

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ  
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ



ΔΙΕΘΝΕΣ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ

Σύγκριση λογισμικών και εύρεση βέλτιστων παραμέτρων  
προγραμματισμού αυτόνομων πτήσεων ΣμηΕΑ

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Αραπατζή Αιμιλία Αθανασία**

**Επιβλέπων  
Βαρσάμης Δημήτριος**

**ΣΕΡΡΕΣ -**

## Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος «Εφαρμοσμένη πληροφορική», υπό την επίβλεψη του καθηγητή κ. Βαρσάμη Δημήτρη.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Βαρσάμη Δημήτρη για την βοήθεια και την κατανόηση, καθώς επίσης και το σύνολο των καθηγητών μου κατά τη διάρκεια των σπουδών στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα.

## Περίληψη στα Ελληνικά

Η παρούσα διπλωματική έχει ως στόχο, σε πρώτη φάση να δώσει μια σφαιρική εικόνα σχετικά με την χρήση των μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων (UAVs) και να μας εισάγει στον τρόπο λειτουργίας τους και στις δυνατότητες τους, με κύριο γνώμονα την γεωργία. Τα τελευταία έτη η συνεχόμενα αναπτυσσόμενη τεχνολογία των drones, η απλοποίηση της χρήσης τους σε συνδυασμό με την εξοικείωση των νεότερων γενιών με την τεχνολογία, καθώς επίσης και η ευρεία κυκλοφορία τους στην αγορά σε ανταγωνιστικές τιμές έχουν ως αποτέλεσμα την ευρεία χρήση τους σε μη στρατιωτικές εφαρμογές.

Σε δεύτερη φάση έρχεται το ερευνητικό κομμάτι της παρούσας εργασίας όπου κατόπιν μίας αναλυτικής αναφοράς στα επιμέρους στοιχεία και δυνατότητες των επί έρευνας εφαρμογών, θα καταλήξουμε σε ένα συμπέρασμα, βάση σύγκρισης, για την βέλτιστη επιλογή εφαρμογής. Όπου με τη βοήθεια της παρούσας εφαρμογής θα πραγματοποιηθεί η συλλογή των δεδομένων στην περιοχή ενδιαφέροντος και κατόπιν η μετατροπή του σε χάρτη.

### Λέξεις Κλειδιά:

FMS: Λειτουργική μονάδα- υποσύστημα

FCC: Υπολογιστής ελέγχου πτήσης

COM: Μονάδα επικοινωνίας

GPS: Παγκόσμιο σύστημα πλοήγησης

CIP: Υπολογιστικό ωφέλιμο Φορτίο

ML: Ενότητες για μεθόδους μηχανικής μάθησης

NNA: Επιταχυντής νευρωνικών δικτύων

CP: Υπολογιστική πλατφόρμα

HW: Υλικό Υπολογιστών

SW: Λογισμικό Υπολογιστών

μC: Μικροελεγκτής

FPGAs: Προγραμματιζόμενη διάταξη θυρών πεδίου

μP: Μικροεπεξεργαστής

COTS: Διαθέσιμο στο εμπόριο – ετοιμοπαράδοτο - τυποποιημένο

## Summary

The present diplomacy aims, in the first phase, to give a global picture regarding the use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) and to introduce us to their mode of operation and capabilities, with a focus on agriculture. In recent years, with the constantly developing technology of drones, the simplification of their use in combination with the familiarization of the younger generations with the technology, as well as their wide circulation on the market at competitive prices have resulted in their widespread use in civilian applications.

In the second phase comes the research of this work, where after an analytical reference to the individual elements and possibilities of the applications under research, we will reach a conclusion, based on comparison, for the optimal choice of application. Where with the help of the application, the data will be collected from the area of our interest and then will be converted into a map.

### **Keywords:**

FMs: Functional Modules

FCC: Flight Control Computer

COM: Communication Module

GPS: Global Positioning System

CIP: Computation Intensive Payload

ML: Module for machine learning (ML) methods

NNA: Neural Network Accelerator

CP: Computing Platform

HW: Hardware

SW: Software

$\mu$ C: Micro-controller

FPGAs: Field Programmable Gate Arrays

$\mu$ P: Microprocessor

COTS: Commercial off the Shelf

## Πίνακας περιεχομένων

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 .....</b>	<b>1</b>
1.1 Ιστορική εξέλιξη – γενική επισκόπηση .....	1
1.2 Λογισμικό πτήσης UAV .....	5
1.3 Λογισμικά αεροφωτογραφίας των UAVs .....	12
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 .....</b>	<b>16</b>
2.1 Αλγόριθμοι και δημιουργία Επικοινωνιακών Διαδρομών: Προσομοίωση των δεδομένων χαρτογράφησης στην πράξη .....	16
2.2 Στοιχεία λειτουργίας και ελέγχου Drone: Προσομοίωση δεδομένων χαρτογράφησης στην πράξη .....	18
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 .....</b>	<b>22</b>
3.1 Map Pilot Pro .....	22
3.2 Litchi.....	27
3.3 Drone Harmony .....	30
3.4 Pix4D .....	34
3.5 Drone Deploy .....	37
3.6 Drone Link.....	44
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 .....</b>	<b>47</b>
4.1 Αποτέλεσμα έρευνας.....	47
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....</b>	<b>48</b>
5.1 Σύνοψη και Συμπεράσματα.....	50
5.2 Μελλοντικές επεκτάσεις.....	51
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 .....</b>	<b>52</b>

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## 1.1 Ιστορική εξέλιξη – γενική επισκόπηση

Ιστορικά η αφετηρία των μη επανδρωμένων αεροσκαφών (η πρώτη καταγεγραμμένη χρήση τους) τοποθετείται το 1849 όταν οι στρατιωτικές δυνάμεις των Αυστριακών επιτίθενται με μη επανδρωμένα αερόστατα που μετέφεραν εκρηκτικά στη Βενετία. Ενώ κάποια λειτούργησαν κανονικά και βομβάρδισαν, κάποια άλλα λόγω των ανέμων επέστρεψαν στις Αυστριακές γραμμές.



*Εικόνα 1 Μη επανδρωμένα αερόστατα*

Παρόλα αυτά το πρώτο ελικοειδές μη επανδρωμένο αεροσκάφος τοποθετείται στο 1907 όταν δύο αδέρφια ο Jacques και Louis Breguet δημιουργούν το πρώτο τετρακόπτερο.

Αν και για την εποχή του αποτέλεσε μια συναρπαστική ανακάλυψη τα πρόβλημα που αντιμετώπισε ήταν αρκετά καθώς παρουσίαζε μεγάλη αστάθεια και για την ανύψωσή του χρειαζόταν 4 άτομα για να το κρατούν σταθερό. Επιπλέον η απόσταση πτήσης του από το έδαφος ήταν μόλις δύο μέτρα. Παρόλα αυτά αποτέλεσε την έναρξη της δημιουργίας των μη επανδρωμένων αεροσκαφών τα οποία μια δεκαετία αργότερα κάνουν την εμφάνιση τους για στρατιωτικούς κυρίως λόγους. (Martinezis 2019)

Η τεχνολογία των μη επανδρωμένων αεροσκαφών αναπτύχθηκε σημαντικά κατά διάρκεια του 2<sup>ου</sup> Παγκοσμίου Πολέμου. Ωστόσο το μεγάλο κόστος κατασκευής και συντήρησης τους και η αμφιβολία ως προς την αξιοπιστία τους δεν βοήθησε στην άμεση αποδοχή και ευρεία διάδοσή τους. Σημαντική εξέλιξη όσον αφορά την στρατιωτική τους χρήση ήταν και η δυνατότητα που έδωσαν κατά τη διάρκεια του Ψυχρού Πολέμου στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής και την πρώην Σοβιετική Ένωση να κατασκοπεύσουν η μία την άλλη, λεπτομέρειες που παρ' όλα αυτά παραμένουν απόρρητες.

Η αρχή για την χρήση σε πολιτικό εναέριο χώρο για μη στρατιωτικούς σκοπούς έγινε το 2006 όπου η FFA (Federal Aviation Administration) εξέδωσε τις πρώτες εμπορικές άδειες, με περιορισμούς ωστόσο στις άδειες χρήσης για τους καταναλωτές (βασιζόμενες σε στρατιωτικές τεχνολογίες).

Στη σημερινή κοινωνία η χρήση των drones έχει επεκταθεί σε ένα πλήθος πεδίων εξυπηρετώντας εμπορικούς, αστικούς και ερευνητικούς σκοπούς. Οι λόγοι προτίμησής τους είναι η ευκολία χρήσης τους, η ευελιξία τους, το χαμηλό και χωρίς χρήση προσωπικού κόστος πτήσης, το αρκετά μεγάλο ύψος πτήσης και κάλυψης περιοχών. (dronerh)

## **Drones**

Η λέξη drone είναι αγγλικής προέλευσης αναφέρεται στον κηφήνα ή σε έναν δυνατό μονότονο ήχο. Είναι ένας όρος ο οποίος έχει προκαλέσει πολλές αντιδράσεις και δυσαρέσκεια στους μελετητές ωστόσο χαίρει ευρείας αναγνώρισης και αποδοχής από το αγοραστικό κοινό. Ουσιαστικά είναι ένα αεροσκάφος το οποίο μπορεί να απογειωθεί και να πραγματοποιήσει πτήσεις χωρίς την παρουσία του ανθρώπινου παράγοντα, είτε αυτόνομα είτε τηλεκατευθυνόμενο.

Ο επίσημος ελληνικός όρος είναι **ΣμηΕΑ** δηλαδή Συστήματα μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών και στα αγγλικά **UAV** δηλαδή Unmanned aerial vehicles.

Οι όροι UAV (**U**n**m**anned **A**erial **V**ehicle) και UAS (**U**n**m**anned **A**ircraft **S**ystems) χρησιμοποιούνται κυρίως σε επίσημα έγγραφα, συμπεριλαμβανομένης της νομοθεσίας. Το ευρύ κοινό είναι λιγότερο εξοικειωμένο με αυτούς τους όρους, ειδικά όταν χρησιμοποιούνται οι συντομογραφίες. Οι επαγγελματίες χρήστες drone προφανώς είναι εξοικειωμένοι με αυτούς τους όρους και τους χρησιμοποιούν ως ισοδύναμα για τον όρο drone.

Στα εμπορικά ΣμηΕΑ που χρησιμοποιούνται στην ευρεία κατανάλωση τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι μικρότερης αντοχής και πιο ελαφριά, δουλεύουν με μπαταρίες για αυτό και συνήθως οι πτήσεις τους δεν μπορούν να ξεπεράσουν τα 20-30 λεπτά. Τα πιο δημοφιλή είναι τα τετρακόπτερα που κινούνται με έλικες.

Οι πιο διαδεδομένες χρήσεις τους είναι:

1. Η λήψη πανοραμικών εικόνων και βίντεο από επαγγελματίες φωτογράφους
2. Η έρευνα και η αποτύπωση δυσπρόσιτων περιοχών
3. Η επιτήρηση εκτάσεων και ιδιοκτησιών
4. Σε σχολικά και πανεπιστημιακά projects
5. Στην αποτύπωση από ιδιωτικές εταιρίες για την εκπόνηση περιβαλλοντικών μελετών
6. Στην συμμετοχή διαγωνισμών του ιδίου αντικειμένου
7. Για διασκέδαση και παιχνίδι
8. Σε γεωργικούς σκοπούς (π.χ. εναέριο ράντισμα ακριβείας κ.α.)

Στις αναπτυσσόμενες χρήσεις του έρχεται σιγά σιγά να ενταχθεί και η μεταφορά προϊόντων.



Η επιλογή drone στην οποία βασίστηκε η παρούσα εργασία θα γίνει μεταξύ των **Mavic Air 2S** και **Phantom 4Pro v2**.

### Mavic Air 2S:



*Εικόνα 2 Mavic Air 2S*

Ο βασικός εξοπλισμός του αποτελείται από τον σκελετό, το σύστημα ελέγχου, το σύστημα ώθησης, την κάμερα, το σύστημα πλοήγησης, την μπαταρία, σύρματα, διάφοροι σύνδεσμοι και θήκες μεταφοράς. Η εμβέλεια χειρισμού του εκτείνεται έως τα 12 km με μέγιστο χρόνο πτήσης τα 30 λεπτά. Έχει αρκετά καλή ποιότητα κάμερας με ανάλυση βίντεο 5K το διακρίνουν η σταθερότητα του κατά την πτήση καθώς και η ευελιξία του. Η πλοήγηση του μπορεί να γίνει μέσω κινητού ή tablet.

### Phantom 4Pro v2:



*Εικόνα 3 Phantom 4Pro v2*

Ο βασικός εξοπλισμός του είναι ο σκελετός, το σύστημα ώθησης, το σύστημα πλοήγησης, το σύστημα ελέγχου, η κάμερα, η μπαταρία, σύρματα, διάφοροι σύνδεσμοι, και θήκες μεταφοράς. Διαθέτει σύστημα αισθητήρων με για αποφυγή εμποδίων, έχει διάρκεια πτήσης 30 λεπτών κάμερα ανάλυσης 4K/20MP. Το σύστημα πλοήγησης

αποτελείται απο 6 κάμερες.

## 1.2 Λογισμικό πτήσης UAV

### Πλατφόρμες Υπολογιστών (CP: Computing Platform) UAV:

Ένα UAV είναι μέρος ενός μη επανδρωμένου εναέριου συστήματος (UAS), αποτελούμενο από διαφορά υποσυστήματα, τα κυριότερα είναι τα ακόλουθα:

- Σταθμός Ελέγχου εδάφους
- Σύνδεσμος επικοινωνίας UAV
- Αισθητήρες και ενεργοποιητές UAV
- Πλατφόρμες Υπολογιστών UAV

Σε αυτό το κομμάτι της εργασίας θα ασχοληθούμε κυρίως με τις πλατφόρμες υπολογιστών (CP: Computing Platform) των UAV.

Ένα UAV χρειάζεται μια υπολογιστική πλατφόρμα (CP) η οποία θα λειτουργήσει σαν σύστημα επεξεργασίας των διαφόρων δεδομένων που λαμβάνει από αισθητήρες, ωφέλιμα φορτία και άλλες υπομονάδες. Οι επεξεργασμένες πληροφορίες μεταφέρονται στη συνέχεια στον ενεργοποιητή και στον επίγειο σταθμό ή σε άλλο UAV, ώστε να μπορέσει το UAV να ολοκληρώσει την εκάστοτε αποστολή του.

Οι περισσότερες πλατφόρμες υπολογισμών (CPs) των εμπορικών και πολιτικών UAV βασίζονται κυρίως σε συστήματα μικροελεκτών (μC: micro-controller) ή COTS (Commercial Off The Shelf : τυποποιημένα , διαθέσιμα στο εμπόριο). Ωστόσο, τα σύγχρονα UAV μπορούν να εκτελούν πολύπλοκη επεξεργασία εικόνων και ανίχνευση αντικειμένων σε πραγματικό χρόνο με τη βοήθεια μαθηματικών αλγορίθμων όπως ML (Machine Learning) και DL (Deep Learning).

