



ΠΑΝΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Διπλωματική εργασία: **Τμήματος Οικονομικής και Περιφερειακής Ανάπτυξης**  
μεταπτυχιακό κατεύθυνσης:

**Αστικής και Περιφερειακής Ανάπτυξης, ειδίκευση Οικονομικών της Αγοράς Ακινήτων.**

Όνομα: Καραούλης Φώτιος-Λάζαρος

Θέμα: **Τρισδιάστατη Μοντελοποίηση Ακίνητης Περιουσίας με τη χρήση Drone**

Επιβλέπων καθηγητές: Μιμής Άγγελος

Ροβολής Αντώνης

Κυβέλου- Χιωτίνη Στέλλα-Σοφία



ΙΟΥΛΙΟΣ 2019

## Αφιερώσεις

Η παρούσα εργασία αφιερώνεται στους ανθρώπους που ήταν δίπλα μου όλη αυτή τη χρονική περίοδο του μεταπτυχιακού και με την παρουσία τους με βοήθησαν να τα καταφέρω ξεκινώντας από το μηδέν. Θέλω να ευχαριστήσω τους γονείς μου για όλη τη στήριξη τους ακόμη και τις πιο δύσκολες ημέρες, τον καθηγητή μου ο οποίος με καθοδήγησε σε όλα τα σημεία της παρούσας εργασίας. Την πολύ καλή μου φίλη Μάγδα η οποία μας έδωσε τη δυνατότητα να εργαστούμε πάνω στο δικό της ακίνητο και την ευχαριστώ ιδιαίτερα για αυτό. Την θεία μου η οποία βοήθησε με τον τρόπο της ιδιαίτερα, τον Αντώνη και τη Τζοάν.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η μελέτη της τρισδιάστατης απεικόνισης και της 3d μοντελοποίησης είναι ένα κομμάτι μιας εκσυγχρονισμένης έρευνας με μεγάλη εξελικτική πορεία ειδικά στον τομέα της χαρτογράφησης και οπτικοποίησης της ακίνητης περιουσίας που είναι και το κομμάτι που θα σταθεί η παρούσα εργασία και θα μελετήσει τη προσπάθεια της τρισδιάστατης μοντελοποίησης σε ένα ακίνητο, που έχει πληγεί από καταστροφική πυρκαγιά. Το μοντέλο της παρούσας εργασίας θα βασιστεί σε ένα οικόπεδο στην περιοχή της Ραφήνας και του Ματιού του νομού Αττικής, το οποίο μετά την καταστροφική πυρκαγιά του 2018, υπέστη πληθώρα ζημιών και χρίζει αποκατάστασης έτσι ώστε να μπορέσει ξανά να καταστεί κατοικήσιμο. Το πλάνο που ακολουθήθηκε αρχικά για να γίνει εφικτή η παρούσα εργασία ήταν η συλλογή δεδομένων, στην συγκεκριμένη περίπτωση, φωτογραφιών και βίντεο uhd(4K) ανάλυσης που συλλέχθηκαν με πτήση drone της dji manvic 2 zoom πάνω και περιμετρικά από το οικόπεδο που είχε πληγεί από τη φωτιά. Η συλλογή των δεδομένων έγινε τρεις συνολικά φορές, διαφορετικές ημέρες με παρόμοιες καιρικές συνθήκες και ίδιες ώρες έτσι ώστε η φωτεινότητα και ο ήλιος να βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο όπως και οι σκιές πάνω στο οικόπεδο. Σε δεύτερο στάδιο έρευνας και εφόσον υπήρχαν δεδομένα προς επεξεργασία, ακολούθησε η διαχείριση αυτών και η επιλογή των φωτογραφιών υψηλής ανάλυσης για την εισαγωγή τους στα προγράμματα τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Η πρώτη προσπάθεια επεξεργασίας αυτών έγινε σε ελεύθερο λογισμικό χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα visual SFM και το Meshlab. Πάνω σε αυτά τα προγράμματα έγινε όλη η επεξεργασία και η προσπάθεια στο να φτιαχτεί ένα 3d τρισδιάστατο μοντέλο με βάση αποκλειστικά το ελεύθερο λογισμικό. Η δεύτερη προσπάθεια δημιουργίας του τρισδιάστατου μοντέλου του ακινήτου έγινε με το εμπορικό πρόγραμμα Agisoft Metashape. Μετά το πέρας της δημιουργίας των μοντέλων θα γίνει ο σχολιασμός για τα προβλήματα που παρουσιάζονται στο να υπάρξει το επιθυμητό αποτέλεσμα, δηλαδή ένα μοντέλο προς χρήση με τη βέλτιστη οπτικοποίηση και ικανότητα προβολής της λεπτομέρειας των ζημιών της καταστροφικής πυρκαγιάς, με κύριο στόχο και σκοπό ένα μοντέλο το οποίο στην πορεία θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί από έναν αρχιτέκτονα και μηχανικό με για την ανοικοδόμηση αυτού και τη δημιουργία σχεδίου και πλάνου ανακατασκευής. Η σύγκριση των δυο μοντέλων αποσκοπεί στο να προσδιορίσει ποιο από τα δυο λογισμικά μπορεί να αποδώσει το καλύτερο μοντέλο με βάση τα υπάρχον πλάνα και έχοντας υπόψη όλες τις οπτικές δυσκολίες του χώρου λόγω της πυρκαγιάς. Επίσης αναφέρει τους τρόπους με τους οποίους μπορεί να γίνει εφικτό το καλύτερο οπτικό αποτέλεσμα του τρισδιάστατου μοντέλου, γίνονται προτάσεις για λύσεις και αναφέρει τις χρήσεις και τη λειτουργία του ακόμη και ως μακέτα η οποία μπορεί να δημιουργηθεί μέσω ενός 3d εκτυπωτή. Η συγκεκριμένη εργασία έχει ως σκοπό να προσδιορίσει νέες οπτικές μεθόδους, καινοτόμες και εκσυγχρονισμένες για οπτικοποίηση ακίνητης περιουσίας. Μπορεί να προτείνει προγράμματα για τρισδιάστατη επεξεργασία να παραθέσει ακόμη και εντολές διαχείρισης των προγραμμάτων αυτών. Είναι ένα βήμα που μελλοντικά θα γίνει απαραίτητο, όπως και η χρήση των drone UAV στην χαρτογραφία θα γίνει κάτι μόνιμο και βρίσκεται ακόμα σε πρώιμα στάδια, καθώς υπάρχει μεγάλο περιθώριο για βελτίωση του λογισμικού και του υλικού αλλά και σε επίπεδο αυτοματοποίησης των εντολών διαχείρισης των προγραμμάτων, των λειτουργιών των drone αλλά και εν τέλει μιας

αυτοματοποιημένης πτήσης που θα πράττει όλες αυτές τις απαραίτητες ενέργειες του 3d modeling άμεσα, με προϋπόθεση μόνο το σχεδιασμό πλάνου πτήσης.

Αυτές είναι οι βασικές τεχνικές και η περιγραφή της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε για να γίνει εφικτή η παρούσα εργασία. Έχοντας ως στόχο την τρισδιάστατη απεικόνιση τα βήματα είναι μετρημένα και συγκεκριμένα. Η ακολουθία τους έγινε μεθοδικά χωρίς κενά και αλλαγή βημάτων και τα αποτελέσματα έγιναν με βάση τη βέλτιστη διαχείριση των δεδομένων και το καλύτερο εφικτό αποτέλεσμα με αυτή την παροχή υπηρεσιών υλικού και λογισμικού αλλά και φωτογραφιών με βάση τη δυσκολία της οπτικοποίησης του οικοπέδου και του ακινήτου λόγω της θέσης του, των καιρικών συνθηκών και της υπάρχουσας κατάστασης στην οποία βρισκόταν.

## ABSTRACT

This study of 3D illustration and modelling, is part of a contemporary research in the field of mapping and 3D visualisation of real estate, by drone technology, which has been the subject of technological advancement. This paper aims to study the application of 3D modelling technology and drone videography, focusing on a property which was damaged by a dire fire. The model of the present work will be based on a plot of land in the area of Rafina and Mati on the prefecture of Attica, which after the devastating fire of 2018, suffered damage and consequentially is in need of restoration in order to become habitable. The initial plan to be followed in order for this to be achieved, was the collection of data, which in this case included images and video in 4K analysis, was achieved and collected by using the DJI Mavic 2 Zoom Drone by flight over and around the property in question. Data collection took place on three separate days, with similar weather conditions and on similar times, so that the brightness was at the same level in order for the model not to be affected by different shadows. In the second stage of the research and given the data to be processed, the management and selection of the photographs which were taken in high resolution for their introduction to the three-dimensional modelling programmes was followed. The first attempt to process the photographs was made using visualSFM and Meshlab. These programmes which were used in order to create a 3D model were acquired online for free. The second attempt to create the three-dimensional model of the property was done with the software of Agisoft Metashape, which was purchased and provided different tools in the creation of a 3D model to the user. At the end of the illustration of the model, annotation will be made for the problems presented in order to achieve the desired result, in order to create a model for use with the optimal visualization and ability to project the detail of the damages of the destructive fire, which the main aim and purpose of a model which could be later used by an architect and an engineer in order to use it as a plan when rebuilding or reconstruction of the building would take place. The comparison of the two models aims to determine which of the two pieces of software is to be preferred on the basis of accurately depicting existing plans and taking into account all the visual difficulties of the space which was altered by the fire. It also takes into consideration the ways which the best visual result of a 3D model can be achieved, and different purposes and solutions on problems which can incur, as well as reports a possible physical maquette which could be possible with the use of a 3D printer. This particular project aims to identify new visual methods, innovative and contemporary, in order to achieve the electronic visualisation of real estate. It may also suggest programmes for three-dimensional processing which allow the user to list commands and apply directly on the property in question. It is a function that will become a necessity in the future, as the use of drone UAV in mapping will become something of everyday use. Although at the moment it is in an early stage and there is room for improvement for both software and hardware, as well as for the automation of programme management commands, there are suggestions that with only a flight plan, drones will be able to fly autonomously and execute all the necessary actions needed for a 3D model to be achieved. These are the basic techniques and description of the methodology followed to make this work possible. With the aim of 3D imagery, steps are measured and specific. The progression made when aiming for the 3D illustration was

achieved methodically without altering or breaking the sequence followed on each attempt and the results were based on optimal data management. The result of this illustration under the hardware and software used, as well as the photographs which were taken, is achieved under the consideration of the difficulties faced when illustrating and depicting the plot of land, due to its location, weather conditions and overall state due to the physical state it was in.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

### Περιεχόμενα

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| Αφιερώσεις .....                                               | 2  |
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....                                                 | 3  |
| ABSTRACT.....                                                  | 5  |
| ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....                                      | 7  |
| ΠΗΓΕΣ.....                                                     | 8  |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 .....                                               | 9  |
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ- ΣΚΟΠΟΣ.....                                          | 9  |
| Χρήσεις drone στην ακίνητη περιουσία.....                      | 9  |
| Παραδείγματα χρήσεων drone στις φυσικές καταστροφές.....       | 11 |
| Η χρήση των UAV στην παρούσα εργασία .....                     | 12 |
| Drones .....                                                   | 12 |
| Τα UAV αποτελούν ένα σύγχρονο τρόπο απεικόνισης δεδομένων..... | 12 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 .....                                               | 14 |
| Μεθοδολογία.....                                               | 14 |
| ΧΡΗΣΗ UAV ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝ .....                                     | 21 |
| 3d Σάρωση με λέιζερ .....                                      | 22 |
| Χρήσεις της τρισδιάστατης μοντελοποίησης.....                  | 22 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 .....                                               | 25 |
| Συλλογή δεδομένων .....                                        | 25 |
| Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε: .....                          | 26 |
| Προγράμματα.....                                               | 27 |
| CMVS-PMVS .....                                                | 27 |
| MESHLAB .....                                                  | 30 |
| AGISOFT METASHAPE.....                                         | 33 |
| ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....                                              | 42 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 .....                                               | 43 |
| Συμπεράσματα .....                                             | 43 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....                                              | 46 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1.....                                               | 48 |

## ΠΗΓΕΣ

Η παρούσα εργασία χρησιμοποίησε πηγές επί το πλείστον από διαδικτυακές αναφορές κειμένων από ερευνητικά περιοδικά, από διεθνείς βιβλιοθήκες ευρωπαϊκών πανεπιστημίων, από άρθρα τα οποία έχουν δημοσιευτεί σε συνέδρια και σε διαδικτυακά πανεπιστημιακά περιοδικά αλλά και εργασίες πανεπιστημίων. Πολλές ιστοσελίδες έδωσαν πληροφορίες σχετικά με τα προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία και σε αυτές υπήρχε και μεθοδολογία για τη χρήση του εκάστοτε προγράμματος από το χρήστη. Οι επίσημες ιστοσελίδες των προγραμμάτων έδωσαν ακόμη και πηγές για την λειτουργία αυτών και οι περισσότερες έδιναν μαζί και το λογισμικό , τη χρήση του, τον τρόπο εγκατάστασης και ακόμη και βασικά στοιχεία βιβλιογραφίας πάνω σε αυτό. Η πηγές παρόλο που ήταν αρκετές για τη παρούσα εργασία ήταν και περιορισμένες καθώς η οπτική που ακολούθησε η παρούσα εργασία στρέφεται σε κάτι εντελώς διαφορετικό και καινοτόμο αυτή τη χρονική περίοδο.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### **ΕΙΣΑΓΩΓΗ- ΣΚΟΠΟΣ**

Η χρήση μη επανδρωμένων αεροσκαφών (drones) στην φωτογράφιση και χαρτογράφηση ακινήτων και ακίνητης περιουσίας έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια και ξεκινά με γρήγορους ρυθμούς να αναπτύσσει ένα νέο επαναστατικό τρόπο στην οπτικοποίηση της ακίνητης περιουσίας, αλλά και σε άλλους τομείς εντελώς νέους εκσυγχρονισμένους και πολύ διαφορετικούς από ότι ίσχυε μέχρι στιγμής στην αγορά. Σε συνδυασμό με το 3d modeling η εικόνα μιας περιοχής ή ενός ακινήτου μπορεί να οπτικοποιηθεί κομμάτια ζωτικής σημασίας για έναν μηχανικό, έναν εκτιμητή και ακόμη για έναν πιθανό μελλοντικό αγοραστή. Πλέον η χρήση drone στην εναέρια οπτικοποίηση ακινήτων είναι δεδομένη και μπορεί να συμβάλει θετικά και με πολλά οφέλη στην παρουσίαση της λεπτομέρειας στον χώρο. Με την εναέρια πληροφορία μπορούμε να λάβουμε διαστάσεις ακίνητης περιουσίας χωρικών πληροφοριών και να κάνουμε καταγραφή αυτών δημιουργώντας βάσεις δεδομένων οικοδομικών τετραγώνων αλλά και ολόκληρων περιοχών. Η μελέτη, ακίνητης περιουσίας η οποία έχει υποστεί φυσιολογικές φθορές με την πάροδο των ετών αλλά ακόμη και καταστροφή από φυσικά ή τεχνητά αίτια είναι ένα κομμάτι που θα συζητηθεί σε αυτή την εργασία, με σκοπό την δημιουργία ενός τρισδιάστατου μοντέλου στο οποίο θα μπορέσουν να γίνουν όλες οι απαραίτητες και πιθανές ενέργειες για την ανοικοδόμηση του με σκοπό την καλύτερη και ταχύτερη αποκατάσταση όλων των ζημιών σε αυτό, ακόμη και χωρίς την επιτόπια μελέτη μηχανικού, παραθέτοντας έτοιμες πληροφορίες από εικόνες και 3d μοντέλα για την άμεση χρήση αυτού. Στην παρούσα εργασία εξετάζονται τα βασικά προβλήματα και οι διαθέσιμες λύσεις για τη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων από εικόνες drone.

### Χρήσεις drone στην ακίνητη περιουσία

Στο παρελθόν υπήρχε η δυνατότητα καταγραφής εικόνων κτηρίων από ύψος μόνο με τη χρήση αεροφωτογραφιών και αυτό πάλι γινόταν για λόγους συντήρησης αυτών, αλλά και για άλλους λόγους όπως η πιθανή προβολή του ακινήτου για λόγους πώλησης, ώστε να φανεί η τοποθεσία και το οικόπεδο το οποίο βρίσκονται μέσα. Η χρήση των drones έχει διευκολύνει εξαιρετικά τα τελευταία χρόνια αυτό το εγχείρημα διότι μπορεί να παρέξει λεπτομερείς εικόνες σπιτιών και οικοπέδων με τελευταίας τεχνολογίας ανάλυση και ακρίβεια. Τα drones γίνονται με ταχείς ρυθμούς ένα απαραίτητο εργαλείο για την επίδειξη ακινήτων, και κατ' επέκταση φέρουν την επανάσταση στην βιομηχανία της πώλησης σπιτιών. Συγκεκριμένα αυτή είναι μια από τις πιο σημαντικές χρήσεις των drones για την ακίνητη περιουσία η αποτύπωση φωτογραφιών και βίντεο ακινήτων με σκοπό την οπτικοποίηση αυτών για λόγους

πώλησης. Ωστόσο, ενώ κάποια ακίνητα μπορούν να εκμεταλλευτούν ιδανικά τις δυνατότητες λήψης βίντεο και φωτογραφίας των drones, κάποια ίσως να ζημιώνονται χάρη σε αυτή τη τεχνολογία. Αρχικά, η χρήση drones μπορούν να δείξουν στον αγοραστή το περιβάλλον τοπίο. Αυτό συνιστάται για μονοκατοικίες ή μεζονέτες που βρίσκονται σε ένα μεγαλύτερο οικόπεδο και υπάρχει ανεκμετάλλευτος χώρος ή ακόμα και για κατοικίες που βρίσκονται απέναντι από τη θάλασσα ή περιβάλλονται από βουνά και το τοπίο ενδείκνυται για τη θέα του. Τα drones μετατρέπονται σε μια εξαιρετικά γοητευτική τεχνολογία που επιτρέπει στον ενδιαφερόμενο αγοραστή να εκτιμήσει τον χώρο για τον οποίο ενδιαφέρεται. Η χρήση όμως των drones δεν είναι ένα εργαλείο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί καθολικά σε όλων των ειδών τα ακίνητα, ειδικά σε βαρέως οικοδομημένες περιοχές. Σε μία πυκνοκατοικημένη γειτονία, τα drones θα στρέψουν την προσοχή σε χαρακτηριστικά που μπορεί να ρίχνουν την αξία ενός ακινήτου, όπως είναι η έλλειψη πράσινου ή ενός πάρκου, ή η έλλειψη χώρου εξαιτίας της πυκνής οικοδόμησης, κάτι που μπορεί να προσεγγίσει αρνητικά έναν πιθανό αγοραστή. Εν αντιθέσει με τα ακίνητα που συζητήθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, η δυνατότητα για μία φωτογραφία ευρύτερης εμβέλειας θα προσεγγίσει αρνητικά τον ενδιαφερόμενο αγοραστή. (Realtor Casey Brock Discusses Drone Technology in Real Estate 2016)

Η παρούσα εργασία θα σταθεί στον τομέα της διαχείρισης των drones ως μηχανές οπτικοποίησης ακίνητης περιουσίας και παρουσιάσει τις σε τρισδιάστατα μοντέλα με σκοπό την ανοικοδόμηση-αποκατάσταση αυτών, την καταγραφή ζημιών, την σύγκριση, την παρουσίαση αυτών είτε σε ψηφιακή μορφή είτε και σε μορφή μακέτας. Η δοκιμή η οποία έγινε χρησιμοποιώντας ένα UAV της dji ονόματι manvic 2 zoom, για το οποίο και τις δυνατότητες του θα αναφερθούμε πιο κάτω στα κείμενα της παρούσας εργασίας, πραγματοποιήθηκε μια πτήση πάνω από ένα οικόπεδο το οποίο, ανήκει σε μια περιοχή της Ραφήνας και του Ματιού συγκεκριμένα, η οποία έχει πληγεί από την καταστροφική πυρκαγιά του 2018. Το οικόπεδο αυτό το οποίο επίσης χαρακτηρίζεται από την ταυτόχρονη παρουσία οριζόντιων, κατακόρυφων και λοξών επιφανειών, επιβεβαιώνεται πως τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν το γεγονός ότι οι εικόνες του οικοδομήματος που αποκτήθηκαν με το dji manvic 2 zoom είναι κατάλληλες για 3D μοντελοποίηση, διασφαλίζοντας την ακρίβεια των φωτογραμμετρικών μπλοκ της τάξης της απόστασης δείγματος εδάφους (GSD).

