναού του Ολυμπίου Διός. Ο ναός του Ολυμπίου Διός βρισκόταν μέσα στην περιοχή της αρχαίας αγοράς.



Εικόνα 10. Ιερός Ναός του Παντοκράτορος Πατρών.

Διακρίνεται για τους όμορφους τρούλους του, οι οποίοι είναι μολυβδοσκεπάστοι, καθώς και για την πολύ ωραία εσωτερική του αγιογράφηση. Εκκλησιαστικό μνημείο με βυζαντινές καταβολές, είναι τρίκλιτη βασιλική με τρούλους, με τον κεντρικό τρούλο να στηρίζεται σε τέσσερα σφαιρικά τρίγωνα, ενώ στα ανατολικά και δυτικά υπάρχει από ένα τεταρτοσφαίριο για την ανάληψη των φορτιών, αντίγραφο της Αγίας Σοφίας στην Κωνσταντινούπολη. Είναι κτισμένος πάνω στην εμπορικότερη οδό επί τουρκοκρατίας την γνωστή οδό Μπολσοκάκ, που δεν είναι άλλη από την σημερινή οδό Παντοκράτορος. Πάνω σε αυτόν τον δρόμο υπήρχαν καταστήματα, πολυτελείς κατοικίες τούρκων αξιωματούχων καθώς και το πολυτελές Σεράι του Μπέη Κούνα, γνωστό σαν το Σεράι της κυρά Κούνενας, της γυναίκας του, η οποία ζούσε έκκλητον βίο.



Εικόνα 11. Εσωτερικά του Ναού.



Εικόνα 12. Εσωτερικά του Ναού.

Από τον Παντοκράτορα, μέχρι το Κάστρο των Πατρών, την σημερινή οδό Γερμανού και περίπου μέχρι τα Ταμπάχανα, ήταν η συνοικία της Μουριάς, που είχε πάρει το όνομα της από ομώνυμο δένδρο που υπάρχει ακόμη και σήμερα, πίσω από το Ιερό του Ναού. Το δένδρο αυτό σύμφωνα με σχετική έκθεση δύο γεωπόνων φυτεύτηκε περί το 1540, αναφέρεται από ξένους περιηγητές, την ιστορία της πόλης των Πατρών του Κώστα Τριανταφύλλου και του Στέφανου Θωμόπουλου.

Κατά την διάρκεια της τουρκοκρατίας ο ναός μετατράπηκε σε Τζαμί και ονομάστηκε Κουρσούμ Τζαμί, δηλαδή μολυβδοσκέπαστο. Το 1687, κατά Την Ενετοκρατία, ο Μοροζίνη κατήγγησε το Τζαμί και μετονόμασε τον ναό σε Ιερό Ναό Αγίου Μάρκου. Όταν επανήλθαν οι τούρκοι μετατράπηκε πάλι σε Τζαμί. Το 1828 ο ναός μετατράπηκε σε νοσοκομείο για τους στρατιώτες του Μεζόν. Με την απελευθέρωση επανήλθε στην αρχική του κατάσταση και αποτελεί πλέον μοναδικό θρησκευτικό μνημείο στην περιοχή.



Εικόνα 13. Ιερός Ναός Παντοκράτορος επί Τουρκοκρατίας.

Ας σημειωθεί ότι κατά την έναρξη της επανάστασης του 1821 οι πρώτες σφαίρες που ρίφθηκαν στην Πάτρα κατά των τούρκων ήταν από το μολύβι των θόλων του ναού. Μετά την απελευθέρωση κατεδαφίστηκε το τέμενος και ο ναός με διάφορες συμπληρωματικές κατασκευές, επισκευές και αναπαλαιώσεις πήρε την σημερινή του μορφή. Βάσει διαφόρων στοιχείων και αφιερωμάτων στον ναό η αποκατάσταση του στην σημερινή του μορφή έγινε κατά το χρονικό διάστημα 1835 – 1840. Η μεγάλη ιστορική αξία του ναού είναι αναμφισβήτητη. Το 1864 ανακαινίστηκε από τον

Ηπειρώτη αρχιτέκτονα Γεώργιο Ψύλλα, και στο κτίριο προστέθηκαν και άλλοι μικρότεροι τρούλοι καλυμμένοι με φύλλα χαλκού. Ο ναός του Παντοκράτορα είναι ένα ξεχωριστό εκκλησιαστικό μνημείο για την Πάτρα με ιδιαίτερη θρησκευτική, αισθητική και ιστορική αξία.



Εικόνα 14. Πρόσωση Ναού.



Εικόνα 15. Οι τρούλοι του Ναού.

Η δεύτερη περίπτωση μελέτης είναι η εκκλησία «Παντάνασσα». Στο κέντρο της Αχαϊκής πρωτεύουσας και σε πολύ μικρή απόσταση από την κεντρική πλατεία των Υψηλών Αλωνίων, δεσπόζει ο ιστορικός Ιερός ενοριακός Ναός της Παναγίας Παντανάσσης Πατρών. Ο περικαλλής Ναός, είναι χτισμένος επάνω σε ένα φυσικό ύψωμα και αποτελεί καύχημα για την Αποστολική Εκκλησία των Πατρών. Από το 1996 με απόφαση του Υπουργείου Πολιτισμού, ο Ναός αποτελεί διατηρητέο μνημείο – υπόδειγμα της νεότερης εκκλησιαστικής αρχιτεκτονικής.



Εικόνα 16. Ιερός Ναός Παντανάσσης Πατρών.

Η ιστορία του Ναού

Ελάχιστα γραπτά στοιχεία έχουμε για την ιστορία του Ναού και αυτά μας τα διασώζει ο έγκριτος ιστορικός της Πάτρας, Κώστας Τριανταφύλλου, στο περίφημο δίτομο έργο του: «Ιστορικόν Λεξικόν της Πόλεως των Πατρών». Όπως αναφέρει ο Τριανταφύλλου, στη θέση που βρίσκεται σήμερα ο μεγαλοπρεπής Ναός, προϋπήρχε μικρή εκκλησία της Παναγίας, από τα χρόνια της Τουρκοκρατίας, η οποία ήταν κτισμένη σε περιοχή όπου παλαιότερα υπήρχε βυζαντινό κοιμητήριο. Αρχιτέκτων του Ναού ήταν ο Κ. Φρεαρίτης, πρώτος πρύτανης του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου Αθηνών. Στο αρχικό του σχέδιο προέβλεπε κεντρικό τρούλο για το Ναό, όπως ήταν η Μητρόπολη των Αθηνών. Τα επόμενα χρόνια έγιναν στα οικοδομικά σχέδια μεταβολές από τον περίφημο αρχιτέκτονα – μηχανικό της εποχής Λύσανδρο Κουταντζόγλου (μερικά από τα έργα του οποίου είναι: το Αρσάκειο Αθηνών, το Ε.Μ.

Πολυτεχνείο και οι Ναοί των Αθηνών: Άγιος Γεώργιος Καρύτση, Αγία Ειρήνη οδού Αιόλου, Άγιος Κωνσταντίνος Ομονοίας, κ.α.). Η φιλόλογος και αρχειονόμος των Γενικών Αρχείων του Κράτους κ. Άγη Πουρνάρα – Ρουμελιώτη, κατά τη διάρκεια των ερευνών της ανακάλυψε τρία σημαντικά συμβολαιογραφικά έγγραφα (αντίγραφα των οποίων έδωσε για το αρχείο του Ναού) από τα οποία γίνεται γνωστό ότι η θεμελίωσή του Ναού έγινε στα τέλη του 1847 και τα εγκαίνια του στις 30 Αυγούστου 1859. Η ημερομηνία των εγκαίνιων επιβεβαιώνεται και από μία εικόνα της Παναγίας που φυλάσσεται στο σκευοφυλάκιο του Ναού και αναγράφει την ίδια ημερομηνία. Μεταξύ των ετών 1884 – 1886 έγινε η ανέγερση του καμπαναριού της βορειοδυτικής πλευράς, επί του οποίου είναι τοποθετημένο το ρολόι το οποίο συνεχίζει να λειτουργεί μέχρι σήμερα. Το καμπαναριό της νοτιοδυτικής πλευράς αποπερατώθηκε το 1891 και η πλακόστρωση των προαυλίων έγινε το 1900. Την αγιογράφιση του Ναού επιμελήθηκαν οι γνωστοί καλλιτέχνες της εποχής: Σ. Χατζηγιαννόπουλος (1879) και Κ. Πρινόπουλος (1900). Κατά τη διάρκεια της πορείας του στο χρόνο, ο Ναός ανακαινίσθηκε το 1890 και το 1925.



Εικόνα 17. Εσωτερικά της εκκλησίας.

Ο ρυθμός του Ναού της Παντάνασσας, είναι ιδιόμορφος. Μοιάζει σαν βασιλική, διότι διαιρείται από τις μαρμάρινες κολόνες της, σε τρία κλίτη αλλά έχει και πολλά στοιχεία από το νεοκλασικισμό. Το ευρύχωρο προαύλιο δίνει την ευχέρεια στον προσκυνητή να θαυμάσει το μεγαλείο του ναού, να διαβάσει το ρητό που βρίσκεται στην εξωτερική μετόπη: «ΕΙΣΕΛΘΕ ΕΙΣ ΤΟΝ ΟΙΚΟ ΜΟΥ ΚΑΙ ΣΤΗΘΙ ΜΕΤΑ ΦΟΒΟΥ, Ο ΓΑΡ ΤΟΠΟΣ ΟΥΤΟΣ ΑΓΙΟΣ ΕΣΤΙ» και να προετοιμασθεί

ψυχικά ότι πρόκειται να εισέλθει σε ιερό χώρο λατρείας του Θεού. Ανεβαίνοντας τις μεγάλες μαρμάρινες σκάλες βρισκόμαστε στον πρόναο με τις μεγάλες αψίδες που σχηματίζονται πάνω από τις τρεις βαριές ξύλινες πόρτες εισόδου του Ναού και είναι εικονογραφημένες με παραστάσεις από τη ζωή της Παναγίας.