Τα UAV που αναπτύσσονται για εφαρμογές που απαιτούν υψηλή υπολογιστική επεξεργασία, για να μπορέσουν να φέρουν εις πέρας τα πολύπλοκα καθήκοντα τους χρησιμοποιούν συστήματα:

- Επεξεργαστών (processor) υψηλής ταχύτητας, πολλαπλών και πολλών πυρήνων,
- Μονάδες Επεξεργασίας Γραφικών (GPU)
- FPGAs : συστοιχία επιτόπια προγραμματιζόμενων πυλών
- APSoCs : όλα τα προγραμματιζόμενα συστήματα στο chip
- SoC-FPGA

Στην επόμενη ενότητα θα ερευνήσουμε την πλατφόρμα υπολογισμών (CP) που χρησιμοποιείται για τα FM (Functional Module: Λειτουργική Μονάδα – υποσύστημα) των UAV σε εφαρμογές υψηλού και χαμηλού επιπέδου. (Bouhali et al. 2017)

### **Υπολογιστής ελέγχου πτήσης (FCC : Flight Control Computer)**

Πρώτα απ' όλα θα πρέπει να απαντήσουμε τι είναι ο Υπολογιστής Ελέγχου Πτήσης (FCC); Είναι μια πλακέτα κυκλώματος που πάνω της έχει πολλά ηλεκτρονικά τσιπ. Μπορούμε να το συγκρίνουμε με τη μητρική πλακέτα και τον επεξεργαστή ενός φορητού υπολογιστή. Ο ελεγκτής πτήσης είναι ο εγκέφαλος, το μυαλό ενός drone. Ένα μικρό κουτί γεμάτο με έξυπνα ηλεκτρονικά και λογισμικό, το οποίο παρακολουθεί και ελέγχει όλα όσα κάνει το drone.

Τι προσφέρει λοιπόν ο Υπολογιστής Ελέγχου Πτήσης (FCC) σε ένα drone; Θα μπορούσαμε να ομαδοποιήσουμε την απάντηση σε τρεις κατηγορίες:

- **Αντίληψη (αίσθηση)                      Έλεγχο                      Επικοινωνία**

**Αντίληψη :** Ο ελεγκτής πτήσης είναι συνδεδεμένος με ένα σύνολο αισθητήρων. Οι οποίοι αισθητήρες δίνουν στον ελεγκτή πτήσης πληροφορίες

σχετικά με το ύψος, τον προσανατολισμό και την ταχύτητά του. Οι πιο συνήθεις αισθητήρες αυτής της κατηγορίας περιλαμβάνουν μια μονάδα μέτρησης αδράνειας (IMU: Inertial Measurement Unit) σύμφωνα με την οποία γίνεται ο προσδιορισμός της επιτάχυνσης και της γωνιακής ταχύτητας, αισθητήρες απόστασης για την ανίχνευση εμποδίων και ένα βαρόμετρο για το ύψος. Όπως ακριβώς αντιλαμβανόμαστε ως άνθρωπος, έτσι και το drone φιλτράρει πολλές από αυτές τις πληροφορίες και συγχωνεύει μερικές για να λαμβάνει πιο αποτελεσματικές και ακριβείς πληροφορίες.

**Έλεγχος:** Εκτός από την αίσθηση του τι συμβαίνει, Υπολογιστής Ελέγχου Πτήσης (FCC) ελέγχει την κίνηση του drone. Το drone μπορεί να περιστρέφεται και να επιταχύνει δημιουργώντας διαφορές ταχύτητας μεταξύ καθενός από τους τέσσερις κινητήρες του. Ο ελεγκτής πτήσης χρησιμοποιεί τα δεδομένα που συλλέγονται από τους αισθητήρες για να υπολογίσει την επιθυμητή ταχύτητα για κάθε έναν από τους τέσσερις κινητήρες. Ο ελεγκτής πτήσης στέλνει αυτήν την επιθυμητή ταχύτητα στους Ηλεκτρονικούς Ελεγκτές Ταχύτητας (ESC's), οι οποίοι μεταφράζουν αυτήν την επιθυμητή ταχύτητα σε σήμα που μπορούν να κατανοήσουν οι κινητήρες.

Ο υπολογισμός των κινήσεων, η σύντηξη και το φιλτράρισμα των αισθητηριακών πληροφοριών και η εκτίμηση της ασφάλειας και της αντοχής μιας πτήσης γίνονται όλα από έναν αλγόριθμο. Μια φανταχτερή λέξη που χρησιμοποιείται πολύ στις μέρες μας και στην ουσία δεν είναι τίποτα άλλο από ένα σύνολο αυστηρών κανόνων στους οποίους πρέπει να εφαρμόζει κάθε μικροσίπ στον πίνακα. Ο πιο συχνά χρησιμοποιούμενος αλγόριθμος ελέγχου πτήσης ονομάζεται έλεγχος PID: Proportional Integral Derivative Control.

**Επικοινωνία:** Ένα βασικό μέρος ενός ελεγκτή πτήσης είναι η επικοινωνία. Ένα μέρος της δουλειάς των αισθητήρων είναι να δίνουν τις πληροφορίες που πρέπει να μεταφραστούν καθαρά για να τις διαβάσει ένας πιλότος, πράγμα που σημαίνει αποτελεσματικά. Ένα προφανές πράγμα που πρέπει να επικοινωνήσουμε είναι το

επίπεδο της μπαταρίας του, το οποίο μπορεί να αποφασίσει εάν ένας πιλότος θέλει να πετάξει περαιτέρω ή να επιστρέψει στη φόρτιση.

Με την είσοδο των προγραμμάτων αυτόματου πιλότου στη βιομηχανία των drone, οι ελεγκτές πτήσης πρέπει να επικοινωνούν και με άλλα συστήματα υπολογιστών σχετικά με τον προορισμό της πτήσης τους και πώς να φτάσουν εκεί. Η επικοινωνία γίνεται κυρίως με wi-fi και ραδιοσυχνότητες αυτήν τη στιγμή, αλλά χρησιμοποιούνται ήδη λύσεις κινητής τηλεφωνίας. (Harte, 2020)

Αφού είδαμε μια γενική περιγραφή του τι κάνει ένας Υπολογιστής Ελέγχου Πτήσης (FCC), πάμε να αναπτύξουμε – ταξινομήσουμε καλύτερα την λειτουργία τους σύμφωνα με της απαιτήσεις που υπάρχουν και τα χαρακτηριστικά που έχουν.

Θα μπορούσαμε λοιπόν με βάση τα χαρακτηριστικά του να κάνουμε διαχωρισμό σε τρεις υποκατηγορίες:

Στην λειτουργία ελέγχου πτήσης **Χαμηλού Επιπέδου**, στην οποία εκτελούνται βασικές λειτουργίες του ελέγχου πτήσης, όπως ο έλεγχος του κινητήρα, η σταθερότητα του UAV και η επεξεργασία διαφόρων δεδομένων που λαμβάνει.

Στην λειτουργία πτήσης **Υψηλού Επιπέδου** ο Υπολογιστής Ελέγχου Πτήσης (FCC) ασχολείται με εφαρμογές όπως η αυτόνομη πλοήγηση, ο σχεδιασμός διαδρομής, η στερεοφωνική όραση, ο ταυτόχρονος εντοπισμός, η χαρτογράφηση, εφαρμογές που κάνουν τα UAV αυτόνομα. Σε λειτουργία υψηλού επιπέδου, ο Υπολογιστής Ελέγχου Πτήσης (FCC) απαιτεί υψηλή επεξεργαστική ισχύ όταν ένα λειτουργικό σύστημα εκτελείται μέσω συν-σχεδιασμού HW (HardWare) / SW (SoftWare), για την υλοποίηση πολύπλοκων αλγορίθμων πλοήγησης και ανίχνευσης αντικειμένων.

Οι σύγχρονες πλέον πλατφόρμες υπολογιστών (CP) μπορούν να εκτελέσουν ταυτόχρονα λειτουργίες χαμηλού και υψηλού επιπέδου και χαρακτηρίζονται από κάποιους ερευνητές ως **Υβριδικού Επιπέδου**, αν και σε κρίσιμες εφαρμογές χρειάζονται την βοήθεια και άλλων υπολογιστικών συσκευών για να μπορέσει να ανταπεξέλθει το σύστημα.

Παρακάτω θα προσπαθήσουμε να αναλύσουμε – κατανοήσουμε λίγο καλύτερα τις έννοιες χαμηλού επιπέδου, υψηλού επιπέδου, υβριδικού επιπέδου πως λειτουργούν και τι προσφέρουν.

### **Υπολογιστής Ελέγχου Πτήσης (FCC) χαμηλού επιπέδου**

Σε διάφορες μελέτες – πειράματα που έγιναν οι ερευνητές πρότειναν τέσσερις τεχνικές για το σχεδιασμό του ελεγκτή του υπολογιστή ελέγχου πτήσης λαμβάνοντας υπόψη τη χαμηλή ισχύ, τη γρήγορη απόκριση και τον μικρότερο όγκο σε FPGA για μικρά UAV, επίσης παρουσίασαν ένα υποσύστημα ασφαλούς λειτουργίας για τον υπολογιστή ελέγχου πτήσης χρησιμοποιώντας συνδυαστικά μικροελεγκτή (μC) και FPGA, ο μικροελεγκτής ελέγχει όλους τους αισθητήρες και παράγει σήματα για τον έλεγχο των κινητήρων του UAV. Το FPGA χειρίζεται την εργασία κρυπτογράφησης και αποκρυπτογράφησης δεδομένων πριν από την αποστολή δεδομένων στα συστήματα κινητήρα και ραδιοφώνου του UAV. (Psilias et al. , 2020)

### **Υπολογιστής Ελέγχου Πτήσης (FCC) υψηλού επιπέδου**

Σε κάποιες μελέτες παρουσιάζεται το πλαίσιο συν-σχεδιασμού SW/HW για τα UAV που επιστρέφουν, προτείνοντας έναν βελτιωμένο αλγόριθμο παρακολούθησης Kanade-Lucas-Tomasi με βάση την περιοχή. Βελτίωσαν επίσης την αρχιτεκτονική επιτάχυνση του hardware ενσωματώνοντας τον παραλληλισμό και βελτιώνοντας τη χρήση πόρων για τον υπολογιστή ελέγχου πτήσης (FCC) στη πλατφόρμα υπολογισμών (CP) που βασίζεται σε SoC-FPGA.

Επίσης ανέπτυξαν συστήματα επεξεργασίας σε πραγματικό χρόνο, όπως η μέση αφαίρεση, το παράθυρο, το φιλτράρισμα απόκρισης πεπερασμένης ώθησης, ο αποδεκατισμός και η φασματική εκτίμηση μέσω του Γρήγορου Μετασχηματισμού Φουριέ (FFT). Σαν αποτελέσματα της εφαρμογής των παραπάνω με τη χρήση παρόμοιου SoC-FPGA CP επήλθε η επίτευξη της τρισδιάστατης ανίχνευσης τοπικής κυκλοφορίας UAV σε πραγματικό χρόνο σε εμβέλεια 1000 m.

Σε άλλη παρόμοια μελέτη παρουσιάζεται ένα πρόσθετο σύστημα επεξεργασίας για ρυθμιζόμενη συχνότητα συνεχούς κυματικής συστοιχίας ραντάρ που χρησιμοποιεί SoC-FPGA για αυτόνομη πλοήγηση για την αναγνώριση κοντινών

αεροσκαφών όπως μικρά UAV έως 350 m και μεγαλύτερα αεροσκάφη έως 800 m. Σε αυτό το CP, χρησιμοποιήθηκαν επίσης αλγόριθμοι DSP, συμπεριλαμβανομένου του παράλληλου FFT, της διασυσχέτισης και του σχηματισμού δέσμης. (Sutton et al., 1999)

### **Υπολογιστής Ελέγχου Πτήσης (FCC) υβριδικού επιπέδου**

Ένα μοντέλο βασισμένο στο συν-σχεδιασμός HW/SW προτάθηκε για την υλοποίηση υβριδικού υπολογιστή ελέγχου πτήσης υψηλού και χαμηλού επιπέδου, όπου αναπαρέστησαν και συνέκριναν τέσσερις πιθανές πλακέτες για την υλοποίηση τέτοιων λειτουργιών. Σε θορυβώδη περιβάλλοντα, όπου έχει συννεφιά ή κάτω από δέντρα, τα σήματα GPS είναι τόσο αδύναμα που το UAV αντιμετωπίζει δυσκολίες στην παρακολούθηση και τον εντοπισμό. Για να αντιμετωπιστούν αυτές οι προκλήσεις σε πραγματικό χρόνο, φτιάχτηκε ένα σύστημα πλοήγησης βασισμένο σε όραση σε πραγματικό χρόνο που βασίζεται στον αλγόριθμο AprilTag χρησιμοποιώντας το SoC-FPGA CP για την εκτέλεση εκτίμησης, παρακολούθησης και εντοπισμού σε πραγματικό χρόνο σε περιβάλλοντα που δεν έχουν πρόσβαση στο GPS. (Yinka-Banjo, 2019)

**Συνολικά, τα πλεονεκτήματα που πρέπει να έχει ένα πλαίσιο λογισμικού μπορούν να οργανωθούν στα ακόλουθα:**

- **Επεκτασιμότητα:** το μεγαλύτερο πλεονέκτημα του πλαισίου και της αρχιτεκτονικής λογισμικού είναι η επεκτασιμότητα του. Η ευκολία προσθήκης πρόσθετων drones και εξαρτημάτων στο σύστημα χωρίς αλλαγές στην εσωτερική διαδικασία επιτρέπει μια βελτιστοποιημένη διαδικασία ανάπτυξης που εξοικονομεί χρόνο για τους ιδιοκτήτες γεωργικών εκτάσεων. Οι διαδικασίες κατανέμονται επίσης στην αρχιτεκτονική και αυτό καθιστά το σύστημα ταχύτερο και πιο αποτελεσματικό.
- **Αφαίρεση και φιλικότητα προς τον χρήστη:** Ο πίνακας εργαλείων λογισμικού κρύβει τις λεπτομέρειες σχετικά με τις λειτουργίες στη διαδικασία που θα είναι δύσκολο να κατανοήσουν οι διαχειριστές γεωργικών εκτάσεων με ελάχιστο ή

καθόλου υπόβαθρο στη μηχανική υπολογιστών. Δημιουργεί επίσης μια ενοποιημένη και ελκυστική διεπαφή χρήστη που μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι διαχειριστές αγροκτημάτων. Αυτό τους επιτρέπει να αναλύουν σύνθετα δεδομένα διαισθητικά.

- Στιβαρότητα/Ανοχή σφαλμάτων: Το σύστημα διαθέτει πολλαπλούς μηχανισμούς καταγραφής και διόρθωσης αστοχιών και επομένως είναι στιβαρό. Η αποτυχία ενός από τα UAV θα έχει μικρή επίδραση σε άλλα. Προβλήματα όπως αυτό μπορούν να επιλυθούν εύκολα αντικαθιστώντας το υλικό που έχει αποτύχει, ενώ άλλα συνεχίζουν τις κανονικές τους λειτουργίες. Ένα προφανές σημείο αστοχίας είναι οι αστοχίες ελεγκτή γείωσης και υλικού ή λογισμικού. Σε αυτό το σημείο, θα πρέπει να μπορεί να ανιχνευθεί το πρόβλημα και ο βαθμός του χρησιμοποιώντας δυνατότητες καταγραφής που μπορούν να ειδοποιήσουν τους ιδιοκτήτες αγροκτημάτων και τους συντηρητές του συστήματος για τα πρόσφατα προβλήματα που προκύπτουν και πρέπει να διορθωθούν. Αυτό θα κάνει σταδιακά το σύστημα λιγότερο επιρρεπές σε σφάλματα.