Η χρήση των UAV ως πλατφόρμα αεροφωτογράφισης για την παραγωγή φωτογραμμετρικών προϊόντων πολύ υψηλής ανάλυσης αποτελεί πλέον πόλο έλξης τόσο του επιστημονικού όσο και του πρακτικού, εμπορικού ενδιαφέροντος. Οι δυνατότητες ενός τέτοιου συστήματος, σε συνδυασμό με μεθόδους και αλγορίθμους που έχουν παρουσιαστεί από την επιστημονική κοινότητα τα τελευταία χρόνια, μελετήθηκαν και αξιολογήθηκαν στο πλαίσιο τριών εφαρμογών με διαφορετικές προδιαγραφές και στόχους. Με αφορμή τα παραπάνω, σχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε κατάλληλη μεθοδολογία η οποία συνδυάζει υπάρχουσες τεχνικές από την Φωτογραμμετρία και την Όραση Υπολογιστών με την ανάπτυξη εξειδικευμένων αλγορίθμων και την στερεοσκοπική μέτρηση από έμπειρους χειριστές, καταδεικνύοντας έτσι ότι η νέα αυτή τεχνολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε

αντίστοιχες εφαρμογές, τόσο από άποψη ακρίβειας όσο και οικονομικότητας με μεγάλη επιτυχία. (Villa et al., 2016)

### Παραδείγματα χρήσεων drone στις φυσικές καταστροφές

Αρχικά ένα παράδειγμα χρήσεων των UAV στην διαχείριση των φυσικών καταστροφών είναι η έκθεση "Η σεισμική έρευνα του Kumamoto: Μια προκαταρκτική έκθεση" η οποία περιγράφει αρκετές και διάφορες χρήσεις των UAV στην μελέτη αποκατάσταση και διαχείριση. Οι αρχές της Ιαπωνίας χρησιμοποίησαν UAVs για να παράσχουν πληροφορίες σχετικά με την ρήξη της επιφάνειας του σφάλματος και για να δουν ιστορικά κτίρια ζημιές που ήταν δύσκολο να δουν από ένα παραδοσιακό αεροσκάφος. Οι εικόνες που έχουν ληφθεί μετατράπηκαν σε τρισδιάστατα μοντέλα. Το UAV μπορεί να είναι η ιδανική λύση όταν ένας χρήστης θέλει να συγκεντρώσει πληροφορίες μετά από μια φυσική καταστροφή, όπως ένας σεισμός ή ένα τσουνάμι, κάνοντας τρισδιάστατα μοντέλα από τρισδιάστατα στιγμιότυπα και αναλύοντας τις επιπτώσεις των τραγωδιών. Για παράδειγμα, παρουσιάζεται ο σεισμός που έλαβε χώρα στην πόλη Onagawa, καταστρέφοντας μια ολόκληρη πόλη. Για να αναλύσει τα αποτελέσματά του, πήρε 100 εναέρια στιγμιότυπα και 45 φωτογραφίες εδάφους του μοναδικού κτιρίου που παρέμεινε σχεδόν ανέγγιχτο. Έκαναν τρία τρισδιάστατα μοντέλα χρησιμοποιώντας τη τεχνική SfM (Structure from Motion): ένα μοντέλο έγινε με αεροφωτογραφίες, ένα άλλο λαμβάνοντας υπόψη τα στιγμιότυπα από το έδαφος και το τελευταίο λαμβάνοντας υπόψη τόσο τις εναέριες όσο και τις γήινες εικόνες που ήταν οι πιο ακριβές μοντέλο (Westoby et al., 2012).

Ο σημαντικότερος παράγοντας στην εξουδετέρωση μιας φυσικής καταστροφής είναι η πρόληψη. Σενάρια πρόληψης φυσικών καταστροφών υπάρχουν. Η τεχνολογία των UAV είναι εξαιρετικά χρήσιμη σε αυτό καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ελέγχους δασικών εκτάσεων καθώς η εμβέλεια πτήσης πολλές φορές μπορεί και να ξεπεράσει τα επτά χιλιόμετρα. Ο δασικός έλεγχος μπορεί να γίνει άμεσα ειδικά τους θερινούς μήνες, στους οποίους υπάρχει υψηλή επικινδυνότητα και θα πρέπει να υπάρξει σοβαρός έλεγχος σε θέματα ασφάλειας και αποτροπής πυρκαγιών. Η χρήση των drone για πρόληψη έχει αρχίσει και εφαρμόζεται σε πολλά κράτη με αργούς ρυθμούς αρχικά, αλλά είναι μια δραστηριότητα η οποία θα γίνει εξαιρετικά ωφέλιμη μελλοντικά. Επεμβάσεις με συστήματα UAV μπορούν να γλυτώσουν πολύτιμο χρόνο σε περιπτώσεις πρόληψης φυσικών καταστροφών όπως πυρκαγιές, κατολισθήσεις και μακροπρόθεσμα ακόμη και υπερχειλίσσεις ποταμών πλημμύρες

κ.α. Μελλοντικά θα υπάρξει αυτό το φαινόμενο θα είναι σύνηθες η περιπολία με drone σε εθνικούς δρυμούς δασικές περιοχές, χιονοδρομικά κέντρα ακόμα και μεγάλες εγκαταστάσεις. Χρήσεις των UAV έχουν αρχίσει να γίνονται και οι προληπτικές περιπολίες με βάση την ανθρώπινη ζωή. Περιπτώσεις που υπάρχει σήμα κινδύνου για αγνοούμενο ή άτομα που βρίσκονται σε κρίσιμη κατάσταση και χρειάζονται βοήθεια, τα drone με τον κατάλληλο χειριστή μπορούν να τους εντοπίσουν να δώσουν γεωγραφική θέση και να λιφθούν οι κατάλληλες ενέργειες για τον εντοπισμό και τη διάσωσή τους με βάση τη βέλτιστη διαδρομή προς αυτούς μέσω gps. (Suciu et al., 2018)

## Η χρήση των UAV στην παρούσα εργασία

### Drones

Μη επανδρωμένα ιπτάμενα οχήματα (Unmanned Aerial Vehicle - UAV, Unmanned Aerial System - UAS ή Remotely Piloted Aircraft System - RPAS), ονομάζονται τα κάθε είδους ιπτάμενα οχήματα που δεν έχουν χειριστή στην άτρακτό τους, αλλά πραγματοποιούν πτήσεις είτε αυτόνομα είτε μέσω τηλεκατεύθυνσης. Οι προαναφερθείσες ονομασίες αναφέρονται στους ορισμούς που κατά καιρούς έχουν δοθεί για την περιγραφή αυτών των οχημάτων. Ο όρος UAV περιγράφει μόνο το χωρίς χειριστή αεροσκάφος (Villa et al., 2016). Ο όρος UAS περιλαμβάνει όλες τις συσκευές, το προσωπικό και τις διαδικασίες οι οποίες χρησιμοποιούνται προκειμένου το μη επανδρωμένο αεροσκάφος να θεωρείται ως ολοκληρωμένο σύστημα. Τέλος, ο όρος RPAS καθιερώθηκε σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία και με την ανάγκη όλες οι πτήσεις μη επανδρωμένων αεροσκαφών να έχουν τουλάχιστον έναν επιβλέποντα πιλότο στο έδαφος. Τα μη επανδρωμένα ιπτάμενα οχήματα συνήθως έχουν τη μορφή μικρού αεροπλάνου ή ελικοπτέρου με έναν ή περισσότερους κινητήρες και έλικες συντονισμένους για πλήρως ελεγχόμενη πτήση από ειδικό πρόγραμμα ή χειριστήριο εδάφους.(Suciu et al., 2018)

### Τα UAV αποτελούν ένα σύγχρονο τρόπο απεικόνισης δεδομένων.

Τα επαγγελματικά drones (γνωστά και ως UAVs/UAS) αποτελούν πλέον ένα βασικό αλλά και σχετικά απαραίτητο εργαλείο σε εφαρμογές όπως η τοπογραφία, χαρτογραφία, η τρισδιάστατη μοντελοποίηση, αλλά και σχεδόν σε όλες τις γνωστές επιστήμες του χώρου. Η χρήση τους σε όλο τον κόσμο εξαπλώνεται συνεχώς σε έργα και δράσεις όπως μελέτες σκοπιμότητας, παρακολούθηση εξέλιξης κατασκευαστικών έργων, κοινωνιακός σχεδιασμός, χαρτογράφηση, κτηματολόγιο, μέτρηση όγκων σε ορυχεία κλπ. Στη σημερινή εποχή, τα drones υποκαθιστούν όλο και περισσότερο παραδοσιακές τεχνικές τοπογραφικής αποτύπωσης με δέκτες GNSS. Εντούτοις, μένει να αποδειχθεί ότι μπορούν και παράγουν πολύ υψηλής ακρίβειας 3D δεδομένα ικανά να υποκαταστήσουν total stations υψηλής

ακρίβειας ιδιαιτέρως στο κατασκευαστικό κλάδο. Τα drones αντιπροσωπεύουν την τελευταία επανάσταση στην πολιτική αεροπορία. Τα εξελιγμένα μικροσκοπικά ηλεκτρονικά συστήματα, τα ηλεκτρικά συστήματα πρόωσης, το χαμηλό κόστος και η δυνατότητα λήψης κοντινών εικόνων καθιστούν τα drones επιθυμητά, σχετικά προσιτά εργαλεία για εναέρια δραστηριότητα που ποτέ δεν ήταν εφικτή.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### Μεθοδολογία

Η μέθοδος που ακολούθησε η παρούσα εργασία ήταν η συλλογή δεδομένων, φωτογραφιών και βίντεο μέσω της πτήσης του drone περιμετρικά και πάνω από το ακίνητο στη περιοχή της Ραφήνας. Δηλαδή το βασικότερο κομμάτι συλλογής των φωτογραφιών έγινε με τη χρήση του drone, ενώ παράλληλα χρησιμοποιήθηκαν και φωτογραφίες που είχαν τραβηχτεί από το έδαφος για άμεση επαφή με τα περιμετρικά στοιχεία του ακινήτου και ολόκληρου του οικοπέδου. Παρόλα αυτά ήταν λιγιστές οι φωτογραφίες που χρησιμοποιήθηκαν από το έδαφος και μόνο, για τη δημιουργία του μοντέλου. Βασικότερο στοιχείο της μεθοδολογίας ήταν τα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν να είναι απόλυτα ευδιάκριτα σταθερά και να αποτυπώνουν όσο το δυνατόν περισσότερες λεπτομέρειες από το ακίνητο και τα τα παράπλευρα κτίσματα αλλά και από όλο το οικόπεδο.



**Εικόνα 1:** Η παρουσίαση του οικοπέδου από την μπροστινή όψη με ευθεία προβολή σε ύψος πέντε μέτρων από την είσοδο του οικήματος





**Εικόνα 2:** Η παρουσίαση του οικοπέδου με το κυρίως κτίσμα από την πίσω πλευρά του. Είναι φανερό πως έχει υποστεί τεράστιες υλικές ζημιές, αλλά και η τα δέντρα έχουν κοπεί ώστε να απομακρυνθούν για να ξεκινήσει με αυτό τον τρόπο η ανοικοδόμηση της περιοχής.



**Εικόνα 3:** Σε αυτή την εικόνα δίνεται έμφαση στο μέγεθος της καταστροφής του ανοιχτού χώρου του οικοπέδου καθώς προστατευτικοί τοίχοι, σίδερα αλλά και άλλα δομικά στοιχεία έχουν λιώσει και καταστραφεί από το μέγεθος της φωτιάς που έπληξε το ακίνητο.

Μετά από έλεγχο των φωτογραφιών επιλέχθηκαν εκείνες που πληρούσαν τα πιο σημαντικά κριτήρια για το έργο δηλαδή τη λεπτομέρεια, την κάλυψη των μεγαλύτερων και περισσότερων τετραγωνικών του ακινήτου, αυτές με την υψομετρική διαφορά, την απόσταση από το αντικείμενο στο έδαφος, το ζουμ, τα λιγότερα τυφλά σημεία του ακινήτου κ.α. Η σύγκριση αυτών μετά έγινε κατά την εισαγωγή τους στο πρόγραμμα και όταν έγιναν οι βασικές εκτελέσεις των λειτουργιών του προγράμματος, έτσι ώστε να υπάρξει το καλύτερο εικονικό αποτέλεσμα οπτικοποίησης αυτού. Έγιναν πολλές προσπάθειες μέχρι να γίνει η τελική επιλογή των φωτογραφιών που θα χρησιμοποιηθούν, για την τελική εφαρμογή του μοντέλου και τη διαδικασία λειτουργίας των κατάλληλων εντολών των προγραμμάτων που θα μοντελοποιήσουν το ακίνητο αυτό. Πολλές φωτογραφίες που δεν χρησιμοποιήθηκαν είχαν τυφλά σημεία περισσότερο λόγο βλάστησης αλλά και των μεγάλων δέντρων που βρίσκονταν πίσω από τη μπροστινή όψη του οικήματος. Η έντονη ηλιοφάνεια επίσης καθιστά ήδη κάποιες φωτογραφίες ακατάλληλες για χρήση από τα προγράμματα καθώς το νέφος σημείων που δημιουργείται είναι φτωχότερο και η λεπτομέρεια χάνεται. Ένας τρόπος αποφυγής αυτής της ενέργειας είναι ειδικά φίλτρα που μπορούν να προστεθούν στον φακό της κάμερας του drone και να σβήσουν αυτόματα τυχόν θαμπά σημεία από τον μεσημεριανό ήλιο. Ένας άλλος τρόπος είναι σίγουρα η ψηφιακή επεξεργασία των εικόνων και του βίντεο μέσα από προγράμματα επεξεργασίας εικόνων μετά την λήψη τους αλλά και αυτά προσθέτουν διαφορετική χροιά στην εικόνα και θαμπάδα αλλά και κορεσμό των χρωμάτων. Η τελευταία επιλογή η οποία χρησιμοποιήθηκε και στην παρούσα εργασία ήταν η αρχική ρύθμιση της κάμερας του drone με βάση των ρυθμίσεων αυτής να γίνουν αυστηρά για την υπάρχουσα ηλιοφάνεια για το καλύτερο και πιο ευέλικτο πλάνο με την μικρότερη απόκλιση σε θέματα θαμπάδας από τον ήλιο. Η λήψη 4k μαζί με βασικές ρυθμίσεις φωτεινότητας έδωσαν το επιθυμητό αποτέλεσμα κατά την καταγραφή των βίντεο και των φωτογραφιών.

Ύστερα από έναν εκτεταμένο έλεγχο γύρω από την αγορά των drones, έχοντας κάνει μια προσέγγιση στο να βρεθεί πλέον η καταλληλότερη επιλογή για να εκτελεστεί μια εργασία σαν και αυτή εις πέρας. Έγινε αντιληπτό πως τα βασικά κριτήρια για την επιλογή ενός drone για να γίνει εφικτή αυτή η δουλειά του 3d modelling είναι: αρχικά η σωστή λήψη φωτογραφιών και η δυνατότητα της καλύτερης ανάλυσης για αυτό, η επιλογή του εργοστασιακού προγράμματος του drone, η δυνατότητα ζουμ ήταν κάτι που διευκόλυνε κατά πολύ τη διαχείριση της απόστασης κάμερας- αντικειμένου σε όλες τις περιπτώσεις, η διάρκεια της μπαταρίας, το κόστος και οι επιλογές του προγράμματος στο θέμα της λειτουργίας πτήσης, όπως για παράδειγμα η λειτουργία Point of interest ή τα waypoints τα οποία εν τέλει δεν χρησιμοποιήθηκαν καθώς μπήκαν με την αμέσως επόμενη αναβάθμιση του λογισμικού, οπότε η διαδικασία της συλλογής των δεδομένων έγινε σχεδόν αποκλειστικά και εξολοκλήρου με χειροκίνητες διεργασίες, με μόνη εξαίρεση τη λειτουργία point of interest για καταγραφή βίντεο και εικόνων σε περιστροφή του drone γύρω από το ακίνητο. Η καλύτερη επιλογή που βρέθηκε για να μπορέσει να εκτελέσει ένα τέτοιο έργο ήταν το μοντέλο mavic 2 zoom της dji το οποίο μόλις είχε εισαχθεί στην αγορά και ήταν άμεσα διαθέσιμο. Εδώ θα αναφερθεί ότι η λειτουργία του ζουμ στην χαρτογραφία και την τρισδιάστατη απεικόνιση είναι μια από της καλύτερες επιλογές της αγοράς στον τομέα του υλικού. Είναι μια εξαιρετικά χρήσιμη δυνατότητα διότι μειώνεται η απόσταση λήψης της φωτογραφίας κατά τη πτήση του drone και επιπρόσθετα τα αποτελέσματα των εικόνων είναι



εξίσου καλά διότι είναι οπτικό το ζουμ του μοντέλου συνεπώς η ανάλυση της φωτογραφίας δεν αλλάζει. Η πτυσσόμενη λειτουργία του διευκολύνει πολύ την μεταφορά στο χώρο καταγραφής και αυτό είναι ένα μεγάλο αβαντάζ διότι μπορεί σχετικά εύκολα να μεταφερθεί ακόμα και σε δύσβατες περιοχές με μεγάλη ευκολία.



Ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή του drone που χρησιμοποιήθηκε για να γίνει εφικτή η συλλογή δεδομένων της παρούσας εργασίας.

Το Mavic 2 Zoom είναι το πρώτο εμπορικό πτυσσόμενο drone με οπτικό zoom.

**Εικόνα 4: Σε αυτή την εικόνα παρουσιάζεται το drone εργασίας το οποίο είναι το mavic 2 zoom Της εταιρίας Dji. Είναι ευδιάκριτος ο φακός ο οποίος δείχνει πιο φαρδύς καθώς διαθέτει την λειτουργία του ζουμ.**

- Διαθέτει κάμερα 12MP που προσφέρει **οπτικό zoom 24-48mm** και επιπλέον ψηφιακό zoom
- Καταγράφει **4K video και φωτογραφία 48MP** με την **Super Resolution** λειτουργία, στην οποία συνδυάζει 9 "ζουμαρισμένες" φωτογραφίες
- Το **Dolly Zoom** προσαρμόζει αυτόματα την εστίαση κατά την πτήση, προσθέτοντας ένα έντονο, οπτικό εφέ στη βιντεοσκόπηση
- Το χειριστήριο διαθέτει την νέα ασύρματη τεχνολογία Ocusync 2.0. Επιτρέπει video streaming απο απόσταση μέχρι και 8 χιλιόμετρα
- Η τεχνολογία Advanced Pilot Assistance Systems (APAS), βοηθάει στο να αποφεύγει εμπόδια εμπρός ή πίσω, ενώ στο κάτω μέρος διαθέτει βοηθητικό φως που κρατά τους αισθητήρες λειτουργικούς ακόμα και σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού
- Βελτιωμένη διάρκεια πτήσης σε 31 λεπτά με μέγιστη ταχύτητα 72 km/h σε sport mode
- Τεχνολογία Χαμηλού θορύβου
- Βελτιωμένο ActiveTrack

Με τη βοήθεια ενός αισθητήρα 12-megapixel 1 / 2.3-ιντσών με ζουμ μέχρι 4x, συμπεριλαμβανομένου ενός οπτικού ζουμ 2x (24-48 mm), 4 το Mavic 2 Zoom είναι μόνο για



Εικόνα 5: Ενώ πετάει το drone της dji βρίσκεται στον αέρα ακλόνητο από φυσικά φαινόμενα με καμία αλλαγή στη φορά και την τοποθεσία του σε φυσιολογικές αλλά και πιο έντονες καιρικές συνθήκες ανέμου.

δυναμικές προοπτικές. Μπορεί να αποτυπώσει τα πάντα από μια ευρεία γωνία έως ακόμη και λήψεις μεσαίας εμβέλειας για ακόμα πιο δημιουργικές επιλογές. Σε σύγκριση με έναν φακό ευρείας γωνίας 24mm, ο τηλεφακός 48mm συμπιέζει την προοπτική σας, ενισχύοντας το φαινόμενο παράλλαξης για μια κλασική κινηματογραφική εμφάνιση. Τώρα ένας ολόκληρος νέος κόσμος της αεροφωτογραφίας είναι ανοιχτός για να εξερευνηθεί με ακόμα πιο δημιουργικά αλλά ακόμη και κινηματογραφικά πλάνα. Όταν πραγματοποιείτε λήψη βίντεο Full HD, το ζουμ χωρίς απώλειες 4x (συμπεριλαμβανομένου του 2x οπτικού ζουμ) είναι εφικτό να δώσει μια πιο κοντινή θέα σε μακρινά θέματα, κάνοντας μοναδικές σκηνές πιο προσιτές για αποτύπωση από απόσταση. Αυτή η επιλογή μπορεί να βοηθήσει επίσης να διατηρηθεί μια ασφαλέστερη απόσταση από κτίρια, οχήματα, ζώα και ανθρώπους. Η υβριδική αυτόματη εστίαση στο Mavic 2 Zoom συνδυάζει ανίχνευση φάσης και αντίθεσης για μεγαλύτερη ακρίβεια εστίασης με μια αυξημένη ταχύτητα εστίασης έως και 40% περισσότερο από ότι πριν σε προηγούμενα μοντέλα χωρίς αυτή τη λειτουργία. Το σύστημα παρακολούθησης αυτόματης εστίασης καθιστά τα θέματα ευκρινή και αιχμηρά όταν κάνετε μεγέθυνση και σμίκρυνση. Το DOLLY Zoom είναι ένα νέο QuickShot για το Zoom Mavic 2, προσφέροντας μια διαφορετική προοπτική σε ένα πλήρως ενσωματωμένο drones. Το Dolly Zoom ρυθμίζει αυτόματα την εστίαση κατά την πτήση, προσθέτοντας ένα έντονο, στρεβλωτικό οπτικό εφέ στο εκάστοτε βίντεό το οποίο εντυπωσιάζει κυρίως στην έμφαση που δίνει σε αντικείμενα όπως κατοικίες με βάση τον περιβάλλοντα χώρο. Όταν πετάει μη αυτόματα, μπορεί επίσης να ρυθμιστεί στις σωστές τιμές ταχύτητας εστίασης για ακόμα πιο δημιουργικές επιλογές λήψης. Το Mavic 2 Zoom διαθέτει επίσης μια εντελώς νέα λειτουργία Super Resolution - ένα πλεονέκτημα όταν αποτυπώνει τις έντονες λεπτομέρειες που αξίζει η φωτογραφία σας στο τοπίο. Όταν φωτογραφίζετε με οπτικό πεδίο 24 mm, η φωτογραφική μηχανή θα τραβήξει και θα διορθώσει εννέα φωτογραφίες με τον τηλεφακό της,

καταλήγοντας σε μια φωτογραφία σούπερ ανάλυσης 48 megapixel. Σε σύγκριση με τα συνηθισμένα πανοράματα, οι φωτογραφίες UHD ανάλυσης διατηρούν την αρχική εμφάνιση των στόχων λήψης με πιο ακριβή σύνθεση.



Εικόνα 6: Το συγκεκριμένο μοντέλο είναι πτυσσόμενο και ο σκελετός του είναι εξαιρετικά λεπτός ενώ μηχανικά έχει Πόλυ υψηλές δυνατότητες που το καθιστούν ένα από τα ποιο πρακτικά και χρήσιμα drone στην κατηγορία του.

Σκοπός αυτής της μεθοδολογίας ήταν η καλύτερη δυνατή αποτύπωση αυτής της τακτικής συλλογής εικόνων και βίντεο από το ακίνητο με τη χρήση του drone και μεταγενέστερα η τοποθέτηση τους στα προγράμματα μοντελοποίησης. Επίσης με βάση την βιβλιογραφία είναι φανερό πως αυτή η διαδικασία δεν είναι απλά εφικτή, αλλά ήδη χρησιμοποιείται από διάφορες κατασκευαστικές εταιρίες ήδη στο εξωτερικό, ενώ επιπρόσθετα προσφέρει και το βέλτιστο αποτέλεσμα στον τομέα της έρευνας για την λεπτομερή εξέταση των κατοικιών. Παλαιότερα η δημιουργία ενός τρισδιάστατου μοντέλου γινόταν με τρισδιάστατη σάρωση από επιτόπια έρευνα με λέιζερ και επίσης η χρήση αεροφωτογραφιών η ακόμη και δορυφορικών εικόνων έφτιαχναν το τελικό αποτέλεσμα της μοντελοποίησης αυτού. Οι δορυφορικές εικόνες μπορούσαν να παρέξουν την δυνατότητα κάλυψης μεγαλύτερου οπτικού φάσματος σε σχέση με την εναέρια φωτογράφιση, αλλά αυτό ούτος η άλλος εξαρτάται από την επιφάνεια κάλυψης της έρευνας που θα έπρεπε να διεξαχθεί.(Colomina and Molina, 2014)

Η ζήτηση για πιο εξελιγμένα παραδοτέα, συχνά με τη μορφή τρισδιάστατων μοντέλων, αυξάνεται και ενώ πολλές πρακτικές έρευνας έχουν ικανοποιήσει με επιτυχία αυτή την ανάγκη με την υιοθέτηση της 3D σάρωσης με λέιζερ, οι επιχειρήσεις μπορούν να διαφοροποιηθούν περαιτέρω με την προσθήκη αξίας στην προσφορά τους μέσω της ενσωμάτωσης των δεδομένων. Ωστόσο, ενώ η σάρωση με λέιζερ είναι μια χρήσιμη μεθοδολογία για τη συλλογή δεδομένων από το έδαφος, είναι λιγότερο σημαντική για εργασίες όπως επιθεωρήσεις οροφής (που απαιτούν από τους χρήστες να εργάζονται σε ύψος ή / και να ενοικιάζονται σε κινητές πλατφόρμες πρόσβασης) πάνω από γέφυρες και για

εργασίες επιθεώρησης (έλλειψη λεπτομέρειας σε μη προσβάσιμες περιοχές). Ως εκ τούτου, η πρόκληση είναι οι επιθεωρητές να παρέχουν ένα συγκρίσιμο επίπεδο ακρίβειας σε αυτές τις λιγότερο προσπελάσιμες περιοχές, χωρίς να διακυβεύεται ούτε η αποτελεσματικότητά τους ούτε η ικανότητά τους να παρέχουν στους πελάτες τους την αξία για τα χρήματα τους. Μία λύση είναι η ενσωμάτωση 3D σάρωσης με λέιζερ με αεροφωτογραφίες που συλλέγονται από περιστροφικό και όχι σταθερό drone. Τα περιστροφικά drones είναι εξαιρετικά αποτελεσματικά για τη λήψη εικόνων υψηλής ανάλυσης σε mm ανά pixel (σε αντίθεση με το cm ανά pixel σταθερής πτέρυγας) και είναι επίσης εξαιρετικά ευέλικτα χάρη στη συνδυασμένη ώθηση των drones και επομένως είναι ιδιαίτερα κατάλληλα για χαρτογράφηση και επιθεώρηση μικρών περιοχών. Έργα σε αντίθεση με τα γεωργικά, περιβαλλοντικά και εξορυκτικά έργα μεγάλης κλίμακας τα οποία είναι πιο κατάλληλα για σταθερά drones. (Ruwaimana et al., 2019)

Τα drones αντιπροσωπεύουν την τελευταία επανάσταση στην πολιτική αεροπορία. Τα εξελιγμένα μικροσκοπικά ηλεκτρονικά συστήματα, τα ηλεκτρικά συστήματα πρόωσης, το χαμηλό κόστος και η δυνατότητα λήψης κοντινών εικόνων καθιστούν τα drones επιθυμητά, σχετικά προσιτά εργαλεία για εναέρια δραστηριότητα που ποτέ δεν ήταν εφικτή. Οι μεγαλύτερες διαμορφώσεις σε μέγεθος αλλά και σε σχήμα, έχουν μεγαλύτερη αντοχή και εύρος και την ικανότητα να πετούν σε μεγαλύτερα υψόμετρα. Πολλά drone στον χώρο των υπηρεσιών της εναέριας οπτικοποίησης διαθέτουν δυνατότητες όπως το μεγάλο βεληνεκές κατά την πτήση αλλά επίσης και την απόσταση του ύψους από το χειριστή αυτού. Πειράματα έχουν δείξει πως η εναλλαγή του σήματος από μια ευθεία πορεία, σε μια η οποία θα είναι εναλλασσόμενη χωρίς σταθερό κριτήριο πτήσης με συνεχόμενες εναλλαγές σε αυτή, μπορούν να μειώσουν εξαιρετικά σημαντικά την διάρκεια της μπαταρίας του drone. (Smith, 2018). Σε διάφορες πτήσεις η μπαταρία μεταβάλλεται ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν στο χώρο πτήσης, με την πορεία του drone, με τη χρήση της κάμερας, με τις λειτουργίες συστήματος, με το ύψος φυσικά αλλά και από τη διαθέσιμη θερμοκρασία του περιβάλλοντος κ.α Αυτά όλα μαζί συνθέτουν την διάρκεια μπαταρίας του drone η οποία με βάση πειράματα που έχουν διεξαχθεί μπορεί να αξιοποιήσει το βεληνεκές του drone στο έπακρο καθώς με ευθεία πορεία υπάρχουν διαθέσιμα drone προς το κοινό τα οποία μπορούν να πετάξουν πάνω από δέκα χιλιόμετρα χωρίς επιστροφή στο σημείο εκκίνησης, αλλά παραλαβή από δεύτερο χειριστή. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να γίνει εφικτή μια μεγαλύτερης έκτασης ελεγχόμενη πτήση η οποία μπορεί να δώσει δεδομένα για μεγαλύτερη έκταση σε λιγότερο χρόνο.

## ΧΡΗΣΗ UAV ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝ

Αρκετές εταιρίες στον τομέα της χαρτογραφίας και του 3d modelling χρησιμοποιούν τα τελευταία χρόνια drones για τις υπηρεσίες τους βελτιώνοντας τις αλλά και δημιουργώντας νέες υπηρεσίες προς τους καταναλωτές. Πλέον η χωρική πληροφορία μπορεί να παρουσιαστεί επιλεκτικά πολύ πιο εύκολα, σε σχέση με παρελθόντα έτη, καθώς η χρήση των drone μπορεί να προσφέρει μεγάλο πλεονέκτημα στην επιλεκτική τρισδιάστατη μοντελοποίηση. Αυτό συμβαίνει διότι η αγορά γεμίζει με εναλλακτικές λύσεις από παροχές drone με διαφορετικές λειτουργίες, έτσι ώστε να καλύπτουν διαφορετικές ανάγκες στην πτήση και στα αποτελέσματα αυτής ακόμα και για τους πιο απαιτητικούς χρήστες αλλά αφετέρου και αλλά καινοτόμα λογισμικά τα οποία έχουν ανεβάζουν τον ανταγωνισμό με τις παροχές που δίνουν στον ερευνητή. Ο εκσυγχρονισμός αυτός της αγοράς λογισμικού εξελίσσεται με ταχύτατους ρυθμούς και πλέον έχει φτάσει σε σημείο που η ίδια εταιρία παραγωγής μερικών drone να μπορεί να λανσάρει το δικό της λογισμικό για τρισδιάστατη μοντελοποίηση, χαρτογράφηση, επίδειξη γεωγραφικών προτύπων κ.α. Οι τιμές των εμπορικών λογισμικών δεν βγαίνουν πλέον μόνο με τη βασική λειτουργία του 3d modeling, αλλά πρέπει να συμβαδίζουν επίσης με τον ανταγωνισμό, με τις επιπλέον παροχές των προγραμμάτων μοντελοποίησης, με το αν είναι εταιρική ή όχι η έκδοση, με το πόσο σταθερή είναι σε σχέση με προγενέστερες και το πόσο νέα είναι. Έχει δημιουργηθεί ένας ισχυρός ανταγωνισμός ανάμεσα στις εταιρίες παροχής των λογισμικών ακόμη και με το ελεύθερο λογισμικό το οποίο ανανεώνεται συνεχώς με νέες ελεγμένες εκδόσεις οι οποίες έχουν να επιδείξουν πολλές φορές πράγματα και εντολές οι οποίες δεν μπορούν να βρεθούν ούτε και στο εμπορικό λογισμικό μεγάλων διάσημων εταιριών. Αυτή η δυνατότητα της βίαιης εξέλιξης στις αγορές αυτών των προϊόντων θα έχουν ως αποτέλεσμα την ταχύτατη εξελικτική δυνατότητα στον τομέα του 3d modeling με τη χρήση drone τα επόμενα χρόνια. Είναι σίγουρο πως θα εξελιχθούν τόσο πού τα λογισμικά που ενδεχομένως η τρισδιάστατη μοντελοποίηση ενός ακινήτου στο μέλλον να μπορέσει να γίνει υπόθεση ρουτίνας και η διαδικασία του προγράμματος μοντελοποίησης να λαμβάνει χώρα ακόμη και από το λογισμικό του ίδιου του drone, έτσι ώστε με αυτοματοποιημένες λειτουργίες ακόμη και από το χειριστήριο του drone να δίνονται οι κατάλληλες εντολές, για την σύμπτυξη των φωτογραφιών και των βίντεο που τραβήχτηκαν με την πτήση, στο να δημιουργηθεί ένα τρισδιάστατο μοντέλο άμεσα. Το επόμενο στάδιο εξέλιξης των συγκεκριμένων λειτουργιών θα μπορούσε να είναι μια ενιαία ελεύθερη βάση δεδομένων για όλους τους χρήστες όπως για παράδειγμα το open street map στο οποίο με βάση τις συντεταγμένες του ακινήτου το οποίο μοντελοποιήθηκε να εμφανίζει στον τρισδιάστατο χάρτη ότι υπάρχει και να μπορεί να μείνει σε αυτή τη μορφή τρισδιάστατης πληροφορίας και για άλλους χρήστες της βάσης. Αυτή η πορεία εξέλιξης μπορεί μελλοντικά να δημιουργήσει ολόκληρες τρισδιάστατες πόλεις από τη συμβολή πολλών χρηστών του λογισμικού μαζί με μηδενικό κόστος καθώς η βάση δεδομένων θα είναι ελεύθερη για το καθένα ο οποίος μπορεί να καταγράψει πληροφορίες σε αυτή. Είναι πιθανό πως σε μερικά χρόνια σενάρια όπως αυτό να είναι ήδη σε εφαρμογή και η τρισδιάστατη μοντελοποίηση να φτάσει σε ακραία διαφορετικά επίπεδα εξελικτικής πορείας. Δεν είναι διόλου απίθανο τα drone μελλοντικά να μπορέσουν να καταγράφουν άμεσα

κομμάτια εκτάσεων και να συνθέτουν χωρικά πάζλ της υφελίου για κάθε γεωγραφική, χωροταξική, πολεοδομική και αρχιτεκτονική χρήση.

