

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΗ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΟΥ
ΤΕΤΡΑΚΟΠΤΕΡΟΥ ΣΚΑΦΟΥΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΛΥΨΗ ΤΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ
ΔΙΑΣΩΣΤΙΚΩΝ ΟΜΑΔΩΝ ΣΕ ΔΥΣΠΡΟΣΙΤΕΣ-ΔΥΣΒΑΤΕΣ
ΠΕΡΙΟΧΕΣ**



ΣΚΟΝΔΡΑΣ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ

Αρ.Μητρώου:508609

Επιβλέπων καθηγητής:

Άγγελος Γιακουμής

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΗ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΟΥ ΤΕΤΡΑΚΟΠΤΕΡΟΥ ΣΚΑΦΟΥΣ ΓΙΑ
ΤΗΝ ΚΑΛΥΨΗ ΤΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΔΙΑΣΩΣΤΙΚΩΝ ΟΜΑΔΩΝ ΣΕ ΔΥΣΠΡΟΣΙΤΕΣ-ΔΥΣΒΑΤΕΣ
ΠΕΡΙΟΧΕΣ

Κωδικός Δ.Ε : 20185

Όνοματεπώνυμο φοιτητή: Σκόνδρας Διονύσιος

Όνοματεπώνυμο εισηγητή: Γιακουμής Άγγελος

Ημερομηνία ανάληψης Δ.Ε : 13/09/2020

Ημερομηνία περάτωσης Δ.Ε. 14/06/2021

Βεβαιώνω ότι είμαι ο συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχω καταγράψει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών, εικόνων και κειμένου, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επιπλέον, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά, ειδικά ως διπλωματική εργασία, στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του ΔΙ.ΠΑ.Ε.

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία τού φοιτητή Σκόνδρα Διονύσιου, που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης, ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσης της εργασίας διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο της εργασίας, δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού, ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, πώληση, εμπορική χρήση, διανομή, έκδοση, μεταφόρτωση (downloading), ανάρτηση (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος, δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα, εκ μέρους του Τμήματος.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στην σημερινή εποχή, τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη (UAV) αποτελούν ένα σημαντικό κομμάτι της σύγχρονης τεχνολογίας και η χρήση τους είναι αρκετά διαδεδομένη λόγω της εύκολης χρήσης τους σε σύγκριση με τα συμβατικά αεροσκάφη καθώς την σχετικά χαμηλή τιμή τους και τον μικρό τους όγκο. Η ανάγκη για χρήση αυτόνομων συστημάτων έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη των drones αρχικά για στρατιωτικούς σκοπούς και στην συνέχεια για συλλογή δεδομένων, χαρτογράφηση, στα συστήματα ασφαλείας για περιμετρικούς ελέγχους σε περιπτώσεις ‘απρόσκλητων’ επισκεπτών, για πολιτισμικούς σκοπούς και τέλος για διασκέδαση.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια η χρήση μη επανδρωμένων οχημάτων έχει γίνει μέρος τις καθημερινότητας μας σε επαγγελματικό και ερασιτεχνικό επίπεδο. Η τεχνολογία τους συνεχώς εξελίσσεται με αποτέλεσμα η χρήση τους να εφαρμόζεται σε περισσότερους τομείς.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία θα αναφερθούμε στα μη επανδρωμένα οχήματα και πιο συγκεκριμένα στην ιστορία τους, τα πεδία εφαρμογής τους και την λειτουργία τους. Θα αναφερθούμε επίσης στο software και hardware τα οποία χρησιμοποιούνται. Θα δούμε τα υλικά που επιλέχθηκαν για την συγκεκριμένη κατασκευή και τους λόγους. Τέλος θα δούμε βήμα προς βήμα την συναρμολόγηση και των προγραμματισμό ενός τετρακόπτερου με σκοπό χρήσης από ομάδα διάσωσης.

ABSTRACT

Summary in recent years, the use of unmanned aerial vehicles(UAVs) has become part of our everyday life, both professionally and amateurishly. Their technology keeps progressing, resulting in their use being applied in many different areas.

In this dissertation, we will focus on UAVs and more specifically on their history, fields of application on their history, fields of application and functionality. We will also mention the hardware and software types being used. Furthermore, there will be an analysis of the materials selected for this specific UAV construction and the reasons behind it. Finally, we will thoroughly examine the assembly and programming of a quadcopter for use by a rescue team.

Περιεχόμενα

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	9
1. Εισαγωγή	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	10
2.1 Μη επανδρωμένα αεροσκάφη	10
2.2 Νομικό πλαίσιο	12
2.3 Ιστορική αναδρομή μη επανδρωμένων οχημάτων	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	17
3. Πεδία εφαρμογής.....	17
3.1 ΣΤΡΑΤΟΣ.....	17
3.2 ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ.....	18
3.3 ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ.....	19
3.4 ΨΥΧΑΓΩΓΙΑ	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	21
Αρχή λειτουργίας και προσανατολισμός.....	21
4.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	21
4.2 Γωνίες Euler	22
4.2.2 Γωνίες Tait-Bryan.....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	24
Κατασκευαστικά Μέρη	24
5.1 Πλαίσιο - σκελετός	24
5.2 Κινητήρες - μοτέρ	24
5.3 Έλικες.....	27
5.4 Μπαταριά.....	27
5.5 Πλακέτα διανομής ισχύος (PDB)	29
5.6 Ηλεκτρονικός ελεγκτής ταχύτητας (Electronic Speed Controller – ESC).....	29
5.7 Ελεγκτής πτήσης (flight controller)	30
5.8 Τηλεκατεύθυνση (πομπός και δέκτης)	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	31
ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ ΟΡΓΑΝΑ, ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ	31
6.1 Βαρόμετρο.....	31
6.2 GPS.....	31
6.3 Γυροσκόπιο	32
6.4 Επιταχυνσιόμετρο	32
6.5 Τηλεμετρία.....	33

6.6 Return to home (RTH)	33
6.7 Waypoint.....	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	34
ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ – SOFTWARE	34
7.1 Ardupilot.....	34
7.2 iNAV.....	35
7.3 Betaflight.....	35
7.4 Cleanflight	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8	37
ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΩΝ	37
8.1 Τρισδιάστατη Εκτύπωση (3D INK-JET PRINTING).....	37
8.1.1 Εναπόθεση – Σύντηξη Διαδοχικών Στρώσεων (Fused Deposition Modeling, F.D.M.)	37
8.2 Πλαίσιο.....	38
8.3 Έλικες.....	40
8.4 Brushless DC κινητήρες (BLDC motors, BL motors)	41
8.5 Electronic speed controller.....	45
8.6 Πλακέτα διανομής ισχύος PDB.....	46
8.7 Ελεγκτής πτήσης (κεντρική πλακέτα).....	47
8.8 Τηλεκατεύθυνση.....	48
8.9 Μπαταρία – Φορτιστής	49
8.10 Κάμερα.....	50
8.11 Δέκτης κάμερας.....	51
8.12 Μπαταρία κάμερας	52
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9	53
Κατασκευή – Συνδεσμολογία.....	53
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10	63
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11	64
ΜΕΛΟΝΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ	64
Βιβλιογραφία	65

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Μη επανδρωμένο Αεροσκάφος

Εικόνα 2: Μη επανδρωμένο με σταθερά πτερύγια

Εικόνα 3: Μη επανδρωμένο με περιστρεφόμενα πτερύγια

Εικόνα 4: Montgolfiers First Manned Ballon

Εικόνα 5: Πρώτο αεροπλάνο διπλής όψης "Bug Kettering"

Εικόνα 6: Fairchild Cabin Monoplane FC2

Εικόνα 7: Predator C Avanger

Εικόνα 8: Μαχητικό μη επανδρωμένο

Εικόνα 9: Μη επανδρωμένο μεταφέρει υλικά πρώτων βοηθειών

Εικόνα 10: Στιγμιότυπο από αγώνα πρωταθλήματος με drone

Εικόνα 11: Σχηματισμοί πτήσης τετρακόπτερου

Εικόνα 12: Γωνίες Euler

Εικόνα 13: Προσανατολισμός

Εικόνα 14: Μοτέρ τύπου βαρέλι

Εικόνα 15: Μοτέρ τύπου δίσκου

Εικόνα 16: Έλικες με τρία και έλικες με 2 πτερύγια.

Εικόνα 17: Παραδειγμα μπαταρίας LIPO

Εικόνα 18: Τηλεκατεύθυνση πομπός και δέκτης

Εικόνα 19: Γυροσκόπιο

Εικόνα 20: Ardupilot Software

Εικόνα 21: Betaflight

Εικόνα 22: Cleanflight

Εικόνα 23: Πλαίσιο drone

Εικόνα 24: 3D printer

Εικόνα 25: Οι έλικες που επιλέχθηκαν και θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή του πολυκοπτήρου

Εικόνα 26: Δείγμα outrunner BLDC H/K. Συναρμολογημένος (αριστερά) και αποσυναρμολογημένος (δεξιά)

Εικόνα 27: Outrunner BLDC H/K

Εικόνα 28: Δομή Coreless DC H/K

Εικόνα 29: Κάτοψη Coreless DC H/K

Εικόνα 30: Παρουσιάζεται σε σχεδιάγραμμα η κάτοψη των μοτέρ που χρησιμοποιήθηκαν από τη οποία φαίνεται η μορφολογία και οι διαστάσεις τους.

Εικόνα 31: Racerstar Racing Edition BR2212 920KV 2-4S Brushless Motor, πριν την τοποθέτηση

Εικόνα 32: DYS SimonK ESC 30A – OPTO

Εικόνα 33: απεικονίζεται η πλακέτα PDB – XT60 που επιλέχθηκε και χρησιμοποιήθηκε.