- Κάλυψη Μεγάλων Περιοχών: το σύστημα/αρχιτεκτονική, μέσω της χρήσης πολλαπλών UAV, θα πρέπει να μπορεί να συλλέξει δεδομένα ή να παραδώσει δεδομένα σε μεγάλες εκτάσεις γης. Αυτό μπορεί να είναι ελκυστικό για τους ιδιοκτήτες αγροκτημάτων που έχουν τεράστιες συνεχόμενες εκτάσεις γης.

- Φιλική προς τους προγραμματιστές: Η αρχιτεκτονική θα πρέπει να είναι φιλική προς τους προγραμματιστές, καθώς και να περιγράφει με σαφήνεια ποια μέρη της αρχιτεκτονικής εξυπηρετούν ποια λειτουργία έτσι ώστε ένας προγραμματιστής να μπορεί να μεταβεί και να εργαστεί, χωρίς να σπάσει ολόκληρο το σύστημα, σε ένα επίπεδο που φαίνεται κατάλληλο για την τεχνογνωσία του. Ένας προγραμματιστής μπορεί, για παράδειγμα, να δημιουργήσει ένα νέο μοντέλο μηχανικής μάθησης για μια εργασία και, επομένως, χρειάζεται μόνο να ενσωματώσει αυτόν τον αλγόριθμο στη στοίβα χωρίς να ανησυχεί για την επικοινωνία ή την κατανομή εργασιών.



### 1.3 Λογισμικά αεροφωτογραφίας των UAVs

Ως αεροφωτογραφία ορίζεται οποιαδήποτε αποτύπωση φωτογραφική της γήινης επιφάνειας (ξηράς ή θάλασσας) που έχει απαθανατιστεί μέσω ενός πτητικού μέσου. Αυτή διακρίνεται σε κατακόρυφη, πλάγια ή κεκλιμένη αεροφωτογραφία ανάλογα με τη διεύθυνση του σημείου λήψης της ως προς τον ορίζοντα. Συμπληρωματικά προς τα ανωτέρω είναι σημαντικό να παρουσιάσουμε επιμέρους ορολογία σχετικά με τη λήψη αεροφωτογραφιών προς το σκοπό της πληρέστερης παρουσίασης της θεματικής.

Έτσι λοιπόν, ως “Orthomosaic” (Ορθομωσαϊκό) ορίζεται μια αεροφωτογραφία που αποτυπώνει τοπογραφικό ανάγλυφο, ενώ η κλίση της κάμερας και οι παραμορφώσεις του φακού της κάμερας διαμορφώνονται έτσι ώστε η κλίμακα της εικόνας να είναι ομοιόμορφη στο σύνολό της.

Ακολουθως το “NIR Near Infrared” (Εγγύς υπέρυθρο) περιγράφεται ως ένα φάσμα φωτός ή αλλιώς ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, η τιμή της οποίας κυμαίνεται ελαφρώς πάνω από το μήκος κύματος του ορατού φωτός. Ως μεγάλης σημασίας έγκειται η συγκεκριμένη αναφορά καθώς το NIR φως που αντανακλάται από ένα φυτό μπορεί να αποτελέσει δείκτη για το πόσο υγιές είναι. Απαραίτητες είναι οι ειδικές κάμερες NIR, τροποποιημένες RGB ή πολυφασματικές για την απόκτηση αυτών των δεδομένων.

Το IR υπέρυθρο είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ή αλλιώς φως με μικρότερο μήκος κύματος από το εγγύς υπέρυθρο, το οποίο μπορεί να ανιχνεύσει θερμότητα.

Σε αντίθεση με τα ανωτέρω, ως θερμογραφία ορίζεται η απεικόνιση του φάσματος υπέρυθρου φωτός. Σε μία τέτοια απεικόνιση καταγράφονται οι εστίες θερμότητας. Το σύνολο συντεταγμένων ή των σημείων που αποτυπώνονται στην

επιφάνεια ενός αντικειμένου ορίζεται ως Σύννεφο Σημείων ή Point Cloud. Για τη δημιουργία ενός τρισδιάστατου μοντέλου απεικόνισης μιας περιοχής ή ενός αντικειμένου χρησιμοποιούμε το σύνολο των σημείων αυτών.

Σήμερα έχουν αναπτυχθεί πολλά λογισμικά επεξεργασίας αεροφωτογραφιών, μερικά από τα οποία είναι το Agisoft PhotoScan, ContextCapture, ArcGIS Drone2Map, DroneDeploy, Recap.

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά από τα κυριότερα χαρακτηριστικά κάθε προγράμματος.

Το Drone2Map συνιστά λογισμικό της πλατφόρμας ArcGIS, η διαμόρφωση του οποίου στηρίζεται στη Pix4D. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα, επιτρέπει τη δημιουργία γεωγραφικών δεδομένων, μέσα από την επεξεργασία των καταγραφών δεδομένων που συλλέγουν τα drones. Πιο συγκεκριμένα, δίνει την δυνατότητα παραγωγής υψηλής ποιότητας 2D και 3D προϊόντων όπως ορθομωσαϊκά, νέφη σημείων, 3d meshes, ισοϋψείς καμπύλες, DSM κ.α., επισκόπησης και ελέγχου αντικειμένων σε εμβέλεια 360 μοιρών, ενώ προσφέρει εργαλεία εντοπισμού μεταβολών όταν υπάρχει ιστορικότητα λήψεων. Ως λογισμικό, το Drone2Map χρησιμοποιείται σε εφαρμογές σχετικές με την παρακολούθηση, την ανάλυση της επιφάνειας της γης, τον έλεγχο καθώς και την επίβλεψη. (arcgis, 2020)

Το λογισμικό Agisoft PhotoScan συνιστά ένα εργαλείο που χρησιμοποιείται κυρίως από επαγγελματίες που ασχολούνται με τη φωτογραμμετρία. Μέσω του εργαλείου αυτού, η φωτογραμμετρική διαδικασία /μεθοδολογία εφαρμόζοντας μια σειρά από εντολές έχει σαν αποτέλεσμα την απόδοση του τρισδιάστατου περιβάλλοντος με τη χρήση φωτογραφιών. Το λογισμικό αυτό δίνει τη δυνατότητα για επεξεργασία οπτικών και πολυφασματικών εικόνων. Οι εικόνες αυτές μπορούν να αντλούνται και από μονό δέκτη (φακό) αλλά και από σύστημα πολλαπλών δεκτών (φακών), η μέγιστη ακρίβεια αγγίζει τα 3cm (από εναέριες λήψεις) και το 1mm (από κοντινές λήψεις). Συνιστώντας ένα πολύ γνωστό φωτογραμμετρικό λογισμικό, το Agisoft PhotoScan βρίσκει αποτελεσματική χρήση σε πολλές βιομηχανικές διαδικασίες προς το σκοπό επεξεργασίας ενός τρισδιάστατου (3D) περιβάλλοντος, που ποικίλουν από την ανάπτυξη οπτικών εφέ σε κινηματογραφικές

ταινίες μέχρι και την ανάπτυξη βιντεοπαιχνιδιών και τη διαμόρφωση τοπογραφικών αποτυπώσεων μνημείων σε αρχαιολογικούς και πολιτιστικούς χώρους (Fayad, 2019)

Ένα ακόμα λογισμικό που χρησιμοποιείται για τη αεροφωτογραφία, είναι το Context Capture το οποίο συνιστά πληρέστατο λογισμικό φωτογραμμετρικής επεξεργασίας και τρισδιάστατης (3D) μοντελοποίησης. Το εν λόγω λογισμικό ενσωματώνει ένα ιδιαίτερα εξελιγμένο αλγόριθμο βελτιστοποίησης του τρισδιάστατου (3D) μοντέλου, το οποίο μπορεί να διασφαλίζει την ορθή τοποθέτηση των κορυφών των τριγώνων. Σε σύγκριση με λοιπά λογισμικά μπορεί να προσφέρει μεγαλύτερη λεπτομέρεια και ακμές ακριβείας, βελτιώνοντας έτσι αισθητά την οπτική γεωμετρία των αντικειμένων. Σε ότι αφορά τη χρήση του, παρουσιάζεται ιδιαίτερα εύχρηστο χωρίς να απαιτεί κάποια πρότερη γνώση του λογισμικού από τον χρήστη. (Neo, 2020)

Μία ακόμα σημαντική αναφορά στα λογισμικά αεροφωτογραφίας ανήκει στην DroneDeploy, εταιρεία της οποίας το λογισμικό παράγει φωτογραμμετρικά δεδομένα, αναλύοντας πληροφορίες τις οποίες συλλέγουν τα ΣμηΕΑ. Προσφέρει δυνατότητα για απομακρυσμένη επεξεργασία δεδομένων εντός του cloud (σύννεφο) ενώ δύναται να υποστηρίξει όλη τη σειρά drones της DJI. Οι χρήσεις το Drone Deploy είναι ιδιαίτερα φιλικές και προσαρμοσμένες στον τομέα της γεωργίας, ενώ περιλαμβάνουν κατασκευές, γεωργικές διαδικασίες καλλιέργειας και τοπογραφική αποτύπωση. Μία από τις πιο χρήσιμες εφαρμογές του λογισμικού είναι το Field Scanner, η οποία δίνει τη δυνατότητα στους αγρότες να χαρτογραφήσουν μια περιοχή σε πραγματικό χρόνο κατά τη διάρκεια της πτήσης του drone και να έχουν γρήγορη πρόσβαση σε χάρτες NDVI - χωρίς να χρειάζεται πρόσβαση στο διαδίκτυο. (Dukowitz, 2017)

Τέλος, η Pix4D είναι μια ελβετική εταιρεία που παράγει μια σειρά φωτογραμμετρικού λογισμικού, το οποίο είναι βέβαια αρκετά βαρύ έχει ωστόσο σημαντικές δυνατότητες. Για κάθε ξεχωριστή ανάγκη του χρήστη, έχει διαμορφωθεί και μια ξεχωριστή έκδοση του λογισμικού όπως π.χ. χαρτογράφηση (Pix4DMapper), κατασκευή (Pix4Dbim), γεωργία (Pix4Dag) την τρισδιάστατη μοντελοποίηση (Pix4Dmodel). Το Pix4D είναι συμβατότητα, τόσο με drones DJI αλλά και με drones

Parrot. Τα δεδομένα που συλλέγει μπορεί να τεθούν υπό επεξεργασία είτε να είτε χρησιμοποιώντας ο χρήστης τον δικό του υπολογιστή είτε απομακρυσμένα (cloud) μέσα από τη σχετική υπηρεσία που προσφέρει η εταιρεία. Μεταξύ των υφιστάμενων λογισμικών το Pix4D συνιστά μία από τις κορυφαίες επιλογές σε λογισμικό χαρτογράφησης στη βιομηχανία των drones. Πρόκειται για ένα ισχυρό εργαλείο στα χέρια έμπειρων επαγγελματιών στον τομέα της τοπογραφίας, των κατασκευών, των πολιτικών μηχανικών, της γεωργίας και άλλων βιομηχανιών. (Dukowitz, 2017).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### Παράμετροι Λογισμικών (UAVs)

#### 2.1 Αλγόριθμοι και δημιουργία Επικοινωνιακών Διαδρομών: Προσομοίωση των δεδομένων χαρτογράφησης στην πράξη

Η επικοινωνία είναι ένα από τα κρίσιμα μέρη οποιασδήποτε αρχιτεκτονικής UAV. Δεδομένου ότι οι περισσότερες γεωργικές εκτάσεις είναι επίπεδες και δεν έχουν εμπόδια, το πλαίσιο που παρουσιάζεται δεν θα χρειάζεται το σχεδιασμό νέας αρχιτεκτονικής δικτύου. Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί εμπορικά διαθέσιμο υλικό και λογισμικό ανοιχτού κώδικα, χωρίς την ανάγκη ολοκλήρωσης του σχεδιασμού δικτύου. Η προηγμένη αρχιτεκτονική χρησιμοποιεί δύο τύπους επικοινωνιών δικτύου, δηλαδή ραδιοεπικοινωνία και WiFi, με δύο αντίστοιχους τύπους επικοινωνιακών καναλιών, ήτοι τις επικοινωνίες μεταξύ του UAV και του επίγειου σταθμού και της επικοινωνίας δεδομένων μεταξύ του ενσωματωμένου υπολογιστή και του διακομιστή. Η ανάγκη ύπαρξης ενός ξεχωριστού δικτύου επικοινωνίας προκύπτει για να αποφευχθεί η πιθανή καθυστέρηση που θα προκληθεί σε ένα ενοποιημένο δίκτυο και να αξιοποιήσει τη λειτουργικότητα μιας πτήσης

Η ραδιοεπικοινωνία όπως το ραδιόφωνο τηλεμετρίας 3DR έχει μεγαλύτερη εμβέλεια και δίνει τη δυνατότητα λήψης δεδομένων από τους ελεγκτές πτήσης

όπως στοίβες πτήσης PX4 ή APM και ως εκ τούτου μπορεί ευχερώς να χρησιμοποιηθεί ως μονάδα επικοινωνίας μεταξύ του σταθμού εδάφους και των UAV μελών. Αυτό θα επιτρέψει στους προγραμματιστές να χρησιμοποιήσουν το πλούσιο πρωτόκολλο επικοινωνίας που ονομάζεται MAVLink, το οποίο είναι ακρωνύμιο του Micro Air Vehicle Link.

Συμπληρωματικά προτείνεται μια υβριδική δημοσίευση-συνδρομή, η οποία είναι σε λειτουργία πολλαπλής διανομής και η οποία δεν δημιουργεί πρόσθετη επιβάρυνση και πολλοί συνδρομητές μπορούν όλοι να λαμβάνουν αυτά τα δεδομένα και το μοτίβο σχεδίασης από σημείο σε σημείο, όπου το MAVLink χρησιμοποιεί αναγνωριστικό στόχου και στοιχείο προορισμού για επικοινωνία με τη στοίβα πτήσης. Οι ροές δεδομένων αποστέλλονται/ δημοσιεύονται ως θέματα, ενώ τα υποπρωτόκολλα διαμόρφωσης, όπως το πρωτόκολλο αποστολής ή το πρωτόκολλο παραμέτρων, διαμοιράζεται από σημείο σε σημείο με αναμετάδοσή.

Μετά την ολοκλήρωση της εργασίας που έχει ανατεθεί, τα UAV μπορούν να συνδεθούν με τις μονάδες εκφόρτωσης δεδομένων, όπου ανεβάζουν τις εικόνες και άλλα δεδομένα που συγκέντρωσαν κατά τη διάρκεια της πτήσης τους και τα ανεβάζουν από τον ενσωματωμένο υπολογιστή τους, ο οποίος χρησιμεύει ως μονάδα προσωρινής αποθήκευσης, στον διακομιστή. Η ανάγκη αποθήκευσης των δεδομένων και αποστολής τους μέσω Wi-fi προέρχεται από το γεγονός ότι τα δεδομένα ροής είναι επιρρεπή σε απώλεια. Γι' αυτό και ο διακομιστής υποδοχής μέσω του δικτύου Wi-fi εξασφαλίζει ταχύτερο ρυθμό μετάδοσης. (Hoang et. al, 2017)

## **2.2 Στοιχεία λειτουργίας και ελέγχου Drone: Προσομοίωση δεδομένων χαρτογράφησης στην πράξη**

Ένα πλήρως λειτουργικό σχεδιασμένο drone θα πρέπει να πληροί πολλές λειτουργικές και μη λειτουργικές απαιτήσεις, όπως οι ακόλουθες (Lebsework et al. 2019):

### **Δυναμική κάλυψη**

Αυτό σημαίνει ότι το λογισμικό θα πρέπει να μπορεί να συνδεθεί σε νέες μονάδες στο LAN ενώ το σύστημα λειτουργεί και οι μονάδες που υπάρχουν ήδη στο σύστημα θα ενημερωθούν για την παρουσία του. Με παρόμοιο τρόπο, όταν μια μονάδα χρειάζεται μια υπηρεσία, μπορεί να ρωτήσει το σύστημα εάν κάποια άλλη μονάδα προσφέρει αυτήν τη λειτουργία.