### 3d Σάρωση με λέιζερ

Για τη δημιουργία χωρικών μοντέλων χρησιμοποιούνται σήμερα δύο βασικές τεχνικές στην εμπορική σφαίρα με βάση δεδομένα εισόδου:

- 3D σάρωση με λέιζερ,
- 3D σάρωση φωτογραφιών.

Για 3D σάρωση με λέιζερ, η κύρια είσοδος είναι δεδομένα από μια συσκευή σάρωσης λέιζερ που μπορεί να έρθει σε επαφή με τις συντεταγμένες του χώρου του αντικειμένου χωρίς επαφή. Αυτή η συσκευή μεταδίδει μια ακτίνα λέιζερ η οποία κατευθύνεται στο χώρο από ένα περιστρεφόμενο κάτοπτρο και υπολογίζεται η απόσταση που βασίζεται στη μετάδοση και τη λήψη του σήματος. Με βάση αυτά τα δεδομένα, το λεγόμενο "σύννεφο των σημείων" point cloud του σαρωμένου χώρου δημιουργείται χρησιμοποιώντας το λογισμικό. Οι ψηφιακές εικόνες χρησιμοποιούνται ως δεδομένα εισόδου για τη σάρωση φωτογραφιών 3D.(Westoby et al., 2012) Σε σύγκριση με την προηγούμενη τεχνική, δεν υπάρχουν θέσεις συντεταγμένων για κάθε σημείο μοντέλου. Αυτά ανιχνεύονται χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο λογισμικού που δημιουργεί ένα χωρικό μοντέλο από το αρχείο εικόνας. Αυτή η τεχνική εμπίπτει στο πεδίο της φωτογραμμετρίας. Για να συλλάβει τη χωρική πραγματικότητα στην κατασκευή, την εξορυκτική βιομηχανία, την οικολογία, τη διαχείριση των υδάτων, την αρχιτεκτονική ή την λεπτομερή μοντελοποίηση στην αρχιτεκτονική, χρειάζεται ένα ισχυρό λογισμικό με έναν αλγόριθμο ικανό να παράγει μοντέλα με υψηλό επίπεδο των λεπτομερειών.

### Χρήσεις της τρισδιάστατης μοντελοποίησης

Η φωτογραμμετρία κοντινού εύρους έχει μοιραστεί για πολλά χρόνια με χειροκίνητες ή αυτόματες μετρήσεις εικόνες για ακριβή 3D μοντελοποίηση. Σήμερα, τα αεροσκάφη είναι επίσης μια σημαντική πηγή σάρωσης και άντλησης δεδομένων, αλλά η μοντελοποίηση με βάση τα δεδομένα παραμένει η πιο πλήρης, φορητή, ευέλικτη και ευρέως χρησιμοποιούμενη προσέγγιση. Σε αυτή την εργασία χρησιμοποιήσαμε την 3D μοντελοποίηση ως διαδικασία δημιουργίας μιας μαθηματικής αναπαράστασης ενός τρισδιάστατου κτιρίου χρησιμοποιώντας το ελεύθερο λογισμικό VisualSFM Meshlab και το εμπορικό λογισμικό Agisoft Metashape. Τα τρισδιάστατα μοντέλα χρησιμοποιούνται σήμερα ευρέως σε αντιπροσώπους σε βιομηχανική κλίμακα και στην αγορά ακινήτων, την αρχιτεκτονική, την κατασκευή, την αντιμετώπιση επικίνδυνων καταστάσεων και την ανάπτυξη προϊόντων χρησιμοποιώντας μοντέλα 3D για την απεικόνιση, την προσομοίωση και την απεικόνιση γραφικών σχεδίων. Η τρισδιάστατη μοντελοποίηση αλλάζει την απόδοση των αρχιτεκτονικών σχεδίων, επιτρέποντας στους αρχιτέκτονες και τους σχεδιαστές να είναι πιο ευφάνταστοι και



πειραματικοί. Η κατασκευή έχει γίνει ψηφιακά τα τελευταία χρόνια και η διαδικασία κατασκευής δεν περιλαμβάνει πλέον μόνο την εκπόνηση σχεδίων κτιρίων. Οι αρχιτεκτονικές παρουσιάσεις έχουν μετακινηθεί από πίνακες πρόχειρων σε επιτραπέζιους υπολογιστές και tablet. Υπάρχουν πολλά οφέλη από την υιοθέτηση της 3D τρισδιάστατης μοντελοποίησης στην κατασκευή. Για παράδειγμα, η μοντελοποίηση 3D ή εικονικής πραγματικότητας όχι μόνο επιταχύνει τη διαδικασία σχεδιασμού αλλά και επιτρέπει στους αρχιτέκτονες και στους σχεδιαστές να δοκιμάσουν διαφορετικές ιδέες και να εντοπίσουν τυχόν προβλήματα σχεδιασμού πριν γίνουν πραγματικά προβλήματα. Χρησιμοποιείται στην κατασκευή, μπορεί να βάλει μαζί όλα τα κομμάτια και να προσφέρει μια πραγματική εικόνα του τελικού έργου. (Harwin and Lucieer, 2012)

Ένα πλεονέκτημα της τρισδιάστατης μοντελοποίησης είναι η δυνατότητα ενεργοποίησης της κινούμενης εικόνας. Αυτό το τμήμα είναι σημαντικό επειδή μπορεί να δείξει λεπτομέρειες που δεν μπορεί να προσφέρει ένα επίπεδο σχέδιο και καθίσταται επίσης εύκολη η κατανόηση μιας δομής στο πλαίσιο του περιβάλλοντος χώρου. Το τρισδιάστατο αρχιτεκτονικό μοντέλο παρέχει ένα βαθμό ρεαλισμού που οι 2D εικόνες δεν έχουν. Χρησιμοποιώντας τη 3D μοντελοποίηση, μπορείτε ακόμη να απεικονίσετε την υφή των παραθύρων ή πλακιδίων του κτιρίου. Τα τρισδιάστατα μοντέλα μπορούν να περιστραφούν για διαφορετικές οπτικές γωνίες και να συγκεντρώσουν συμπληρωματικές προβολές. Τα πλεονεκτήματα της τρισδιάστατης μοντελοποίησης περιλαμβάνουν: τον έλεγχο των σφαλμάτων που μπορεί να προκύψουν κατά τη διαδικασία σχεδίασης, την καλύτερη κατανόηση των σχεδίων επιφανειών, την εικονική περιήγηση μέσω των walkthroughs, την απόδοση με προσαρμοσμένα αξιοθέατα, την επίτευξη περισσότερων με μικρότερο κόστος, κατασκευής ή εποπτείας. Οι ψηφιακοί χάρτες χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο από τους διαχειριστές καταστροφών. Πολλοί συγγραφείς πιστεύουν ότι οι τρισδιάστατες απεικονίσεις έχουν τη δυνατότητα να είναι ένα ακόμα πιο αποτελεσματικό εργαλείο επικοινωνίας. Οι γραφικές απεικονίσεις 3D μειώνουν σημαντικά την ποσότητα της γνωστικής προσπάθειας και βελτιώνουν την αποτελεσματικότητα της διαδικασίας λήψης αποφάσεων. Ωστόσο, για να επιτευχθεί μια κατάλληλη τρισδιάστατη απεικόνιση, πρέπει να εξασφαλιστούν δύο πτυχές: κατάλληλη παρουσίαση και κατάλληλα εργαλεία αλληλεπίδρασης. (Changchang Wu (2019))

Η τρισδιάστατη μοντελοποίηση προσφέρει ένα ευρύ φάσμα δυνατοτήτων για την πρόληψη δυνητικών συμβάντων κινδύνου ή, σε περίπτωση εμφάνισης τέτοιου γεγονότος, την παρακολούθηση της πληγείσας περιοχής και την εκτίμηση των ζημιών συγκρίνοντας την περιοχή πριν και μετά το συμβάν. Παρόμοιες έννοιες έχουν συζητηθεί με την πάροδο του χρόνου σε διάφορα επιστημονικά τεύχη, όπου μελετώνται οι δυνατότητες χαρτογράφησης καταστροφών και ένας πιθανός κίνδυνος πάγου μέσω της αεροφωτογραφικής φωτογραμμετρίας. Το παρόν έγγραφο παρουσιάζει ένα πλαίσιο που δημιουργεί μια σύνδεση μεταξύ της κατασκευής και ορισμένων συμβάντων κινδύνου (όπως πυρκαγιές, πλημμύρες, χιονοστιβάδες, κατολισθήσεις), δεν περιορίζονται σε μια περιοχή αλλά μπορούν να επηρεάσουν το περιβάλλον προκαλώντας ορισμένες αλυσίδες γεγονότων και διάφορα στοιχεία όπως τρισδιάστατη αστική οπτικοποίηση. Το πλαίσιο λαμβάνει υπόψη θέματα όπως η ανάλυση του τρισδιάστατου μοντέλου, ο χρόνος / προσπάθεια που απαιτείται για τη δημιουργία ενός μοντέλου και η διαθεσιμότητα λογισμικού και δεδομένων πηγής. (Alvarez et al., 2019)



### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει η περιγραφή της διαδικασίας που έγινε, με σκοπό τη συλλογή των δεδομένων αρχικά, δηλαδή την πτήση του drone της dji πάνω από το ακίνητο και τη καταγραφή των βίντεο και των φωτογραφιών. Θα γίνει αναφορά στα προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν για την συλλογή των εικόνων και των βίντεο από το drone αλλά και καθ'όλη τη διαδικασία της τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Θα αναφερθούν και θα ερμηνευθούν αναλυτικά οι εντολές των προγραμμάτων, είτε από το αρχικό στάδιο της έρευνας, αλλά και από τα μετέπειτα στάδια αυτής. Ενδεικτικά θα γίνει παρουσίαση των εικόνων καταγραφής του ακινήτου και αναλυτικά τα βήματα και τα στάδια εκτέλεσης

#### Συλλογή δεδομένων

Τα αρχικά πλάνα έγιναν κατακόρυφα σε απόσταση 15- 20 μέτρων πάνω από το ακίνητο έτσι ώστε να έχουμε μια ολική εικόνα του οικοπέδου και του ακινήτου αντίστοιχα. Βασικό κομμάτι της μοντελοποίησης είναι η συλλογή εικόνων περιμετρικά του ακινήτου από διαφορετικές οπτικές γωνίες έτσι ώστε να επιτευχθεί μια πλήρης συνοχή και κάλυψη του περιβάλλοντα χώρου από όλες τις οπτικές πλευρές και χωρικές διαστάσεις. Οι κύριες λειτουργίες πτήσης που χρησιμοποιήθηκαν για να μπορέσει να επιτευχθεί αυτή η διαδικασία οπτικοποίησης του ακινήτου σε κυκλική τροχιά και με διαφορετικές οπτικές γωνίες από το έδαφος είναι η λειτουργία point of interest του λογισμικού της DJI. Με αυτό τον τρόπο έχουμε μετά από ρύθμιση ύψους αλλά και χρόνου, τη διαδικασία της αυτόματης λειτουργίας της πτήσης και καταγραφής εικόνας και βίντεο γύρω από το αντικείμενο(ακίνητο), που έχουμε ορίσει ως στόχο και κεντρικό σημείο πριν την διαδικασία καταγραφής. Η πτήση που ακολουθεί γίνεται εντός ολίγων λεπτών και το αποτέλεσμα της καταγραφής είναι πραγματικά εκπληκτικό. Εμπόδια στην ευελιξία των πτήσεων καθώς και του τοπίου είναι συχνό φαινόμενο πχ δένδρα , καλώδια, κλαδιά, κολώνες ηλεκτρικού ρεύματος κλπ. Και για την αποφυγή αυτών χρησιμοποιήθηκε η πτήση σε χειροκίνητη (manual) λειτουργία. Επίσης οι ισχυροί άνεμοι αλλά ακόμη και η χαμηλή βροχόπτωση είναι περιπτώσεις που καθιστούν αδύνατη την πτήση drone για τη συλλογή δεδομένων καθώς οι ισχυροί άνεμοι δημιουργούν περιβάλλον υψηλής επικινδυνότητας και υψηλής αστάθειας του drone στον αέρα. Άλλοι περιορισμοί κατά την πτήση είναι να βρίσκεστε σε περιοχή στην οποία επιτρέπεται η πτήση με drone αλλά και πάλι δεν είναι απολύτως απαραίτητο καθώς και τα πλάνα γίνονται με την προοπτική να γίνουν ένα 3d μοντέλο οπότε για βέλτιστη πληροφορία , τα πιο κοντινά πλάνα είναι αυτά που χρειάζονται οπότε δεν θα γίνει πτήση σε μεγαλύτερο υψόμετρο από τριάντα μέτρα. Στην περίπτωση με το συγκεκριμένο drone dji macic 2 zoom, που χρησιμοποιήθηκε αυτό δεν ήταν απαραίτητο, καθώς το ζουμ της συσκευής διευκολύνει κατά πολύ την επιλογή απόστασης αντικειμένου από το drone για τη βέλτιστη φωτογραφική πληροφορία.

### Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε:

Ο σχεδιασμός στο να γίνει η πτήση ξεκίνησε από την επιλογή ενός πληγέντος ακινήτου από τις καταστροφικές και θανατηφόρες φωτιές στην περιοχή της Ραφήνας το καλοκαίρι του 2018. Η επιλογή αυτού δεν έγινε με κριτήρια τα οποία μπορούν να διευκολύνουν τη αποτύπωση της πληροφορίας των φωτογραφιών με τον καλύτερο τρόπο, αλλά έγινε με τη δυνατότητα διαθεσιμότητας αυτού προς τη φωτογράφισή του. Το αρχικό πλάνο ήταν η αποτύπωση των ζημιών που έχει υποστεί και η καταγραφή αυτών με τη φωτογράφιση και τη δημιουργία βίντεο. Στη συνέχεια τα δεδομένα αυτά θα εισαχθούν σε προγράμματα 3d μοντελοποίησης (visulSFM, Meshlab, Agisoft Metashape) και θα γίνουν οι πρώτες προσπάθειες για την δημιουργία του καλύτερου εφικτού μοντέλου με την παρούσα πληροφορία. (Geosense.gr, 2019). Η επιλογή του συγκεκριμένου ακινήτου αποσκοπούσε στο να αποτυπωθεί μια ακολουθία από ενέργειες που θα χρειαστεί να γίνουν για να επιτύχουμε τη δυνατότητα παρουσίασης των προβλημάτων και των αλλοιώσεων που έχει υποστεί από τη καταστροφική πυρκαγιά το παρών ακίνητο.

Η δημιουργία γεωμετρικά σωστών, λεπτομερών και ολοκληρωμένων τρισδιάστατων μοντέλων σύνθετων αντικειμένων παραμένει συνεπώς ένα δύσκολο πρόβλημα και εξακολουθεί να είναι ένα δημοφιλές θέμα για έρευνα. Αν ο στόχος είναι η δημιουργία ακριβών, ολοκληρωμένων και φωτορεαλιστικών τρισδιάστατων μοντέλων μεσαίας και μεγάλης κλίμακας αντικειμένων κάτω από πρακτικές συνθήκες, τότε η πλήρης αυτοματοποίηση είναι ακόμα πιο εύκολα εφικτή. Πολλά από τα προβλήματα μετατροπής ενός μετρούμενου σημείου σε ένα ρεαλιστικό 3D δομικό μοντέλο που μπορεί να ικανοποιήσει κάποιες υψηλές απαιτήσεις μοντελοποίησης και απεικόνισης δεν έχουν επιλυθεί πλήρως. Ένα πλεονέκτημα του dji manvic 2 zoom μπορεί να είναι η μεσαία διάσταση του αισθητήρα που μπορεί να οδηγήσει σε ένα ευρύ GSD (ground sample distance). Εάν χρειαζόμαστε αποτελέσματα υψηλότερης ποιότητας, δεν θα χρειαστεί να πετάξουμε σε χαμηλότερο υψόμετρο διότι μπορεί να γίνει ζουμ 4x χωρίς να αλλάξει καθόλου την uhd ποιότητα των φωτογραφιών ή του βίντεο, αυξάνοντας έτσι τον αριθμό των επεξεργασμένων εικόνων. Οι εικόνες που χρησιμοποιήσαμε χαρακτηρίζονται από ένα μεγάλο οπτικό πεδίο (180 °) το οποίο μπορεί να μειώσει τον αριθμό των εικόνων που πρόκειται να αποκτηθούν. Χαρακτηρίζονται από μια μεγάλη μεταβλητότητα της GSD, πράγμα που σημαίνει ότι είναι σημαντικό να εξασφαλιστεί μια υψηλή επικάλυψη για να αντισταθμιστεί αυτό το αποτέλεσμα, χωρίς να επηρεαστεί το τελικό μοντέλο 3D. Επίσης, δοκιμάσαμε διαφορετικές διαμορφώσεις πτήσεων και τις αναλύσαμε με σκοπό να βρούμε τις τέλειες παραμέτρους που χρειαζόμαστε για να μοντελοποιήσουμε το κυρίως ακίνητο του οικοπέδου. Όπως διαπιστώθηκε, για το μοναδικό κτίριο μέσα στο ακίνητο που χρησιμοποιείται ως σημείο αναφοράς, το σχέδιο πτήσης περιμετρικά του ακινήτου ήταν επιτυχές, παρ'όλες τις δυσκολίες πτήσης που παρουσιάστηκαν στο συγκεκριμένο οικόπεδο..