Εικόνα 34: Πλακέτα APM 2.8 με όλα τα παρελκόμενα: βάση στήριξης με αποσβεστήρες, αυτόνομη μονάδα gps με βάση στήριξης στο σκάφος, mini osd και usb για τον προγραμματισμό

Εικόνα 35: Flysky FS-i6X FS i6X 2.4GHz 10CH AFHDS 2A RC

Εικόνα 36: μπαταρία

Εικόνα 37: Φορτιστής HTRC B6AC mini v2

Εικόνα 38: Eachine TX02 Super Mini AIO 5.8G

Εικόνα 39: Ψηφιακός δέκτης κάμερας

Εικόνα 40: Airnox Li-Po Battery 1S 3,7V 200mAh

Εικόνα 41: 4 βραχίονες

Εικόνα 42: Πάνω και κάτω βάση

Εικόνα 43: Απεικόνιση της κατασκευής μετά την ένωση των βραχιόνων με τους βραχίονες πάνω στους οποίους έχουν τοποθετηθεί να μοτέρ συνδεδεμένα με τα αντίστοιχα esc.

Εικόνα 44: Κολλήσεις σε PDB

Εικόνα 45: Τοποθέτηση PDB και σύνδεση ESC

Εικόνα 46: Τοποθέτηση του ελεγκτή πτήσης

Εικόνα 47: kit πρώτων βοηθειών

Εικόνα 48: Σχηματική παρουσίαση της συνδεσμολογίας του Hardware (Block Diagram)

Εικόνα 49: τελική μορφή τετρακόπτερου

Εικόνα 50: Έναρξη προγραμματισμού

Εικόνα 51: Καταγραφή της οθόνης του υπολογιστή στο πρόγραμμα του mission planner για την επιλογή τύπου σκάφους και διάταξη.

Εικόνα 52: Αποτύπωση από την οθόνη του προγράμματος κατά τη διαδικασία βαθμονόμησης της πυξίδας.

Εικόνα 53: Σύζευξη της τηλεκατεύθυνσης και βαθμονόμηση των sticks

Εικόνα 54: Επιτυχής ενεργοποίηση της μονάδας gps και εμφάνιση της real-time θέσης του στο χάρτη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1. Εισαγωγή

Σε συνεργασία με το τοπικό rescue team της Καλύμνου η οποία αποτελεί παγκόσμιο αναρριχητικό προορισμό ενημερώθηκα ότι τα αναρριχητικά πεδία είναι εξαιρετικά δυσπρόσιτα και αναζητούν τρόπο, πρώτον να αξιολογούν την κατάσταση πριν επιχειρήσουν με στόχο την αποφυγή άσκοπων μετακινήσεων του προσωπικού. Δεύτερον να μπορούν άμεσα να επεμβαίνουν ταχύτερα χωρίς παρουσία ανθρώπινου δυναμικού σε περιστατικά που χρειάζονται απλά παροχή πληροφοριών η παροχή φαρμακευτικής αγωγής. Τρίτον να εποπτεύουν μεγαλύτερο εύρος περιοχής με το ελάχιστο δυνατόν ανθρώπινο δυναμικό εφόσον πρόκειται για εθελοντική ομάδα διάσωσης. Προκειμένου λοιπόν να καλυφθούν οι ανάγκες αυτές θα κατασκευάσω τετρακόπτερο το οποίο θα φέρει gps για τον γρήγορο εντοπισμό της περιοχής που επιχειρεί η ομάδα. Θα φέρει κάμερα πλοήγησης καθώς και κάμερα για την καταγραφή των συμβάντων αλλά και την εποπτεία των πεδίων προκειμένου να ελεγχθεί η ασφάλεια τους. Επίσης κατόπιν συνεννόησης με την ομάδα διάσωσης θα φέρει στο στάνταρ εξοπλισμό kit πρώτων βοηθειών το οποίο θα μπορεί να προσαρμόζεται ανά περίπτωση για την άμεση φαρμακευτική περίθαλψη όπου είναι δυνατόν. (πχ. Αιμοστατικούς επιδέσμους, κουβέρτα θερμοπληξίας, ενέσιμα αντίδοτα για αλλεργίες κτλ.)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Μη επανδρωμένα αεροσκάφη

Μη επανδρωμένα αεροσκάφη ονομάζονται τα κάθε είδους ιπτάμενα οχήματα που δεν έχουν χειριστή στην άτρακτό τους, αλλά πραγματοποιούν πτήσεις είτε μέσω τηλεκατεύθυνσης, είτε αυτόνομα ακολουθώντας κάποιο προκαθορισμένο σχέδιο πτήσης. Ονομασίες που αναφέρονται στους ορισμούς που κατά καιρούς έχουν δοθεί για την περιγραφή αυτών των οχημάτων είναι, Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), Unmanned Aircraft Systems (UASs), Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS), μη επανδρωμένα αεροσκάφη (ΣμηΕΑ) στην ελληνική γλώσσα, αλλά δημοφιλέστερος όλων σήμερα είναι ο όρος “drone”. Η διαφορά μεταξύ των όρων UAVs και UASs, έγκειται στο ότι ο πρώτος όρος αναφέρεται αποκλειστικά και μόνο στην συσκευή – σκάφος που ίπταται, ομοίως και ο όρος “drone”, ενώ ο δεύτερος όρος συμπεριλαμβάνει εννοιολογικά και τον χειριστή καθώς και τον σταθμό εδάφους του συστήματος που τους συνδέει. Ο όρος RPAS καθιερώθηκε σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία με βάση 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 ή έλικες, συντονισμένους για πλήρως ελεγχόμενη πτήση από ειδικό πρόγραμμα ή χειριστήριο εδάφους. Για καθημερινή χρήση από ιδιώτες, όπως λόγω χάρη για την λήψη εναέριων φωτογραφιών, είναι μικρότερου μεγέθους συσκευές με ως επί το πλείστον τέσσερις έλικες. Οι παραπάνω όροι αφορούν τα τηλεκατευθυνόμενα οχήματα που ίπτανται, αντίστοιχα υπάρχοντα ξηράς (UnmannedGroundVehicles–UGVs), και τα θάλασσας (UnmannedMarineVehicles–UMVs).

Τα μη επανδρωμένα ιπτάμενα αεροσκάφη εξελίχθηκαν ραγδαία κατά την τελευταία δεκαετία. Τα πολλά υποσχόμενα χαρακτηριστικά τους είναι η μεγάλη διάρκεια πτήσης, η βελτιωμένη ασφάλειά της, η επανάληψη των πτήσεων λόγω της βελτίωσης των αυτόματων πιλότων, το μειωμένο κόστος και όγκου σε σύγκριση με τα επανδρωμένα αεροσκάφη. [1]



Εικόνα 1 Μη επανδρωμένο Αεροσκάφος

Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες που μπορούμε να χωρίσουμε τα UAVs .

ΜΗ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΑ ΑΕΡΟΣΚΑΦΗ

Τα UAVs με σταθερά πτερύγια όπως τα ανεμόπτερα, που με την χρήση του ανέμου ανυψώνονται και για να επιτευχθεί η ανύψωση χρησιμοποιούν προπέλες όπως και τα μηχανοκίνητα τα οποία κινούνται με έλικες, ωστόσο δεν είναι ευέλικτα στους ελιγμούς αλλά μπορούν να μείνουν στον αέρα για μεγάλο χρονικό διάστημα.



Εικόνα 2: UAV Με σταθερά πτερύγια

Τα UAVs με περιστρεφόμενα πτερύγια όπως τα ελικόπτερα η αλλιώς ‘χαρταετοί με ρότορα’ που αποτελούνται από μονά, διπλά, τετραπλά και πολύ-ροτορικά συστήματα.



Εικόνα 3: UAV Με περιστρεφόμενα πτερύγια

Τα συστήματα μονού ρότορα, έχουν ένα βασικό στροφέιο που βοηθά στην ανύψωση και δίνει ώθηση καθώς και ένα δεύτερο στροφέιο στην ουρά του συστήματος για να αντισταθμίζει την περιστροφική κίνηση και τη ροή του συστήματος.

Τα συστήματα διπλού ρότορα ή τα ομοαξονικά συστήματα, θεωρούνται αποτελεσματικότερα, έχουν αυξημένο ωφέλιμο φορτίο και λειτουργούν σε μεγάλα υψόμετρα με ίδια ισχύ του κινητήρα, αλλά με χαμηλό επίπεδο θορύβου. Υπάρχει ένα μειονέκτημα των διπλών ροτορικών συστημάτων, ότι έχουν δύο κύριους ρότορες που είναι συναρμολογημένοι στον ίδιο άξονα του δρομέα, οι οποίοι πρέπει να περιστρέφονται σε αντίθετες κατευθύνσεις, με συνέπεια την αυξημένη μηχανική πολυπλοκότητα του ρότορα.

Τέλος τα πολύ-ροτορικά συστήματα χαρακτηρίζονται από το μικρό ωφέλιμο φορτίο καθώς είναι εξοπλισμένα με ελαφρούς και χαμηλού κόστους αισθητήρες. Επίσης σε σχέση με τα μονό-ροτορικά και διπλό-ροτορικά συστήματα, το μικρό τους μέγεθος τα καθιστά ευέλικτα και ικανά να πετούν και σε εσωτερικούς αλλά και σε εξωτερικούς χώρους.

2.2 Νομικό πλαίσιο

Τα τηλεκατευθυνόμενα μη επανδρωμένα αεροσκάφη ρυθμίζονται στον ευρωπαϊκό εναέριο χώρο από τον Κανονισμό (ΕΕ) 2018/1139 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 4ης Ιουλίου 2018, για τη θέσπιση κοινών κανόνων στον τομέα της πολιτικής αεροπορίας («Κανονισμός ΕΑΣΑ»).