Εισερχόμενοι στο κυρίως Ναό, στο δεξιό μέρος υπάρχουν δύο επιβλητικά ξυλόγλυπτα προσκυνητάρια. Στο πρώτο προσκυνητάρι υπάρχει η τρίμορφη παράσταση του Κυρίου με την Παναγία και τον Τίμιο Πρόδρομο και στο δεύτερο η Γέννηση του Χριστού. Στο αριστερό μέρος του Ναού υπάρχουν άλλα δύο βαρύτιμα ξυλόγλυπτα προσκυνητάρια: του Γενέθλιου της Παναγίας και των Τριών Ιεραρχών. Και τα τέσσερα περίτεχνα προσκυνητάρια είναι ευλαβικά αφιερώματα ευσεβών Πατρινών και οι εικόνες τους είναι επενδυμένες με ασήμι («πουκάμισο»), από το φημισμένο καλλιτέχνη χρυσοχόο της Αθήνας, των αρχών του 20ου αιώνα, Ιωάννη Νικητόπουλο.

Ο μαρμαρογλύφος δεσποτικός θρόνος και ο περίτεχνος ιερός άμβωνας, είναι κατασκευασμένοι από λευκό πεντελικό μάρμαρο ιδιαίτερης καλλιτεχνικής τεχνοτροπίας. Το τέμπλο του Ναού είναι ολόκληρο από μάρμαρο με πλούσιο χρυσοποίκιλτο φυτικό διάκοσμο, μεγάλες εικόνες, ξυλόγλυπτα βημόθυρα και με μια σπάνια ξυλόγλυπτη Ωραία Πύλη. Στο δεξιό μέρος του Ναού και κοντά στην πλάγια πύλη του ιερού, βρίσκεται το μαρμάρινο σκαλιστό με φυτικό διάκοσμο και κίονες ιωνικού ρυθμού, προσκυνητάρι της θαυματουργής εικόνας της Παναγίας της Παντάνασσας (η οποία σύμφωνα με την παράδοση λέγεται ότι βρέθηκε σε ειδική κρύπτη στα υπόγεια του Ναού και ήταν από το Μυστρά, για αυτό και ονομάστηκε «Παντάνασσα»). Η εικόνα είναι ολόκληρη επενδυμένη από ατόφιο χρυσάφι και καθαρό ασήμι και το στέμμα της στολίζεται από διαμάντια και πολύτιμους λίθους, ευλαβικό αφιέρωμα των αξιωματικών και των οπλιτών του 12ου Συντάγματος, το 1913. Ο Ναός της Παντάνασσας είναι ένα αρχιτεκτονικό στολίδι για την Πάτρα και την ευρύτερη περιοχή του νομού Αχαΐας.



Εικόνα 18. Εσωτερικά της εκκλησίας.



Εικόνα 19. Πρόσοψη εκκλησίας.

5.2. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ

Για την 3D αποτύπωση και των δυο εκκλησιών χρησιμοποιήθηκε το drone Dji Mavic 3 Enterprise.



Εικόνα 20. Ημέρα αποτύπωσης.

Όπως προαναφέρθηκε, για την πλήρη αποτύπωση των εκκλησιών χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις μπαταρίες οπότε χρειάστηκε να προσγειωθεί το drone και να απογειωθεί ξανά.



Εικόνα 21. Λήψη κατά την συναρμολόγηση του drone.



Εικόνα 22. Λήψη κατά την απογείωση του drone.

Η διαδικασία αποτύπωσης χωρίζεται στα στάδια της προετοιμασίας και την επιτόπου αποτύπωση. Ανάλογα με τον εξοπλισμό που διαθέτουμε μπορούμε να απλοποιήσουμε τα βήματα και να είναι γρηγορότερη και ακριβέστερη η εργασία μας.

Μια αυτοψία στον χώρο που πρόκειται να πραγματοποιήσουμε πτήση με drone είναι απαραίτητη ώστε να διαπιστώσουμε τυχόν προβλήματα που θα επηρεάσουν την πτήση μας. Ο περιβάλλον χώρος του κτιρίου είναι πολύ σημαντικός διότι αν υπάρχουν πολλά δέντρα και κοντά στο κτίριο, δεν θα μπορούμε να φωτογραφίσουμε άνετα και όλα τα σημεία του κτιρίου. Θα πρέπει να δούμε την περιμετρική προσβασιμότητα, την ύπαρξη εναέριων καλωδίων. Την ώρα της πτήσης δεν θέλουμε να υπάρχουν άνθρωποι στα σημεία που θα πετάει το drone.

Εκτός από τον χώρο που πρόκειται να αποτυπώσουμε υπάρχουν και παράγοντες από τα χαρακτηριστικά του drone που επηρεάζουν την διαδικασία αποτύπωσης. Στη αγορά υπάρχουν διάφορα μοντέλα από διάφορους κατασκευαστές. Ανάλογα το drone που διαθέτουμε, έχουμε τα εξής :

- Ποιότητα φωτογραφιών. Δεν έχουν όλα τα drone την ίδια κάμερα, οπότε επηρεάζεται η ποιότητα των φωτογραφιών μας. Επίσης, δεν μπορούμε να πετάξουμε σε πολύ μακρινή απόσταση από το αντικείμενο που θέλουμε να αποτυπώσουμε μέσω φωτογραφιών σε περίπτωση που δεν έχουμε μεγάλης ευκρίνειας κάμερα. Επιπλέον, αν χρειαστεί να πετάξουμε πολύ κοντά το drone στο κτίριο που θέλουμε να αποτυπώσουμε θα πρέπει ο χειριστής να έχει εμπειρία και τον έλεγχο του drone σε όλη την διάρκεια της πτήσης.
- Εμβέλεια χειριστηρίου – drone. Ανάλογα το μοντέλο έχουμε και κάποια χαρακτηριστικά που αφορούν την απόσταση που μπορεί να έχει ο χειριστής με το drone κατά την διάρκεια της πτήσης. Αν δεν μας επαρκεί η εμβέλεια που έχει το χειριστήριο θα πρέπει ο χειριστής να ακολουθεί το drone κατά την διάρκεια της πτήσης. Επιπλέον, η χρήση της δυνατότητας μεγάλης εμβέλειας προϋποθέτει από τον χρήστη εμπειρία και καλή αντίληψη του χώρου.
- Λειτουργία RTK. Αν το drone μας διαθέτει RTK λειτουργία σημαίνει ότι έχει πολύ μεγάλη ακρίβεια στα δεδομένα θέσης του και λήψης των φωτογραφιών που θα πάρουμε. Η λειτουργία RTK μας εξυπηρετεί πέραν της ακρίβειας των αποτελεσμάτων, στη μη χρήση φωτοσταθερών κατά την διάρκεια την φωτογραφικής αποτύπωσης για την μετέπειτα δημιουργία του τρισδιάστατου φωτογραφικού μοντέλου.

Στη δική μας περίπτωση, η αποτύπωση των εκκλησιών είναι μια αρκετά καλή περίπτωση αποτύπωσης κτιρίου διότι :

- Δεν υπάρχουν εναέρια καλώδια περιμετρικά του κτιρίου
- Οι εξωτερικές τοιχοποιίες του κτιρίου έχουν πολλές ιδιαιτερότητες με αποτέλεσμα να λειτουργούν ως φυσικά φωτοσταθερά για την συνένωση των φωτογραφιών

- Δεν έχουμε πολύ μεγάλες αποστάσεις, είτε οριζόντιες είτε κατακόρυφες

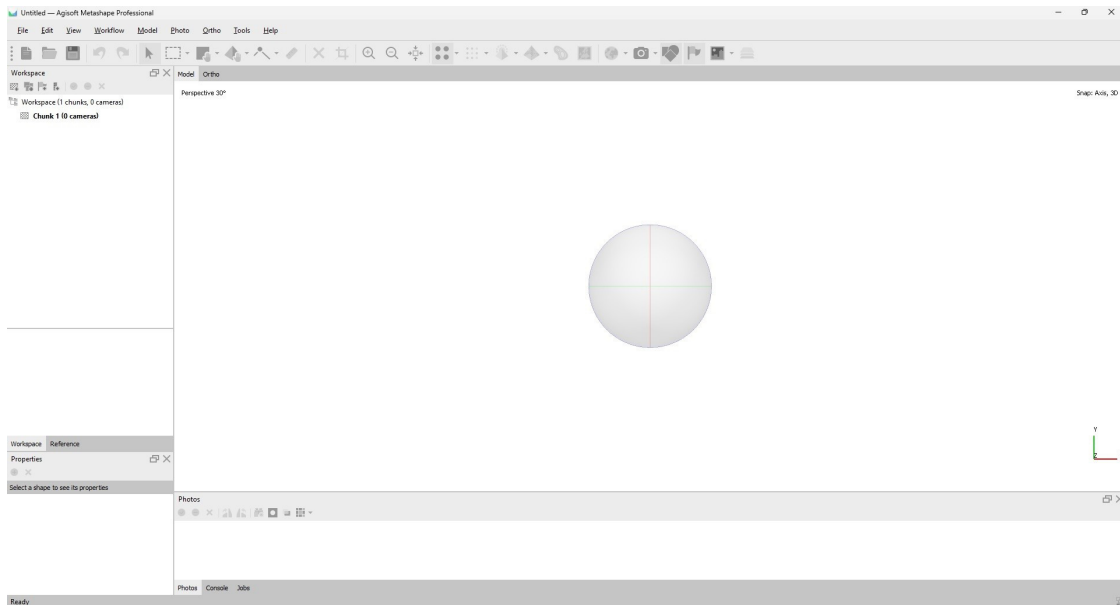
Η πτήση που πραγματοποιήθηκε για την περιμετρική φωτογραφική αποτύπωση και των δυο εκκλησιών διήρκησε συνολικά σχεδόν δύομισι ώρες. Η πτήση έγινε με σχετικά αργό ρυθμό και με προσοχή ώστε οι λήψεις των φωτογραφιών να γίνονται έτσι ώστε μεταξύ τους να έχουμε ποσοστό αλληλοεπικάλυψης πάνω από 50 %.

Για την πτήση του drone δεν χρησιμοποιήθηκε κάποιο πρόγραμμα προγραμματισμένης πλοήγησης, έτσι τόσο η πτήση του drone όσο και η λήψη των φωτογραφιών έγιναν χειροκίνητα, για αυτό και η μεγάλη διάρκεια πτήσης. Σε περίπτωση που ήταν διαθέσιμο κάποιο πρόγραμμα προγραμματισμού πτήσης, θα μπορούσαμε να έχουμε το ίδιο αποτέλεσμα και καλύτερο στο 1/3 του χρόνου, δηλαδή με μία μόνο πτήση.