## Προγράμματα

Τα προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν καθόλη την εργασία ήταν τα εξής:

1. Dji assistant fro mavic2
2. Vlc media player
3. VisualSFM
4. Meshlab
5. Agisoft Metashape

## CMVS-PMVS



**Εικόνα 7: Point cloud CMVS-PMVS είναι ακόμα ένα πολύ αρχικό στάδιο δημιουργίας ενός point cloud παρόλα αυτά όμως είναι φανερό το σχήμα του οικόπεδου όταν το κοιτάμε από πάνω.**

Είναι μια εφαρμογή (GUI Grafical user interface) για 3D ανακατασκευή χρησιμοποιώντας δομή από κίνηση (SfM-structure from motion). Το σύστημα ανασυγκρότησης ενσωματώνει γραμμική χρονική διάρθρωση από την κίνηση. Το SfM (Structure from Motion) δημιουργεί ένα σύννεφο (point cloud) 3D σημείων που αντιπροσωπεύει τις επιφάνειες των απεικονιζόμενων χαρακτηριστικών (χρησιμοποιώντας μια συλλογή φωτογραφιών). Ο χρήστης μπορεί να βρει και να ταυτίσει τα κοινά σημεία που βρίσκονται σε μια σειρά επικαλυπτόμενων φωτογραφιών. Οι εκτιμώμενες θέσεις 3D των δεξιών εικονοστοιχείων γίνονται ένα σύννεφο εκατομμυρίων θέσεων που επιτρέπουν την κατασκευή ενός προτύπου πλέγματος. Οι εικόνες χρησιμοποιούνται για την προβολή εικονοστοιχείων στην 3D απεικόνιση παρέχοντας φωτορεαλιστική υφή σε ένα μοντέλο. Το σύννεφο σημείων που προέκυψε στην παρούσα εργασία βασίζεται σε SfM και μπορεί να επεξεργαστεί περαιτέρω για τη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων, όπως και έγινε ενώ επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για δημιουργία ψηφιακών χαρτών ανύψωσης και κλιμακωτών σχεδίων και τμημάτων.

Η εργασία για την 3d μοντελοποίηση θα γίνει σε windows 10 64Bit Home edition. Με αρχικό στόχο να διαλέξουμε προγράμματα ελεύθερου λογισμικού, έτσι ώστε να μπορέσουμε να εργαστούμε δωρεάν και να φέρουμε αποτελέσματα με μηδενικό διαθέσιμο προϋπολογισμό. Πρώτο πρόγραμμα που θα χρειαστεί να χρησιμοποιηθεί είναι το visualSfM ένα σύστημα προβολής οπτικής δόμησης.

Το VisualSfM εκτελείται σχετικά γρήγορα, εκμεταλλευόμενο τον παραλληλισμό πολλαπλών παραμέτρων για ανίχνευση χαρακτηριστικών, αντιστοίχιση χαρακτηριστικών και προσαρμογή δέσμης. Για ανακατασκευή της πυκνότητας των σημείων κατά τη δημιουργία του μοντέλου, το πρόγραμμα αυτό ενσωματώνει την εκτέλεση μιας αλυσίδας εργαλείων PMVS / CMVS της Yasutaka Furukawa. Η έξοδος SfM του VisualSfM λειτουργεί με πολλά πρόσθετα εργαλεία, όπως το CMP-MVS του Michal Jancosek, το MVE από την ερευνητική ομάδα του Michael Goesele, το SURE από τους Mathias Rothermel και Konrad Wenzel και το MeshRecon από τον Zhuoliang Kang. Στην παρούσα περίπτωση μετά τον αρχικό σχεδιασμό στο visualSfM θα χρησιμοποιηθεί το CMVS-PMVS και στην συνέχεια η τελική δημιουργία και απεικόνιση θα γίνει στο MeshLab. Αυτό το λογισμικό (CMVS) παίρνει την έξοδο ενός λογισμικού δομής από κίνηση (SfM) ως είσοδο, και στη συνέχεια αποσυνθέτει τις εικόνες εισόδου σε ένα σύνολο ομάδων εικόνων διαχειρίσιμου μεγέθους. Ένα λογισμικό MVS μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επεξεργασία κάθε συμπλέγματος ανεξάρτητα και παράλληλα, όπου η ένωση ανοικοδόμησης από όλες τις ομάδες δεν πρέπει να χάσει οποιαδήποτε στοιχεία που μπορούν να ληφθούν διαφορετικά από ολόκληρο το σύνολο εικόνων. Μετά την εγκατάσταση του visualSfM και του CMVS-PMVS ξεκινά η διαδικασία εισάγοντας τις φωτογραφίες από το drone στο πρόγραμμα. Στην περίπτωση που εξετάζεται χρησιμοποιήθηκαν πάνω από 200 φωτογραφίες του χώρου και του ακινήτου σε διαφορετικά ύψη αλλά και περιμετρικά του ακινήτου από διαφορετικές γωνίες θέασης του χώρου. Όταν γίνει ο φόρτωση των φωτογραφιών στο πρόγραμμα το οποίο απαιτεί κάποιο χρόνο θα ακολουθήσουμε την εντολή `match missing images` η οποία για να μπορέσει να τρέξει θα χρειαστεί αρκετό χρόνο διότι εργάζεται και με το πλήθος των εικόνων και στην περίπτωση μας το πλήθος των 200+ φωτογραφιών είναι αρκετές και θα διαρκέσει κάποιες ώρες. Όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία αυτή του υπολογισμού των σημείων θα μπορέσει να ξεκινήσει το επόμενο βήμα το οποίο είναι, η ανακατασκευή των 3d σημείων δηλαδή των αραιών σημείων στο νέφος σημείων. Η επιλογή που χρησιμοποιήθηκε είναι η `reconstruct sparse` και με αυτό τον τρόπο το λογισμικό ξεκινά την ανακατασκευή των 3d σημείων σε πραγματικό χρόνο.

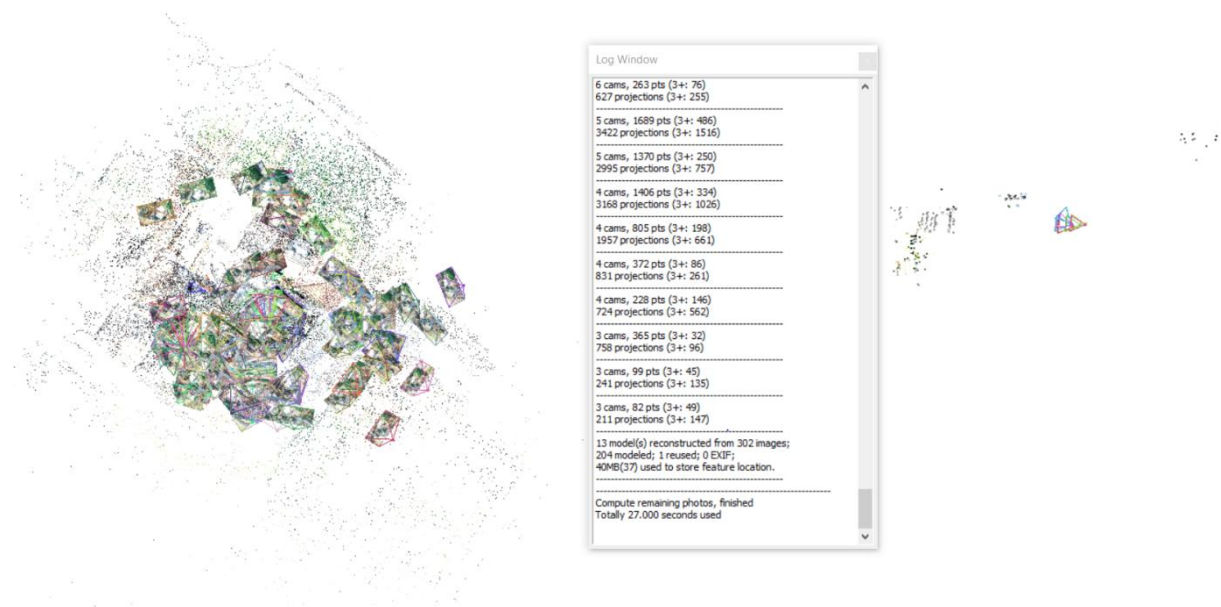


Εικόνα 8: η εικόνα του Visual SfM περιέχει στοιχεία από την γεωγραφική τοποθεσία των φωτογραφιών και τις έχει παρουσιάσει μέσα στο point cloud το οποίο παίρνει μορφή.



Αυτό σημαίνει πως δημιουργούνται τα σημεία βάζοντας τις φωτογραφίες αυτών στα σημεία τα οποία τραβήχτηκαν, μια πολύ καλή και δημιουργική εντολή η οποία ακόμη και σε πληρωμένο λογισμικό δεν δείχνει τόσο καλή. Μετέπειτα το βήμα στο πρόγραμμα αυτό που θα πρέπει να ακολουθηθεί είναι η δημιουργία των πυκνών σημείων στο μοντέλο. Οπότε η επιλογή reconstruct dense points είναι η διαδικασία που θα πρέπει να γίνει έτσι ώστε να μπορέσει το λογισμικό να φτιάξει όλα αυτά τα πυκνά σημεία. Είναι μια εξαιρετικά χρονοβόρα διαδικασία και ειδικά στην περίπτωση μας, με βάση τα δεδομένα των φωτογραφιών που έχουμε παρέξει ο χρόνος που χρειάστηκε ήταν σχεδόν όλο το βράδυ και η εργασία συνεχίστηκε το πρωί.

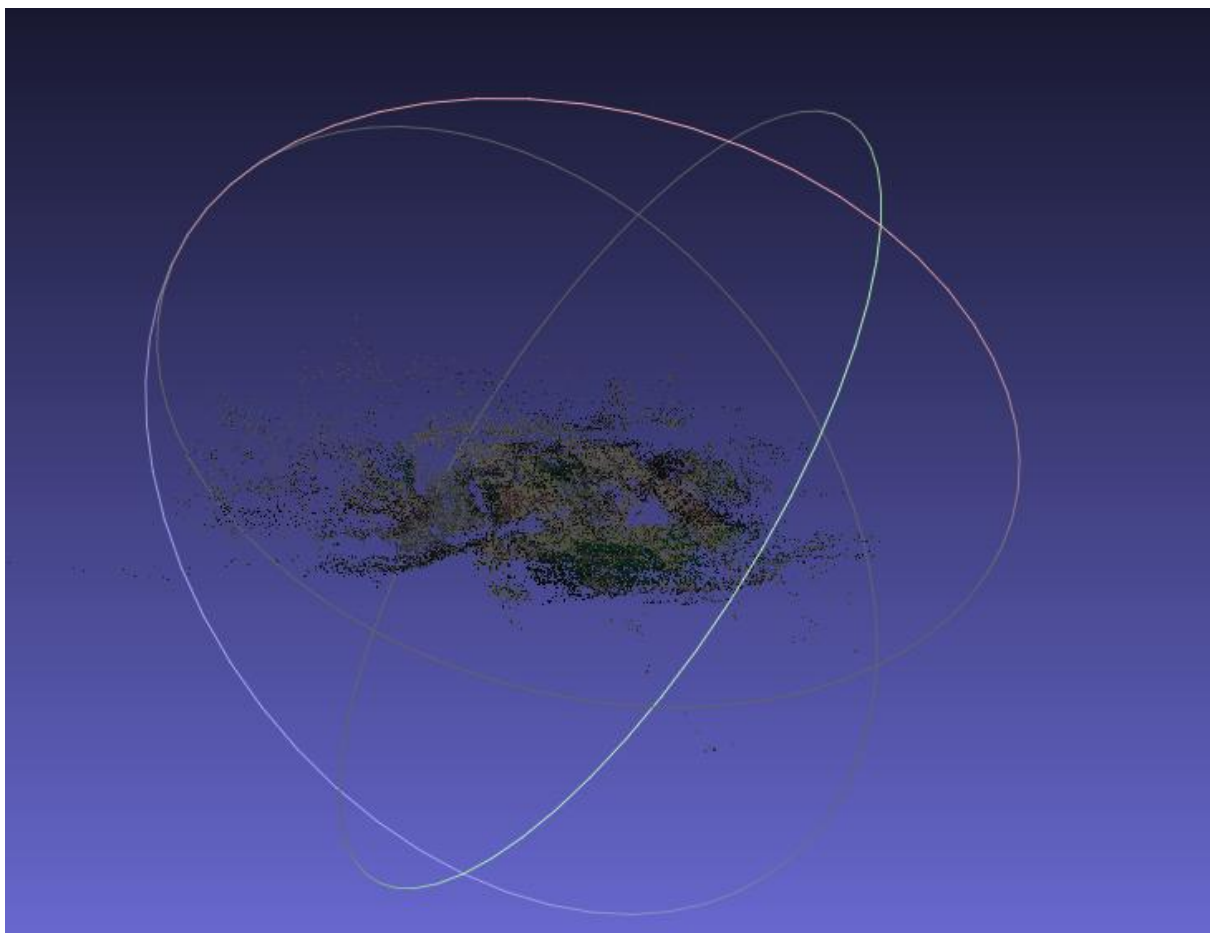
Ακολουθεί η διαδικασία από το view menu select dense 3d points, οπότε γίνεται και η εμφάνιση των πυκνών 3d σημείων στο μοντέλο. Τέλος με αυτή τη διαδικασία γίνεται η δημιουργία του 3d μοντέλου στο visualSFM και το επόμενο βήμα που θα πρέπει να ακολουθηθεί είναι το export του αρχείου σε μορφή .nvm κατάλληλη για την εισαγωγή και άνοιγμα του στο meshlab.



**Εικόνα 9:** Εδώ είναι φανερή η τελική μορφή από το dense cloud που δημιουργήθηκε, επίσης τα σχέδια με τις φωτογραφίες μέσα στο dense cloud είναι μια ξεχωριστή επιλογή η οποία μπορεί να ρυθμιστεί να βγει και να φαίνεται μόνο αυτό.

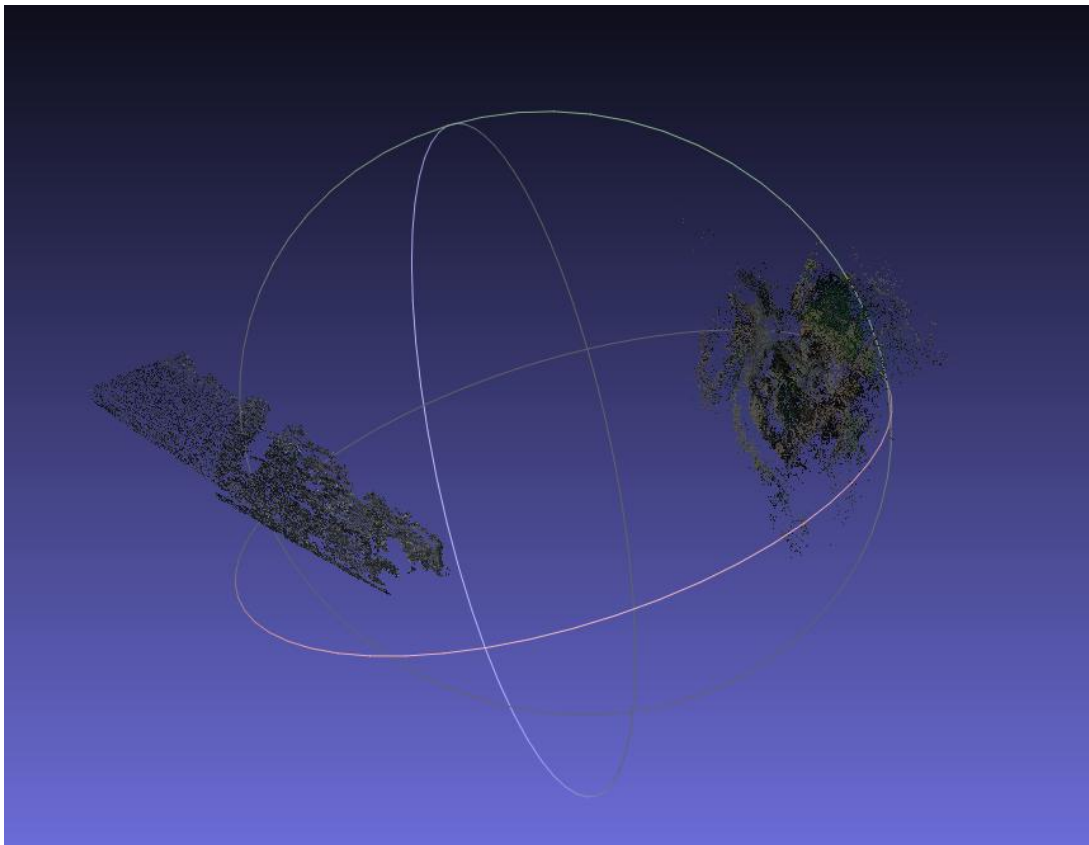
## MESHLAB

Εκεί θα γίνει αρχικά η γεωμετρία (geometry) όλων των σημείων του μοντέλου εισάγοντας από το meshlab το αρχείο του visulSFM και αμέσως είναι εμφανές, πως η γεωμετρία του μοντέλου στο νέο λογισμικό είναι περίεργη όπως και η περιστροφή του στον ψηφιακό χώρο επεξεργασίας. Εντολές όπως εισαγωγή και ενεργοποίηση επιφανειών στήριξης και μεταβλητότητας (Layers) είναι απαραίτητες για να δοθεί η σωστή κατεύθυνση στο μοντέλο. Η επόμενη λειτουργία είναι το import mesh όπου γίνεται μια εισαγωγή του πλέγματος του μοντέλου, επίσης εμφανίζονται τα πυκνά σημεία πάνω από τα αραιά σημεία του μοντέλου και αυτά μετά από επιλογές αφαιρούνται μεμονωμένα ή μπαίνουν μόνο ένα προς ένα για την οπτική του μοντέλου ξεχωριστά. Στην περίπτωση αυτή το μοντέλο που έχει δημιουργηθεί και με τα δυο σημεία αλλά και με μεμονωμένα είναι εμφανές ότι του έλλειπε η λεπτομερής πληροφόρηση στην οπτικοποίηση του. Είναι ξεκάθαρο πως ο θόρυβος της εικόνας των φωτογραφιών και του ακινήτου δυσκολεύουν ξεκάθαρα τη δημιουργία ενός καθαρού 3d μοντέλου και τη μοντελοποίηση του στο Meshlab. (Meshlab.net, 2019)



**Εικόνα 10:** Το μοντέλο που έχει δημιουργηθεί στο Meshlab φαίνεται ενδιάμεσα των αξόνων και μπορεί να προσδιορίσει εξολοκλήρου την ατομική επιφάνεια του χώρου με βάση το χωρικό αποτέλεσμα, το οποίο ακόμα και επιφανειακά δίνει πληροφορίες για τον περιβάλλοντα χώρο και την ιδιότητα αυτού.