Οι προδιαγραφές και η εκμετάλλευση των συστημάτων μη επανδρωμένων αεροσκαφών καθορίζονται από τον Κανονισμό (ΕΕ) 2019/945 της Επιτροπής για συστήματα μη επανδρωμένων αεροσκαφών και φορείς εκμετάλλευσης συστημάτων μη επανδρωμένων αεροσκαφών τρίτων χωρών.

Οι κανόνες και οι διαδικασίες που διέπουν τη λειτουργία μη επανδρωμένων αεροσκαφών καθορίζονται από τον Κανονισμό (ΕΕ) 2019/947 της Επιτροπής για τους κανόνες και τις διαδικασίες που διέπουν τη λειτουργία μη επανδρωμένων αεροσκαφών.

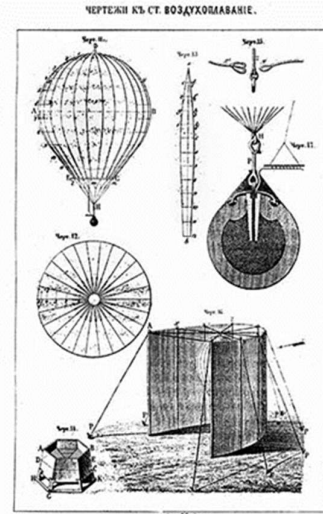
Η ρυθμιστική προσέγγιση της Ενωσιακής νομοθεσίας γίνεται βάσει των κινδύνων, που απορρέουν από τα μηΕΑ, και βάσει της αρχής της αναλογικότητας (σκέψη 27 του Κανονισμού ΑΣΕΑ). Με τους Κανονισμούς αυτούς καθορίζονται οι βασικές αρχές για τη διαφύλαξη της ασφάλειας, της ιδιωτικής ζωής και της προστασίας των δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα των μη επανδρωμένων αεροσκαφών.

Στην Ελληνική νομοθεσία η χρήση μηΕΑ ρυθμίζεται από την απόφαση της Υπηρεσίας Πολιτικής Αεροπορίας υπ' αρ. Δ/ΥΠΑ/21860/1422 με τίτλο «Κανονισμός – γενικό πλαίσιο πτήσεων Συστημάτων μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών- ΣμηΕΑ (Unmanned Aircraft Systems – UAS)» (ΦΕΚ 3152/Β/30-09-2016). Εντούτοις, οι διατάξεις της ως άνω απόφασης της ΥΠΑ ισχύουν στο μέτρο που δεν αντίκεινται στις διατάξεις των Κανονισμών της ΕΕ.

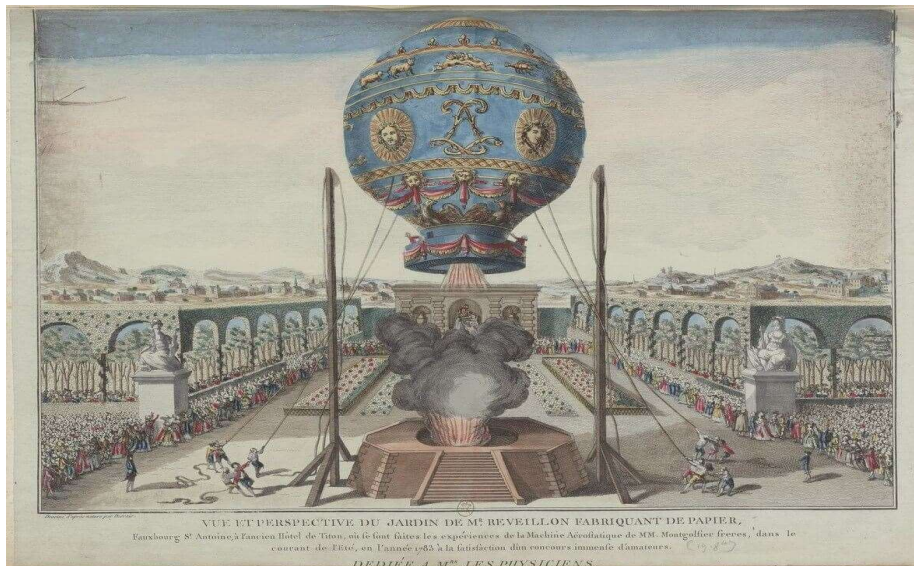
Εποπτική αρχή της Ελληνικής αγοράς μηΕΑ είναι η Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας (άρθρο 24 του ν.δ. 714/1970).[2,3]

2.3 Ιστορική αναδρομή μη επανδρωμένων οχημάτων

Οι εξελίξεις στον τομέα των μη επανδρωμένων αεροσκαφών ξεκίνησαν πριν από δεκαετίες ακόμη και πριν από την πρώτη επανδρωμένη πτήση του αεροπλάνου που σημειώθηκε το 1903. Τα πρώτα σχέδια επικεντρώθηκαν στα μπαλόνια. Οι πρώτες προσπάθειες έγιναν στη Γαλλία το 1782 από τους αδελφούς Montgolfier. Στις 22 Αυγούστου 1849, οι Αυστριακοί, που ελέγχαν μεγάλο μέρος της Ιταλίας εκείνη την περίοδο εκτόξευσαν περίπου 200 μπαλόνια χωρίς πιλότους ενάντια στην πόλη της Βενετίας. Τα μπαλόνια ήταν οπλισμένα με βόμβες που ελέγχονταν από χρονικές ασφάλειες - λέγεται επίσης ότι έχουν χρησιμοποιήσει ασφάλειες που ενεργοποιούνται ηλεκτρικά μέσω σημάτων που έχουν τροφοδοτηθεί από τα σύρματα χαλκού που ακολουθούν (για επιβεβαίωση - Ed.). Μερικές από τις βόμβες εξερράγησαν όπως είχε προγραμματιστεί, αλλά ο άνεμος άλλαξε κατεύθυνση και πέταξε αρκετά μπαλόνια πίσω στις αυστριακές γραμμές. Αυτή είναι η πρώτη καταγεγραμμένη επίθεση τέτοιου τύπου.



Οι απόπειρες συνεχίστηκαν με τα χρόνια, ένα από τα οποία αναπτύχθηκε από τον Charles Perley τον Φεβρουάριο του 1863, δύο χρόνια μετά την έναρξη του εμφυλίου πολέμου. Ο Perley επιχείρησε να σχεδιάσει έναν εναέριο βομβαρδισμό, ένα μπαλόνι θερμού αέρα που έφερε εκρηκτικά στο καλάθι του.[4]



Εικόνα 4: Montgolfiers First Manned Balloon

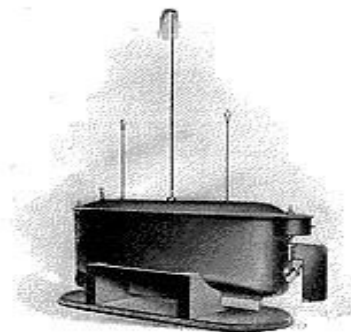
Ουσιαστικά τα UAVs ξεκίνησαν να αναπτύσσονται στις αρχές της δεκαετίας του 1900 και επικεντρώθηκαν στην παροχή στόχων για την κατάρτιση του στρατιωτικού προσωπικού. Το 1883, ο Douglas Archibald πέταξε ένα ανεμόμετρο στη γραμμή ενός χαρταετού και μετρούσε την ταχύτητα του ανέμου σε υψόμετρο μέχρι 1.200m. Το 1887 έδωσε κάμερες πάνω σε χαρταετούς και δημιούργησε έτσι το πρώτο UAV παγκόσμιας αναγνώρισης. Κατά την διάρκεια του ισπανικού-αμερικανικού πολέμου πάρθηκαν εκατοντάδες φωτογραφίες από τον William Eddy χρησιμοποιώντας 18 τέτοιου είδους χαρταετούς. Έπειτα μέχρι τον Α΄ Παγκόσμιο Πόλεμο, τα UAVs ήταν ήδη αναγνωρισμένα συστήματα. Πιο συγκεκριμένα ο Charles Kettering δημιούργησε το πρώτο αεροπλάνο διπλής όψης για το στρατό που έφερε το όνομα Kettering Aerial Torpedo, γνωστό ως "Bug Kettering" που είχε αποσπώμενα

περύγια και απελευθερώνονταν όταν περνούσε από το στόχο, μπορούσε να πετάξει σχεδόν 40 μίλια και μπορούσε να φέρει 180 λίβρες εκρηκτικών. [5,6]



Εικόνα 5: Πρώτο αεροπλάνο διπλής όψης "Bug Kettering"

Τα πρώτα μη επανδρωμένα οχήματα αναπτύχθηκαν στη Βρετανία και την Αμερική κατά τη διάρκεια του Α΄ Παγκοσμίου Πολέμου. Το Aerial Target της Βρετανίας, ένα μικρό αεροσκάφος που ελέγχεται με ραδιοκύματα, δοκιμάστηκε για πρώτη φορά τον Μάρτιο του 1917, ενώ η αμερικανική τορπίλη που ήταν γνωστή ως το Kettering Bug πέταξε για πρώτη φορά τον Οκτώβριο του 1918. Αν και τα δύο έδειξαν μεγάλες προσδοκίες σε δοκιμές πτήσης, κανένα από αυτά δεν χρησιμοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του πολέμου. Το Kettering Bug ήταν ένα πειραματικό μη επανδρωμένο. Ήταν ικανό να χτυπήσει επίγειους στόχους έως 121 χιλιόμετρα (75 μίλια) από το σημείο εκτόξευσής του, ενώ ταξίδευε με ταχύτητες 80 χιλιομέτρων ανά ώρα (50 μίλια / ώρα). Ο δαπανηρός σχεδιασμός και λειτουργία του Bug ενέπνευσε τον Δρ Henry W. Walden να δημιουργήσει έναν πύραυλο που θα επέτρεπε σε έναν πιλότο να ελέγξει τον πύραυλο μετά την εκτόξευσή του με τη χρήση ραδιοκυμάτων. Αυτά τα σχέδια ήταν πρόδρομοι των σύγχρονων πυραύλων.