Πρακτικά, πραγματοποιήθηκε πτήση του drone περιμετρικά των κτιρίων, οριζόντια και κάθετα, λήφθηκαν φωτογραφίες γύρω γύρω με επικάλυψη μεταξύ τους.

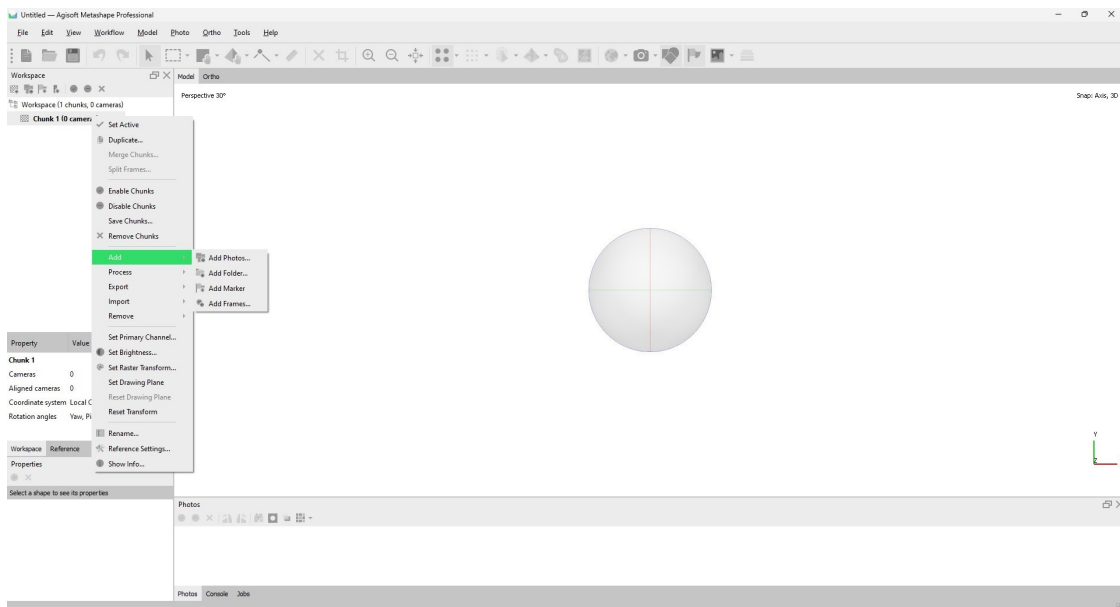
5.2. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Μετά την πτήση που πραγματοποιήθηκε, έγινε η εισαγωγή των φωτογραφιών στο πρόγραμμα Agisoft Metashape. Πριν την εισαγωγή των φωτογραφιών στο πρόγραμμα δεν χρειάζεται να γίνει κάποια επεξεργασία, όλα τα βήματα εντός του προγράμματος είναι αρκετά τυποποιημένα και παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω.



Εικόνα 23. Επιφάνεια εργασίας προγράμματος Agisoft Metashape.

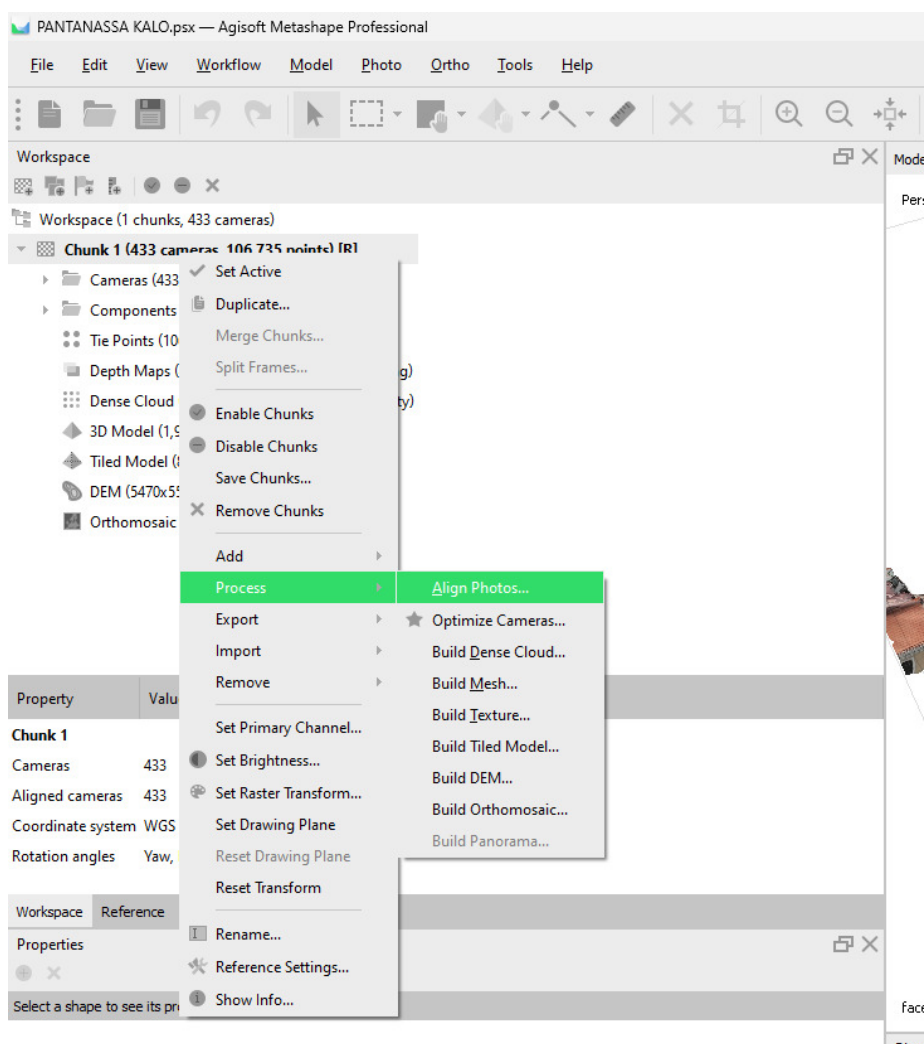
Επάνω αριστερά στην οθόνη είναι οι καρτέλες που εμπεριέχουν τις εντολές εκτέλεσης του προγράμματος.



Εικόνα 24. Εισαγωγή φωτογραφιών στο πρόγραμμα.

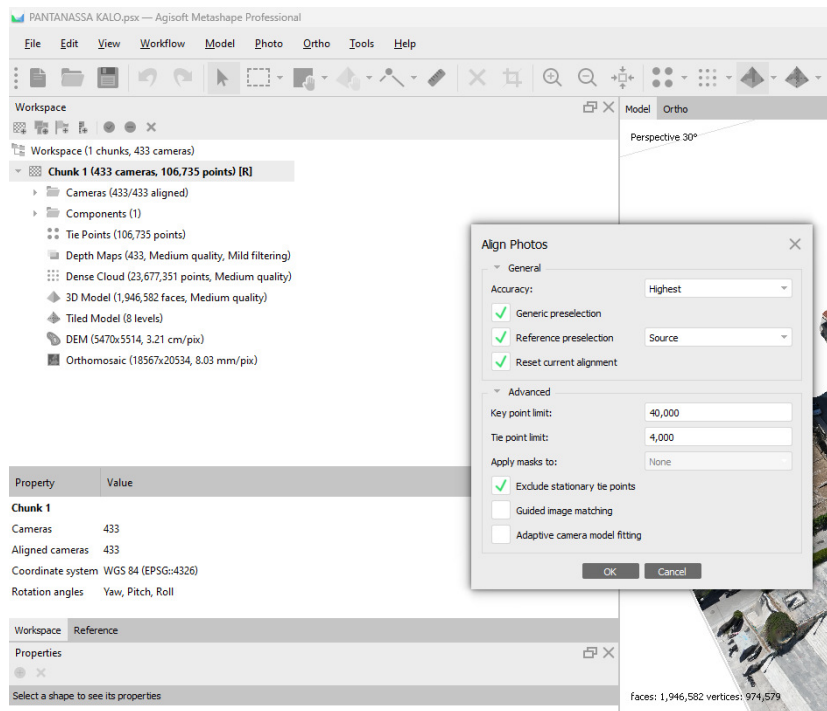
Το πρώτο βήμα που έχουμε να κάνουμε είναι να εισάγουμε τις φωτογραφίες που πήραμε με το drone. Πατάμε δεξί κλικ στο «Chunk», επιλέγουμε από το παράθυρο που ανοίγει την επιλογή «add», επιλέγουμε τι θέλουμε να εισάγουμε. Στη περίπτωση μας έχουμε φωτογραφίες, το πρόγραμμα έχει και επιπλέον επιλογές.

Μετά την φόρτωση των φωτογραφιών στο πρόγραμμα, θα τις δούμε σε μικρή προεπισκόπηση στο κάτω μέρος της επιφάνειας εργασίας του προγράμματος. Έτσι, οι φωτογραφίες είναι έτοιμες για περαιτέρω επεξεργασία.



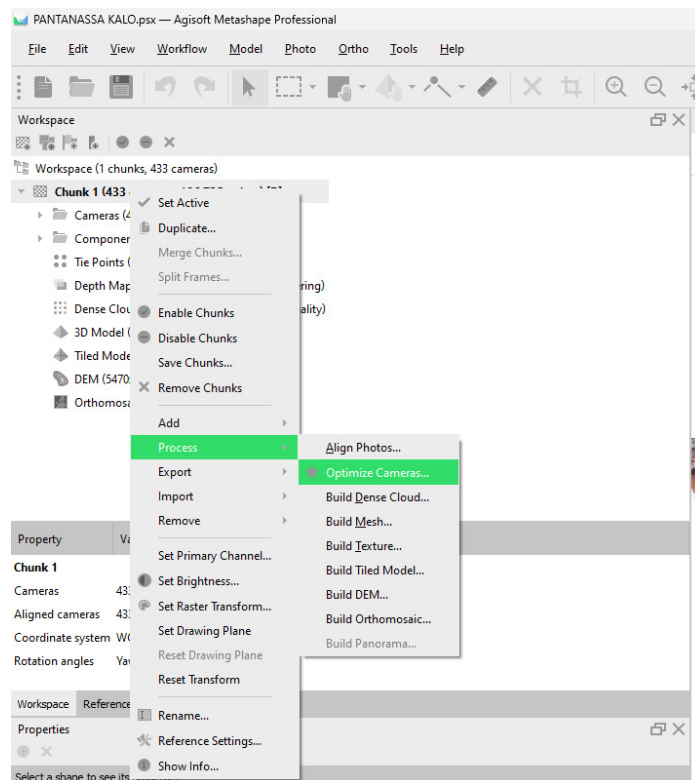
Εικόνα 25. Ένωση φωτογραφιών.