Ο θόρυβος υπάρχει σε τέτοιο βαθμό που το πλέγμα πυκνοτήτων δημιουργεί φάσματα εικόνων ενός τρισδιάστατου μοντέλου χωρίς να του δίνει τη δυνατότητα κάλυψης σε ζωτικά σημεία για το έργο. Σε αυτά τα σημεία είναι φανερό πως το ίδιο το πρόγραμμα κάνει ενέργειες εξομαλύνοντας τις επιφάνειες έτσι ώστε να μπορέσει εν τέλει να παρουσιάσει κάθε πτυχή του μοντέλου με καλύτερη οπτική στον χρήστη. Πάραυτα στην συγκεκριμένη περίπτωση ακινήτου που πάσχει από σοβαρές εξωτερικές αλλοιώσεις η οπτικοποίηση με βάση το Meshlab δεν μπορεί να προσφέρει το υψηλό επίπεδο τρισδιάστατης μοντελοποίησης που είχε επιδιώξει το αρχικό πλάνο της παρούσας εργασίας. Τα κενά ανάμεσα στα σημεία είναι πολλά και όλες οι ενέργειες με βάση το πρόγραμμα για ομαλοποίηση αυτών δεν είναι επαρκείς με βάση το συγκεκριμένο τρισδιάστατο μοντέλο. Μολονότι ένα ευέλικτο πρόγραμμα ελεύθερου λογισμικού το meshlab δεν προτείνεται για την παρούσα ενέργεια τρισδιάστατης μοντελοποίησης της συγκεκριμένης περιοχής και του συγκεκριμένου ακινήτου καθώς τα ψεγάδια που εμφανίζει είναι ζωτικής σημασίας για μια εργασία που στην ουσία θα κρίνει την λεπτομέρεια της ανοικοδόμησης και της βέλτιστης οπτικοποίησης με βάση την εξωτερική εμφάνιση των αντικειμένων καθώς και του συνόλου αυτών.



Εικόνα 11: Η δημιουργία κατόπτρου έδειξε λανθασμένα συμπεράσματα καθώς ο προσανατολισμός του μοντέλου στο χώρο είναι λανθασμένος. Με βάση τους άξονες προσανατολισμού είναι εμφανές πως η φορά του μοντέλου με το αντίστοιχο κάτοπτρο έχουν εντελώς διαφορετικές συντεταγμένες.



## AGISOFT METASHAPE

Το Agisoft Metashape είναι ένα αυτόνομο προϊόν λογισμικού που εκτελεί φωτογραμμετρική επεξεργασία ψηφιακών εικόνων και παράγει 3D χωρικά δεδομένα για χρήση σε εφαρμογές GIS, τεκμηρίωση πολιτιστικής κληρονομιάς και παραγωγή οπτικών εφέ, καθώς και έμμεσες μετρήσεις αντικειμένων διαφόρων ζυγών.



**Εικόνα 12:** Σε αυτή την εικόνα το νέφος σημείων του οικοπέδου είναι φανερά διανυγές και περιέχει και τα ορθά χρώματα με βάση τις φωτογραφίες που χρησιμοποιήθηκαν.

Η σωστά εφαρμοζόμενη τεχνική ψηφιακής φωτογραμμετρίας που εφαρμόζεται με μεθόδους ηλεκτρονικής οράσεως οδηγεί σε έξυπνο αυτοματοποιημένο σύστημα επεξεργασίας το οποίο, από τη μία πλευρά, μπορεί να διαχειρίζεται ένας νεωτεριστής στον τομέα της φωτογραμμετρίας, αλλά, από την άλλη πλευρά, έχει πολλά να προσφέρει ένας ειδικός που μπορεί να προσαρμόσει τη ροή εργασίας σε πολλές συγκεκριμένες εργασίες και διαφορετικούς τύπους δεδομένων. Σε διάφορες μελέτες περιπτώσεων το Metashape αποδεικνύει την ποιότητα και τα ακριβή αποτελέσματα. (Agisoft.com, 2019)

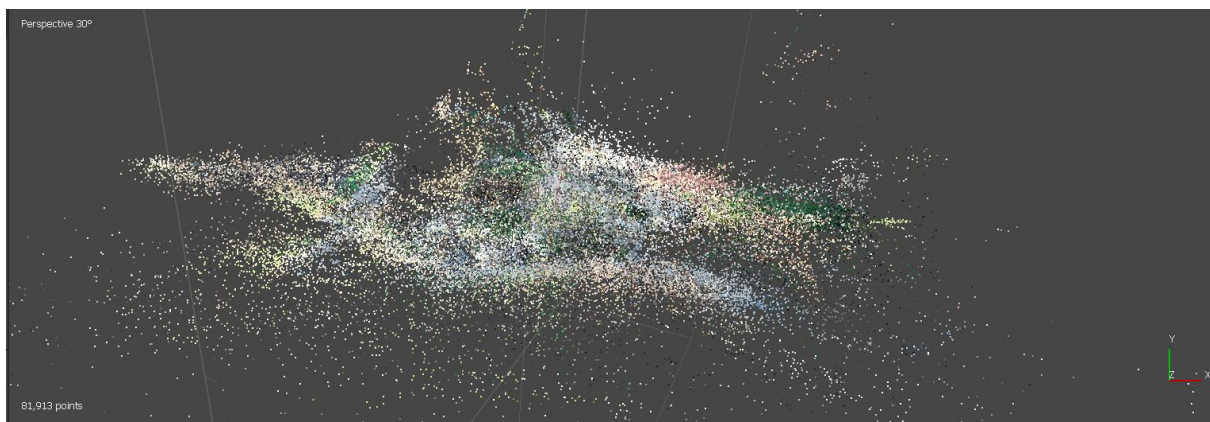
Στην δεύτερη προσπάθεια και την τελική λόγω παραγωγής αποτελεσμάτων με το Agisoft πράξαμε το εξής. Αρχικά το Agisoft είναι ένα πρόγραμμα 3d απεικόνισης και δημιουργίας τρισδιάστατων μοντέλων μέσω της μίας και μόνο πλατφόρμας από την ίδια εφαρμογή και μόνο, χωρίς την συμβολή άλλων εφαρμογών για την ολοκλήρωση του εκάστοτε πρότζεκτ. Είναι μια εφαρμογή επί πληρωμή, δεν είναι κάποιο ελεύθερο λογισμικό που μπορεί να



**Εικόνα 13:** Η μορφή του point cloud έχει φανερά τα χρώματα των φωτογραφιών και τα εικονιζόμενα αντικείμενα ξεκινούν να παίρνουν αμυδρά μορφή στο panel



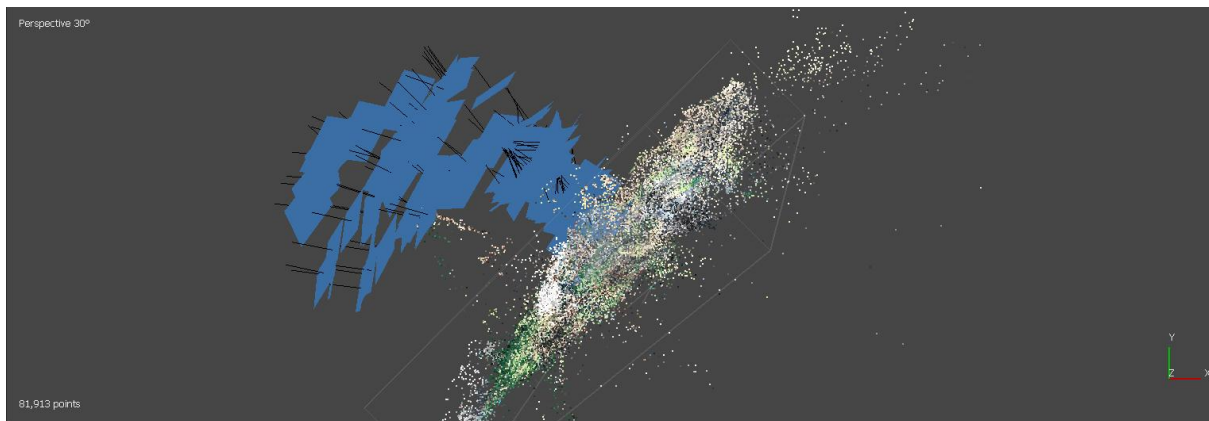
χρησιμοποιήσει κάποιος χρήστης αλλά υπάρχει κόστος τόσο και στην κανονική έκδοση αλλά και στην επαγγελματική η οποία σου επιτρέπει να κάνεις export όλα τα πρότζεκτ εργασίας. Τα κόστος είναι στα 180<sup>€</sup> για την κανονική έκδοση και στα 3500<sup>€</sup> περίπου για την επαγγελματική έκδοση του. Πάραυτα υπάρχει η δυνατότητα λειτουργίας του βασικού προγράμματος , της βασικής προς το κοινό έκδοσης του Agisoft με τη δημιουργία trial version, δίνοντας την δυνατότητα σε αρχάριους χρήστες για ένα μήνα δωρεάν λειτουργίας. Σε αυτό το trial version του Agisoft βασίστηκε το δεύτερο σκέλος της παρούσας εργασίας και όλα τα αποτελέσματα που υπήρξαν με τη δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου θα ερμηνευτούν έτσι ώστε να γίνει μια αρχική εκτίμηση από τα πλεονεκτήματα αλλά και τα μειονεκτήματα, της εργασίας σε ένα πληρωμένο λογισμικό από ότι σε ένα ελεύθερο λογισμικό με ελεύθερο περιβάλλον διαμόρφωσης και τρισδιάστατης χρήσης εικόνων από uav.



**Εικόνα 14:** Σε αυτή την εικόνα η πλάγια προβολή του νέφους σημείων είναι φανερό ότι παρουσιάζει ελλείψεις στα χρώματα με πιο φανερό το λευκό χρώμα στο Point cloud καθώς η πίσω όψη του οικοπέδου καλύπτεται από λευκό χρώμα στα κτήρια.

Η λειτουργία του Agisoft είναι πιο απλή από τη χρήση ελεύθερου λογισμικού καθώς οι περισσότερες λειτουργίες του είναι αυτοματοποιημένες να εκτελούνται χωρίς περεταίρω λειτουργίες εγκατάστασης δευτερογενών προγραμμάτων add-on , η κάποιου άλλου είδους συμπληρωματικών προγραμμάτων και εφαρμογών που θα καταστήσουν τη χρήση του λογισμικού εφικτή. Ενδεικτικά μπορεί να αναφερθεί ότι το τρισδιάστατο μοντέλο μπορεί να δημιουργηθεί με βάση, μόνο την εισαγωγή των εικόνων από το drone στο πρόγραμμα και ακολουθώντας τη λογική σειρά εκτέλεσης εντολών για καταλήξουμε στο επιθυμητό αποτέλεσμα.





**Εικόνα 15:** Η επιλογή του προγράμματος τρισδιάστατης μοντελοποίησης δίνει την επιλογή στον χρήστη να μπορεί να βλέπει επακριβώς από ποιο σημείο στον χώρο έγινε η αποτύπωση της φωτογραφίας και να το παρουσιάζει με γαλάζιο χρώμα στα τετράγωνα που φαίνονται.

Οι εικόνες από την πτήση του drone που χρησιμοποιήθηκαν είναι 230. Οι λήψεις αυτές έγιναν από την ίδια πτήση που χρησιμοποιήθηκε και στο ελεύθερο λογισμικό που έχει γίνει αναφορά πιο πάνω στο κείμενο. Περιέχουν κάποιες φωτογραφίες αλλά επί το πλείστον, είναι καρέ κομμένα μέσω του προγράμματος VLC τραβηγμένα σε 4k βίντεο. Έτσι με αυτό τον τρόπο τα περισσότερα πλάνα έγιναν σε μονοκόμματα βίντεο διάρκεια 5-6 λεπτών κάθε φορά και αποτυπώνουν όλες τις πλευρές του οικοπέδου συμπεριλαμβανομένου και του κεντρικού πληγέντος από τη φωτιά κτηρίου.



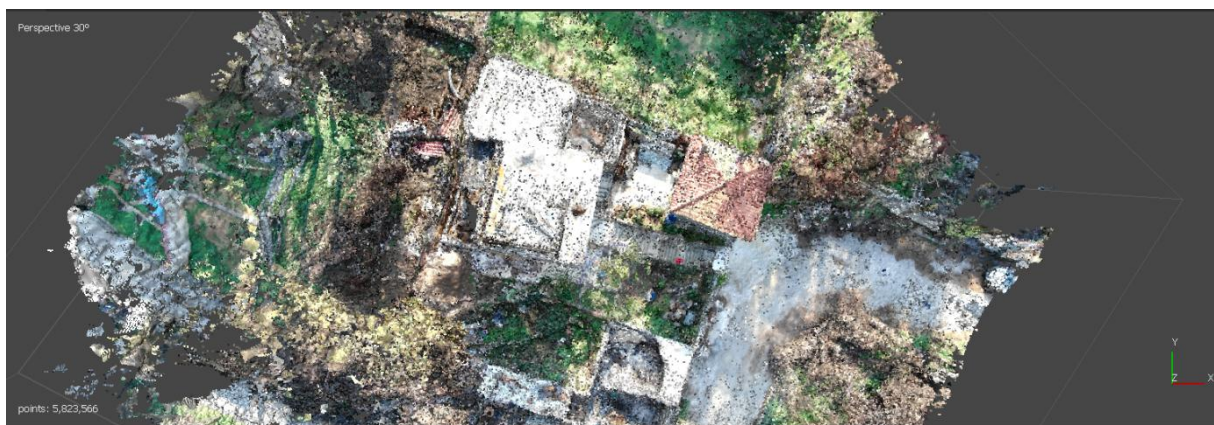
**Εικόνα 16:** Η επιλογή του τελικού μοντέλου δίνει την αίσθηση ένωσης του νέφους σημείων και παρουσιάζει το οικόπεδο σε τρισδιάστατο σχεδιασμό. Είναι φανερό πως του λείπει η επιλογή της τελικής επιλογής της δόμησης των σημείων.

Μετά από την αρχική εισαγωγή των εικόνων η πρώτη εντολή εκτέλεσης είναι η align pictures, δηλαδή η ευθυγράμμιση των εικόνων και η προβολή των σημείων από τα οποία έχει γίνει η φωτογράφιση τους. Στην επιλογή αυτή αλλά και σε όλες τις επιλογές του προγράμματος για την παρούσα εργασία έχει επιλεγθεί στο τμήμα accuracy το medium για όλες τις ενέργειες για κανονικά αποτελέσματα καθώς στο High θα υπήρχε μεγάλη διαφορά στο χρόνο εκτέλεσης της εντολής, αλλά όχι μεγάλη διαφορά στις απεικονίσεις των σημείων. Για να μπορέσει ένας υπολογιστής να δουλέψει με ακρίβεια και να εκτελέσει όλες τις απαραίτητες εντολές με την επιλογή accuracy :high θα χρειαστεί υπερβολικά πολλές ώρες επεξεργασίας και επίσης να έχει υπερσύγχρονο hardware επάνω του, πράγμα που και αυτό



**Εικόνα 17: Απεικόνιση του μοντέλου στον κατακόρυφο άξονα**

αυξάνει το badget πολύ υψηλά. Μετά την εκτέλεση της εντολής align βλέπουμε τη δημιουργία μπλε σημείων που το πρόγραμμα το ίδιο ονομάζει cameras και αναφέρεται στο χωρικό σημείο από όπου τραβήχτηκε η φωτογραφία από το drone. Αυτά τα σημεία μπορεί να φαίνονται πάνω από το μοντέλο εάν χρειάζεται ειδιάλλως υπάρχει και εντολή της απενεργοποίησης αυτών. Είναι μια ρεαλιστική και χρήσιμη επιλογή αυτής της δυνατότητας του προγράμματος έτσι ώστε να μπορέσει να παρουσιαστεί η χωρική τοποθεσία καταγραφής και σε μερικές περιπτώσεις εμπειρικά και το ύψος της φωτογραφίας του ακινήτου. Ο χώρος κάτω από το μοντέλο στο λογισμικό της Agisoft διαθέτει τις φωτογραφίες τις οποίες έχουμε τοποθετήσει για την επεξεργασία τους. Κάθε επιλογή φωτογραφίας εκεί δείχνει στο μοντέλο με κόκκινο χρώμα την επιλογή της cameras στην οποία ανήκει.



**Εικόνα 18: Η συγκεκριμένη εικόνα παρουσιάζει κατακόρυφα το τρισδιάστατο μοντέλο με λεπτομέρεια στον περίγυρο και τον περιβάλλοντα χώρο αυτού.**

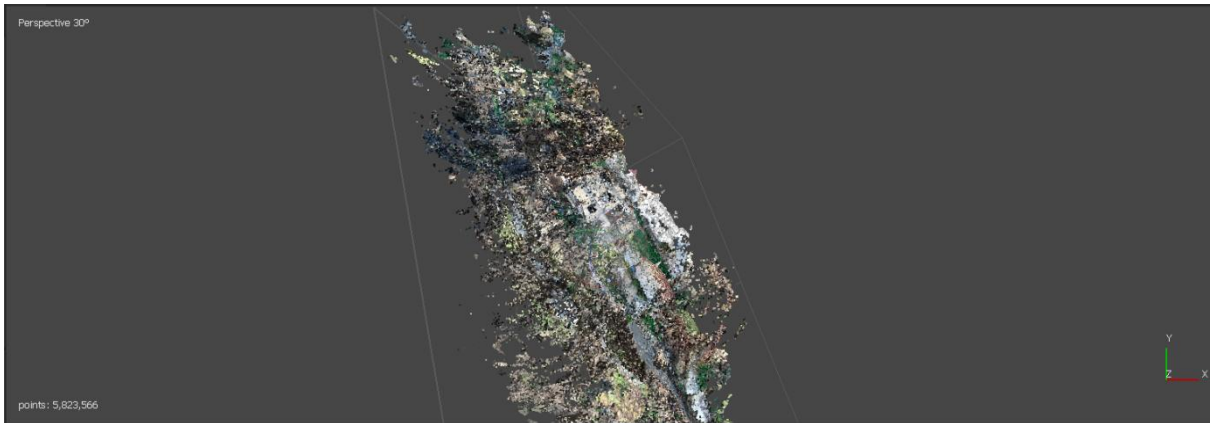




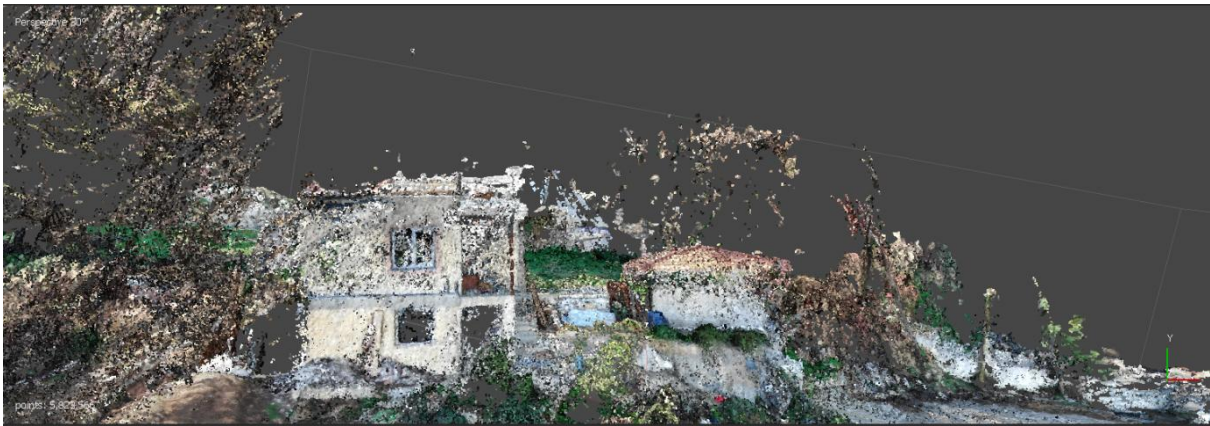
**Εικόνα 19 :**Εικόνα του περιβάλλοντα χώρου από την δεξιά πλευρά της εισόδου του ακινήτου.