Μετά το τέλος του Α΄ Παγκοσμίου Πολέμου, με τη χρήση των UAVs και των συστημάτων τους, άρχισαν να ιδρύονται εταιρείες αεροφωτογράφισης με τη βοήθεια αεροσκαφών με σκοπό αποτυπώσεις του χώρου και χαρτογράφηση, ενισχύοντας έτσι το ρόλο των UAVs. Το 1920, ο Sherman Fairchild κατασκεύασε το αεροπλάνο Fairchild Cabin Monoplane-FC1 και το Fairchild Cabin Monoplane-FC2 με ειδικό θάλαμο για τη φωτογραφική μηχανή, για πολιτικές και στρατιωτικές εφαρμογές.[5,6]



Εικόνα 6: Fairchild Cabin Monoplane FC2

Τον Αύγουστο του 1971 το συμβούλιο των επιστημών του υπουργείου Άμυνας των Η.Π.Α δημιούργησε το μίνι-RPVs για εντοπισμό πυροβολικών στόχων και προσδιορισμό λέιζερ και μέχρι το τέλος του πολέμου του Βιετνάμ, τα αεροσκάφη αυτά είχαν ποσοστό επιτυχίας 90%. Στη δεκαετία του 1990 αρχίσαν να κατασκευάζουν UAVs με μεγαλύτερο εύρος και καλύτερη ακρίβεια θέσης. Πολλά από αυτά τα UAVs χρησιμοποιήθηκαν στον πόλεμο του Κόλπου το 1991 και πιο συγκεκριμένα 5 συστήματα UAVs: τα Pioneer, ExDrone, Pointer από τις αμερικανικές δυνάμεις, το Mini Avion de Reconnaissance Teleripilot από τις γαλλικές δυνάμεις και το CL 89 από τις βρετανικές δυνάμεις. Το 1995 το NATO έστειλε UAVs στο πόλεμο στη Βοσνία με συστήματα Gnat για αναγνώριση και επιτήρηση σε 7 βοσνιακές-σερβικές στρατιωτικές εγκαταστάσεις.

Το βασικό UAV που χρησιμοποιήθηκε στη Βοσνία ήταν το Predator από μεγάλα υψόμετρα από αεροπορική βάση στην Ουγγαρία . Όμως οι θερμικές κάμερες IR των UAVs δεν μπορούσαν να αποτυπώσουν πληροφορία μέσα από τα σύννεφα και αυτό είχε ως αποτέλεσμα να περιοριστεί η χρήση τους σε μεγάλα ύψη. Έτσι αναπτύχθηκαν συστήματα ραντάρ συνθετικού διαφράγματος (SAR) για UAVs. Όμως τα αρχικά SAR ήταν βαριά, με αποτέλεσμα την επέκταση του εύρους και της αντοχής των UAVs και την ανάπτυξη μεγαλύτερων και βαρύτερων συστημάτων. Έτσι την δεκαετία του 2000, δημιουργήθηκε το μοντέλο Predator B για λήψεις σε μεγαλύτερο υψόμετρο και το Predator C, με αναβαθμισμένο σύστημα MALE και HALE.



Εικόνα 7: Predator C Avanger

Το 2002 στον πόλεμο του Ιράκ, τα UAVs είχαν μετατραπεί σε ένα πιθανό βασικό σύστημα όπλων. Στην αρχή του πολέμου χρησιμοποιήθηκε το Global Hawk άτυπα, αλλά και πολλά άλλα UAVs χρησιμοποιήθηκαν για τη Ιρακινή Ελευθερία. Επίσης τα προγράμματα Pioneer, Shadow, Hunter και Pointer χρησιμοποιήθηκαν από τις δυνάμεις των ανταρτών. Επίσης τα UAVs του Predator, και το Dragon Eye χρησιμοποιήθηκαν για οπλική έκδοση στα πεδία μάχης του Αφγανιστάν και του Ιράκ και απέδειξαν τη στρατιωτική αξία των UAVs. Την τελευταία δεκαετία, παρατηρείται συνεχής εξέλιξη της ηλεκτρονικής τεχνολογίας που βελτιώνει την αποτελεσματικότητα των συστημάτων UAVs και επιτρέπει την ανάπτυξη μερών των UAVs που δεν υπήρχαν παλιότερα. Επιπλέον ο σχεδιασμός, το ωφέλιμο φορτίο, και η αυτονομία τους βελτιώνεται χρόνια με τα χρόνια, γεγονός τα κάνει πιο προσιτά στη χρήση. Πλέον είναι μικρά, ελαφριά, προσιτά, ικανά για όλες τις χρήσεις και ο ρόλος του ανθρώπου είναι ελεγκτικός και όχι χειριστή. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ότι το 2012, η USAF απασχολούσε 7.494 UAVs και το 2013 χρησιμοποιήθηκαν σε πάνω από 50 χώρες όπως στην Κίνα, στο Ιράν, στο Ισραήλ κτλ. (Martinezks, 2019)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3. Πεδία εφαρμογής

3.1 ΣΤΡΑΤΟΣ

Η συντριπτική πλειονότητα των χιλιάδων στρατιωτικών αεροσκαφών χρησιμοποιείται για επιτήρηση, και οι ειδικοί της άμυνας προβλέπουν ότι θα συνεχιστούν. Οι αναλυτές της ομάδας πληροφοριών Jane εκτιμούν ότι περισσότερα από 80.000 αεροσκάφη παρακολούθησης και σχεδόν 2.000 αεροσκάφη επίθεσης θα αγοραστούν σε όλο τον κόσμο τα επόμενα 10 χρόνια.

Ο οπλισμός ήρθε σχεδόν αμέσως μετά την 9/11. Τα Predator drone είχαν ήδη παρατηρήσει τον Osama bin Laden, τον ηγέτη της Αλ Κάιντα, από τους ουρανούς. Αλλά η πρώτη επίθεση, τον Οκτώβριο του 2001, έχασε τον επιδιωκόμενο στόχο, τον ηγέτη των Ταλιμπάν Μουλά Ομάρ. Μερικοί από τους σωματοφύλακες του σκοτώθηκαν σε ένα όχημα έξω από το συγκρότημα του ηγέτη. Αλλά αυτή η αποτυχία δεν απέτρεψε τις ΗΠΑ.

Τα αεροσκάφη Predator και Reaper έχουν έκτοτε deployed από τις ΗΠΑ στο Αφγανιστάν και βόρεια, φυλετικές περιοχές του Πακιστάν σε διάφορες επαναλήψεις του «πολέμου κατά της τρομοκρατίας», καθώς και στο Ιράκ, τη Σομαλία, την Υεμένη, τη Λιβύη και τη Συρία.

Βρετανικές στατιστικές δίνουν κάποια ιδέα για τη συχνότητα των σύγχρονων επιθέσεων drone (οι ΗΠΑ δεν δημοσιεύουν ισοδύναμα δεδομένα). Σε τέσσερα χρόνια πολέμου εναντίον της Ίσις στο Ιράκ και τη Συρία από το 2014-2018, τα αεροσκάφη Reaper αναπτύχθηκαν σε περισσότερες από 2.400 αποστολές - σχεδόν δύο την ημέρα.

Η συντριπτική πλειονότητα των χιλιάδων drone χρησιμοποιείται για επιτήρηση, και defence experts προβλέπουν ότι θα συνεχιστούν. Οι αναλυτές της ομάδας πληροφοριών Jane εκτιμούν ότι περισσότερα από 80.000 αεροσκάφη παρακολούθησης και σχεδόν 2.000 αεροσκάφη επίθεσης θα αγοραστούν σε όλο τον κόσμο τα επόμενα 10 χρόνια.[7,8]



Εικόνα 8: μαχητικό μη επανδρωμένο

Στην Ελλάδα Η Μοίρα Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών (Μ.ΜΕΑ/Φ), αποτελεί την πρώτη Μοίρα Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών της Πολεμικής Αεροπορίας. Αρχικά, συγκροτήθηκε ως

Σμήνος, με απόφαση του ΑΑΣ, τον Ιανουάριο του 2003. Έδρα του Σμήνους ορίστηκε η 131 ΣΜ και ως Μη Επανδρωμένο Αεροσκάφος (ΜΕΑ) χρησιμοποιήθηκε το ΜΕΑ «ΠΗΓΑΣΟΣ Ι».

Τον Μάιο του 2005 άρχισε η προσπάθεια για την κατασκευή του «ΠΗΓΑΣΟΣ ΙΙ», με στόχο τη δημιουργία ενός σύγχρονου UAV κατηγορίας MALE (Medium Altitude Long Endurance). Τον Σεπτέμβριο του 2005 ολοκληρώθηκε η τροποποίηση του πρώτου ΜΕΑ και οι πτητικές δοκιμές πιστοποίησης του έγιναν με άριστα αποτελέσματα. Τον Ιούλιο του 2006 ολοκληρώθηκαν οι εργασίες τροποποίησης του συνόλου των υφιστάμενων ΜΕΑ, καθώς και των αντίστοιχων Σταθμών Εδάφους (ΣΕΔ). Από το 2007 το ΣΜΕΑ/Φ λαμβάνει μέρος στις Διακλαδικές Ασκήσεις «Ηνίοχος» και «Δούρειος Ίππος». Τον Δεκέμβριο του 2008 το Σμήνος οργανώθηκε σε Πολεμική Μοίρα Αεροσκαφών με την ονομασία Μοίρα Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών (Μ.ΜΕΑ/Φ).