### **Απομακρυσμένη εκτέλεση**

Στην περίπτωση αυτή, οι μονάδες θα μπορούν να καταναλώνουν υπηρεσίες που εκτίθενται από άλλες μονάδες στο δίκτυο. Μια υπηρεσία θα προσφέρει πολλές λειτουργίες που μπορούν να κληθούν εξ αποστάσεως. Η μονάδα καταναλωτή θα στείλει τη συνάρτηση και τις παραμέτρους της και θα περιμένει τα αποτελέσματα που επιστρέφονται από τη μονάδα παρόχου.

### **Αυτό-περιγραφή ενότητας**

Κάθε ενότητα θα παρέχει κατόπιν αιτήματος περιγραφή των υπηρεσιών που προσφέρει. Αυτό θα βοηθήσει στην ανάπτυξη πολύπλοκων λειτουργιών και στην πιθανότητα μια μονάδα να μπορεί να χρησιμοποιεί υπηρεσίες που δεν υπήρχαν όταν κατασκευάστηκε/προγραμματίστηκε.

### **Λήψη/ρύθμιση δεδομένων από μονάδες**

Οι μονάδες θα μπορούν να εκθέσουν την εσωτερική τους κατάσταση χρησιμοποιώντας μεταβλητές. Άλλες μονάδες μπορούν να ζητήσουν αυτές τις

πληροφορίες ή να στείλουν αλλαγές σε αυτές με σύγχρονο τρόπο. Αυτές οι μεταβλητές περιέχουν πληροφορίες από αισθητήρες ή εισόδους στους διαφορετικούς ενεργοποιητές στο UAV.

### **Ροή δεδομένων**

Ορισμένες μεταβλητές θα αλλάξουν με υψηλούς ρυθμούς. Δεν θα είναι αποτελεσματικό για μια ενότητα να ζητά συνεχώς νέες τιμές μιας τέτοιας μεταβλητής. Για το χειρισμό αυτού του είδους δεδομένων, η αρχιτεκτονική εντός drone θα πρέπει να παρέχει ροές δεδομένων που θα στέλνουν αποτελεσματικά αυτές τις πληροφορίες σε πολλαπλές μονάδες χρησιμοποιώντας τις δυνατότητες πολλαπλής διανομής του επιπέδου δικτύου.

### **Δύο πολιτικές ονομασίας**

Οι χρήστες του συστήματός θα θέλουν να χρησιμοποιούν ακριβείς και περιγραφικές τις εκάστοτε μεταβλητής ονομασίες (πχ. τις ροές και τις υπηρεσίες όπως "adf compass", "fuel flow" ή "lights on"). Ωστόσο, στο επίπεδο δικτύου θα είναι πιο αποτελεσματική η χρήση αριθμητικών αναγνωριστικών που καταλαμβάνουν λιγότερα byte. Μία λοιπόν από τις αρμοδιότητες του επιπέδου λογισμικού που θα πρέπει να παρέχεται είναι η δημιουργία και η αποθήκευση στην κρυφή μνήμη των αριθμητικών αναγνωριστικών που χρησιμοποιούνται εσωτερικά από το δίκτυο, ενώ οι μονάδες θα μπορούν να αναπτυχθούν με βάση εξωτερικά κατανοητά από τον χειριστή αναγνωριστικά.

### **Ομαδοποίηση υποσυστημάτων**

Οι πληροφορίες που μεταδίδονται στο δίκτυο θα πρέπει να σχετίζονται με διαφορετικά υποσυστήματα και το πρωτόκολλο που έχει θεσπιστεί να μπορεί να διατηρήσει αυτή τη σχέση. Αυτό θα επιτρέπει να αναμειγνύουμε και να ομαδοποιούμε δεδομένα από διαφορετικά υποσυστήματα. Για παράδειγμα, αυτό θα είναι χρήσιμο σε έναν επίγειο σταθμό βάσης για την επιλογή δεδομένων από



διαφορετικά UAV ή μέσα στο ίδιο το UAV για ομαδοποίηση πληροφοριών από διάφορους κινητήρες κ.λπ.

### **Κατανεμημένη αρχιτεκτονική**

Ένα σύστημα θα πρέπει να αποφεύγει τους κεντρικούς κόμβους για να εγγυάται τη σωστή καθολική λειτουργία του. Κάθε ενότητα είναι υπεύθυνη για την ανακοίνωση των δυνατοτήτων της και για την παροχή των υπηρεσιών της χωρίς τη βοήθεια οποιασδήποτε άλλης ενότητας.

### **Ελαφρύ πρωτόκολλο**

Υπάρχουν ορισμένα πρωτόκολλα κοινά σε άλλους τομείς που θα μπορούσαν να επεκταθούν και να τροποποιηθούν για να χρησιμοποιηθούν, π.χ. RTP για τη μετάδοση βελτιστοποιημένων πληροφοριών. Ωστόσο, ένα πολύ ελαφρύ ολοκαίνουργιο πρωτόκολλο είναι σε θέση να αποκτήσει συμπεριφορά σε πραγματικό χρόνο σε μικροελεγκτές με περιορισμένους υπολογιστικούς πόρους.

### **Λειτουργικό Σενάριο**

Σε ένα υποθετικό σενάριο όπου ο χειριστής αποφασίζει να τραβήξει ένα βίντεο με γεωαναφορά, για να ολοκληρώσει επιτυχώς αυτήν την εργασία θα χρειαστεί τις υπηρεσίες που παρέχονται από την αποθήκευση, σύστημα υπολογιστή και τις μονάδες κάμερας και ανίχνευσης. Πώς λοιπόν αυτές οι διαφορετικές μονάδες αλληλοεπιδρούν και ανταλλάσσουν μηνύματα με το σύστημα για να ολοκληρώσουν αυτό το πολύπλοκο έργο; Μια πρωτότυπη απάντηση περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

Πρώτον, ο χειριστής ζητά από το σύστημα τη μονάδα που δημιουργεί τη μεταβλητή ή ροή δεδομένων gps και το Flight Computer System ανταποκρίνεται με τη θέση του. Στη συνέχεια, με παρόμοιο τρόπο, ο χειριστής ζητά από το σύστημα τη μονάδα που δημιουργεί τη μεταβλητή ή τη βιντεοκάμερα ροής και η μονάδα Camera & Sensing απαντά με τη θέση της. Αργότερα, ο χειριστής αποστολής ζητά από το σύστημα τη μονάδα που παρέχει τη ροή αποθήκευσης υπηρεσιών και η

μονάδα αποθήκευσης απαντά με τη θέση της. Τώρα, ο χειριστής γνωρίζει την τοποθεσία όλων των υπηρεσιών που χρειάζεται, πορεία που θα εγγραφεί στις ροές που θέλει να αποθηκεύσει. Τα δεδομένα ροής gps που παράγονται από το Flight Computer System καταχωρούνται στο σύστημα. Στη συνέχεια ο χειριστής δίνει εντολή στη μονάδα αποθήκευσης να αποθηκεύει τόσο τις ροές δεδομένων gps όσο και τις ροές δεδομένων της βιντεοκάμερας. Από αυτό το σημείο και μετά, η μονάδα αποθήκευσης θα αποθηκεύει τα δεδομένα χωρίς παρέμβαση του χειριστή.

Μια τέτοια αρχιτεκτονική λογισμικού επιτρέπει την ανάπτυξη πολύπλοκων και συνεργατικών υπηρεσιών που μπορούν εύκολα να επαναχρησιμοποιηθούν μεταξύ πολλών εφαρμογών UAV. Οι διαθέσιμες μονάδες στο UAV παρέχουν ένα εκτεταμένο σύνολο υπηρεσιών, καλύπτοντας ένα σημαντικό μέρος των γενικών λειτουργιών που υπάρχουν σε πολλές αποστολές. Επομένως, για να προσαρμοστεί ένα αεροσκάφος για μια νέα αποστολή, θα αρκεί ο χειριστής να ρυθμίσει εκ νέου τον έλεγχο αποστολής για να χρησιμοποιήσει τις προσαρμοσμένες υπηρεσίες χωρίς την προσθήκη νέου λογισμικού ή υλικού. Όταν μια λειτουργική μονάδα διανέμει μια ροή δεδομένων, πολλές μονάδες μπορούν να τη λαμβάνουν. Η επεξεργασία αυτών των πληροφοριών θα μπορούσε να γίνει τότε με παράλληλο ή περιττό τρόπο, για παράδειγμα με επεξεργασία εναλλακτικών καρέ βίντεο σε δύο μονάδες ή για αποθήκευση δύο αντιγράφων των δεδομένων του αισθητήρα σε δύο διαφορετικές μονάδες αποθήκευσης.

Με ανάλογο τρόπο, διαφορετικές μονάδες μπορούν να προσφέρουν την ίδια υπηρεσία, μεταβλητή ή ροή. Όταν μια λειτουργική μονάδα ζητά από το σύστημα μια συγκεκριμένη ενέργεια, δεν γνωρίζει ακριβώς (και δεν χρειάζεται να τη γνωρίζει) ποιος κόμβος πρόκειται να απαντήσει. Αυτό επιτρέπει σε περίπτωση αστοχίας της μονάδας, μια άλλη μονάδα με ισοδύναμες λειτουργίες να μπορεί να αναλάβει τις δραστηριότητές της με επιτυχίες. Αυτή η αρχιτεκτονική επιτρέπει επίσης σημαντικό βαθμό επεκτασιμότητας και ευελιξίας, επειδή δεν χρειάζεται να γνωρίζει ο χειριστής εκ των προτέρων σε ποιους κόμβους υλικού αντιστοιχίζονται οι υπηρεσίες.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### Λογισμικά Ελέγχου Πτήσης των UAVs

Σαν λογισμικά Ελέγχου πτήσης ορίζουμε το σύνολο των προγραμμάτων και διαδικασιών που εκτελούν εργασίες σε μη επανδρωμένα αεροσκάφη. Βοηθούν στη δημιουργία της βέλτιστης διαδρομής και στην πραγματοποίηση της πτήσης για την αποτύπωση της περιοχής ενδιαφέροντος μας και την συλλογή δεδομένων.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα αναλύσουμε παρακάτω τα χαρακτηριστικά έξι τέτοιων εφαρμογών έτσι ώστε να μπορέσουμε να βγάλουμε ένα συμπέρασμα ως προς την βέλτιστη επιλογή.

#### 3.1 Map Pilot Pro

Το Map Pilot Pro είναι ένα λογισμικό με το οποίο πραγματοποιούμε συλλογή δεδομένων με την βοήθεια των οποίων σε συνδυασμό με κάποια άλλη εφαρμογή μπορούμε να δημιουργήσουμε χάρτες. Παρ' όλο που για την δημιουργία χάρτη μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε λογισμικό φωτογραμμετρίας της επιλογής μας, η ηλεκτρονική υπηρεσία Maps Made Easy μας παρέχει πρόσβαση, ως μέρος συνδρομητικού πακέτου, στις προηγμένες λειτουργίες του Map Pilot Pro.

Σαν λογισμικό διατίθεται δωρεάν στο διαδίκτυο το μέγεθος του οποίου είναι 185 MB σε συσκευές iOS και 114MB σε συσκευές android. Μέχρι πρόσφατα υποστηριζόταν μόνο από συσκευές iOS.

Οι βασικές ρυθμίσεις του μενού είναι:

- Norm/line mission: επιλογή του αν η περιοχή αποτύπωσης θα είναι γραμμή ή ένα πολύγωνο
- Altitude: την απόσταση που θα καλύψει (την οποία αυξομειώνουμε πολύ εύκολα με την μετακίνηση των ακραίων σημείων)
- Speed: την ταχύτητα με την οποία θα κινείται το drone
- Rotation: τη φορά κίνησης



*Εικόνα 4 βασικό menu*

*πηγή [www.dronesmadeeasy.com](http://www.dronesmadeeasy.com)*

Από κει και πέρα υπάρχει ένα εύρος δυνατοτήτων που περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω.

### **ΠΡΟΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΧΩΡΙΣ ΣΥΝΔΕΣΗ**

Δίνει την δυνατότητα προεπισκόπησης χωρίς σύνδεση. Αποθηκεύει τον χάρτη και μας δίνει την δυνατότητα να το χρησιμοποιήσουμε και εκτός σύνδεσης.

### **ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΧΩΡΙΣ ΣΥΝΔΕΣΗ**

Το Map Pilot Pro μας δίνει αυτή τη δυνατότητα για διευκόλυνση σε περιπτώσεις όπου βρισκόμαστε σε απομακρυσμένο σημείο ή αν οι παρεμβολές στο σήμα είναι

τέτοιες που δεν επιτρέπουν την ορθή ενεργοποίηση της κάμερας. Στη χαρτογράφηση χωρίς σύνδεση υπάρχουν 2 κατηγορίες :

1. Η χρονομετρική απεικόνιση όπου ορίζεται η απόσταση η οποία κάθε φορά που διανύεται από το drone η κάμερα τραβάει μια φωτογραφία σε x δευτερόλεπτα. Η εξής μέθοδος είναι καλή αλλά έχει αστοχίες σε περίπτωση που το drone μειώσει την ταχύτητα του γιατί θα χρειαστούν πιο πολλές φωτογραφίες.
2. Το Distance triggering είναι μια δυνατότητα πιο σύγχρονη και αποτελεσματική η οποία είναι διαθέσιμη σε μη επανδρωμένα σκάφη νέας τεχνολογίας όπως τα Phantom 4 Pro/Mavic.

## **ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΜΕ ΕΠΙΓΝΩΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ**

Πρόκειται για μία εξειδικευμένη δυνατότητα την οποία για να την χρησιμοποιήσουμε χρειάζεται να υπάρχει πρόσβαση σε λογαριασμό χρήστη στο Maps Made Easy.

## **ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ**

Η επικάλυψη μεταξύ των εικόνων αποτελεί το πιο σημαντικό κριτήριο για την ορθή συρραφή των φωτογραφιών μεταξύ τους οπότε κατ' επέκταση και την ορθή δημιουργία ενός χάρτη. Για τη σωστή αναπαραγωγή του εδάφους χρειάζεται γύρω στο 20% επικάλυψη μεταξύ των αεροφωτογραφιών. Γενικά όσο περισσότερες είναι οι φωτογραφίες που έχουμε τόσο καλύτερο το αποτέλεσμα.

Σε ένα απλό αντικείμενο όπως στην προκειμένη ον απόλυτος ελάχιστος αριθμός εικόνων που απαιτείται είναι 4 (τέσσερις). Με τη εντολή Image Overlap από το μενού θα σχεδιάσουμε μια διαδρομή στην οποία θα ενεργοποιείται αυτόματα η κάμερα στον κατάλληλο χρόνο για την συλλογή των δεδομένων. Η θέση και ο χρόνος της φωτογραφίας βασίζεται στο ύψος της κάμερας από το έδαφος και στο οπτικό πεδίο.