Πατάμε δεξί κλικ στο «Chunk», επιλέγουμε από το παράθυρο που ανοίγει την επιλογή «Process», στη συνέχεια την επιλογή «Align photos». Στη συνέχεια θα ανοίξει παράθυρο διαλόγου που μας επιτρέπει να επιλέξουμε την ποιότητα της επεξεργασίας, η παραμετροποίηση αυτού του βήματος έχει να κάνει άμεσα με τα χαρακτηριστικά του υπολογιστή που πρόκειται να κάνει την επεξεργασία. Σε περίπτωση που επιλέγουμε υψηλή ανάλυση και ακρίβεια στην επεξεργασία και ο υπολογιστής δεν μπορεί να ανταποκριθεί, η διαδικασία δεν θα ολοκληρωθεί.

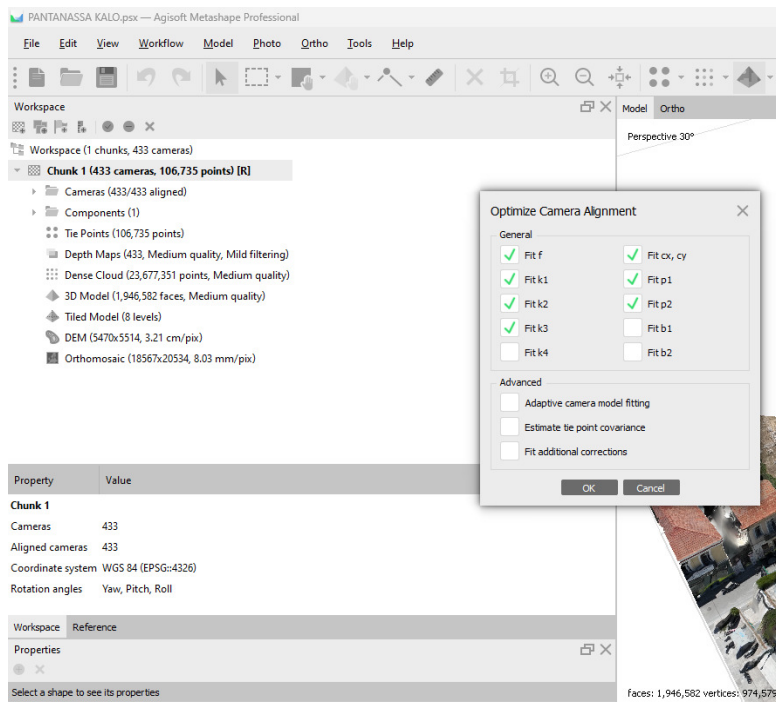


Εικόνα 26. Επιλογή ακρίβειας επεξεργασίας.

Στη συνέχεια, πατάμε δεξί κλικ στο «Chunk», επιλέγουμε από το παράθυρο που ανοίγει την επιλογή «Process», μετά την επιλογή «Optimize Cameras». Σε αυτό το στάδιο, το πρόγραμμα θα κάνει επεξεργασία ώστε να βελτιώσει το μοντέλο του προηγούμενου βήματος.

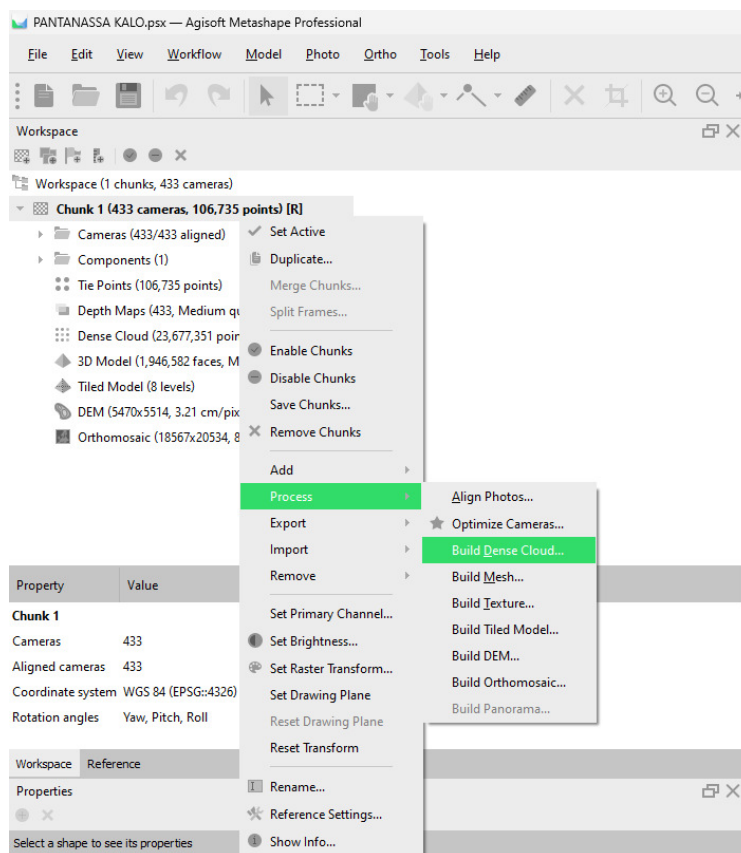


Εικόνα 27. Ολοκληρωμένο μοντέλο από νέφος σημείων.

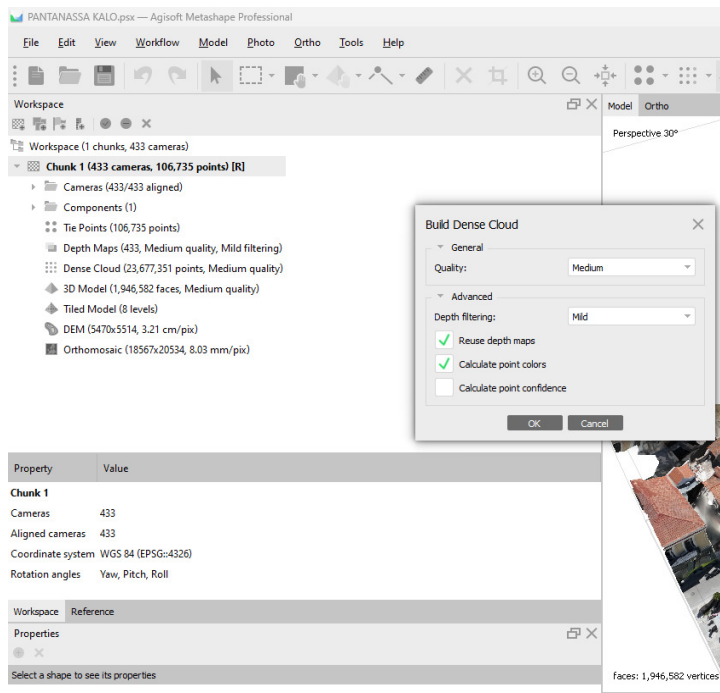


Εικόνα 28. Εντολή Optimize Camera Alignment.

Στη συνέχεια, πατάμε δεξί κλικ στο «Chunk», επιλέγουμε από το παράθυρο που ανοίγει την επιλογή «Process», μετά την επιλογή «Build dense cloud».

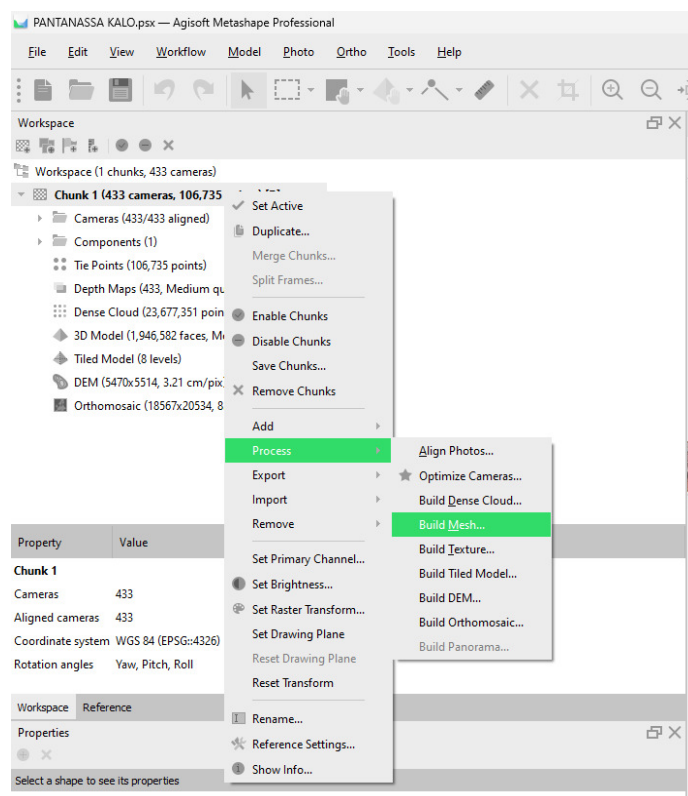


Εικόνα 29. Dense cloud.

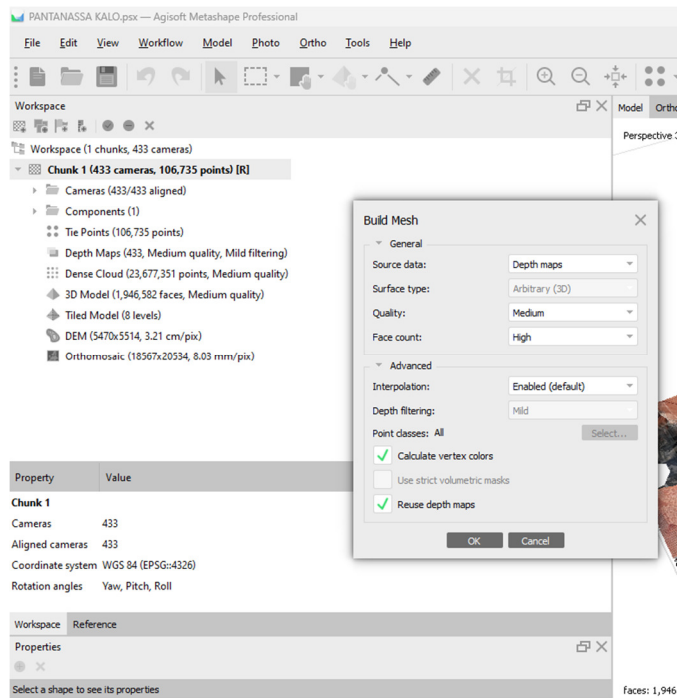


Εικόνα 30. Εντολή Build Dense Cloud.