Στις 14 Αυγούστου 2017, η Μ.ΜΕΑ/Φ μεταφέρθηκε από το Α/Απ Ακτίου στην 110 Πτέρυγα Μάχης, στην Αεροπορική Βάση Λάρισας και εγκαταστάθηκε στο χώρο όπου βρισκόταν η 346Μ μέχρι την αναστολή λειτουργίας της. Η Μ.ΜΕΑ/Φ επιχειρεί από τη νέα της θέση καλύπτοντας όλο το εύρος των απαιτήσεων που προκύπτουν από την αποστολή της.[9]

3.2 ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ

- Εργοτάξια

Η κατασκευαστική βιομηχανία επωφελείται πολύ από τη χαρτογράφηση με χρήση drone. Οι χάρτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ενημερώνουν τακτικά τους πελάτες στον κατασκευαστικό κλάδο σχετικά με την πρόοδο των έργων τους, να αναλύουν τα αποθέματα πρώτων υλών, όπως χώμα και χαλίκι, ή ακόμη και να δημιουργούν τρισδιάστατα μοντέλα εργοταξίων. Αυτοί οι χάρτες βοηθούν τους εργολάβους να αποκτήσουν τη «ευρύτερη εικόνα» και να βοηθήσουν στη λήψη στρατηγικών αποφάσεων.[10]

- Ακίνητα

Οι εναέριοι χάρτες είναι χρήσιμοι για την παροχή βοήθειας στην πώληση γης. Για όσους σκέφτονται να αγοράσουν μεγάλες εκτάσεις ακινήτων, ένας ενημερωμένος εναέριος χάρτης μπορεί να έχει σημαντική αξία για να καθοριστεί εάν το ακίνητο είναι κατάλληλο για αυτούς. Εάν έχετε δει ποτέ μια τυπική δορυφορική εικόνα, γνωρίζετε ότι η λεπτομέρεια λείπει συχνά. Η χαρτογράφηση drone μπορεί να λύσει αυτό το ζήτημα σαφήνειας. Ένας εξαιρετικά λεπτομερής εναέριος χάρτης επιτρέπει την μελέτη των λεπτομερειών του ακινήτου χωρίς να απαιτείται από τον πελάτη να βρίσκεται εκεί αυτοπροσώπως.[10]

- Επιστήμη

Στις 18 Φεβρουαρίου στην επιφάνεια του Άρη προσεδαφίστηκε το Perseverance, ο πιο προηγμένος ρομποτικός εξερευνητής που έχουμε στείλει μέχρι σήμερα στον πλανήτη. Η αποστολή είναι πολύ σημαντική για πολλούς λόγους αλλά ταυτόχρονα και ιστορική. Το ρόβερ μετέφερε μαζί του και ένα αυτόνομο ιπτάμενο όχημα. Πρόκειται για το Ingenuity, ένα drone που θα πραγματοποιήσει ένα μικρό αριθμό πτήσεων. Είναι η πρώτη φορά που αποστέλλεται στο Διάστημα ένα drone και η πετυχημένη του λειτουργία θα ανοίξει τον δρόμο για την χρήση τους μακριά από την Γη. Το Ingenuity θα πραγματοποιήσει πέντε πτήσεις σε ύψος 3-5 μέτρων. Κάθε πτήση θα διαρκέσει περίπου 90 δευτερόλεπτα με το drone να πετάει σε αποστάσεις περίπου 100 μέτρων από την βάση του. Το σχέδιο

κάθε πτήσης θα έχει γίνει από τους τεχνικούς της NASA αλλά από την στιγμή που θα απογειωθεί το drone θα κινείται και θα ενεργεί μόνο του χωρίς να υπάρχει τηλεχειρισμός.[11]

- Γεωργία

Η βιομηχανία που αξιοποιεί περισσότερο τη δυνατότητα χαρτογράφησης μέσω drone είναι η γεωργία. Οι χάρτες δίνουν στους αγρότες τη δυνατότητα να αναλύουν γρήγορα τις καλλιέργειες τους και τους παρέχουν κρίσιμα δεδομένα για τη λήψη αποφάσεων. Αντί να περπατά ολόκληρη τη σοδειά ή να διασχίζει το χωράφι με τρακτέρ, ένα drone μπορεί να παράγει ημιαυτόνομα χάρτη και να επισημαίνει περιοχές με προβλήματα. Αυτό σημαίνει ότι οι γεωργοί μπορούν να εξοικονομήσουν χρόνο, να αυξήσουν την απόδοση των καλλιεργειών και, τελικά, να βελτιώσουν την παραγωγική γραμμή τους.[10]

- Έκτακτη ανάγκη

Σε περιπτώσεις καταστροφών, γρήγορες και ακριβείς πληροφορίες είναι ζωτικής σημασίας για την αποτελεσματική αντίδραση και διαχείριση εκτάκτων καταστάσεων, ειδικά όταν η καταστροφή καλύπτει μια ευρεία περιοχή. Χρησιμοποιώντας τη φωτογραμμετρία drone, οι αξιωματούχοι μπορούν να προσδιορίσουν τις περιοχές που έχουν πληγεί περισσότερο από μια καταστροφή (όπως πλημμύρα ή τυφώνας). Με αυτά τα δεδομένα, μπορούν να διανέμουν αποτελεσματικά τους πόρους τους για έγκαιρη απόκριση. Το 2017 drone συνέδραμαν στην ανάκαμψη από καταστροφές κατά τη διάρκεια του τυφώνα Harvey, του Hurricane Irma και άλλων, καθώς επίσης χρησιμοποιήθηκαν και σε περιπτώσεις αναζήτησης και διάσωσης.[10]

3.3 ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

Τα μη επανδρωμένα είναι ένας εξαιρετικός τρόπος για να εκσυγχρονιστεί η υγεία και η ασφάλεια. Τα drones παρέχουν τη δυνατότητα παράδοσης βασικών ιατρικών ειδών, ανεξαρτήτως τοποθεσίας. Δεδομένου ότι ορισμένα νοσοκομεία δεν μπορούν να διατηρήσουν απόθεμα προϊόντων ψυχρής αλυσίδας όπως αίμα, πλάσμα, αιμοπετάλια κτλ. τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη μπορούν να εξασφαλίσουν παραδόσεις των παραπάνω βιολογικών υλικών, όπου αυτά απαιτούνται και σύμφωνα με τις ανάγκες του εκάστοτε νοσοκομείου. Παραδόσεις φαρμακευτικού υλικού με drone σε μέρη όπως η Ρουάντα και η Γκάνα απέδειξαν εμπειριστατωμένα πώς θα μπορούσαν να παρέχουν τις απαραίτητες προμήθειες σε περιοχές που είναι απομακρυσμένες και δυσπρόσιτες.



Εικόνα 9: Μη επανδρωμένο μεταφέρει υλικά πρώτων βοθηθιών

Μεγάλος αριθμός πληθυσμού σε δυσπρόσιτες περιοχές δεν έχει τη δυνατότητα φαρμακευτικής κάλυψης λόγω άσχημων καιρικών φαινομένων όπως για παράδειγμα καταστάσεις πλημύρας ή έντονης χιονόπτωσης η απαγορευτικών σε νησιωτικές περιοχές περιστάσεις στις οποίες τα drone μπορούν να ανταπεξέλθουν και να καλύψουν τις ανάγκες αυτές. Σε εξαιρετικά επείγουσες καταστάσεις ο χρόνος είναι κρίσιμος, ειδικά όταν η θεραπεία των ασθενών απαιτεί χορήγηση αίματος ή κάποιου αντιδότη. Εάν ένα παιδί στη Ρουάντα δαγκωθεί από ένα άρρωστο ζώο, αντί να περιμένει ώρες για να του χορηγηθεί η απαραίτητη αγωγή, ένα drone μπορεί να το παραδώσει σε σημαντικά μικρότερο χρόνο από αυτόν που θα απαιτούνταν για την μετάβαση του ασθενή σε κάποιο ιατρικό κέντρο. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο η εταιρία Gavi που ασχολείται με παροχή ιατρικής βοήθειας εξετάζει τη χρήση drone για τη χορήγηση εμβολίων εδώ και μερικά χρόνια.[11]

Ένα drone είναι ικανό να παραδώσει αγαθά σε προκαθορισμένο χώρο και χρόνο χωρίς να είναι απαραίτητος κάποιος χειριστής. Το 2016 η αεροπορική εταιρεία EHang Holdings Limited ανακοίνωσε την συνεργασία της με την Lung Biotechnology PBC για την ανάπτυξη και την αγορά 1.000 μονάδων μιας εξελιγμένης έκδοσης του 184, του πρώτου αυτόνομου drone στον κόσμο. Οι δύο εταιρείες συμφώνησαν για την δημιουργία του προγράμματος (MOTH) και την συνεργασία τους για τα επόμενα δεκαπέντε χρόνια για την βελτιστοποίηση του 184 ως προς την παράδοση οργάνων για μεταμόσχευση. Η συνεργασία έχει ως στόχο να φέρει επανάσταση στις ΗΠΑ και τον υπόλοιπο κόσμο , με σκοπό να σωθούν δεκάδες χιλιάδες ζωές.[12]

Στην Μαδαγασκάρη, τα drone της Vayu Drones χρησιμοποιούνται πλέον με επιτυχία για την παράδοση δειγμάτων αίματος στο κεντρικό εργαστήριο της χώρας. Παρόλο που το drone μοιάζει με αεροπλάνο, έχει τη δυνατότητα κατακόρυφης απογείωσης και προσγειώσεις , χωρίς να απαιτείται διάδρομος. Στο Μισισιπή των ΗΠΑ εξετάζουν την χρήση drone που καθοδηγούνται από GPS και είναι σε θέση να παρέχουν τον απαραίτητο εξοπλισμό έκτακτης ανάγκης, για την καλύτερη αντιμετώπιση των επιπτώσεων φυσικών καταστροφών, μετά από προηγούμενους ανεμοστρόβιλους που άφησαν τους κατοίκους αποκλεισμένους και αβοήθητους από τις διασωστικές υπηρεσίες.[13]

3.4 ΨΥΧΑΓΩΓΙΑ

Τέλος είναι η ψυχαγωγία. Χρησιμοποιούνται για λήψη φωτογραφιών σε περιοχές και τόπους εκ των οποίων οι περισσότεροι είναι μη προσβάσιμοι ή επικίνδυνοι, ένα άλλο παράδειγμα είναι η χρήση drone σε επίσημα πρωταθλήματα (αγώνες) παρόμοιο με εκείνο που γίνεται με αεροπλάνα με την διαφορά όμως ότι δεν υπάρχει κίνδυνος για το χειριστή .