1. Υπόθεση Υψομέτρου

Το Map Pilot θεωρεί ότι η γη είναι επίπεδη και έτσι όταν υπάρχουν υψομετρικές διαφορές στην περιοχή ενδιαφέροντος, ο χρήστης πρέπει να τα υπολογίσει κατά το σχεδιασμό του ύψους πτήσης και την επιλογή σημείου απογείωσης.

## 2. Έδαφος

Σε περίπτωση όπου το υψόμετρο του σημείου απογείωσης είναι χαμηλότερο από τη γενική εικόνα το πραγματικό υψόμετρο θα είναι μικρότερο οπότε θα μειωθεί το ποσοστό της επικάλυψης. Για να το αποφύγουμε αυτό θέτουμε σαν σημείο απογείωσης το μεγαλύτερο υψομετρικά σημείο (ή κάποιο κοντά σε αυτό), το οποίο θα έχει την απαραίτητη επικάλυψη.

## 3. Ενεργοποίηση κάμερας

Οι ρυθμίσεις σχετικά με τα όρια ταχύτητας γίνονται αυτόματα από το Map Pilot. Ο μεγαλύτερος αριθμός είναι 1 εικόνα ανά 2,5 δευτερόλεπτα. Αυτό σημαίνει ότι ουσιαστικά περιορίζεται ο ρυθμός για σωστότερη επικάλυψη.

## **ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΤΗΣΕΩΝ**

Ο γραμμικός σχεδιασμός πτήσεων μας δίνει τη δυνατότητα να πραγματοποιούμε πτήσης σε μακριές λεπτές περιοχές όπως δρόμοι χωρίς να χρειαστεί να προγραμματίσουμε πολλές διαφορετικές πτήσεις. Έχει ίδια διάρκεια αποστολής και η κατανάλωση σε μπαταρία είναι ίδια με τον κανονικό σχεδιασμό πτήσεων. Αποτελεί ένα επιπλέον εργαλείο το οποίο πρέπει να αγοραστεί για να μπορείς να κάνεις αποθήκευση της αποστολής.

## **TERRAIN AWARENESS**

Το terrain awareness δηλαδή η επίγνωση εδάφους είναι επίσης ένα πολύ σημαντικό εργαλείο το οποίο βοηθάει ώστε η επικάλυψη να παραμένει σταθερή και να έχουμε έτσι πιο αξιόπιστα, συνεπή και ποιοτικά δεδομένα.

Στην πραγματικότητα όταν αποτυπώνουμε ανώμαλο έδαφος είναι δύσκολο να παραμένει σταθερή η απόσταση από την κάμερα έως το έδαφος, αυτό το πρόβλημα έρχεται να λύσει το terrain awareness όπου αφού λάβει τις κατάλληλες πληροφορίες θα συνυπολογίσει τις υψομετρικές διαφορές η τις μορφολογικές

ανωμαλίες και θα υπολογίσει την καλύτερη βάση εδάφους διαδρομή. Είναι επίσης μια δυνατότητα που χρειάζεται να αγοραστεί για να μπορείτε να την δουλέψετε πέραν της προεπισκόπησης.

### ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΕΠΑΝΕΚΚΙΝΗΣΗΣ



*Εικόνα 5 Στιγμιότυπο από εφαρμογή ΧΣΕ*

*πηγή [www.dronesmadeeasy.com](http://www.dronesmadeeasy.com)*

Σε περίπτωση που μετά από κάποια διαδρομή ένα κομμάτι δεν έχει το ιδανικό πέρασμα το **χειροκίνητο σημείο επανεκκίνησης** μας δίνει τη δυνατότητα να επιλέξουμε οποιαδήποτε γωνία της διαδρομής και να την ορίσουμε σαν σημείο επανέναρξης (μη αυτόματης ωστόσο) ώστε να ξαναμαζέψουμε τα δεδομένα και να μην ξανακάνουμε από την αρχή όλη τη διαδρομή.

### ΚΙΝΗΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ

Το **Κινητό σημείο κατοικίας** ή αλλιώς **Home point** χρειάζεται για να λειτουργήσει να είναι ενεργοποιημένος ο εντοπισμός θέσης (GPS). Παρακολουθεί την κίνηση του πιλότου την οποία σημειώνει με ένα κίτρινο x τη θέση αυτή αποθηκεύει εκ νέου ως σημείο απογείωσης- επιστροφής. Σε επόμενη πτήση ξεκινάει από εκείνο το σημείο. (Dronesmadeeasy)

## 3.2

## Litchi

Το Litchi είναι μια εφαρμογή πραγματοποίησης αυτόνομης πτήσης για DJI Drone. Η DJI ή αλλιώς **Dà-Jiāng Innovations Science and Technology** είναι μια κινέζικη εταιρία κατασκευής drone. Χρησιμοποιώντας προηγμένους αλγόριθμους για την λεπτομερή αποτύπωση και δημιουργεί ευανάγνωστα αρχεία καταγραφής, τα οποία αποθηκεύει στο λογαριασμό του χρήστη.

Το Litchi είναι ένα λογισμικό το οποίο διαθέτει τον δικό του ιστότοπο (flylitchi.com) στον οποίο η δημιουργία λογαριασμού σου δίνει τη δυνατότητα της απευθείας μεταφόρτωσής των δεδομένων συλλογής.

Είναι διαθέσιμο για συσκευές android από το 2015 με μέγεθος 189 MB, αλλά και για συσκευές iOS 12,4 και νεότερες με μέγεθος 319 MB. Επίσης σε αντίθεση με το προηγούμενο σου δίνει τη δυνατότητα επιλογής γλώσσας, μεταξύ των οποίων και της Ελληνικής. Μπορούμε να την κατεβάσουμε από το Google store ή το apps της apple έναντι αμοιβής.

Παρακάτω αναφέρονται τα βασικά εργαλεία ρύθμισης του menu:



**Εικόνα 6 Βασικό menu**

**πηγή [www.flylitchi.com](http://www.flylitchi.com)**

1. **ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΠΤΗΣΗΣ** : Χρησιμοποιήστε αυτό το αναπτυσσόμενο μενού για να αλλάξετε τη λειτουργία πτήσης.
2. **PANTAR** : Δείχνει τη θέση του αεροσκάφους σε σχέση με την κινητή συσκευή του χειριστή (μόνο για Android).
3. **ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑ ΠΤΗΣΗΣ** : Δείχνει το ύψος σε σχέση με το υψόμετρο απογείωσης, την απόσταση από το σημείο έδρας στο αεροσκάφος και την



ταχύτητα σε όλους τους άξονες. Στη λειτουργία παρακολούθησης, εμφανίζεται η απόσταση μεταξύ της κινητής συσκευής και του αεροσκάφους.

4. **ΕΜΦΑΝΙΣΗ/ΑΠΟΚΡΥΨΗ ΜΙΚΡΗΣ ΠΡΟΒΟΛΗΣ** : Πατήστε για να ελαχιστοποιήσετε το μέγεθος της μικρής προβολής. Πατήστε στη μικρή προβολή για εναλλαγή των προβολών χάρτη και βίντεο.
5. **ΑΕΡΟΣΚΑΦΟΣ** : Δείχνει τη θέση του αεροσκάφους στο χάρτη. Πατήστε για να προσθέσετε ένα σημείο ή ένα σημείο ενδιαφέροντος στην τοποθεσία του αεροσκάφους.
6. **ΚΙΝΗΤΗ ΣΥΣΚΕΥΗ** : Εμφανίζει τη θέση της κινητής συσκευής στο χάρτη. Πατήστε για να προσθέσετε ένα σημείο ή ένα σημείο ενδιαφέροντος στην τοποθεσία της κινητής συσκευής.
7. **HOME POINT** : Εμφανίζει τη θέση του σημείου αρχικής τοποθεσίας στο χάρτη. Για να ορίσετε ένα νέο αρχικό σημείο, σύρετε αυτόν τον δείκτη σε άλλη τοποθεσία. Πρέπει να πετάτε για να μετακινήσετε το Home Point.
8. **ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑΣ/ΒΙΝΤΕΟ** : Χρησιμοποιήστε το για να αλλάξετε τη λειτουργία της κάμερας.
9. **ΛΗΨΗ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑΣ/ΕΓΓΡΑΦΗ** : Πατήστε αυτό το κουμπί για να τραβήξετε φωτογραφία ενώ βρίσκεστε σε λειτουργία φωτογραφίας. Πατήστε για έναρξη και διακοπή εγγραφής ενώ βρίσκεστε σε λειτουργία βίντεο.
10. **ΕΝΔΕΙΞΗ PITCH GIMBAL** : Δείχνει την τρέχουσα θέση της κλίσης του αντίζυμου. Η κορυφή είναι +30° πάνω από τον ορίζοντα, η κάτω είναι -90°. Πατήστε σε αυτήν την ένδειξη για εναλλαγή μεταξύ της κάτω και της επάνω θέσης αντίζυγο.
11. **ΖΟΥΜ ΣΕ ΦΟΡΗΤΗ ΣΥΣΚΕΥΗ** : Πατήστε για μεγέθυνση του χάρτη στην τρέχουσα τοποθεσία της κινητής συσκευής.
12. **ΞΕΚΛΕΙΔΩΜΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ ΧΑΡΤΗ** : Από προεπιλογή ο χάρτης είναι προσανατολισμένος προς τον Βορρά. Πατήστε για να προσαρμόζεται συνεχώς η περιστροφή του χάρτη ώστε να ταιριάζει με τη θέση της κινητής σας συσκευής σε σχέση με το βορρά.
13. **ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΚΑΜΕΡΑΣ** : Πατήστε για να ανοίξετε τις ρυθμίσεις κάμερας.

## **FPV**

Το Litchi δίνει τη δυνατότητα με τη λειτουργία FPV για χειροκίνητη οδήγηση του σκάφους. Το σκάφος ανεβαίνει στα 1,2 μέτρα με την αυτόματη απογείωση. Παράλληλα με την πτήση σε ζωντανό χρόνο αν υπάρχει σύνδεση στο ίντερνετ μπορούμε να εμφανίζουμε το βίντεο σε μια δεύτερη συσκευή.

## **ΣΗΜΕΙΟ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ**

Με το Waypoint Mode σχεδιάζουμε διαδρομές είτε κλασσικές που αποτελούνται από σημεία διαδρομής είτε προηγμένες κινήσεις κάμερας. Μπορούμε να προσθέσουμε σημεία στη διαδρομή όπου αυτό θεωρείται χρήσιμο και επιπλέον μπορούμε να προσθέσουμε σημείο κατά την διάρκεια που το μη επανδρωμένο σκάφος βρίσκεται σε πτήση. (Flylitchi)

### 3.3

## Drone Harmony


Το Drone Harmony είναι και αυτό ένα λογισμικό για τη συλλογή δεδομένων με τη χρήση μη επανδρωμένων αεροσκαφών και τη χρήση τους για τη δημιουργία χάρτη.

Η πλατφόρμα Drone Harmony αποτελείται από τρία προϊόντα:


1. Το Drone Harmony Mobile
2. Το Drone Harmony Web
3. Και το Drone Harmony Cloud

Τα δύο πρώτα προϊόντα μπορούν να συγχρονιστούν πλήρως μέσω του Drone Harmony Cloud, έτσι ώστε να μπορούν να δουλεύουν και να αποθηκεύουν τις εργασίες τους στα σχέδια πτήσης και τα πεδία ενδιαφέροντος-αποτύπωσης. Είναι ένα λογισμικό αρκετά εύκολο στη χρήση για εμπείρους και μη χρήστες που επιτρέπει την επαναλαμβανόμενη συλλογή δεδομένων με αξιόπιστο τρόπο σε αρκετά σύνθετα περιβάλλοντα.

Είναι συμβατό με συσκευές Android 5.1 και νεότερες με μέγεθος 93MB και συσκευές iOS έκδοσης 14 και νεότερες με μέγεθος 168MB. Διατίθεται ελεύθερα στο ίντερνετ στα Αγγλικά. Επίσης είναι συμβατό με σχεδόν όλα τα drone της DJI. Επιτρέπει στους πιλότους να έχουν πλήρη απεικόνιση FULL-3D, για να βλέπουν που να τραβήξουν φωτογραφία.

Drones		Free License	Starter License	Professional License	Enterprise License
	<b>DJI Phantom Series</b>				
	DJI Phantom 3 Pro	✓	✓	✓	✓
	DJI Phantom 3 Advanced	✓	✓	✓	✓
	DJI Phantom 3 4K	✓	✓	✓	✓
	DJI Phantom 3S	✗	✗	✗	✗
	DJI Phantom 3SE	✗	✗	✗	✗
	DJI Phantom 4	✓	✓	✓	✓
	DJI Phantom 4 Pro	✓	✓	✓	✓
	DJI Phantom 4 Advanced	✓	✓	✓	✓
	DJI Phantom 4 RTK with SDK RC	—	—	✓	✓
	DJI Phantom 4 RTK with the non-SDK RC	✗	✗	✗	✗
DJI Phantom 4 Professional Plus (P4P+)	✗	✗	✗	✗	

Εικόνα 7 πηγή [www.droneharmony.com](http://www.droneharmony.com)

DJI Mavic Series		Free License	Starter License	Professional License	Enterprise License
	<b>DJI Mavic Series</b>				
	DJI Mavic Mini*	✓	✓	✓	✓
	DJI Mavic Mini 2*	✓	✓	✓	✓
	DJI Mavic Mini SE*	✓	✓	✓	✓
	DJI Mavic Air	✓	✓	✓	✓
	DJI Mavic Air 2*	✓	✓	✓	✓
	DJI Mavic Air 2S*	✓	✓	✓	✓
	DJI Mavic Pro	✓	✓	✓	✓
	DJI Mavic 2 Pro	✓	✓	✓	✓
	DJI Mavic 2 Zoom	✓	✓	✓	✓
	DJI Mavic 2 Enterprise	—	✓	✓	✓
DJI Mavic 2 Enterprise Dual	—	✓	✓	✓	

\* iOS flight execution not yet supported for this drone.

Εικόνα 8 πηγή [www.droneharmony.com](http://www.droneharmony.com)

## ΡΟΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΒΑΣΕΙ ΣΚΗΝΗΣ

Πρόκειται για τον τρόπο σχεδιασμού μιας πτήσης, με περιγραφική διαδικασία ή με εισαγωγή δεδομένων ή σε κάποιες περιπτώσεις με συνδυασμό και των δύο. Αρχικά δημιουργώ τη σκηνή, ουσιαστικά αναπαριστώ τον περιβάλλοντα χώρο του στοιχείου που με ενδιαφέρει και έπειτα χρησιμοποιώντας τους αλγορίθμους αυτοματισμού προγραμματίζω την αποστολή.

Ένα ακόμα χαρακτηριστικό διαφοροποίησης του είναι η δυνατότητα κατανάλωσης τρισδιάστατων δεδομένων, προκειμένου να δημιουργούνται

αυτόματα εικόνες καλύτερης ποιότητας, σχέδια πτήσης και ασφαλής αυτόνομης εκτέλεσης πτήσης.

Το Drone Harmony Mobile είναι εφαρμογή για κινητές συσκευές για των προγραμματισμό χειροκίνητων πτήσεων και αυτοματοποιημένων. Μέσω συσκευών Android εκτελούνται αποστολές πτήσεων που έχουν προγραμματιστεί μέσω Web ή Mobile.