Έπειτα, πατάμε δεξί κλικ στο «Chunk», επιλέγουμε από το παράθυρο που ανοίγει την επιλογή «Process», μετά την επιλογή «Build Mesh». Τα ανωτέρω στάδια, βελτιώνουν και πυκνώνουν τα σημεία που αναγνώρισε το πρόγραμμα από τις φωτογραφίες ώστε να έχουμε καλύτερο και ακριβέστερο αποτέλεσμα.

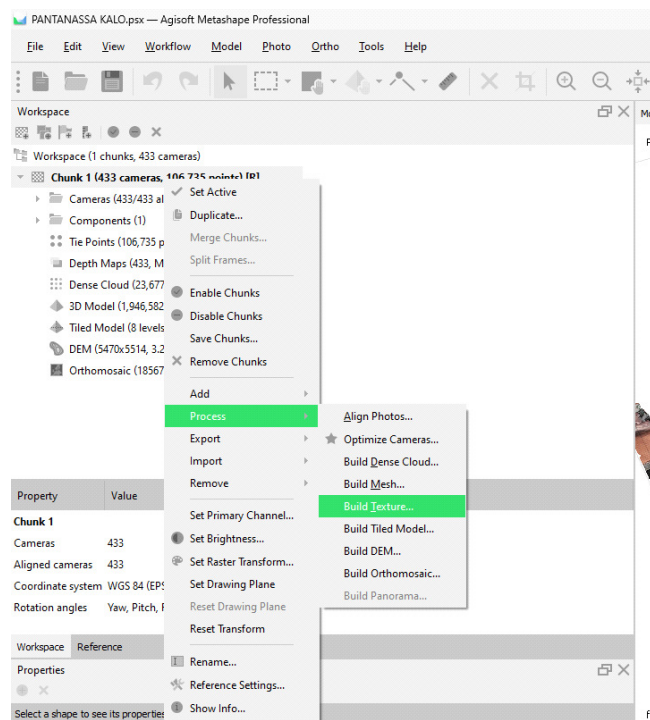


Εικόνα 31. Mesh.



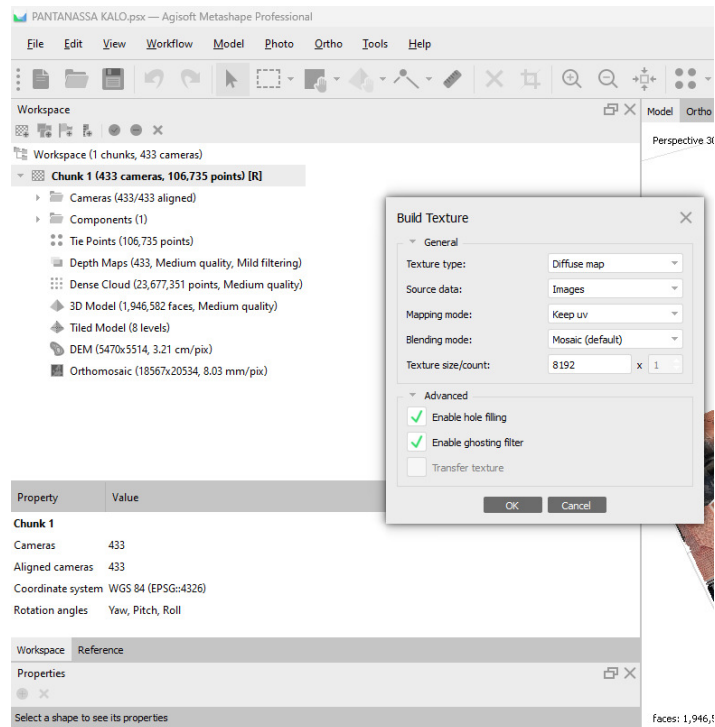
Εικόνα 32. Παράμετροι για την εντολή Mesh.

Κατόπιν, πατάμε δεξί κλικ στο «Chunk», επιλέγουμε από το παράθυρο που ανοίγει την επιλογή «Process», μετά την επιλογή «Build Texture». Η συγκεκριμένη εντολή δημιουργεί υφές στην επιφάνεια του τρισδιάστατου μοντέλου που έχει δημιουργηθεί.



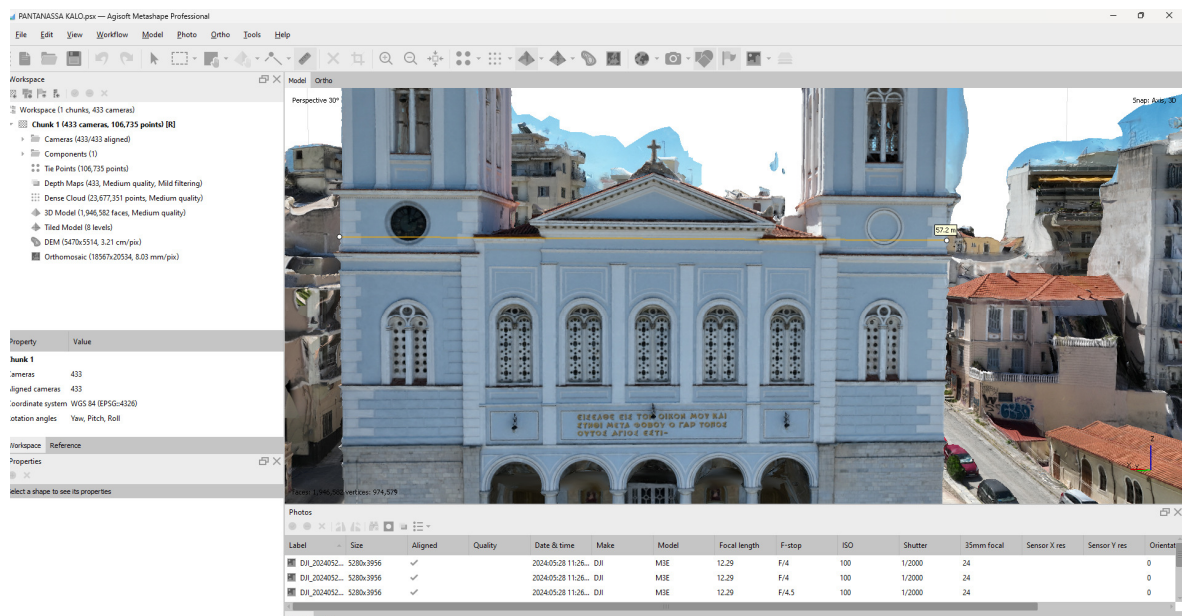
Εικόνα 33. Εξέλιξη επεξεργασίας "build Texture".

Πρέπει να σημειώσουμε ότι όλες οι ανωτέρω εντολές για να εκτελεστούν απαιτείται μεγάλο χρονικό διάστημα, της τάξεως της μίας ώρας για κάθε εντολή.

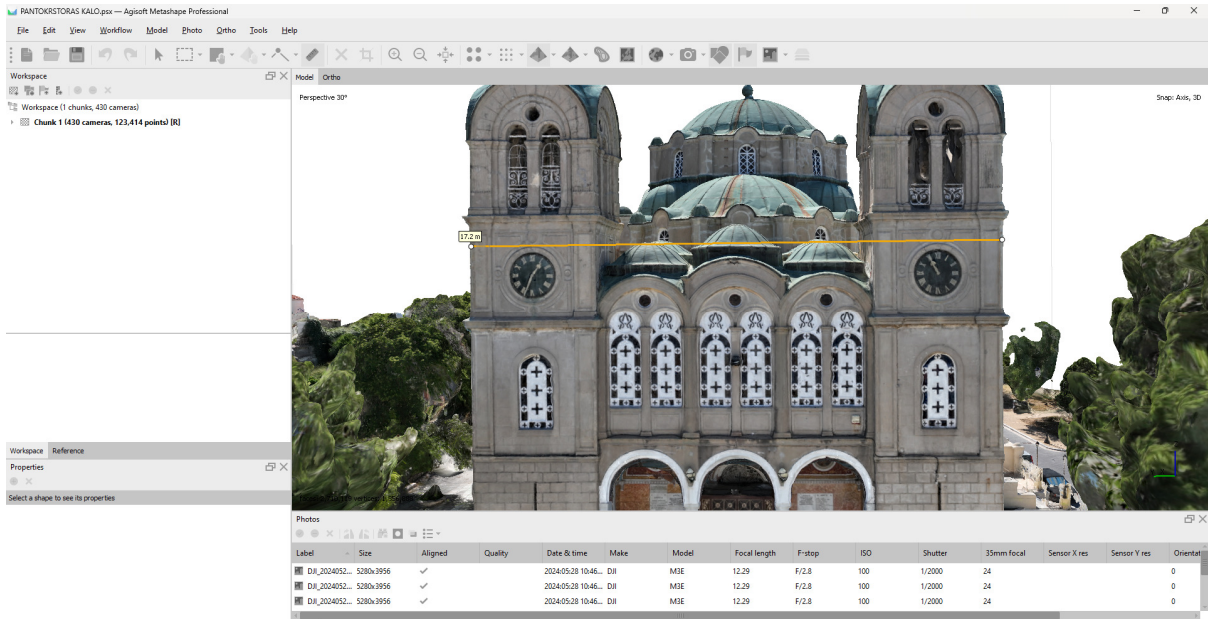


Εικόνα 34. Εντολή Build Texture.