Σε αυτό το σημείο έχουμε ένα πολύ βασικό point cloud σχηματισμένο και με πολύ προσοχή υπάρχει η δυνατότητα να γίνει, μια σχετική αναγνώριση των σημείων, με βάση κάποιες φωτογραφίες τραβηγμένες από το χώρο του ακινήτου. Επόμενο στάδιο είναι η δημιουργία ενός dense cloud πάλι με την επιλογή medium και η δημιουργία πολλών πυκνών σημείων πάνω στην οπτική του μοντέλου έτσι ώστε το σχήμα και η δομή του πλέον να είναι πιο εμφανής και συγκροτημένη σε σχέση με το προηγούμενο Point cloud. Εδώ έχουμε τη δυνατότητα να αναγνωριστούν πολλά σημεία στο χώρο καθώς υπάρχουν εμφανείς σχηματισμό του οικοπέδου της περιοχής καθώς και του ακινήτου. Περιστρέφοντας τον βασικό άξονα περιστροφής xy δίνεται η δυνατότητα μια επιμέρους περιστροφής και έλεγχος του κεντρικού οικήματος του οικοπέδου και με βάση τον οδηγό σύγκρισης της χωρικής πληροφορίας που έχει τοποθετηθεί στις σκάλες της κεντρικής εισόδου του οικοπέδου υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου των διαστάσεων αυτού.

Ένα πολύ σημαντικό τελικό στάδιο για το μοντέλο είναι η δημιουργία texture υφής. Η υφή μπορεί να καλύψει τις ασυνέχειες από τις κουκίδες και να ενώσει όλα τα σημεία από το point και dense cloud του μοντέλου έτσι ώστε να δώσει ένα αποτέλεσμα ποιοτικό με επιφάνειες και χωρίς ασυνέχειες από τα κενά διαστήματα που δεν έχουν καλυφθεί με σημεία. Είναι ένα τερματικό στάδιο παρουσίασης του μοντέλου καθώς με αυτή τη λειτουργία μπορεί να ολοκληρωθεί και να παρουσιαστεί ένα βασικό 3d αποτέλεσμα. Μετά από αυτή τη διαδικασία μπορούμε να διακρίνουμε στο μοντέλο ακόμη και λεπτομέρειες που μπορεί να εμφανίζονται μόνο σε φωτογραφίες και όχι τόσο εύκολα σε ψηφιακό χώρο. Η ένωση της υφής με το point cloud είναι η τελευταία λειτουργία που μπορεί να προσδώσει λεπτομέρεια στην βέλτιστη οπτικοποίηση του μοντέλου.



**Εικόνα 20:** Η κλίση του τρισδιάστατου μοντέλου του ακινήτου φανερώνει την λειτουργία του τρισδιάστατου μοντέλου στο χώρο.



**Εικόνα 21:** Η εικόνα παρουσιάζει αρκετές ελλείψεις λεπτομέρειας όπως επίσης και συγκρότησης του σημείου νεφών μεταξύ τους.

Φαινομενικά η ένωση των σημείων παρουσιάζει κενές περιοχές στις οποίες το λευκό κυριαρχεί καθώς μιλάμε για τη δημιουργία ενός τρισδιάστατου μοντέλου με λευκό background σε τρισδιάστατο ψηφιακό χώρο. Η εξομάλυνση αυτής της εντολής επιτρέπει την ένωση περιοχών που δεν έχουν πληροφορία, να αποκτήσουν δική τους με βάση την πληροφορία των γύρω κελιών. Αυτή η εντολή δρα συνδυαστικά και εμπεριέχει ομαλοποίηση των επιπέδων απεικόνισης ώστε το τελικό αποτέλεσμα του λογισμικού να βγαίνει πιο λεπτομερές. Σημεία με κενό χαρακτήρα κατεστραμμένη η καθόλου πληροφορία πλέον συνδυάζονται με τη πληροφορία της γειτνίασης των διπλανών κελιών οπότε γεμίζουν με παρόμοια στοιχεία πληροφοριών και δίνουν στα κενά κελιά χαρακτήρα.





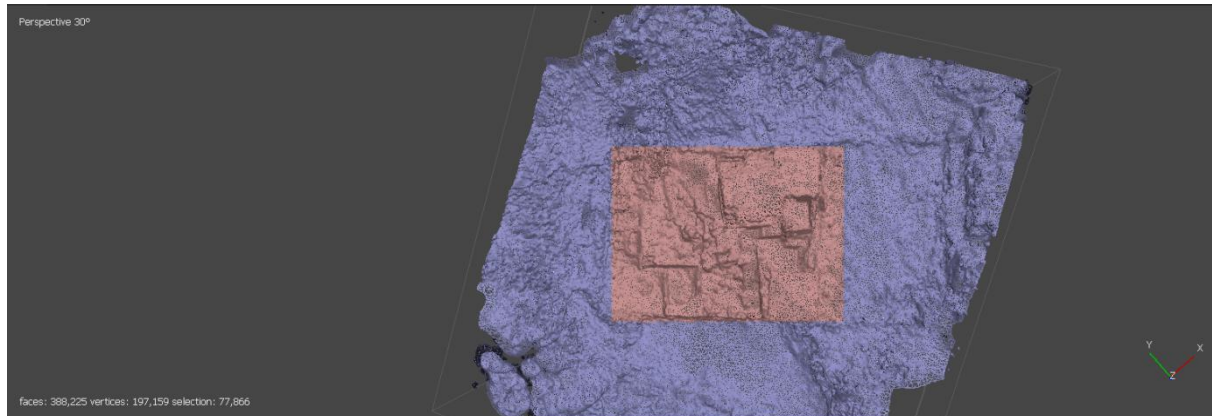
**Εικόνα 22:** Από την πλευρά της ορθογώνιας προβολής του τρισδιάστατου μοντέλου παρουσιάζεται η βέλτιστη λεπτομέρεια καθώς οι περισσότερες και πιο ορθές λήψεις έγιναν κάθετα με την πτήση του drone.



**Εικόνα 23:** Σε αυτό το σημείο οι εικόνες διαθέτουν το φίλτρο του structure οπότε η δόμηση και η γέμιση των τυφλών σημείων αποτυπώνεται με σημεία του ίδιου είδους όπως και τα γειτονικά.

Ένα βασικό στοιχείο της λεπτομέρειας του παρόντος μοντέλου βρίσκεται στην κατακόρυφη θέση του ακινήτου καθώς οι λήψεις από εκεί είχαν περισσότερη και καλύτερη οπτική εμβέλεια σε σχέση με λήψεις από δύσκολα σημεία που υστερούν λόγω διαφορετικών επιπέδων κίνησης αλλά και φυσικών εμποδίων στα αρχικά πλάνα του drone. Η δυνατότητα του Agisoft να ενσωματώνει λειτουργίες αποθήκευσης σε μορφές αρχείων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από 3d printers και να παράξουν όπως στην συγκεκριμένη περίπτωση τρισδιάστατες μακέτες ακινήτων έτοιμες προς χρήση από μηχανικούς και αρχιτέκτονες είναι αξιοσημείωτη. Για την ολοκλήρωση της μακέτας το τρισδιάστατο μοντέλο θα πρέπει να δίνει μια ουσιαστική λεπτομέρεια στον επόμενο χρήστη έτσι ώστε να του παρέξει όλα τα απαιτούμενα εφόδια για να εργαστεί σε κάτι απτό φέροντας τις βέλτιστες ιδέες εις πέρας και παρουσιάζοντας του πιο εξελιγμένους και ζωτικούς τρόπους ανοικοδόμησης. Η μακέτα επίσης μπορεί να βοηθήσει πολύ τον εκάστοτε μηχανικό η αρχιτέκτονα όχι μόνο στο να του παρουσιάσει το μοντέλο οπτικά αλλά και του δίνει έναν συνδυασμό εξελικτικής μηχανικής που συνδυάζει τελευταίας τεχνολογίας εξελιγμένες ιδέες όπως η τρισδιάστατη

μοντελοποίηση ενός ακινήτου με την δημιουργία μακέτας μια τεχνική πολλών δεκαετιών προς τα πίσω που ακόμη έχει να προσφέρει πάρα πολλά στον παραδοσιακό τρόπο μηχανικής και αρχιτεκτονικής του χώρου.

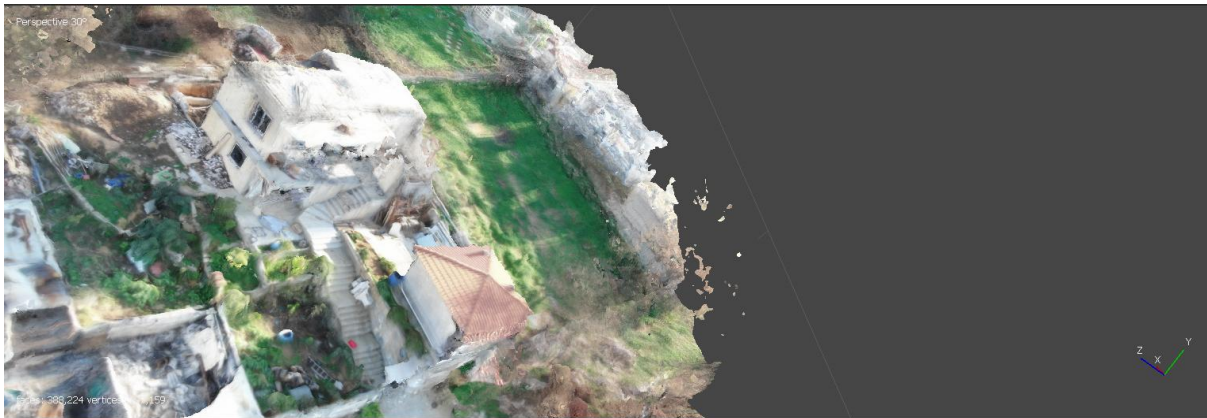


**Εικόνα 25:** Με τη λειτουργία solid το τρισδιάστατο μοντέλο αποκτά ένα γρί χρώμα ενώ το σημείο που επιλέγουμε είναι το μοντέλο του οικοπέδου στο χώρο. με την επιλογή του γίνεται κόκκινο το σημείο εργασίας και παρουσιάζεται με αυτόν τον τρόπο.



**Εικόνα 24:** Η εντολή structure δίνει το τελικό αποτέλεσμα και με βάση την πληροφορία των φωτογραφιών μπορούν να επιλεγθούν τα βέλτιστα σημεία οπτικοποίησης.

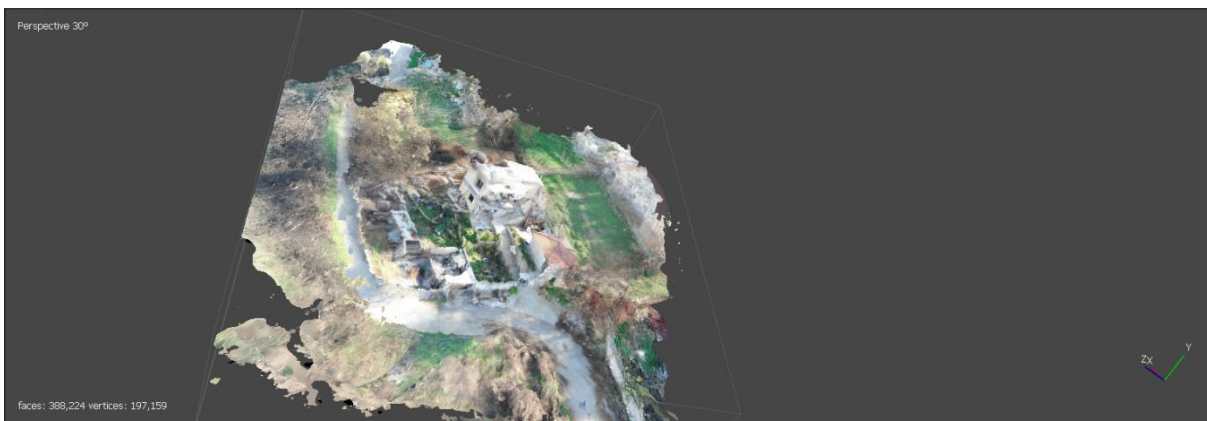




**Εικόνα 26:** Ευδιάκριτο είναι το κόκκινο κουτί των φυσικών διαστάσεων του ακινήτου που έχει τοποθετηθεί στην κεντρική σκάλα του οικοπέδου.



**Εικόνα 27:** Σε αυτή την εικόνα με την πάγια προβολή από την ανατολική πλευρα του σπιτιού υπάρχουν σοβαρές ασυνέχειες στην δόμηση των στοιχείων και με αυτό το τρόπο υπάρχει η αίσθηση ρενστότητας των επιφανειών που δεν οφείλεται μόνο στην καταστροφική πυρκαγιά.



**Εικόνα 28:** Απόσταση όλου του τρισδιάστατου μοντέλου μέσω σμίκρυνσης και παρουσίασης του σε κλίση όπως οι αρχικές αεροφωτογραφίες του drone.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στα αποτελέσματα του σχεδιασμού του μοντέλου είναι ξεκάθαρα εμφανές ότι το μοντέλο υστερεί από πολλές απόψεις οπτικοποίησης με κυριότερη την λεπτομέρεια των επιπέδων πάνω του. Ο θόρυβος από το περιβάλλον όπου βρίσκεται και τα περιμετρικά πλάνα γύρω από το οικόπεδο συνέβαλαν αρνητικά στο να δημιουργηθεί η λεπτομέρεια στο τελικό μοντέλο όπως και το επιθυμητό αποτέλεσμα από τρισδιάστατο μοντέλο. Υπάρχουν περιπτώσεις που μπορούν να φανούν αξιόλογες αλλά και χρήσιμες από τα βασικά αποτελέσματα της οπτικής του τρισδιάστατου μοντέλου του ακινήτου, αλλά υπάρχει μεγάλο και ισχυρό περιθώριο βελτίωσης αυτού. Είναι προφανές πως σε ένα οικόπεδο αυτής της μορφής με φυσικά εμπόδια και τεράστιο μέγεθος καταστροφής λόγω της πυρκαγιάς πάνω του, να υπάρχει αυτή η δυσμενής αποτύπωση στην λεπτομέρεια της εξωτερικής οπτικής σε μια πρώτη προσπάθεια ψηφιακής απεικόνισης αυτού.