## **ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕ ΕΠΙΓΝΩΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ**

Και αυτή εφαρμογή διαθέτει λειτουργία επίγνωσης εδάφους. Είναι μια λειτουργία μεγάλης σημασίας για των σχεδιασμών των πτήσεων καθώς με βάση το μοντέλο εδάφους προσαρμόζεται το σχέδιο πτήσης, το οποίο αποτελεί εργαλείο σημαντικό για περιοχές με μεγάλες υψομετρικές διαφορές.

Επίσης σε μεγάλες εκτάσεις μικρές αλλαγές στο έδαφος συσσωρεύονται σε μεγάλες αποστάσεις και δημιουργούν συνολικά μεγάλες αλλαγές.

Οι πιο τυπικές περιπτώσεις εφαρμογής του σχεδιασμού πτήσεων με τη βοήθεια επίγνωσης εδάφους είναι τα έργα γραμμικών υποδομών όπως οι σιδηροδρομικές γραμμές ή οι γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, η χαρτογράφηση ορυχείων και η γεωργία ακριβείας.

## **CLOUD SYNCHRONIZATION**

Το Cloud Synchronization ή αλλιώς δυνατότητα συγχρονισμού είναι μια υπηρεσία cloud που μας επιτρέπει την αυτόματη αποθήκευση δεδομένων σχεδιασμού της αποστολής, σε συνδυασμό με την εύκολη πρόσβαση από τις συσκευές και τις εφαρμογές του Drone Harmony. Αυτός ο συγχρονισμός μας δίνει τη δυνατότητα εύκολης συνεργασίας μεταξύ των χρηστών των εφαρμογών (διαχειριστής της πλατφόρμας επεξεργασίας των δεδομένων που συλλέγονται και του πιλότου), κάθε φορά που γίνεται αποθήκευση μιας κατάστασης είτε στο Mobile είτε στο Web, η αποθηκευμένη κατάσταση προωθείται και στο Cloud.

Επιπλέον δημιουργεί αυτόματα αντίγραφα ασφαλείας με τις αποστολές και τα μεταδεδομένα.

## **ΣΑΡΩΣΗ ΛΟΦΟΥ:ΣΥΜΠΛΕΓΜΑ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΟΜΟ ΕΔΑΦΟΣ**

Το Hill Scan ή αλλιώς η σάρωση λόφου είναι ένα μοναδικό χαρακτηριστικό του Drone Harmony Web που μας επιτρέπει την επιθεώρηση και την χαρτογράφηση σε πολύ πολύπλοκα και απότομα εδάφη σε μια αυτοματοποιημένη πτήση. Το Hill Scan χρησιμοποιείται κυρίως“

- όταν το έδαφος είναι πολύ απότομο ή και κάθετο, όπως γκρεμούς, φράγματα, απότομους λόφους.
- σε ανομοιόμορφο έδαφος όπως βουνοκορφές, κοιλάδες και φαράγγια ή συνδυασμοί επιπέδων.
- όταν κατευθύνουμε την κάμερα κάθετα ως προς την επιφάνεια του εδάφους.

Για το σχεδιασμό μιας τέτοιας αποστολής χρειάζεται μια πολυγωνική περιοχή και να ρυθμιστούν παράμετροι όπως η απόσταση από την επιφάνεια του εδάφους, ο βαθμός επικάλυψης και η κάμερα. Όλα τα υπόλοιπα ρυθμίζονται αυτόματα έτσι ώστε να έχουμε όσο το δυνατόν καλύτερα αποτελέσματα.

## **ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΤΕΡΑΣΤΙΑ ΣΥΝΟΛΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΔΑΦΟΥΣ ΜΕΣΩ ΤΟΥ TERRAIN STREAMING**

Αυτή η δυνατότητα μεταδίδει πολύ μεγάλα σύνολα δεδομένων στο Drone Harmony Web και επιτρέπει έτσι την άμεση οπτικοποίηση των αποστολών χρησιμοποιώντας τη ροή εδάφους μεταξύ του Cloud και του Web. Μεταδίδονται έτσι με αυτή τη δυνατότητα σύνολα δεδομένων εδάφους μεγάλου μεγέθους στο Web και οπτικοποιείται ο σχεδιασμός πτήσης προσαρμοσμένος στα δεδομένα μια χώρας ή και σε παγκόσμια. Αυτό που συμβαίνει ουσιαστικά είναι ότι δεν απαιτείται η εισαγωγή πλακιδίων εδάφους, έτσι ο χρήστης ασχολείται μόνο με τον σχεδιασμό της πτήσης. (Drone harmony)

## 3.4

### Pix4D

Το Pix4Dmapper είναι ένα λογισμικό φωτογραμμετρικό το οποίο μετατρέπει αυτόματα τις εικόνες που πάρθηκαν είτε με οποιοδήποτε εναέριο μέσο( drone ή αεροπλάνο) είτε χειροκίνητα, σε γεωαναφερμένους χάρτες με μεγάλη ακρίβεια, ορθομωσαϊκά ή 3D μοντέλα. Είναι παραμετροποιήσιμο πλήρως και καλύπτει ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών. Επίσης δίνει τη δυνατότητα αναβαθμίσεων σε πραγματικό χρόνο.

Ένα χαρακτηριστικό του Pix4Dmapper είναι ότι μπορεί και επεξεργάζεται εναέριες ή επίγειες φωτογραφίες οι οποίες έχουν ληφθεί από σχεδόν οποιαδήποτε φωτογραφική μηχανή:

- Ελαφριές συσκευές
- Κάμερες DSLR
- Κάμερες μεγάλου μεγέθους
- Κάμερες δράσης
- Πολυφασματικές κάμερες
- Υπέρφασματικές κάμερες
- Θερμικές
- Smartphone
- Πανοραμικές κάμερες 360°

και ανεξαρτήτως της ανάλυσης να συνδυάσει το περιεχόμενο και να δημιουργήσει υψηλής ακρίβειας αποτελέσματα.

Επίσης είναι εξαιρετικά σημαντικό ότι μπορεί να παράγει χάρτες ανακλασιμότητας σε διάφορα μήκη κύματος, το οποίο το καθιστά για παραδοσιακές αποτυπώσεις μοναδικό εργαλείο.

Το Pix4D παρουσιάζει ένα εύρος εργαλείων τα οποία έχουν και τις ανάλογες εφαρμογές σε ειδικούς κλάδους όπως:

- **PIX4DINSPECT:** με το οποίο μπορούμε να διαχειριστούμε περιουσιακά στοιχεία, επιθεωρώντας αυτοματοποιημένα εκτάσεις. Χρησιμοποιείτε σε περιπτώσεις όπου η εποπτεία μεγάλων εκτάσεων ή απομακρυσμένων ή δυσπρόσιτων περιοχών τις οποίες έχουμε στην κατοχή μας δεν είναι δυνατή με φυσική παρουσία.
- **PIX4DFIELDS:** ένα εργαλείο για την ανάλυση εναέριων καλλιεργειών μετά από χαρτογράφηση πεδίου, το οποίο βρίσκει εφαρμογή στην ψηφιακή γεωργία ώστε να υπάρχει υψηλή παραγωγικότητα. Μετά την αποτύπωση χρησιμοποιώντας εικόνες RGB ή βαθμονομημένες πολυφασματικές εικόνες είναι πιο εύκολος ο εντοπισμός τυχόν ανωμαλιών στις καλλιέργειες ή προβλημάτων.
- **PIX4DREACT:** ένα λογισμικό το οποίο παρέχει άμεση και γρήγορη χαρτογράφηση περιοχών για την σωστότερη και αποτελεσματικότερη διαχείριση εκτάκτων αναγκών, όπως παραδείγματος χάριν οι πλημμύρες.
- **PIX4DCLOUD:** είναι η διαδικτυακή πλατφόρμα στην οποία μπορούμε να παρακολουθούμε την πρόοδο, την ακριβή τοποθεσία του drone με προηγμένες λειτουργίες.
- **PIX4DENGINE:** το οποίο έχει κυρίως εφαρμογή στον κατασκευαστικό τομέα, με το οποίο ανακατασκευάζουμε την ψηφιοποιημένη πραγματικότητα.

## RAYCLOUD EDITOR

Συνδυάζει τα 3D δεδομένα (3D νέφος σημείων) με τις φωτογραφίες ώστε να γίνεται εύκολη η απόδοση ενός σχεδίου. Ψηφιοποιείται στις φωτογραφίες και οι γραμμές και τα πολύγωνα σας, μεταφέρονται στο 3D νέφος σημείων. Κατ' αυτόν τον τρόπο, μπορείτε να αποδώσετε σε 3D polylines ότι επιθυμείτε με μεγάλη ακρίβεια και σιγουριά. Τελειώνοντας την απόδοση, μπορείτε να εξάγετε τα δεδομένα σας σε format dxf, shp ή και dgn. Επίσης, μπορείτε μέσα στον 3D χώρο να μετρήσετε οριζόντιες και κεκλιμένες αποστάσεις καθώς και να κάνετε ογκομετρήσεις.

Τέλος, παρέχει εργαλεία ταξινόμησης του 3D νέφους σε επίπεδα όπως έδαφος, κτήρια, δέντρα κλπ. και σας επιτρέπει να διαλέξετε το/τα επίπεδα που



θέλετε ώστε να δημιουργήσετε Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DTM) αντί επιφανείας (DSM) με βήμα κανάβου της αρεσκείας σας.

Το **Pix4D capture** είναι αποτελεί συνοδευτικό λογισμικό του Pix4D το εργαλείο το οποίο είναι συμβατό με συσκευές Android 7.0 και νεότερες με μέγεθος αρχείου 23MB και σε συσκευές iOS έκδοσης 10.3 και νεότερες με μέγεθος αρχείου 223.5MB. Διανέμεται ελεύθερα στο διαδίκτυο με γλώσσα λειτουργίας τα Αγγλικά.  
(Pix4d)

## 3.5

## Drone Deploy

Σε αυτήν την ενότητα θα αναλύσουμε τα χαρακτηριστικά του DroneDeploy ενός ακόμα λογισμικού χαρτογράφησης. Το συγκεκριμένο λογισμικό χαρτογράφησης βασίζεται σε Cloud. Βοηθάει στην συλλογή δεδομένων μέσω εναέριων πτήσεων με μη επανδρωμένα αεροσκάφη, στην ανάλυση τους και στην δημιουργία χαρτών και 3D μοντέλων.. Μια εταιρία που ιδρύθηκε το 2013 στην Καλιφόρνια και διαθέτει τον εταιρικό ιστότοπο [www.dronedeploy.com](http://www.dronedeploy.com) .

Η εφαρμογή για κινητά είναι διαθέσιμη σε συσκευές Android 7.0 και νεότερες από το 2015 με μέγεθος 62MB και σε iOS συσκευές έκδοσης 12.0 και νεότερες από το 2021 με μέγεθος 349,9MB. Είναι συμβατή με τα περισσότερα μοντέλα drone DJI. Διευκολύνει τις αυτοματοποιημένες πτήσεις και ταυτόχρονα καταγράφει εικόνες αυτόματα οι οποίες μπορούν να μεταφορτωθούν προς επεξεργασία. Αυτά τα στιγμιότυπα χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία χαρτών και τρισδιάστατων μοντέλων.

Μπορούμε να την κατεβάσουμε ελεύθερα από το διαδίκτυο. Είναι αρκετά διαδεδομένη με πάνω από 100.000 χρήστες παγκοσμίως, με γλώσσα λειτουργίας τα Αγγλικά και τα Ιαπωνικά. (Heliguy)

### ΕΦΑΡΜΟΓΗ DRONE DEPLOY

Η εφαρμογή για τα κινητά παρέχει τον απόλυτο έλεγχο στο πεδίο, επιτρέπει την πρόσβαση των χρηστών σε αυτοματοποιημένες υπηρεσίες χαρτογράφησης, τόσο σε αρχάριους όσο και σε επαγγελματίες. Η εφαρμογή επιτρέπει των σχεδιασμό αυτοματοποιημένων πτήσεων από την απογείωση, πτήση, λήψη εικόνων έως και την προσγείωση. Επίσης μέσω ζωντανής προβολής δίνεται η δυνατότητα να αναλάβετε τον έλεγχο ανά πάσα στιγμή.

Επιπλέον δυνατότητες:

- Μέτρηση τόσο της περιοχής όσο και του όγκου

- Άμεση πρόσβαση σε ορθομωσαϊκούς χάρτες, διαδραστικούς και τρισδιάστατα μοντέλα.
- Διαθέσιμη συνεχής βοήθεια μέσω της εφαρμογής

### **WALKTHROUGHS: ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΤΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ**

Με το walkthrough γίνεται συλλογή δεδομένων από την κάμερα με τη λήψη επίγειών φωτογραφιών πραγματικότητας 360° . Οι ρυθμίσεις λήψης ορίζονται από το drone deploy με όσο το δυνατόν καλύτερη επεξεργασία και μέγεθος έως και 10 φορές μικρότερο. Δημιουργούνται αρχεία τα οποία μπορούμε να μεταφορτώσουμε απευθείας από την συσκευή iOS στην εφαρμογή.

### **ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ : LIVE MAP ONLY**

Το DroneDeploy μας παρέχει τη δυνατότητα χαρτογράφησης περιοχών έως και 200 στρεμμάτων σε μόλις 15 λεπτά και χωρίς να χρειάζεται πρόσβαση στο διαδίκτυο ή σε σύνδεση κινητής τηλεφωνίας.

Η λειτουργία αυτή επιτρέπει την χαρτογράφηση χωρίς την λήψη φωτογραφιών για την κάλυψη όσο το δυνατόν μεγαλύτερης έκτασης σε μικρότερο χρόνο. Με αυτό τον τρόπο ελαχιστοποιούμε τις φορές αλλαγής μπαταρίας και την κατανάλωση της λόγω της μείωσης του χρόνου, επίσης δεν είναι απαραίτητη και η κάρτα SD εφόσον δεν γίνεται λήψη φωτογραφιών.

Το Drone Deploy μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε από ομάδες είτε ατομικά σε διάφορους τομείς όπως η γεωργία ακριβείας, η κατασκευή, η ενέργεια, η διαχείριση περιουσίας και άλλα. Σε κάθε περίπτωση μας προσφέρεται ανάλογα με τις απαιτήσεις μας ένα πακέτο δυνατοτήτων τα οποία βλέπουμε παρακάτω.

Η εφαρμογή που προορίζεται για ατομική χρήση διαχωρίζεται σε πακέτο αρχαρίων και προχωρημένων τα οποία και διατίθενται έναντι χρηματικού ποσού το οποίο αλλάζει σε συνάρτηση με τις δυνατότητες που προσφέρει.

Το πακέτο **αρχαρίων**, με δυνατότητα πρόσβασης από έναν χρήστη διαχειριστή, με μεταφόρτωση εικόνας 3k ανά χάρτη και υποστήριξη μέσω email και συνομιλίας διαθέτει τα εξής χαρακτηριστικά :

#### **ΜΕΤΑΦΟΡΤΩΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΒΟΛΗ ΠΑΝΟΡΑΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΒΙΝΤΕΟ**

Μεταφόρτωση και προβολή πανοραμικών και βίντεο.

#### **WALKTHROUGH MOBILE APP**

Αυτόματη συλλογή και μεταφόρτωση δεδομένων κάμερας και φωτογραφιών κινητού 360°.