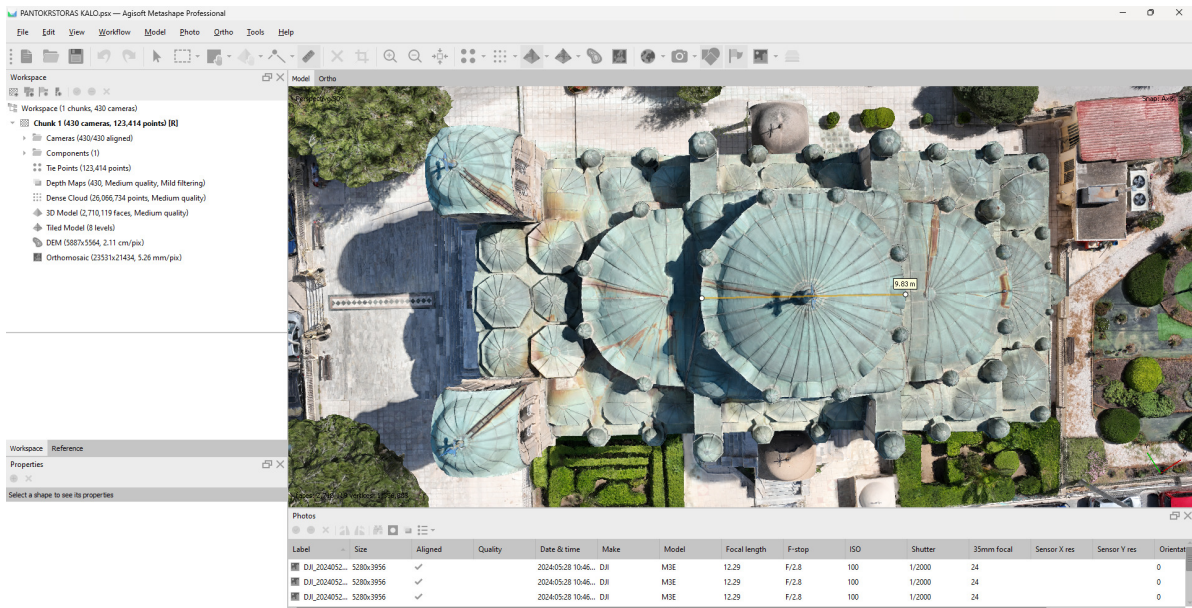
Μετά την ολοκλήρωση όλων των εντολών, έχουμε στη διάθεση μας το τρισδιάστατο φωτογραφικό μοντέλο για οποιαδήποτε χρήση επιθυμούμε. Μπορούμε να μετρήσουμε αποστάσεις και ύψη, να εμβαδομετρήσουμε και να ογκομετρήσουμε να παρατηρήσουμε φθορές, κλπ.



Εικόνα 35. Μετρήσεις στην Όψη της εκκλησίας Παντάνασσας.

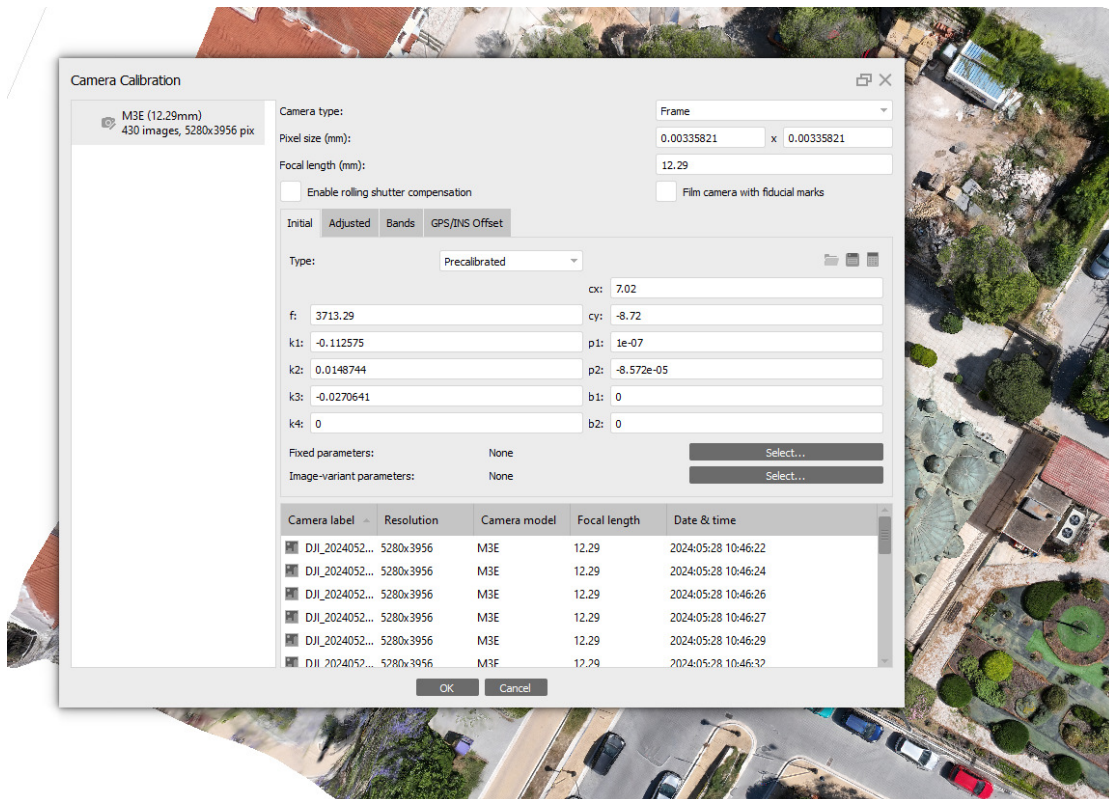


Εικόνα 36. Μετρήσεις στην Όψη της εκκλησίας του Παντοκράτορα.



Εικόνα 37. Μέτρηση ενός από τους τρούλους του Παντοκράτορα.

Μπορούμε να δούμε το κτίριο από οποιαδήποτε γωνία και απόσταση επιθυμούμε.



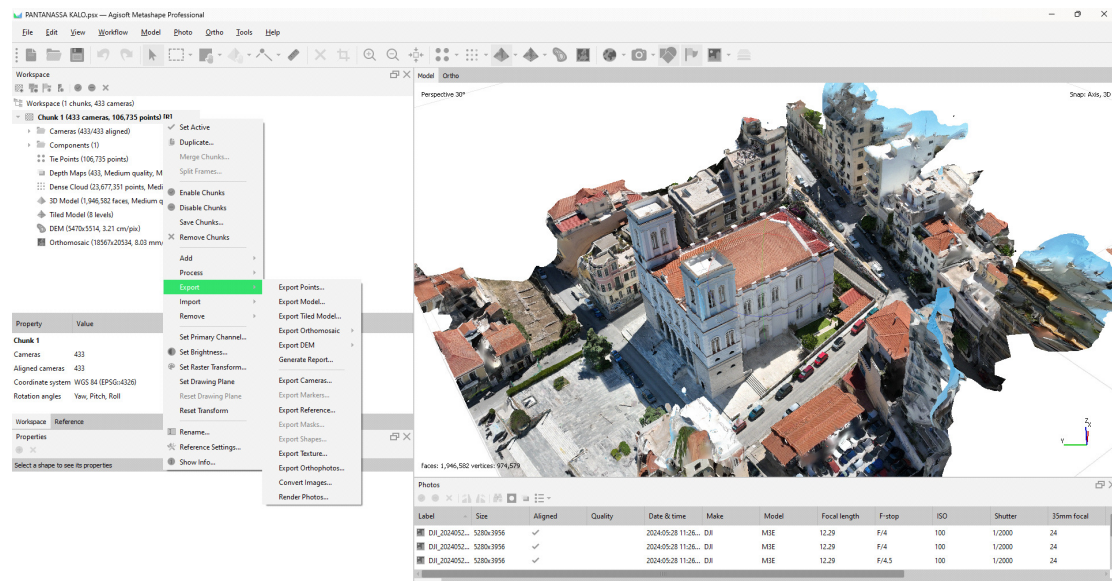
Εικόνα 38. Παράμετροι κάμερας του drone.

Το πρόγραμμα αναγνωρίζει αυτόματα την κάμερα του drone και τα στοιχεία της ώστε ανάλογα με αυτά να προβεί στην επεξεργασία των εικόνων και να κάνει το συνολικό συνδυασμό των φωτογραφιών.

Στο πρόγραμμα εκτός από τις φωτογραφίες μπορούμε να εισάγουμε αρχείο βίντεο αλλά και αρχείο νέφους σημείων από συσκευές lidar ή laser scanner.

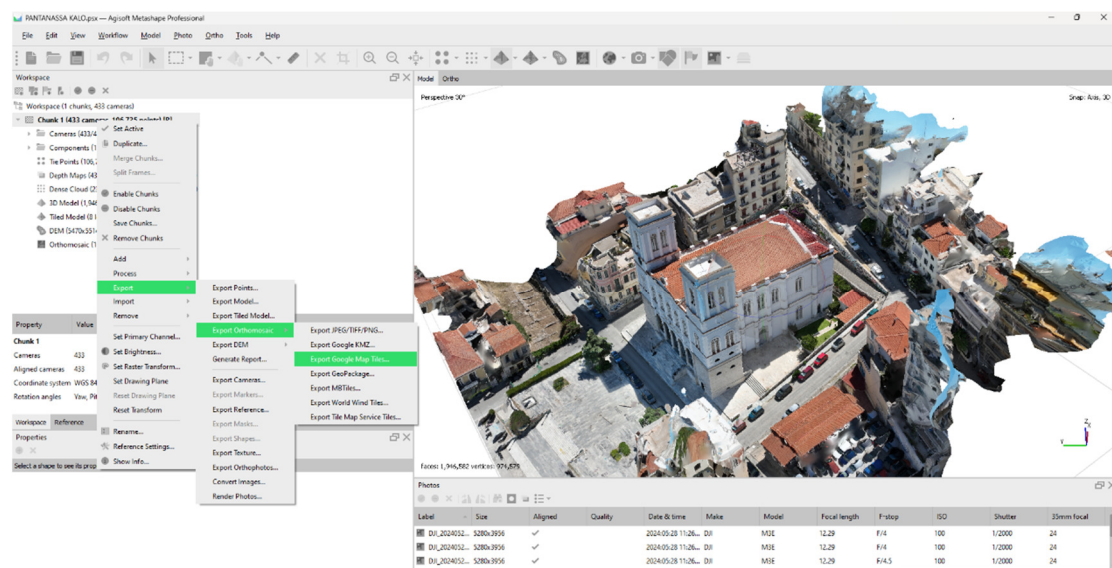
5.3. ΕΞΑΓΩΓΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ - ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ

Έχοντας στην διάθεση μας το τρισδιάστατο φωτογραφικό μοντέλο μπορούμε να κάνουμε εξαγωγή σε άλλες μορφές αρχείων ώστε να συνεχίσουμε οποιαδήποτε επεξεργασία θέλουμε σε άλλο ηλεκτρονικό πρόγραμμα.