Εικόνα 10: στιγμιότυπο από αγώνα πρωταθλήματος με drone

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

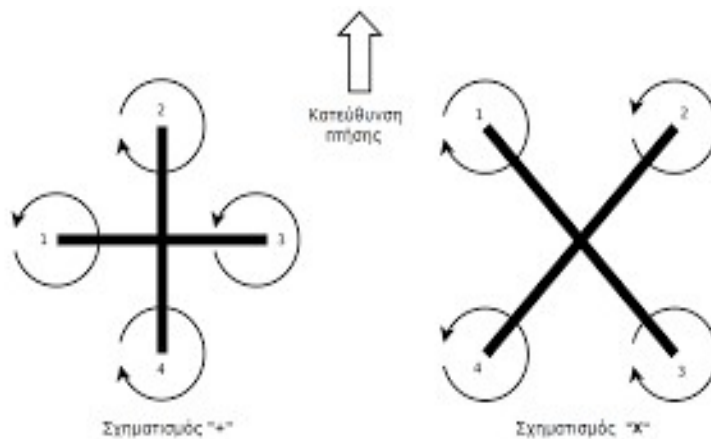
Αρχή λειτουργίας και προσανατολισμός

4.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Ένα τετρακόπτερο μπορούμε να το χαρακτηρίσουμε και ως ένα ελικόπτερο το οποίο για την ανύψωση και την κίνησή του χρησιμοποιεί τέσσερις οριζόντιους στροφείς. Κάθε στροφέας αποτελείται από έναν έλικα προσαρμοσμένο σε έναν κινητήρα. Ένα μεγάλο πλεονέκτημα ενός τετρακόπτερου είναι ότι έχει την δυνατότητα να ελέγχεται εύκολα, αφού η κίνηση βασίζεται στην ταχύτητα των ροτόρων. Η χρήση των τεσσάρων ροτόρων επιτρέπει στο καθένα να έχει μικρότερο μέγεθος σε αντίθεση με το ρότορα του απλού ελικόπτερου, αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μικρότερη αποθήκευση κινητικής ενέργειας κατά τη διάρκεια της πτήσης.

Αν πάρουμε ως παράδειγμα ένα συνηθισμένο ελικόπτερο, η ροπή που παράγεται από τον κεντρικό ρότορα αντισταθμίζεται από έναν επιπλέον ρότορα στην ουρά του ελικόπτερου, χωρίς αυτόν τον επιπλέον ρότορα, το ελικόπτερο δεν θα μπορούσε να ελεγχθεί στον αέρα λόγω συνεχών περιστροφών γύρω από τον κεντρικό του άξονα., στην περίπτωση όμως του τετρακόπτερου, η κίνηση και ο έλεγχος γίνονται ευκολότερα.

Τα τετρακόπτερα μπορούν να ίπτανται σε δύο σχηματισμούς ανάλογα με τη κατεύθυνση της πτήσης: σε σχηματισμό '+' και 'x'. Οι διαφορές τους φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 11: Σχηματισμοί πτήσης τετρακόπτερου

Στην περίπτωση του σχηματισμού '+' η κίνηση του τετρακόπτερου προς τα εμπρός πραγματοποιείται αυξάνοντας την ταχύτητα του οπίσθιου (μοτέρ 4) και μειώνοντας την ταχύτητα του εμπρόσθιου (μοτέρ 2), διατηρώντας την ταχύτητα των υπολοίπων σταθερή. Παρομοίως, για την κίνηση προς τα δεξιά αυξάνεται η ταχύτητα του αριστερού (μοτέρ 1) και μειώνεται αυτή του δεξιού (μοτέρ 3), διατηρώντας την ταχύτητα άλλων δύο σταθερή. Τέλος, για την περιστροφή γύρω από τον κάθετο άξονα προς τα δεξιά αυξάνεται η ταχύτητα του αριστερού και δεξιού (μοτέρ 1 και 3) ενώ μειώνεται η ταχύτητα των άλλων δύο (μοτέρ 2 και 4).

Κατά την πτήση σε σχηματισμό ‘x’ για την αλλαγή της πορείας συμμετέχουν όλα τα μοτέρ. Έτσι, για την προς εμπρός κίνηση τα μοτέρ 1 και 4 ελαττώνουν ταχύτητα ενώ τα 3 και 4 αυξάνουν. Η κίνηση προς τα δεξιά πραγματοποιείται με αύξηση της ταχύτητας των μοτέρ 1, 4 και με αντίστοιχη μείωση της ταχύτητας των 2 και 3. Η περιστροφή γύρω από τον κάθετο άξονα είναι ίδια με την περίπτωση του σχηματισμού “+”. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί πως σε περίπτωση που δε θέλουμε να μεταβληθεί το ύψος στο οποίο ίπταται το τετρακόπτερο, σε κάθε αύξηση της ταχύτητας πρέπει να υπάρχει αντίστοιχη μείωση από τα αντίθετα μοτέρ. Οι σχηματισμοί είναι παρεμφερείς, ενώ εύκολα μπορεί να πραγματοποιηθεί εναλλαγή μεταξύ των δύο χωρίς να χρειάζεται κάποια μεταβολή στο τετρακόπτερο. Το μόνο που αλλάζει είναι οι συνδυασμοί των μοτέρ που χρησιμοποιούνται για κάθε κίνηση καθώς επίσης το σύστημα συντεταγμένων των αισθητήρων στο οποίο στηρίζεται ο υπολογισμός του προσανατολισμού.

4.2 Γωνίες Euler

Οι γωνίες Euler χρησιμοποιούνται για την περιγραφή του προσανατολισμού ενός συστήματος συντεταγμένων (πλαίσιο αναφοράς) ως σύνθεση τριών στοιχειωδών περιστροφών έχοντας ως βάση ένα άλλο σταθερό σύστημα συντεταγμένων (σταθερό πλαίσιο). Για την περιγραφή στον τρισδιάστατο Ευκλείδειο χώρο χρησιμοποιούνται τρεις γωνίες περιστροφής και συνήθως συμβολίζονται ως φ , θ , ψ . (Γεωργία, 2012) Σταθερό πλαίσιο ορίζεται ένα καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων το οποίο θεωρείται ακίνητο και οι άξονες του συμβολίζονται με x , y , z . Όταν ως σταθερό πλαίσιο θεωρηθεί η Γη και ο άξονας x δείχνει στο Βορρά, ο y στην Ανατολή ενώ ο z προς τα κάτω τότε το εν λόγω πλαίσιο ονομάζεται North-East-Down (NED). Οι άξονες του πλαισίου αναφοράς συμβολίζονται με τα αντίστοιχα κεφαλαία γράμματα X , Y , Z .

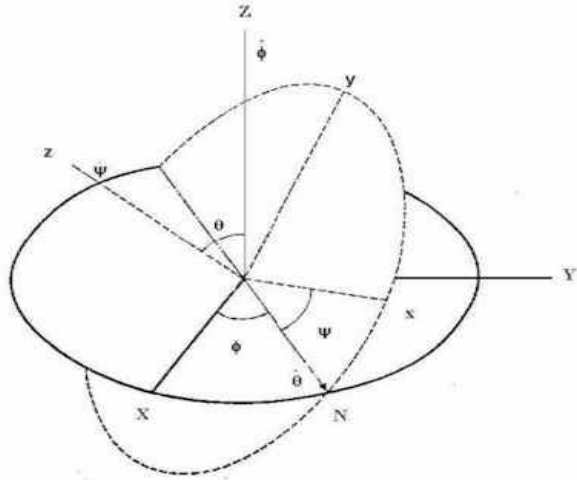
Κάθε προσανατολισμός του πλαισίου αναφοράς μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση τριών στοιχειωδών περιστροφών. Οι περιστροφές μπορούν να συντελεστούν είτε στους άξονες του σταθερού πλαισίου x , y , z (εξωτερικές περιστροφές), είτε στους άξονες του πλαισίου αναφοράς X , Y , Z (εσωτερικές περιστροφές). Υπάρχουν είκοσι τέσσερις (δώδεκα εσωτερικές και δώδεκα εξωτερικές) δυνατές διαδοχικές αλληλουχίες περιστροφών οι οποίες χωρίζονται σε δύο ομάδες:

- Κλασσικές γωνίες Euler ($z-x-z$, $x-y-x$, $y-z-y$, $z-y-z$, $x-z-x$, $y-x-y$)
- Γωνίες Tait–Bryan ($x-y-z$, $y-z-x$, $z-x-y$, $x-z-y$, $z-y-x$, $y-x-z$) [14,15]