#### **ΖΩΝΤΑΝΟΣ ΧΑΡΤΗΣ**

Δημιουργήστε έναν εναέριο χάρτη σε πραγματικό χρόνο στη συσκευή σας iOS στο RGB & Plant Health.

#### **ΣΗΜΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ**

Μια μέθοδος επεξεργασίας με γνωστές συντεταγμένες εδάφους.

#### **ΥΓΕΙΑ ΦΥΤΩΝ**

Μετρήστε τους δείκτες υγείας των καλλιεργειών για να προσδιορίσετε το στρες και τη βιωσιμότητα των φυτών.

#### **ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΙ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ (2D & 3D)**

Κάντε σχόλια, μετρήστε αντικείμενα και λάβετε διάφορες μετρήσεις, όπως όγκο, κλίση, απόσταση, περιοχή και υψόμετρο.

#### **ΑΝΑΛΥΣΗ & ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ**

Αυτοματοποιημένη αναφορά που δείχνει τη συνολική ποσότητα και την αξία των αποθηκευμένων υλικών.

## **ΡΟΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ (ΜΟΝΟ 2D/3D)**

Αξιολογήστε τον ιστότοπο σας, προσθέστε ετικέτες, προσθέστε μια περίληψη και συνεργαστείτε με σχετικά μέλη της ομάδας.

## **ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΙΣ**

Επικάλυψη ενός στρώματος 2D πάνω από τον χάρτη σας (PDF, SVG, PNG, επιφάνεια σχεδίασης, sharfile, στρώμα πλακιδίων ιστού).

## **ΑΝΑΦΟΡΑ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ**

Αυτόματη παρακολούθηση και κοινή χρήση προβλημάτων.

## **ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΙΠΛΑ-ΔΙΠΛΑ**

Συγκρίνετε χάρτες έργων δίπλα-δίπλα για να αξιολογήσετε την αλλαγή με την πάροδο του χρόνου.

Το πακέτο **προχωρημένων**, με δυνατότητα πρόσβασης από έναν προχωρημένο πιλότο, με μεταφόρτωση εικόνας 10 χιλιάδων ανά χάρτη, απεριόριστη χαρτογράφηση GCP, ραδιομετρική θερμική ενότητα και υποστήριξη μέσω email και συνομιλίας διαθέτει τα εξής χαρακτηριστικά :

## **ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΓΑΛΟΥ ΧΑΡΤΗ**

Μεταφορτώστε και επεξεργαστείτε αυτόματα χάρτες με έως και 10.000 εικόνες.

## **ΚΑΘΕΤΗ ΠΤΗΣΗ**

Σχεδιάστε και εκτελέστε αποστολές πτήσης για τη λήψη δεδομένων πρόσοψης / υψομέτρου για κάθετες επιθεωρήσεις

## **ΣΗΜΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ**

Απεριόριστη επεξεργασία χαρτών GCP

## **ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ**

Παρακολουθήστε την πρόοδο των χωματουργικών εργασιών στις τοποθεσίες εργασίας σας με εργαλεία ανάλυσης Cut/Fill, μεταφορτώσεις επιφανειών σχεδιασμού DXF/LandXML και προσαρμοσμένα επίπεδα βάσης ανύψωσης

## **ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΠΡΟΣΟΨΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΦΟΡΑ**

Αξιολογήστε τον ιστότοπο σας, προσθέστε ετικέτες, προσθέστε μια περίληψη και συνεργαστείτε με σχετικά μέλη της ομάδας

## **ΡΑΔΙΟΜΕΤΡΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ**

Επεξεργασία και οπτικοποίηση Ραδιομετρικών Θερμικών δεδομένων για τη μέτρηση της θερμοκρασίας σε ένα σημείο και την ανίχνευση καυτών σημείων

## **ΕΞΑΓΩΓΗ 3D ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

Σχολιασμένες γραμμές 3D για εξαγωγή διανυσματικών δεδομένων ως DXF για χρήση σε άλλα συστήματα.

Σε ομαδικό επίπεδο η εφαρμογή ανάλογα με τις δυνατότητες που προσφέρει διαχωρίζεται στο απλό και στο επαγγελματικό με το ανάλογο αντίτιμο.

Το απλό πακέτο **ομάδας**, διαθέτει τα εξής χαρακτηριστικά:

## **ΖΩΝΤΑΝΟΣ ΧΑΡΤΗΣ**

Ένας χάρτης σε πραγματικό χρόνο στη συσκευή σας iOS σε RGB, Plant Health και Thermal

## **ΚΑΘΕΤΗ ΠΤΗΣΗ**

Σχεδιάστε και εκτελέστε αποστολές πτήσης για τη λήψη δεδομένων για κάθετες επιθεωρήσεις

## **ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΕΙΣ ΠΕΡΙΠΤΕΡΩΝ**

Πραγματοποιήστε αυτοματοποιημένες μετρήσεις και ανάλυση κενών για καλαμπόκι και σόγια εκτός σύνδεσης στην άκρη του χωραφιού. Προσδιορίστε περιοχές καλής, μέτριας και κακής εμφάνισης, με τα αποτελέσματα να συγκεντρώνονται αυτόματα σε μια εύκολη στην κοινή χρήση αναφορά.

#### **ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΠΡΟΣΟΨΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΦΟΡΑ**

Αξιολογήστε τον ιστότοπο σας, προσθέστε ετικέτες, προσθέστε μια περίληψη και συνεργαστείτε με σχετικά μέλη της ομάδας

#### **ΡΑΔΙΟΜΕΤΡΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ**

Επεξεργασία και οπτικοποίηση Ραδιομετρικών Θερμικών δεδομένων για τη μέτρηση της θερμοκρασίας σε ένα σημείο και την ανίχνευση καυτών σημείων

#### **ΚΟΙΝΗ ΧΡΗΣΗ ΚΑΙ ΕΞΑΓΩΓΗ ΧΑΡΤΩΝ**

Μοιραστείτε συνδέσμους χαρτών μίας ημερομηνίας σε εξωτερικούς ενδιαφερόμενους ή εξαγωγή δεδομένων (+LAS, XYZ, SHP, DXF)

#### **ΡΟΛΟΙ ΚΑΙ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΑ**

Προσθέστε και επεξεργαστείτε την πρόσβαση χρήστη στον λογαριασμό σας για να ελέγξετε ποιος μπορεί να πετάξει, να επεξεργαστεί, να προβάλει και να μοιραστεί

#### **CUSTOMER SUCCESS MANAGER**

Αφιερωμένος διευθυντής επιτυχίας πελατών για να παρέχει καθοδήγηση και στρατηγική

Το επαγγελματικό πακέτο με δυνατότητα χρήσης μέχρι 100 συνδρομητών μόνο για προβολή, Πρόσβαση API, διαχείριση επιχειρήσεων Drone διαθέτει τα εξής χαρακτηριστικά:

#### **ΖΩΝΤΑΝΗ ΡΟΗ**

Στείλτε ζωντανή ροή βίντεο από το drone στην ομάδα σας με έναν κοινόχρηστο σύνδεσμο.

#### **ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ DRONE**

Κεντρικός πίνακας ελέγχου για εκπαίδευση, αρχεία καταγραφής πτήσεων και ελέγχους έγκρισης εναέριου χώρου LAANC.

#### **ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗ ΜΕ DRONE & PILOT**

Ελέγξτε αυτόματα τους πιλότους και τα drones σας για ενημερωμένη πιστοποίηση, επισημαίνοντας τυχόν κινδύνους συμμόρφωσης.

#### **ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ**

Επιτρέψτε στα μέλη της ομάδας να ορίσουν την κατάσταση λειτουργίας του drone, τη συντήρηση και τις λεπτομέρειες εγγραφής.

#### **SINGLE-SIGN-ON**

Μια διαδικασία ελέγχου ταυτότητας για έναν χρήστη για πρόσβαση σε πολλές εφαρμογές με μία σύνδεση.

#### **API & SDK**

Πρόσβαση και δημιουργία προσαρμοσμένων εφαρμογών και ενσωματώσεων για τη σύνδεση του DroneDeploy με εσωτερικά συστήματα και ροές εργασίας.

(G2 dronedeploy)



## 3.6

### Drone Link

Το Drone Link είναι το τελευταίο λογισμικό το οποίο αναλύουμε στο παρόν κεφάλαιο. Πρόκειται για ένα ακόμα λογισμικό πτήσης που βοηθάει στο να πραγματοποιούμε αυτοματοποιημένες πτήσεις για την εύκολη συλλογή δεδομένων.

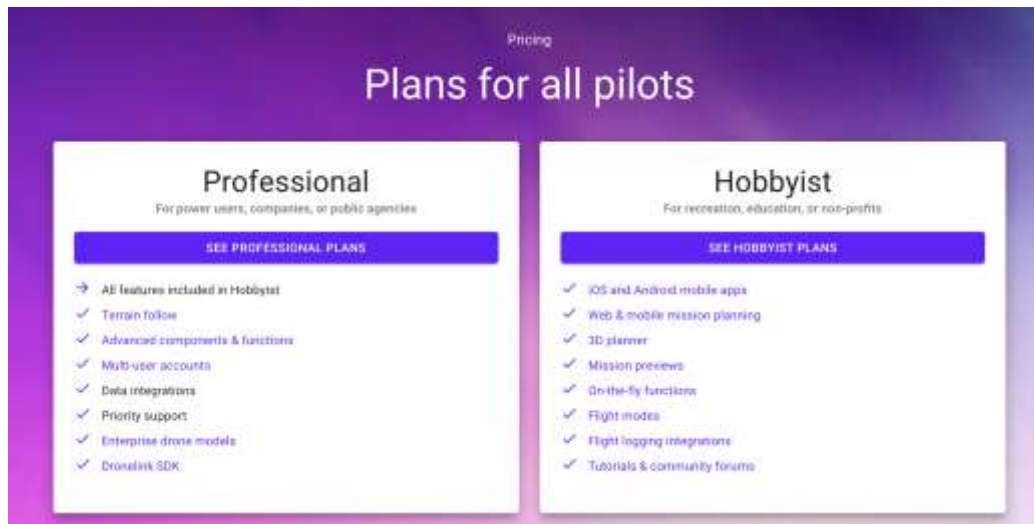
Με τη χρήση ενός μόνο λογαριασμού μπορούμε να πραγματοποιούμε πτήσεις σε πολλές συσκευές. Είναι συμβατή με συσκευές android 5.0 και νεότερες με μέγεθος αρχείου 101MB και iOS 12.0 και νεότερες με μέγεθος αρχείου 277.6 MB. Κυκλοφορεί με γλώσσα λειτουργίας τα Αγγλικά και διατίθεται στο διαδίκτυο δωρεάν.

Το Drone Link ανάλογα με την χρήση για την οποία προορίζεται έχει δύο κατηγορίες σχεδίων

1. Το Professional συνδρομή δηλαδή για επαγγελματική χρήση (για παραγωγή προϊόντος επί πληρωμή ή εμπορική χρήση)
2. Και σε Hobbyist δηλαδή την αυτή καθαυτή χρήση του ως χόμπι

Η σημαντικότερη διαφορά μεταξύ τους, πέρα από τις τιμές και τα χαρακτηριστικά είναι το πως μπορώ να χρησιμοποιήσω τα σχέδια. Τα σχέδια στο Hobbyist δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εμπορική χρήση υπό καμία μορφή ούτε επί πληρωμή καθώς αυτό αποτελεί παραβίαση της άδειας χρήσης. Εάν δεν πληρώνετε απευθείας για τη χρήση του Dronelink, αλλά εξακολουθείτε να χρησιμοποιείτε το Dronelink για τη συλλογή δεδομένων που χρησιμοποιούνται σε μια επιχείρηση ή κυβερνητικό οργανισμό, εξακολουθεί να χαρακτηρίζεται ως εμπορική χρήση.

Παρόλα αυτά το πρόγραμμα Hobbyist μπορεί να χρησιμοποιηθεί, πέρα από την προσωπική χρήση, στην εκπαίδευση σαν μέρος κάποιου εκπαιδευτικού προγράμματος είτε από φοιτητές είτε από εκπαιδευτικούς και σε μη κερδοσκοπικές οργανώσεις.



**Εικόνα 9 πηγή [www.dronelink.com](http://www.dronelink.com)**

Παρακάτω θα αναλύσουμε κάποιες από τις σημαντικότερες λειτουργίες του :

#### TERRAIN FOLLOW

Το Terrain Follow μπορεί να ενεργοποιηθεί για να πετάξει σε σταθερό υψόμετρο πάνω από το επίπεδο του εδάφους (AGL) με βάση το υψόμετρο του εδάφους. Το Dronelink χρησιμοποιεί τις Υπηρεσίες Παγκόσμιας Ανύψωσης της ESRI για αυτά τα δεδομένα. Απαιτείται σχέδιο εκκίνησης ή ανάπτυξης για την παρακολούθηση εδάφους. Αυτή η δυνατότητα δεν περιλαμβάνεται στα σχέδια Hobbyist.

#### ORBIT MISSION COMPONENT

Το Orbit Mission Component πετάει έναν κύκλο γύρω από ένα σημείο ενδιαφέροντος (POI) σε καθορισμένο υψόμετρο, ύψος και ακτίνα και μπορεί να διαμορφωθεί για λήψη βίντεο ή φωτογραφιών με διαστήματα.

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν πρόσθετες ρυθμίσεις για να ορίσετε ένα διαφορετικό POI, να αλλάξετε τη γωνία αντίζυγο και την κατεύθυνση του drone.

## HOVER MISSION

Το στοιχείο σταματά το drone σε μια τοποθεσία και αιωρείται για μια καθορισμένη χρονική περίοδο, ο προεπιλεγμένος χρόνος είναι 3 δευτερόλεπτα. Αυτό μπορεί να προστεθεί από το μενού Προσθήκη στην περιοχή για προχωρημένους ή μπορεί να προστεθεί ως Ενέργεια Σημείου ή Διαδρομής.

Το Hover μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δώσει στον πιλότο επιπλέον χρόνο μεταξύ διαφορετικών τμημάτων μιας αποστολής, είτε για να ελέγξει την ασφάλεια, είτε να αφήσει χρόνο για να σταματήσει την αποστολή ή να αλλάξει τοποθεσίες. αντί να πετάξει αμέσως στην επόμενη συνιστώσα της αποστολής. Το στοιχείο Wait είναι πολύ παρόμοιο με το Hover, αλλά το Wait θα πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο από ειδικούς χρήστες κατά τη δημιουργία λιστών εντολών.

## FACADE MISSION COMPONENT

ο Facade Mission Component είναι για κάθετη χαρτογράφηση. Χρησιμοποιήστε προσόψεις για επιθεωρήσεις και μοντελοποίηση πραγματικότητας, όπου απαιτείται πλήρης κάλυψη μιας κατασκευής. Οι αποστολές δημιουργούνται με τη ρύθμιση ενός ορίου της δομής και τον καθορισμό παραμέτρων απεικόνισης.

Διαμορφώστε τις προσόψεις ώστε να πετούν κατά μήκος μιας γραμμής και χρησιμοποιώντας κάθετα ή οριζόντια μοτίβα πτήσης και επεξεργαστείτε πολλαπλές ρυθμίσεις, όπως το αρχικό και το τελικό υψόμετρο, η κάθετη και οριζόντια επικάλυψη και η απόσταση στόχου από τη δομή. (App Dronelink)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### 4.1 Αποτέλεσμα έρευνας

Η παρούσα διπλωματική εργασία διεξήχθη στα πλαίσια εύρεσης του βέλτιστου λογισμικού παραμετροποίησής για την πιο εύκολη λειτουργία και αυτοματοποιημένη αποτύπωση περιοχών ενδιαφέροντος με τη χρήση μη Επανδρωμένων αεροσκαφών .