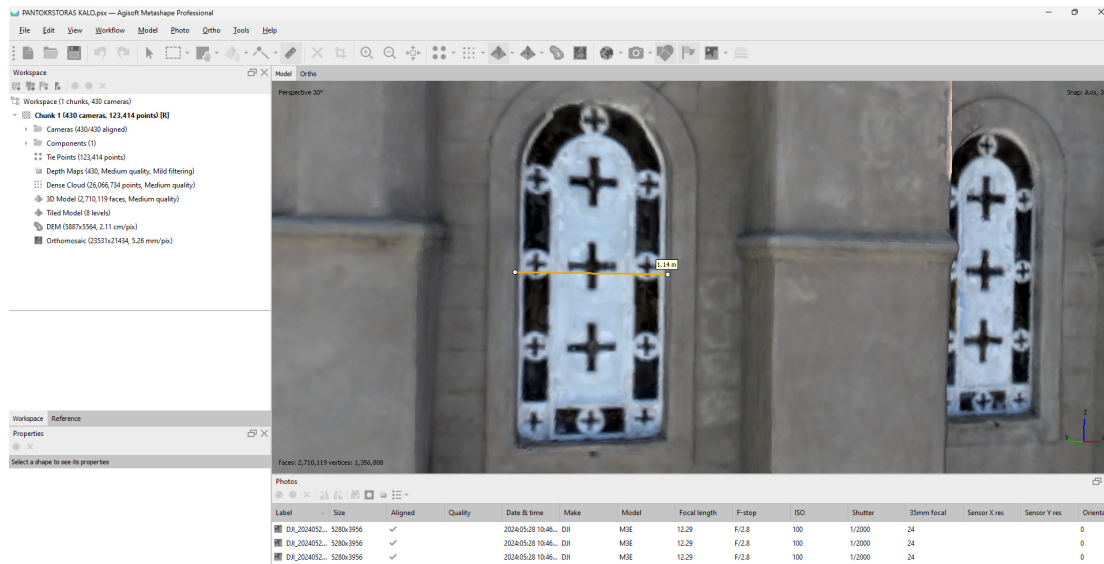
Εικόνα 30. Διαδικασία εξαγωγής.

Οι πιο διαδεδομένοι τύποι αρχείων εξαγωγής για περαιτέρω επεξεργασία είναι :



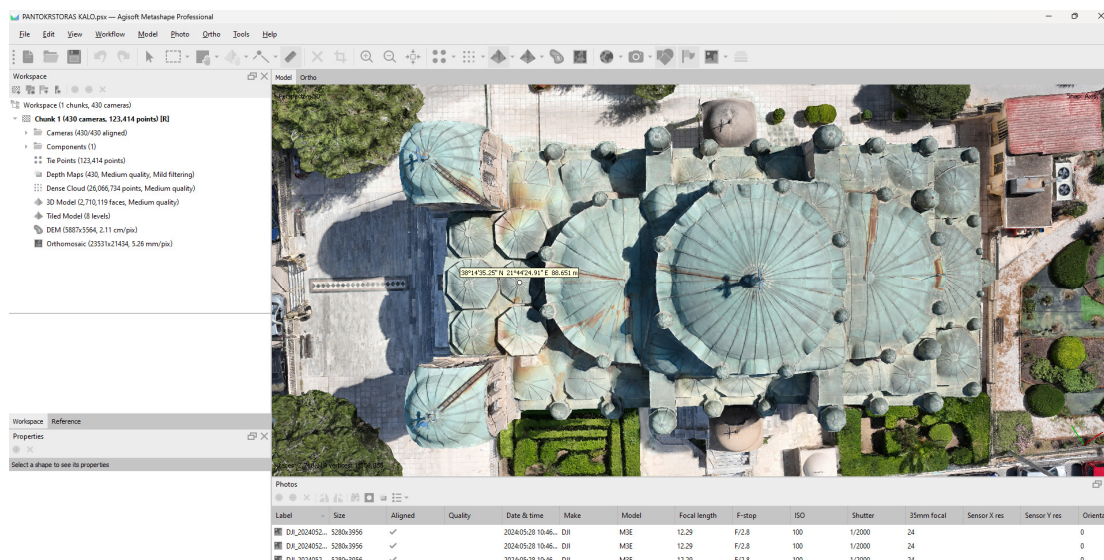
Εικόνα 31. Τύποι αρχείων εξαγωγή για μετέπειτα επεξεργασία.

Ένας πολύ χρήσιμος τύπος εξαγωγής είναι ο «KMZ», διότι με αυτό τον τύπο αρχείου μπορούμε να έχουμε το μοντέλο μας στο πρόγραμμα google earth και να το δούμε στην πραγματική θέση που είναι.



Εικόνα 32. Μέτρηση ανοίγματος Παντοκράτορα.

Βασική εντολή είναι η «ruler» για την μέτρηση οριζόντιων και καθέτων αποστάσεων.



Εικόνα 33. Πληροφορίες σημείου.

Όπου θέλουμε μπορούμε να έχουμε τις συντεταγμένες οποιουδήποτε σημείου.

Όπως προαναφέρθηκε, το πρόγραμμα μας επιτρέπει να μετρήσουμε εμβαδά και όγκους, έτσι μπορούμε να κάνουμε άμεσα και με ακρίβεια επιμετρήσεις.



Εικόνα 39. Κάτοψη εκκλησίας "Παντάνασσας".



Εικόνα 40. Πρόσοψη εκκλησίας "Παντάνασσας".



Εικόνα 41. Δεξιά πλάγια όψη εκκλησίας "Παντάνασσας".



Εικόνα 42. Πίσω όψη εκκλησίας "Παντάνασσας".



Εικόνα 43. Αριστερή πλάγια όψη εκκλησίας "Παντάνασσας".



Εικόνα 44. Κάτοψη εκκλησίας "Παντοκράτορα".



Εικόνα 45. Δεξιά πλάγια όψη εκκλησίας "Παντοκράτορα".



Εικόνα 46. Πίσω όψη εκκλησίας "Παντοκράτορα".



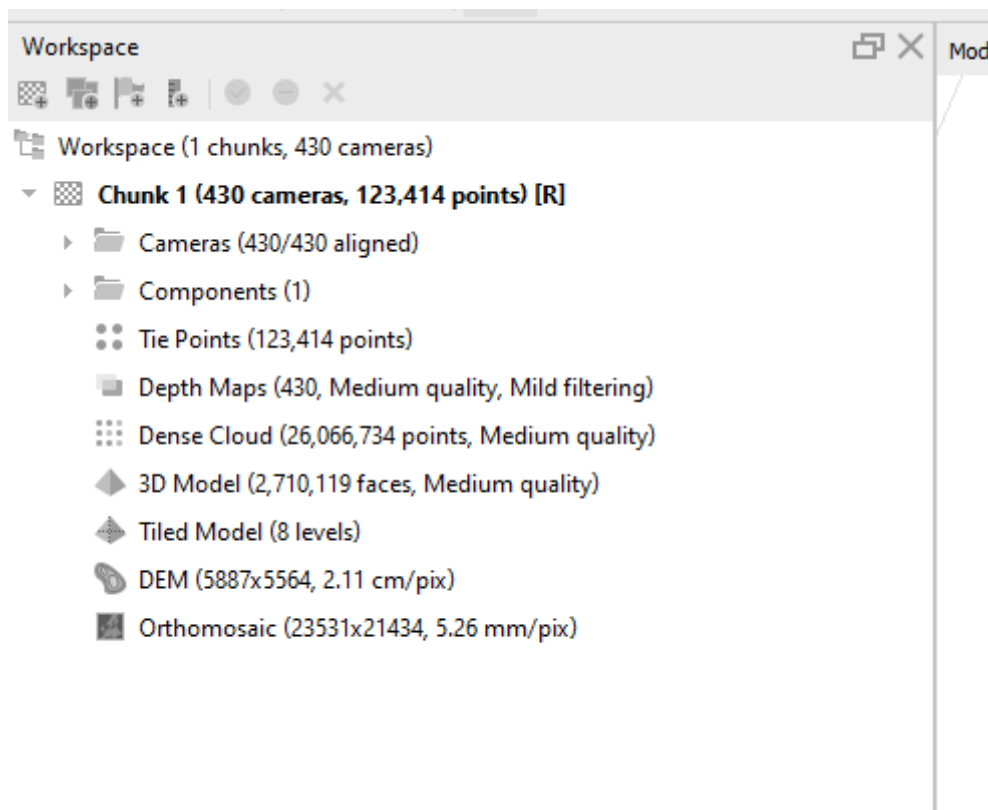
Εικόνα 47. Αριστερή πλάγια όψη εκκλησίας "Παντοκράτορα".



Εικόνα 48. Πρόσωση εκκλησίας "Παντοκράτορα".