Αρχικός στόχος της παρούσας εργασίας είναι η καλύτερη δυνατή αποτύπωση ενός τρισδιάστατου μοντέλου, ενός πληγέντος οικοπέδου από την καταστροφική πυρκαγιά του '18 στη Ραφήνα και στο Μάτι, συμπεριλαμβανομένου του ακινήτου που περιέχει και των γύρω κτισμάτων, γκαράζ, αποθήκη, κήπος κλπ. Η ιδέα αποτύπωσης του πληγέντος ακινήτου έχει γίνει με την προοπτική να γίνει ένα πρώτο βήμα προς την οπτικοποίηση, παρουσίαση και εκτίμηση των υλικών ζημιών που έχουν γίνει στο συγκεκριμένο οικόπεδο. Και το πλάνο είναι να λειτουργήσει ως οδηγός για την ανοικοδόμησή τους. Πάραυτα η λεπτομέρεια σε τέτοιες περιπτώσεις είναι ζωτική και τα αποτελέσματα της τρισδιάστατης απεικόνισης παρουσιάζουν σημαντικά ψεγάδια (flaws) από το αρχικό πλάνο και σκοπό της εργασίας αυτής. Το μοντέλο έχει φανερή την χωρική διάσταση του οικοπέδου υπάρχουν συντεταγμένες, ύψη, διαστάσεις που μπορούν να μετρηθούν στην εικόνα με βάση το κόκκινο πλαστικό κουτί μέτρησης των διαστάσεων το οποίο είχε τοποθετηθεί αρχικά, πριν ξεκινήσει η καταγραφή του ακινήτου από το drone, στην είσοδο, πάνω στα σκαλοπάτια της εσωτερικής ανοιχτής σκάλας του οικοπέδου. Η αποτύπωση των φωτογραφιών και των καρτέ από τα βίντεο που χρησιμοποιήθηκαν μπορεί να δώσει ένα νέο τρόπο απεικόνισης πληγέντων περιοχών ακινήτων και χωρικών πληροφοριών σε ψηφιακή μορφή, έχοντας άμεση επαφή και διαδραστικότητα του χειριστή η χρήστη σε όλες τις οπτικές διαστάσεις ενός ακινήτου. Κάθε πλευρά παρουσιάζει και κάτι διαφορετικό και είναι όλα συγκεντρωμένα σε ένα ψηφιακό αποτέλεσμα, οπότε δεν χρειάζεται να γίνεται η εναλλαγή εικόνων η βίντεο για να μπορέσει να γίνει αρχικά κάποιος έλεγχος κατά τη μελέτη του ακινήτου καθώς, το τρισδιάστατο μοντέλο κατέχει στο πρόγραμμα τη λειτουργία της περιστροφής και κατά συνέπεια όλες οι διαστάσεις του χώρου σε μία δίνουν ένα πιο άρτιο αποτέλεσμα σε λιγότερο χρόνο. Για την απόλυτη λεπτομέρεια σε οπτική

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### Συμπεράσματα

Με βάση τις τεχνολογικές εξελίξεις των τελευταίων ετών στον τομέα της εναέριας οπτικοποίησης, κάθε νέα συνεισφορά των drones σε αυτό δημιουργεί νέους κλάδους εξέλιξης με νέες δραστηριότητες στον τομέα της χαρτογραφίας και της τρισδιάστατης μοντελοποίησης περιοχών ακινήτων και χωρικών προτύπων. Ένας από αυτούς που εξετάστηκε στην παρούσα εργασία είναι το σενάριο δημιουργίας ενός τρισδιάστατου μοντέλου μια πληγείσας κατοικίας και οικοπέδου από την καταστροφική πυρκαγιά του 2018 στην περιοχή της Ραφήνας. Η προσπάθεια δημιουργίας του συγκεκριμένου μοντέλου είχε ως στόχο τη βέλτιστη οπτικοποίηση αυτού, σε ένα τρισδιάστατο περιβάλλον κατά βάση, έτσι ώστε να γίνει εφικτή μια αρχική οπτική εκτίμηση των υλικών ζημιών που είχε υποστεί από την καταστροφή, έτσι ώστε να υπάρξει μια σφαιρική και λιγότερο επώδυνη εκτίμηση ανοικοδόμησης και αποκατάστασης των υλικών ζημιών από αρχιτέκτονες και μηχανικούς. Η συγκεκριμένη εργασία μέσω των τρισδιάστατων γραφικών αποτελεί έναν πλήρη οδηγό εκτιμητικής εργασίας παρουσιάζοντας μια σταθερή αρχή για μια εκσυγχρονισμένη 3d αποτύπωση ενός πλάνου καταμέτρησης και αποτύπωσης ζημιών σε ακίνητη περιουσία αλλά ειδικότερα σε ακίνητα που μπορεί απλά να χρήζουν μερικώς ή ολικώς επισκευής, είτε έχουν δεχθεί πλήγματα από το χρόνο, φυσικές φθορές, φυσικές καταστροφές και κάθε λογής εξωτερικές ζημιές που θα αποτελέσουν σημείο έρευνας για την αποκατάστασή τους. Αυτός ο τρόπος διαχείρισης του χρόνου εκτίμησης είναι ζωτικής σημασίας καθώς μπορεί να γίνει από κάποιον τρίτο χωρίς την παρουσία μηχανικών αρχικά στο ακίνητο. Το τρισδιάστατο μοντέλο παρουσιάζει σφαιρικότητα, αυτό καθεαυτό συμβάλει στην καλύτερη αποτύπωση των διαστάσεων με βάση τη χωρική διάσταση, ενώ παράλληλα φαίνεται κάλλιστα σε συνδυασμό μαζί με τη λεπτομέρεια των εικόνων και του βίντεο ένα πλήρες αποτέλεσμα οπτικοποίησης του ακινήτου. Η εργασία του μηχανικού και του αρχιτέκτονα είναι εφικτό σε δεύτερο πλάνο να συνδυαστεί και με τη δημιουργία μακέτας του ακινήτου, με βάση το τρισδιάστατο μοντέλο που δημιουργήθηκε μέσω των προγραμμάτων μοντελοποίησης που χρησιμοποιήθηκαν, δίνοντας μια ακόμη ελευθερία στον χρήστη να δημιουργήσει λύσεις με φυσικό τρόπο και να ξεκινήσει την έρευνα και το πλάνο αποκατάστασης των ζημιών της κατοικίας που χρησιμοποιήθηκε.

Η παρούσα εργασία στοχεύει στο να παρουσιαστεί μια σφαιρική οπτική σε τρισδιάστατη μορφή η οποία θα εκθέτει αν θα μπορεί να υπάρξει μελλοντικά κάποιο πλάνο ανοικοδόμησης του ακινήτου ή γκρέμισμα αυτού ή ακόμη να φανεί εξωτερικά αν υπάρχει σταθερότητα και ασφάλεια μετά από αποκατάσταση.

Καθόλη τη διάρκεια της μελέτης του ακινήτου και της διεργασίας μορφοποίησης του τρισδιάστατου μοντέλου, μετά και από τις δυο προσπάθειες χρησιμοποιώντας και το ελεύθερο λογισμικό αλλά και το εμπορικό, τα συμπεράσματα είναι καθολικά και υποδεικνύουν πως για να γίνει εφικτή μια τέτοια εργασία απαιτείται αρχικά, καλύτερη δυνατή ευχέρεια σε διαθεσιμότητα τελευταίας τεχνολογίας λογισμικού software αλλά και

hardware καθώς τα προγράμματα που απαιτούνται για αυτή την δουλειά είναι εξαιρετικά απαιτητικά σε μνήμη ram όπως και μια καλή κάρτα γραφικών θα αποτυπώσει το καλύτερο εφικτό αποτέλεσμα στον πιο γρήγορο χρόνο. Στην παρούσα περίπτωση το τρισδιάστατο μοντέλο παρουσιάζει αρκετά ελαττώματα και τα αποτελέσματα έδειξαν πως για να γίνει μια παρόμοια εργασία εφικτή για χρήση, απαιτούνται από το αρχικό στάδιο ακόμα, λήψεις δεδομένων (εικόνες και βίντεο) με απόλυτη ακρίβεια, χωρίς φυσικά εμπόδια στον χώρο του ακινήτου όπως δέντρα, τα οποία δυσκολεύουν πολύ τη δυνατότητα πτήσης και καταγραφή όλων των επιπέδων σε περιμετρική φορά. Απαιτείται πολύ καλή συνοχή και επιλογή των εικόνων για τη βέλτιστη λειτουργία του λογισμικού. Τα τελευταία έτη η εξέλιξη στα μοντέλα και τις λειτουργίες των drones έχουν αλλάξει και έχουν μεταβληθεί με τη χρήση τους. Τα λογισμικά 3d απεικόνισης έχουν πληθύνει και αναπαριστούν κατασκευές, ακίνητα, οικοδομήματα όλο και με μεγαλύτερη ακρίβεια. Είναι φανερό πως η συγκεκριμένη τεχνολογία ήρθε για να μείνει και να προσφέρει νέους ορίζοντες στην χαρτογραφία την εκτιμητική και την μηχανική των κτηρίων μοντέλων. Μέσα από πληθώρα επιλογών και σχεδίων πτήσεις πολλές εταιρίες, με κάποιες βασικές να ξεχωρίζουν, ενσωματώνουν στην αγορά drones αλλά και δικό τους λογισμικό με εξαιρετικά ευέλικτες επιλογές και διαθέσιμες λειτουργίες που καθιστούν την εργασία της τρισδιάστατης μοντελοποίησης εργασία άμεσης εκτέλεσης, με τις κατάλληλες προδιαγραφές. Στο έμμεσο μέλλον αλλά και στο εκσυγχρονισμένο παρόν η εργασία δημιουργίας ενός μοντέλου μιας οικίας η ενός οικοδομήματος θα γίνει υπόθεση ρουτίνας και θα μπορεί να εκτελεστεί ακόμα και σε μια εργασία ημερολογιακής ημέρας. Ο συνδυασμός προγραμμάτων ελεύθερου λογισμικού προσφέρει κάποιες δυνατότητες και κάποιες εντολές που ακόμη και σε λογισμικό επί πληρωμή δεν απεικονίζονται τόσο εύστοχα. Πάραυτα η διαδικασία της τρισδιάστατης μοντελοποίησης σε ελεύθερο λογισμικό είναι πιο χρονοβόρα, απαιτεί καλύτερη διαχείριση του χρόνου για να υπάρξουν αποτελέσματα και επιπρόσθετα η εργασία εκεί θέλει περισσότερες λειτουργικές εντολές καθώς πολλές από αυτές δεν βγαίνουν τόσο αυτοματοποιημένες όπως στο άλλο λογισμικό. Τα αποτελέσματα κρίνονται στις λεπτομέρειες και στην περίπτωση του ελεύθερου λογισμικού οι λεπτομέρειες είναι κάτι που απέχει πολύ από το τελικό τρισδιάστατο μοντέλο. Παρουσιάστηκαν πολλά προβλήματα στην απεικόνιση καθώς το point cloud στην συγκεκριμένη περίπτωση βγήκε πιο φτωχό σε σχέση με το εμπορικό λογισμικό, παρόλο που χρησιμοποιήθηκαν οι ίδιες εικόνες ακριβώς στην κάθε περίπτωση έρευνας και τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Διαφορές εκτός από τα ελλειπή αποτελέσματα του ελεύθερου λογισμικού παρουσιάστηκαν και στην εγκατάσταση του λογισμικού διότι χρειάστηκε συνδυασμός προγραμμάτων για την άρτια εγκατάσταση του λογισμικού και επίσης τα μονοπάτια που ακολουθεί στον υπολογιστή, είναι απαραίτητο να είναι με συγκεκριμένη καθοδήγηση από το χρήστη έτσι ώστε να μπορεί να εκτελεί σωστά τις εντολές που χρειάζονται, μέχρι να φτάσει στο τελικό στάδιο της τρισδιάστατης παρουσίασης του μοντέλου. Οι φάκελοι εγκατάστασης πρέπει να βρίσκονται σε σημεία κλειδιά και ο συνδυασμός προγραμμάτων διαχείρισης είναι σε ειδική τοποθεσία μέσα στα αρχεία του προγράμματος. Στο εμπορικό λογισμικό όλα αυτά γίνονται αυτόματα, τα μονοπάτια δεν χρειάζεται να ειπωθούν ποτέ από το χρήστη, ο φάκελος της εγκατάστασης είναι ο ίδιος χωρίς καμία προσθήκη δευτέρου ή ακόμα και τρίτου προγράμματος μέσα σε αυτόν και η λειτουργία του είναι ξεκάθαρα πιο απλοποιημένη από τον ελεύθερο σχεδιασμό του free software. Αξιοσημείωτο το ότι οι εντολές τρέχουν σε μικρότερο χρόνο και με απλή

μαθηματική ακρίβεια κάθε βήμα, ζητά το άλλο με σειρά προτεραιότητας. Οι εντολές είναι τόσο εξελιγμένες και ζητούν ακόμη και επιλογή ποιότητας έτσι ώστε με βάση τις δυνατότητες του υπολογιστή να τρέξουν σε λιγότερο ή περισσότερο χρόνο χτίζοντας το βέλτιστο επιθυμητό αποτέλεσμα. Τα αποτελέσματα του λογισμικού επί πληρωμή είναι πιο ξεκάθαρα και υπάρχει εμφανέστατα μεγαλύτερη λεπτομέρεια στις τελικές απεικονίσεις του μοντέλου. Υπάρχει ακριβέστερη συνοχή στο Point cloud του μοντέλου και είναι φανερό πως οι ενώσεις των στοιχείων κάνουν δεσμούς με πολύ καλύτερη λεπτομέρεια.

Η ακρίβεια στην απεικόνιση και των δυο περιπτώσεων δεν φτάνει τον αρχικό στόχο και παρόλο που η διαδικασία έγινε με απόλυτη ακρίβεια μεθοδικά και χωρίς κενά μεταξύ τους, το αποτέλεσμα με τη δημιουργία του μοντέλου δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προβάλει την ιδέα του αρχικού στόχου της εργασίας αυτής. Η έλλειψη λεπτομέρειας στα τοιχώματα του ακινήτου αλλά και σε όλη την κατανομή του οικοπέδου είναι εμφανής και επηρεάζει σε σοβαρό βαθμό την γενικότερη οπτική του στόχου της παρούσας εργασίας. Η δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου στο Agisoft Metashape έγινε με μεγαλύτερη ευκολία και ευελιξία παρότι το τελικό αποτέλεσμα δεν ήταν εφάμιλλο με τον αρχικό στόχο, αποτέλεσε μια σοβαρή προσπάθεια που έδωσε αποτελέσματα αρκετά ικανοποιητικά για μια δύσκολη περίπτωση οπτικοποίησης μιας κατεστραμμένης οικίας και οικοπέδου από την καταστροφική και θανατηφόρα πυρκαγιά του 2018.

Η απόκλιση από την λεπτομέρεια στην τρισδιάστατη μοντελοποίηση είναι κάτι το οποίο θα μπορέσει να εξαλειφτεί χρόνο με το χρόνο και με τις ανανεώσεις των προγραμμάτων στις επόμενες εκδόσεις, οι νέες λειτουργίες θα μπορέσουν να εκθέτουν μεγαλύτερης ακρίβειας point cloud και κατά συνέπεια εντολές με βάση το structure το οποίο θα υπερκαλύπτει κενά ανάμεσα στο θόρυβο των κτισμάτων αλλά και τυφλά σημεία κάλυψης. Σε συνδυασμό αυτών με την εναέρια οπτικοποίηση θα υπάρξει μια εξαιρετική εξελικτική πορεία στην εργασία των drone για την τρισδιάστατη μοντελοποίηση, η οποία έπεται να γίνει απαραίτητη τα επόμενα χρόνια αλλά και μελλοντικά θα αλλάξει τα πρότυπα με τα οποία η γεωγραφική οπτικοποίηση και το 3d modelling ακίνητης περιουσίας ενεργούσε τόσα χρόνια.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- GitHub. (2019). *pmoulon/CMVS-PMVS*. [online] Available at: <https://github.com/pmoulon/CMVS-PMVS> [Accessed 26 Jun. 2019].
- Changchang Wu (2019). *VisualSFM : A Visual Structure from Motion System*. [online] Available at: <http://ccwu.me/vsfm/> [Accessed 26 Jun. 2019].
- Meshlab.net. (2019). *MeshLab*. [online] Available at: <http://www.meshlab.net/#download> [Accessed 26 Jun. 2019].
- Alvarez, C., Roze, A., Halter, A. and Garcia, L. (2019). [online] Geosense.gr. Available at: [http://geosense.gr/assets/pdf/White\\_Paper\\_-\\_Generating\\_highly\\_accurate\\_3D\\_data\\_using\\_a\\_senseFly\\_albris\\_drone\\_Gr.pdf](http://geosense.gr/assets/pdf/White_Paper_-_Generating_highly_accurate_3D_data_using_a_senseFly_albris_drone_Gr.pdf) [Accessed 2 Jul. 2019].
- Uas.hcaa.gr. (2019). *Υ.Π.Α. - ΣμηΕΑ* -. [online] Available at: <https://uas.hcaa.gr/Faq> [Accessed 26 Jun. 2019].
- Opensourcephotogrammetry.blogspot.com. (2019). *Open Source Photogrammetry*. [online] Available at: <http://opensourcephotogrammetry.blogspot.com/> [Accessed 26 Jun. 2019].
- Agisoft.com. (2019). *Prepare Models For 3D Printing*. [online] Available at: <https://www.agisoft.com/forum/index.php?topic=2282.0> [Accessed 26 Jun. 2019].
- Lesd.gr. (2019). *Φωτογραμμετρία με Τεχνολογία UAV | Systems Dynamics*. [online] Available at: <http://www.lesd.gr/%CF%86%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B3%CF%81%CE%B1%CE%BC%CE%BC%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%AF%CE%B1-%CE%BC%CE%B5-%CF%84%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1-uav/> [Accessed 26 Jun. 2019].
- Mc Donald, J. (1993). Local property tax differences and business real estate values. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 6(3), pp.277-287.
- Korecgroup.com. (2019). [online] Available at: <https://www.korecgroup.com/wp-content/uploads/2017/03/KOREC-QSMalbris.pdf> [Accessed 26 Jun. 2019].
- Bluetoadpublishing.co.uk. (2019). *Achievement: Showbiz Real Estate Elite*. [online] Available at: [https://bluetoadpublishing.co.uk/display\\_article.php?id=1922426&view=244958](https://bluetoadpublishing.co.uk/display_article.php?id=1922426&view=244958) [Accessed 26 Jun. 2019].
- Smith, K. (2018). Drone Technology: Benefits, Risks, and Legal Considerations. *Seattle Journal of Environmental Law*. [online] Available at: <https://digitalcommons.law.seattleu.edu/sjel/vol5/iss1/12/> [Accessed 26 Jun. 2019].
- Ruwaimana, M., Satyanarayana, B., Otero, V., M. Muslim, A., Syafiq A., M., Ibrahim, S., Raymaekers, D., Koedam, N. and Dahdouh-Guebas, F. (2019). *The advantages of using drones over space-borne imagery in the mapping of mangrove forests*.

- Anon, (2019). [online] Available at: [https://www.researchgate.net/publication/259292511\\_UAV-Project-\\_Building\\_a\\_reality-based\\_3D\\_model](https://www.researchgate.net/publication/259292511_UAV-Project-_Building_a_reality-based_3D_model) [Accessed 26 Jun. 2019].
- Suciu, G., Dragu, M., Hussain, I., Iliescu, A., Orza, O. and Mocanu, C. (2018). 3D Modeling Using Parrot Bebop 2 FPV.
- Villa, T., Gonzalez, F., Miljevic, B., Ristovski, Z. and Morawska, L. (2016). An Overview of Small Unmanned Aerial Vehicles for Air Quality Measurements: Present Applications and Future Prospectives. *Sensors*, 16(7), p.1072.
- Colomina, I. and Molina, P. (2014). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92, pp.79-97.
- Westoby, M., Brasington, J., Glasser, N., Hambrey, M. and Reynolds, J. (2012). 'Structure-from-Motion' photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. *Geomorphology*, 179, pp.300-314.
- Watts, A., Ambrosia, V. and Hinkley, E. (2012). Unmanned Aircraft Systems in Remote Sensing and Scientific Research: Classification and Considerations of Use. *Remote Sensing*, 4(6), pp.1671-1692.
- Harwin, S. and Lucieer, A. (2012). Assessing the Accuracy of Georeferenced Point Clouds Produced via Multi-View Stereopsis from Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Imagery. *Remote Sensing*, 4(6), pp.1573-1599.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

Στο παρόν παράρτημα έχουν συμπεριληφθεί αρκετές εικόνες από την πτήση του drone στο ακίνητο της Ραφήνας