Αφού αναλύθηκαν διεξοδικά στο προηγούμενο κεφάλαιο τα έξι λογισμικά χαρτογράφησης, σε αυτό το κεφάλαιο θα πρέπει να γίνει σύγκριση ώστε να οδηγηθούμε στην βέλτιστη επιλογή.

Παρακάτω παραθέτουμε έναν πίνακα με τα πιο βασικά χαρακτηριστικά τα οποία σε συνδυασμό με μια μικρή ανάλυση θα καταλήγουν σε ένα συμπέρασμα για την βέλτιστη επιλογή.

Πίνακας 1

Software	Compatibility	Size/ iOS	Size/ Android	Language	Price	Devices	Extras
<b>Map Pilot Pro</b>	Mavic Air 2S, Phantom 4 Pro v2	185MB	114MB	English	Free	iOS & Android	Maps Made Easy
<b>Litchi</b>	Mavic Air 2S, Phantom 4 Pro v2	319MB	189MB	Multiple/Greek	not Free	iOS & Android	Mision hub
<b>Drone Harmony</b>	Mavic Air 2S, Phantom 4 Pro v2	168MB	93MB	English	Free	iOS & Android	Drone Harmony Mobile, Drone Harmony Web, Drone Harmony Cloud

<b>Pix 4D</b>	Phantom 4 Pro v2	223,5MB	23MB	English/Japanese	Free	iOS & Android	Pix4D capture, Pix4Dmapper
<b>Drone Deploy</b>	Phantom 4 Pro v2	349,9MB	62MB	English	Free	iOS & Android	<a href="http://www.dronedeploy.com">www.dronedeploy.com</a>
<b>Dronelink</b>	Mavic Air 2S, Phantom 4 Pro v2	277,6MB	101MB	English	Free	iOS & Android	<a href="http://www.dronelink.com">www.dronelink.com</a>

Σε πρώτη φάση αφού συμπληρώθηκε ο πίνακας με τα βασικά χαρακτηριστικά κάθε λογισμικού, αποκλείουμε εκείνα τα οποία έχουμε εμφανείς διαφορές από τα υπόλοιπα

- Παρ' όλο που το **LITCHI** είναι το μόνο από τα λογισμικά το οποίο έχει γλώσσα λειτουργίας τα Ελληνικά είναι και το μόνο που δεν διατίθεται στο διαδίκτυο δωρεάν
- Τα **Pix 4D** και **Drone Deploy** δεν είναι συμβατά με το Mavic Air 2
- Στο **Dronelink** το μέγεθος του αρχείου για συσκευές **iOS** είναι αισθητά πιο μεγάλο από τα άλλα δυο

Οπότε η επιλογή θα πρέπει να γίνει ανάμεσα στα **Map Pilot Pro** και **Drone Harmony**. Οι δυνατότητες που μας παρέχουν τα δύο αυτά λογισμικά είναι πολύ εξειδικευμένες και παρ' όλο που μας προσφέρουν ένα σύνολο όμοιων λειτουργιών όπως για παράδειγμα η επίγνωση εδάφους και ο σχεδιασμός πτήσεων, το καθένα διαθέτει ένα μοναδικό σύνολο λειτουργιών.

Το Drone Harmony έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί μέσω του Drone Harmony Web, να διαχειριστεί τεράστια σύνολα δεδομένων, κάτι που για την διεξαγωγή της παρούσας εργασίας και των μελλοντικών σκοπών του προγράμματος ωστόσο δεν είναι προαπαιτούμενο. Επίσης μέσω του Cloud Synchronization μπορεί να αποθηκεύει αυτόματα τα νέα δεδομένα της πτήσης το οποίο στην περίπτωση μιας ερευνητικής ομάδας είναι πολύ σημαντικό, καθώς έχουν όλοι οι χρήστες έχουν πρόσβαση στα νέα δεδομένα.

Παρόλα αυτά μετά από την σύγκριση προκύπτει ότι η βέλτιστη επιλογή μεταξύ των λογισμικών παραμετροποίησης είναι το Map Pilot Pro. Αρχικά πληρεί όλες τις

προϋποθέσεις σύγκρισης καθώς, διατίθεται χωρίς αντίτιμο στο διαδίκτυο με εύκολο μενού στα αγγλικά, είναι συμβατό και με τα δύο drone που μας ενδιαφέρουν και διαθέτει την υπηρεσία Maps Made Easy για τη δημιουργία χάρτη. Το σημαντικότερο όμως στοιχείο για την επιλογή είναι η επικάλυψη εδάφους καθώς παραμετροποιείται αυτόματα με βάση το υψόμετρο, το έδαφος καθώς και το χρόνο ανάμεσα στην λήψη των φωτογραφιών.

Αυτό μας βοηθάει στην όσο το δυνατόν σωστότερη επικάλυψη μεταξύ των αεροφωτογραφιών, με την οποία επιτυγχάνεται η καλύτερη συρραφή των φωτογραφιών (καθώς θέλουμε τουλάχιστον 20% επικάλυψη μεταξύ των εικόνων), το οποίο είναι και το ζητούμενο για την λεπτομερέστερη αποτύπωση μιας καλλιέργειας από την οποία θα προκύπτουν τα συμπεράσματα σχετικά με τον ρυθμό ανάπτυξη της και οποιαδήποτε άλλη πληροφορία.

Τέλος μπορούμε να συνεχίσουμε μια αποτύπωση από το σημείο που έχουμε σταματήσει με το χειροκίνητο σημείο επανεκκίνησης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### 5.1 Σύνοψη και Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία, όπως και οι παρατηρήσεις, ποικίλουν. Για την ορθότερη επιλογή εφαρμογής, για την καλύτερη λειτουργία πτήσης ενός μη επανδρωμένου αεροσκάφους (UAVs), απαιτείται για την έρευνα πέρα του ενός ατόμου καθώς πέρα από την αντικειμενική παράθεση των χαρακτηριστικών στην επιλογή προστίθεται πάντα και το στοιχείο των προτιμήσεων. Έτσι σε μία πτυχιακή εργασία που δεν υπάρχει το στοιχείο της ανταλλαγής απόψεων και της δημιουργικής αντιπαράθεσης, δεν είναι εύκολο να υπάρχει πλήρης αντικειμενικότητα, καθώς τα κριτήρια επιλογής είναι διαφορετικά σε κάθε άτομο.

Ως εκ τούτου έγινε μια προσπάθεια για να προσεγγισθεί θεωρητικά το συγκεκριμένο θέμα με αντικειμενικότητα έτσι ώστε να αποτελέσει ένα ολοκληρωμένο έργο το οποίο θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί, ως θεωρητικό εργαλείο, στο πρακτικό κομμάτι της επιλογής λογισμικού για την χαρτογράφηση περιοχών ενδιαφέροντος. Σε γενικές γραμμές, η αυτόνομη πλοήγηση προσφέρεται για το κομμάτι της έρευνας καθώς και την ανάπτυξη εφαρμογών, λόγω της ραγδαίας και συνεχής ανάπτυξής της συγκεκριμένης τεχνολογίας. Ως αποτέλεσμα, στην παρούσα πτυχιακή εργασία προσφέρετε επαρκής θεωρητική γνώση πάνω στο αντικείμενο των μη επανδρωμένων οχημάτων και των εφαρμογών ενδιαφέροντος μας, που διευκολύνουν τις αυτόνομες πτήσεις και την άλλοτε δύσκολη αποτύπωση περιοχών, λόγω διαφόρων παραγόντων και συνθηκών τις οποίες πλέον επιλύουμε εύκολα και συνυπολογίζουμε απευθείας στην λήψη των αεροφωτογραφιών.

## 5.2 Μελλοντικές επεκτάσεις

Στην συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία, αναλύθηκαν διεξοδικά σε θεωρητικό επίπεδο τόσο ο τρόπος λειτουργίας των ΣμηΕΑ όσο και τα βασικά χαρακτηριστικά των έξι λογισμικών που ήταν προς σύγκριση. Κατόπιν προέκυψε ένα συμπέρασμα για την επιλογή λογισμικού. Η παρούσα πτυχιακή ωστόσο είχε ως απώτερο στόχο να λειτουργήσει βοηθητικά έτσι ώστε μια ομάδα ερευνητών από διάφορα πανεπιστήμια να καταφέρει να πραγματοποιήσει μια σειρά από πτήσεις από μη Επανδρωμένα αεροσκάφη για την έρευνα και την αποτύπωση γεωργικών περιοχών. Το λογισμικό που θα χρησιμοποιηθεί για διευκόλυνση του χρήστη θα είναι αυτό που έχει επιλεγεί ως βέλτιστη λύση από τα παραπάνω. Σε αυτές τις πτήσεις θα αποτυπωθούν γεωργικές καλλιέργειες σε διάφορες χρονικές περιόδους έτσι ώστε να φαίνεται ο ρυθμός ανάπτυξης του φυτού και να μπορούν να παρατηρηθούν τυχόν προβλήματα λόγω κάποιας ασθένειας.

Μία τέτοια έρευνα, στα πλαίσια της έξυπνης γεωργίας όχι μόνο θα μειώσει το ρίσκο ζημίας των εκάστοτε καλλιεργειών, αλλά θα προσφέρει μείωση τόσο στο χρόνο όσο και στα κόστη επιθεώρησης των εκτάσεων. Τέλος, η έρευνα θα συντελέσει σε μεγάλο βαθμό ώστε να προκύψουν τα απαραίτητα συμπεράσματα σχετικά με τις συμπεριφορές των φυτών καθώς και τις περιοχές στις οποίες ευδόκιμη κάθε τύπος καλλιέργειας, αλλά και τις περιοχές στις οποίες υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα να εμφανιστεί κάποια ανωμαλία στην ανάπτυξη ή ακόμα και επιρρέπεια σε ασθένειες.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### Βιβλιογραφία

- [Martinezis 2019] Martinezks, K. (2019). The History of Drones (Drone History Timeline From 1849 To 2019).
- [droneph] <https://www.drone-photography.gr/h-exelixa-ton-drone>
- [Wiki-ιστορία  
ΣμηΕΑ] [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%99%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%81%CE%AF%CE%B1\\_%CF%84%CF%89%CE%BD\\_%CE%BC%CE%B7\\_%CE%B5%CF%80%CE%B1%CE%BD%CE%B4%CF%81%CF%89%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CF%89%CE%BD\\_%CE%B1%CE%B5%CF%81%CE%BF%CF%83%CE%BA%CE%B1%CF%86%CF%8E%CE%BD](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%99%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%81%CE%AF%CE%B1_%CF%84%CF%89%CE%BD_%CE%BC%CE%B7_%CE%B5%CF%80%CE%B1%CE%BD%CE%B4%CF%81%CF%89%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CF%89%CE%BD_%CE%B1%CE%B5%CF%81%CE%BF%CF%83%CE%BA%CE%B1%CF%86%CF%8E%CE%BD)
- [Bouhali et al. 2017] Bouhali, M.; Shamani, F.; Dahmane, Z.E.; Belaidi, A.; Nurmi, J. FPGA applications in unmanned aerial vehicles-a review. In Proceedings of the International Symposium on Applied Reconfigurable Computing, Delft, The Netherlands, 3–7 April 2017; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2017; pp. 217–228
- [Yinka-Banjo, 2019] Chika Yinka-Banjo and Olasupo Ajayi. Sky farmers: Applications of unmanned aerial vehicle (uav) in agriculture. 12 2019.
- [Clarke 2014] Clarke R (2014) Understanding the drone epidemic. Comput Law Secur Rev 30:230–246
- [Dukowitz, 2017] Dukowitz, Z. (2017, October 23). A Drone Pilot’s Guide to Commenting on the FAA’s Proposed Remote ID Regulations—Use These 4 Major Talking Points. Drone Pilot Ground School.
- [Fayad, 2019] Fayad, P. (2019, april 23)

- [Harte, 2020] Harte Emma. Plant Disease Detection using CNN. PhD thesis, 09 2020.
- [Hoang et al., 2017] Hoang, V.T.; Phung, M.D.; Ha, Q.P. Adaptive twisting sliding mode control for quadrotor unmanned aerial vehicles. In Proceedings of the 2017 11th Asian Control Conference (ASCC), Gold Coast, QLD, Australia, 17–20 December 2017; pp. 671–676.
- [Johnson 2002] Johnson, A.A., 2002. McCook Field 1917–1927. Landfall Press
- [MOD 104] Joint Doctrine Note 2/11 The UK Approach to Unmanned Aircraft Systems”, MOD Development, Concepts and Doctrine Centre (DCDC), 30 March 2011, 104.
- [MOD 320] Joint Doctrine Note 2/11 The UK Approach to Unmanned Aircraft Systems”, MOD Development, Concepts and Doctrine Centre (DCDC), 30 March 2011, 320
- [Lebsework et al., 2019] Lebsework Negash, Ho-Yeon Kim, and Han-Lim Choi. Emerging uav applications in agriculture. pages 254–257, 11 2019
- [Neo, 2020] Neo. (2020). JGC. Ανάκτηση από <https://www.jgc.gr/index.php/el/products/photogrammetry-drones/photogrammetry-software/context-capture>
- [Paravisi et al., 2019] Paravisi, M.; Santos, D.H.; Jorge, V.; Heck, G.; Gonçalves, L.M.; Amory, A. Unmanned Surface Vehicle Simulator with Realistic Environmental Disturbances. Sensors 2019, 19.
- [Polvara, 2018] Polvara, R.; Sharma, S.; Wan, J.; Manning, A.; Sutton, R. Vision-Based Autonomous Landing of a Quadrotor on the Perturbed Deck of an Unmanned Surface Vehicle. Drones 2018, 2
- [Psilias et al., 2020] Psilias, D.; Milidonis, A.; Voyiatzis, I. Architecture for Secure UAV Systems. In Proceedings of the 24th Pan-Hellenic Conference on Informatics, Athens, Greece, 20–22 November 2020; pp. 99–102.
- [Sutton et al., 1999] Sutton, R.S.; McAllester, D.; Singh, S.; Mansour, Y. Policy gradient methods for reinforcement learning with function approximation. Adv. Neural Inf. Process. Syst. 1999, 12, 1057–1063.
- [Whittle 2014] Whittle R (2014) Predator: the secret origins of the drone revolution. Henry Holt and Co, New York.
- [App dronelink] <https://app.dronelink.com>

[Dronesmadeeasy]	<a href="https://dronesmadeeasy.com/map-pilot">https://dronesmadeeasy.com/map-pilot</a>
[FlyLitchi]	<a href="https://flylitchi.com">https://flylitchi.com</a>
[Drone harmony]	<a href="https://droneharmony.com">https://droneharmony.com</a>
[Pix4d]	<a href="http://www.pix4d.com">www.pix4d.com</a>
[G2 Drone deploy]	<a href="http://www.g2.com/products/dronedeploy/reviews">www.g2.com/products/dronedeploy/reviews</a>
[Heliguy]	<a href="https://www.heliguy.com/pages/dronedeploy">https://www.heliguy.com/pages/dronedeploy</a>
[Dronelink]	<a href="https://www.dronelink.com">https://www.dronelink.com</a>