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

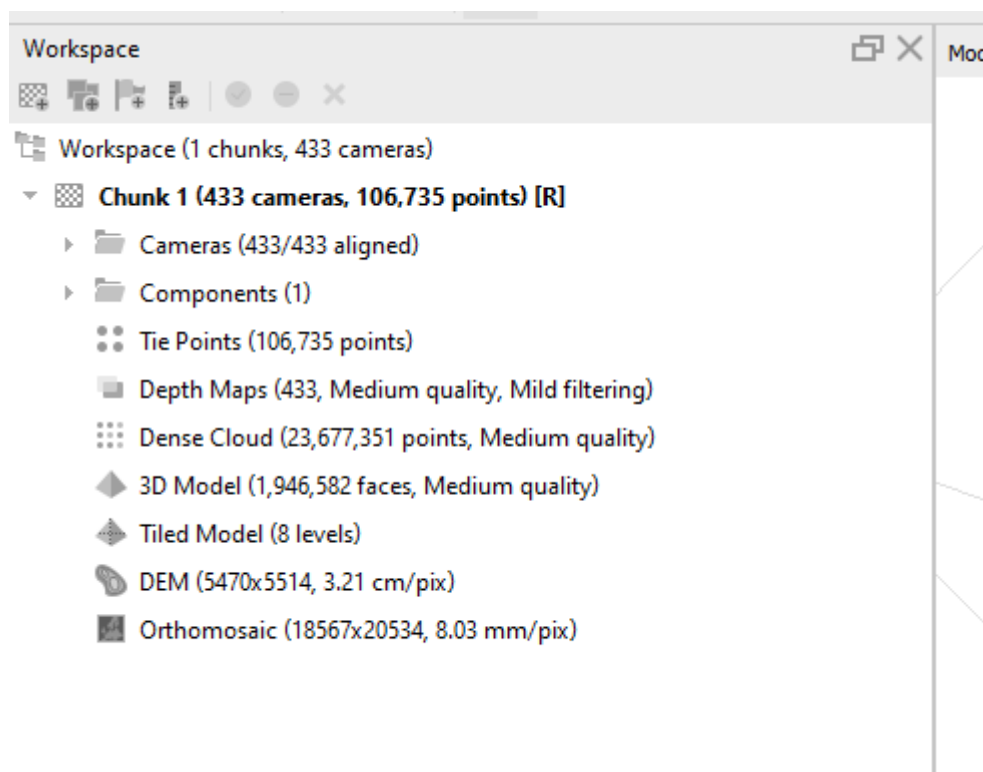
Για την δημιουργία των ψηφιακών μοντέλων μέσω των αεροφωτογραφιών που τραβήχτηκαν μέσω drone χρειάστηκαν να πραγματοποιηθούν τέσσερις πτήσεις λόγω περιορισμού της διάρκειας κάθε πτήσης από την μπαταρία του drone. Η καθαρή διάρκεια πτήσης της κάθε μπαταρίας είναι 30-35 λεπτά. Συνολικά για να αποτυπώσουμε και τις δύο εκκλησίες, χρόνος προετοιμασίας και πτήσης ήταν 2,5 ώρες. Σαφώς πολύ λιγότερο από τον χρόνο που θα απαιτούνταν αν έπρεπε να αποτυπώσουμε και τις δύο εκκλησίες μέσω των κλασικών και πιο παραδοσιακών μεθόδων. Για να έχουμε ακριβή και λεπτομερή αποτελέσματα για την κάθε εκκλησία έχουμε τα παρακάτω στοιχεία :



Εικόνα 49. Πληροφορίες επεξεργασίας εκκλησίας "Παντοκράτορας".

Για την δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου της εκκλησίας «Παντοκράτορας» χρησιμοποιήσαμε 430 φωτογραφίες. Το πρόγραμμα από την επεξεργασία που πραγματοποιήσαμε εξήγαμε αρχείο με 26.066.744 σημεία και 2.710.119 επιφάνειες. Οφείλουμε να επισημάνουμε την πολυπλοκότητα των όψεων και της οροφής της εκκλησίας διότι υπάρχουν πάρα πολλά πρόσθετα αρχιτεκτονικά στοιχεία.

Αντίστοιχα, για την δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου της εκκλησίας «Παντάνασσα» χρησιμοποιήσαμε 433 φωτογραφίες. Το πρόγραμμα από την επεξεργασία που πραγματοποιήσαμε εξήγαμε αρχείο με 23.677.351 σημεία και 1.946.582 επιφάνειες.



Εικόνα 50. Πληροφορίες επεξεργασίας εκκλησίας "Παντάνασσα".

Παρατηρούμε μία μείωση τόσο στην εξαγωγή σημείων όσο και στην εξαγωγή επιφανειών που οφείλεται στις πιο ομαλές και μη διακοσμημένες όψεις της εκκλησίας της «Παντάνασσας» σε σχέση με τον «Παντοκράτορα».

Σύμφωνα με τα ανωτέρω αντιλαμβανόμαστε την σπουδαιότητα και τον ρόλο που παίζουν και θα παίζουν στο μέλλον οι εναέριες αποτυπώσεις, ειδικά σε κτίρια που οι απαιτήσεις είναι ιδιαίτερα αυξημένες. Τέτοια κτίρια είναι εκκλησίες, νεοκλασικά, αρχαιολογικά μνημεία, κλπ.

Οι εναέριες αποτυπώσεις με drone πριν δέκα χρόνια ήταν ιδιαίτερα κοστοβόρες και δύσχρηστες. Τα τελευταία χρόνια τόσο το κόστος αγοράς ενός drone όσο και των προγραμμάτων πλοήγησης έχουν μειωθεί κατακόρυφα και είναι προσιτά στον μέσο μηχανικό που επιθυμεί να τα προμηθευτεί. Έτσι δημιουργούνται νέες διαδικασίες και προοπτικές που οφείλουμε να ακολουθήσουμε οι νέοι μηχανικοί ώστε να αντιμετωπίσουμε τις αυξανόμενες ανάγκες του επαγγέλματός μας.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Kristen Boon· Douglas Lovelace (2014). *The Domestic Use of Unmanned Aerial Vehicles*. Oxford: Oxford University Press. σελ. 111. ISBN 9780199351053.
2. «Remote Piloted Aerial Vehicles». *monash.edu*. Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο στις 20 Μαΐου 2017. Ανακτήθηκε στις 10-01-2023..
3. *Scientific American*, Μάρτιος 1849
4. Taylor, John William Ransom· Munson, Kenneth (1977). *Jane's pocket book of remotely piloted vehicles: robot aircraft today*. USA: Collier Books. σελ. 13.
5. Pearson, Lee. «Developing the Flying Bomb» (PDF). *www.history.navy.mil*. Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο στις 1 Φεβρουαρίου 2013. Ανακτήθηκε στις 10-01-2023. CS1 maint: Unfit url ([link](#))
6. «Kettering Bug». *daviddarling.info*. Ανακτήθηκε στις 10-01-2023..
7. David, Donald (1997). «Standard aircraft». *Encyclopedia of World Aircraft*. Etobicoke, Ontario: Prospero Books. σελ. 854.
8. «Howeth: Chapter XL (1963)». *earlyradiohistory.us*. Ανακτήθηκε στις 16 Μαρτίου 2017.
9. «Reginald Denny (1891-1967) - Aviation Pioneer». *monash.edu.au*. Ανακτήθηκε στις 10-01-2023..
10. Whittle, Richard (2014). *Predator: The Secret Origins of the Drone Revolution*. New York: Henry Holt and Company. σελ. 20. ISBN 9780805099652.
11. Custers, Bart (2016). *The Future of Drone Use: Opportunities and Threats from Ethical and Legal Perspectives*. Berlin: Springer. σελ. 9. ISBN 9789462651326.
12. Miller, Jennifer Jean (2014). *Marilyn Monroe & Joe DiMaggio - Love In Japan, Korea & Beyond*. New Jersey: J.J. Avenue Productions. σελ. 34. ISBN 9780991429165.
13. US Patent 2.490.844 τον Μάιο του 1940; Patent 2.408.819 στις 16 Μαΐου 1940 και patent 2.482.804 στις 16 Μαΐου 1940
14. «A Short History of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)». *draganfly.com*. Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο στις 23 Σεπτεμβρίου 2015. Ανακτήθηκε στις 10-01-2023..
15. Auen, Erica Jaye (2007). *Unmanned aerial systems conceptual design*. San Diego, California: University of California, San Diego. σελ. 23-24.
16. Cai, Guowei· Chen, Ben M. (2011). *Unmanned Rotorcraft Systems*. London: Springer Science & Business Media. σελ. 1. ISBN 9780857296351.
17. «Unmanned Aerial Vehicles». *www.vectorsite.net*. Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο στις 16 Μαρτίου 2010. Ανακτήθηκε στις 17 Μαρτίου 2017. CS1 maint: Unfit url ([link](#))

18. [«Model airplane makes nonstop Atlantic crossing»](#). *Flying Magazine* **125** (11): 46. November 1998.
19. Jonathan Karp and Andy Pasztor (7 Αυγούστου 2006). [«Drones in Domestic Skies? They're in Demand for Rescue And Surveillance Missions, But Critics Question Safety»](#). *Wall Street Journal*. Ανακτήθηκε στις 10-01-2023..
20. [«FAA authorizes Predators to seek survivors»](#). *www.af.mil*. Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο στις 29 Ιουνίου 2012. Ανακτήθηκε στις 18 Μαρτίου 2017.CS1 maint: Unfit url ([link](#))
21. Luna, Taryn (9 Δεκεμβρίου 2015). [«New technology making drones easier, more affordable - The Boston Globe»](#). *BostonGlobe.com*. Ανακτήθηκε στις 10-01-2023..
22. Brewster, Murray (30 Ιουλίου 2012). [«Drones Over Canada: Ottawa Considering Purchase Of Aircraft For Arctic Surveillance»](#). *The Huffington Post*. Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο στις 22 Δεκεμβρίου 2016. Ανακτήθηκε στις 10-01-2023..
23. [«Terrorists Develop Unmanned Aerial Vehicles»](#). *www.armscontrol.ru*. Ανακτήθηκε στις 10-01-2023..
24. [«Το πρώτο ελληνικό μη επανδρωμένο drone προσγειώνεται στη ΔΕΘ»](#). *www.iefimerida.gr*. 7 Σεπτεμβρίου 2016. Ανακτήθηκε στις 10-01-2023.
25. <https://www.kallirroehotel.gr/ieros-naos-tou-pantokratoros-stin-patra/>
26. <https://explore.patras.gr/listing/ieros-naos-pantokratora/>
27. https://patreusnea.blogspot.com/p/blog-page_30.html
28. <https://www.capturingreality.com/>
29. <https://www.sphengineering.com/flight-planning/ugcs>
30. <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-drone2map/overview>
31. <https://patrasdroneacademy.eu/eidiki-katigoria/>
32. Austin, R. (2010). *Unmanned Aircraft Systems: UAVs Design, Development and Deployment*. John Wiley & Sons.
33. Newcome, L. R. (2004). *Unmanned Aviation: A Brief History of Unmanned Aerial Vehicles*. American Institute of Aeronautics and Astronautics.
34. Singer, P. W. (2009). *Wired for War: The Robotics Revolution and Conflict in the 21st Century*. Penguin.
35. Vasile, M. (2014). *Drone Technology in Military Operations: Ethical and Legal Issues*. *International Journal of Drone Applications*.
36. Jones, C. (2016). *The Commercial Potential of Drones: Emerging Trends and Future Prospects*. *Journal of Technology Studies*.
37. Zhang, C., & Kovacs, J. M. (2012). *The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review*. *Precision Agriculture*, 13(6), 693-712.
38. Colomina, I., & Molina, P. (2014). *Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review*. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92, 79-97.