4.2.1 Κλασσικές γωνίες Euler

Η γεωμετρική ερμηνεία των γωνιών Euler στηρίζεται στο πλαίσιο αναφοράς, το οποίο μπορεί να θεωρεί ως ένα αντικείμενο που περιστρέφεται, στο σταθερό πλαίσιο καθώς και σε έναν επιπλέον άξονα που ονομάζεται γραμμή σημείων τομής. Ως γραμμή σημείων τομής N ορίζεται άξονας τομής των xy και XY επιπέδων ή η γραμμή που ξεκινάει από την αρχή των αξόνων των δύο πλαισίων και είναι κάθετη στο επίπεδο zZ . Οι τρεις γωνίες Euler ορίζονται ως εξής:

- α είναι η γωνία μεταξύ των αξόνων x και N
- β είναι η γωνία μεταξύ των αξόνων z και Z
- γ είναι η γωνία μεταξύ των αξόνων N και X



Εικόνα 12: Γωνίες Euler

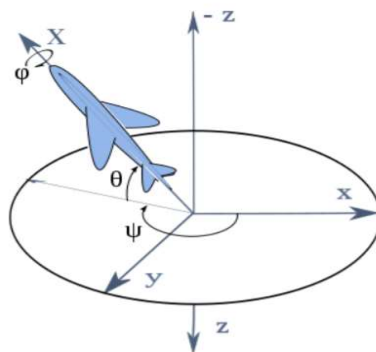
Οι τρεις αυτές γωνίες ορίζουν μια περιστροφή ως διαδοχικές περιστροφές των αξόνων $z-x-z$ $R = Rz(\gamma) Rx(\beta) Rz(\alpha)$ [14,15]

4.2.2 Γωνίες Tait-Bryan

Σε αυτή τη σύμβαση η γραμμή σημείων τομής N ορίζεται ως η γραμμή τομής μεταξύ των xy και XY επιπέδων ενώ επίσης ορίζονται ως

- ϕ ή roll η γωνία μεταξύ των αξόνων N και Y
- θ ή pitch η γωνία μεταξύ του z άξονα και του επιπέδου YZ
- ψ ή yaw η γωνία μεταξύ των αξόνων N και y

Όταν το πλαίσιο αναφοράς είναι ένα αεροσκάφος τότε συνήθως ορίζεται το κέντρο μάζας του ως η αρχή των αξόνων με τον άξονα x να δείχνει μπροστά στο αεροσκάφος, τον άξονα y να δείχνει πλάγια δεξιά στο φτερό και ο άξονας z προς τα κάτω [16]



Εικόνα 13: Προσανατολισμός

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**Κατασκευαστικά Μέρη****5.1 Πλαίσιο - σκελετός**

Το πλαίσιο (σώμα) είναι αυτό που θα συγκρατήσει το drone και θα φιλοξενήσει όλα τα απαραίτητα εξαρτήματα για την ορθή λειτουργία. Στο εμπόριο υπάρχει πληθώρα προκατασκευασμένων πλαισίων, από υλικά υψηλής ανοχής, σε διάφορες διατάξεις, που είναι κατάλληλα να φιλοξενήσουν τα βασικά μέρη του μη επανδρωμένου, ωστόσο το πλαίσιο μπορεί να κατασκευαστεί από τον εκάστοτε χειριστή από ποικίλα υλικά όπως ξύλο, πλαστικό, μέταλλο κ.τ.λ. Το πιο διαδεδομένο υλικό πλαισίου σε μη επανδρωμένα είναι το ανθρακόνημα καθώς συνδυάζει μεγάλη αντοχή σε πτώσεις, υψηλή ευλυγισία, και σαφώς μικρό βάρος.



Ο συνηθέστερος τύπος μη επανδρωμένου όπως ήδη έχει αναφερθεί είναι το τετρακόπτερο (quadcopter) συχνά αναγνωρίσιμο από το σχήμα πλαισίου "X" με μια έλικα σε κάθε άκρη του πλαισίου. Ωστόσο

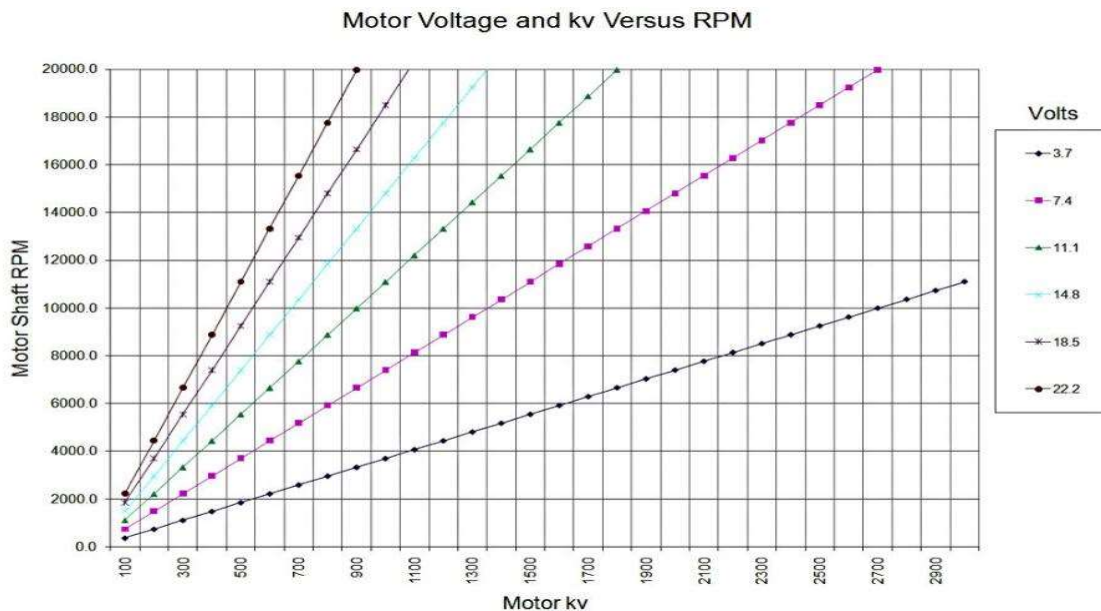


πλαίσια διατίθενται επίσης σε σχέδια τρικοπτέρων (τρεις προπέλες), εξακοπτέρων (έξι έλικες) και οκτακόπτέρων (οκτώ έλικες). Τα εξακόπτερα αν και όχι τόσο διαδεδομένα πλεονεκτούν όσον αφορά την αστοχία υλικού. (πχ. εάν ένας κινητήρας αποτύχει, διατηρείται σχετική πτητική σταθερότητα). Τα οκτακόπτερα καταλαμβάνουν πολύ μεγάλο όγκο και έχουν σαφώς μεγαλύτερη ανυψωτική δυνατότητα και συνεπώς προορίζονται συνήθως για την μεταφορά μεγάλου ωφέλιμου φορτίου (πχ ψεκαστικά για χρήση σε αγροκαλλιέργειες).

5.2 Κινητήρες - μοτέρ

Για την σωστή του λειτουργία και κυρίως για την πτητική του ευστάθεια ένα μη επανδρωμένο απαιτεί τόσους κινητήρες όσοι και οι βραχίονες του σκελετού του. Έτσι για ένα τετρακόπτερο απαιτούνται 4 κινητήρες, αλλά ένα οκτακόπτερο απαιτεί οκτώ κινητήρες για να πετάξει. Τα μοτέρ στα μη επανδρωμένα χρησιμοποιούνται για την περιστροφή των ελίκων και τη δημιουργία δύναμης ανύψωσης. Τα πλέον διαδεδομένα μοτέρ αν και αρκετά ακριβότερα είναι τα brushless. Οι κινητήρες αποτελούνται από 3 πρωτεύοντα μέρη, τον άξονα του κινητήρα στον οποίο στερεώνεται η έλικα, (συνήθως ο άξονας έχει πάχος 5 mm), την «καμπάνα» η οποία συγκρατεί όλους τους μαγνήτες στη θέση τους και περιστρέφεται με τον άξονα και τέλος την βάση η οποία αποτελεί το τμήμα του μοτέρ που βιδώνετε στο πλαίσιο προκειμένου να σταθεροποιηθεί το σύστημα μοτέρ – έλικα πάνω στο πλαίσιο. Ο στάτορας και ο ρότορας είναι και τα δύο μέρη του μοτέρ, σημαντική διαφορά μεταξύ τους είναι ότι ο ρότορας είναι το περιστρεφόμενο τμήμα του κινητήρα ενώ ο στάτης είναι το σταθερό μέρος του κινητήρα. Η κύρια λειτουργία του στάτορα είναι να παράγει το περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο. Το πλαίσιο του στάτορα, ο πυρήνας του στάτη και η περιέλιξη του στάτορα είναι τα τρία μέρη του στάτορα. Οι κινητήρες λοιπόν αναγνωρίζονται από έναν αριθμό τύπου (XX, YY) όπου οι πρώτοι 2 αριθμοί αναφέρονται στο πλάτος του στάτη σε mm και οι δεύτεροι 2 αριθμοί αναφέρονται στο ύψος του στάτη.

Ένας άλλος παράγοντας με βάση τον οποίο διαφοροποιούνται τα μοτέρ είναι το Kv. Το Kv αναφέρεται στη σταθερή ταχύτητα (constant velocity) που μπορεί να διατηρήσει ένα μοτέρ και μετρείται από τον αριθμό στροφών ανά λεπτό (rpm) που περιστρέφεται το μοτέρ όταν εφαρμόζεται σε αυτό τάση 1V (ένα βολτ) χωρίς την ύπαρξη φορτίου συνδεδεμένο σε αυτόν (χωρίς να είναι συνδεδεμένη η έλικα). Για παράδειγμα, ένας κινητήρας με τιμή Kv 1000 θα αναφέρεται σε 1000 RPM σε 1 volt. Εάν ο κινητήρας είναι 12V, τότε είναι πιθανό να περιστραφεί με ταχύτητα 1200 RPM και σε τάση 12V. Όταν η τιμή Kv μειώνεται, υπάρχει άμεση αύξηση της ροπής που παράγεται από τον κινητήρα το οποίο συνεπάγεται υψηλότερη επιτάχυνση και πιο ισχυρή ανύψωση. Σε συνδυασμό με το μέγεθος της έλικας η σταθερά Kv αποτελεί κριτήριο για την επιλογή των μοτέρ σύμφωνα πάντα και με την χρήση για την οποία προορίζεται το υπό κατασκευή drone. Για παράδειγμα ένα FPV drone προορίζεται για διασκέδαση και ζητούμενα είναι υψηλή ροπή για μέγιστη ταχύτητα καθώς και για απότομες μανούβρες επομένως με αυτά τα δεδομένα θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν μοτέρ με υψηλό Kv σε συνδυασμό με μικρής διαμέτρου έλικες. Αντίθετα για ένα «βαρύ» φωτογραφικό drone που φέρει κάμερα και σύστημα σταθεροποίησης εικόνας 3 αξόνων απαιτούνται μοτέρ με χαμηλό Kv και μεγάλου διαμέτρου έλικες για ομαλότερες μανούβρες και ταυτόχρονα αρκετή δύναμη ανύψωσης του επιπλέον βάρους. [17,18,19]



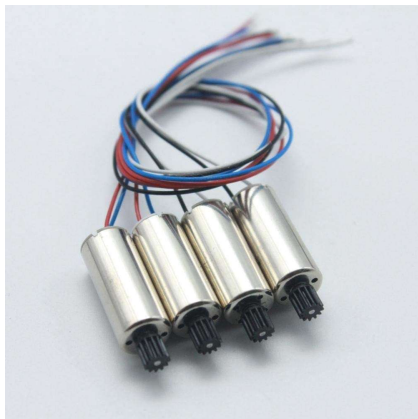
Στο παραπάνω διάγραμμα παρουσιάζεται η απόδοση σε rpm από μοτέρ με διαφορετική Kv όταν σε αυτά εφαρμόζεται ποικίλη τάση.

Τελευταίος παράγοντας όσον αφορά την απόδοση των μοτέρ είναι ο αριθμός των πόλων από τους οποίους απαρτίζεται. Μοτέρ με υψηλότερο αριθμό πόλων απαιτούν περισσότερη τάση κατά τη διάρκεια της πτήσης, αλλά παράγουν μεγαλύτερη ροπή διατηρώντας χαμηλότερες στροφές ανά λεπτό (rpm). Συνεπώς αυτά τα μοτέρ συνδυάζονται καλύτερα με έλικες μεγαλύτερης διαμέτρου. Αντίθετα ένα μοτέρ με χαμηλότερο αριθμό πόλων επιτυγχάνει υψηλότερες rpm και άρα συνδυάζεται με μικρότερης διαμέτρου έλικες παράγοντας ωστόσο μικρότερη δύναμη ανύψωσης, την επίτευξη υψηλότερης στροφής. Τις περισσότερες φορές, στα ιπτάμενα μη επανδρωμένα χρησιμοποιούνται μοτέρ με υψηλότερο αριθμό πόλων έτσι ώστε να αποφευχθεί η χρήση κιβωτίου ταχυτήτων.

Τα μοτέρ επίσης διακρίνονται με βάση τη διάταξη τους σε:

Μοτέρ τύπου δίσκου: Αυτά τα μοτέρ υψηλής ισχύος έχουν ουσιαστικά μορφή δίσκου, είναι συνήθως αρκετά ελαφροί με αποτέλεσμα να δημιουργούν υψηλότερη ροπή κατά την πτήση. Αυτό μπορεί επίσης να αποδοθεί στον υψηλότερο αριθμό περιελίξεων που εμπεριέχουν.

Μοτέρ τύπου βαρέλι: Αυτά τα μοτέρ λειτουργούν ακριβώς αντίθετα από τα μοτέρ τύπου δίσκου. Έρχονται σε σχήμα βαρελιού, έχουν βαρύτερη δομή και παράγουν πολύ λιγότερη ροπή σε σύγκριση με τα προηγούμενα. Συνήθως έχουν λιγότερους πόλους και επομένως υψηλότερη τιμή Kv. Έτσι επιτρέπουν μεγαλύτερη ευελιξία αλλά, υστερούν σε σταθερότητα συγκρινόμενα με μοτέρ τύπου δίσκου.



Εικόνα 14: Μοτέρ τύπου βαρέλι.



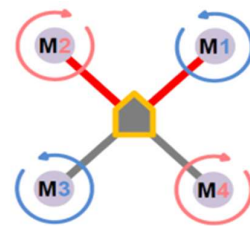
Εικόνα 15: Μοτέρ τύπου δίσκου.

Βασικός κανόνας για την επιλογή μοτέρ είναι το βάρος που μπορεί να σηκώσει το κάθε μοτέρ από την ώθηση που παράγει. Αποτελεί γενικό κανόνα πως η συνολική ώθηση των μοτέρ πρέπει να είναι διπλάσια από το βάρος του τετρακόπτερου. Οπότε κάθε μοτέρ πρέπει να έχει ώθηση:

$$T = W/2$$

Όπου T η ώθηση που παράγει το κάθε μοτέρ και W το βάρος του τετρακόπτερου.

Στο σημείο αυτό είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι στα τετρακόπτερα καθώς και στα υπόλοιπα πολυκόπτερα για λόγους ευστάθειας τα μοτέρ λειτουργούν με διαφορετική φορά περιστροφής τοποθετημένα εναλλάξ. Δηλαδή στο τετρακόπτερο 2 μοτέρ στρέφονται αριστερόστροφα και αντίστοιχα τα άλλα 2 δεξιόστροφα εναλλάξ. Ένα παράδειγμα της φοράς περιστροφής των μοτέρ σε ένα τετρακόπτερο φαίνεται στη διπλανή εικόνα.



5.3 Έλικες

Οι έλικες ή αλλιώς προπέλες (propellers) επιλέγονται όπως ήδη έχει αναφερθεί με βάση τον τύπο του drone και συνεπώς ανάλογα με το σκελετό και τον τύπο και τα χαρακτηριστικά των μοτέρ που θα χρησιμοποιηθούν. Υπάρχουν έλικες με διαφορετικό αριθμό πτερυγίων αλλά οι πιο συνηθισμένες είναι αυτές με 2 ή με 3 πτερύγια. Το υλικό κατασκευής τους είναι συνήθως πλαστικό ή ανθρακόνημα αλλά αυτό που πραγματικά ποικίλει και χρήζει ιδιαίτερης προσοχής είναι η ποιότητα του υλικού καθώς απαιτείται ταυτόχρονα ανθεκτικότητα και ευκαμψία σε συνδυασμό με μικρό βάρος. Εκτός του βάρους σημαντικός παράγοντας είναι το μήκος τους ή καλύτερα η διάμετρός τους, καθώς μεγαλύτερου διαμέτρου έλικες παράγουν περισσότερη ώθηση και έτσι μπορούν να αλλάξουν την αναλογία ώσης προς βάρος του μοτέρ. Ακριβώς το αντίθετο συμβαίνει με έλικες μικρότερης διαμέτρου που παράγουν λιγότερη ώση.

Μια τελευταία πτυχή που πρέπει να ληφθεί υπόψιν για την επιλογή μοτέρ με βάση τις προπέλες είναι το pitch. Αυτό ορίζεται ως η απόσταση που καλύπτεται σε μία πλήρη περιστροφή του έλικα. Όσο χαμηλότερο είναι το pitch, τόσο υψηλότερη είναι η ώθηση που παράγεται. Αυτό σημαίνει συνεπάγεται λιγότερες αναταραχές κατά την πτήση, μεγαλύτερη δυνατότητα ωφέλιμου βάρους, και τέλος μεγαλύτερη διάρκεια πτήσης. Δεδομένου ότι ένα μη επανδρωμένο προορίζεται ως επί το πλείστον για να αιωρείται στο αέρα, προπέλες χαμηλότερου βήματος θα αποδίδουν καλύτερα. Ωστόσο, για mini-drone για ακροβατικές κινήσεις, θα χρειαστούν μεγαλύτερες προπέλες.[17,18,19]



Εικόνα 16: Έλικες με τρία και έλικες με 2 πτερύγια.

5.4 Μπαταριά

Η επιλογή της σωστής μπαταρίας είναι ζωτικής σημασίας για την κατασκευή ενός drone. Σχεδόν πάντα η μπαταρία που χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία ενός drone είναι μπαταρία τύπου Lipo (Μπαταρία πολυμερών λιθίου). Μία μπαταρία Lipo είναι ικανή να τροφοδοτεί όλα τα συστήματα ενός μη επανδρωμένου χάρη στην ιδιότητα υψηλής χωρητικότητας και ταυτόχρονα υψηλού ρεύματος εξόδου. Μια τυπική μπαταρία Lipo έχει προδιαγραφές όπως αυτή: 3000 mAh 4S 50C.



Εικόνα 17: Παράδειγμα μπαταρίας liPo

Μια μπαταρία liPo είναι μια δέσμη μεμονωμένων μικρών μπαταριών, που ονομάζονται κελιά. Ένα κελί μιας μπαταρίας liPo έχει πάντα τάση 4,2V όταν φορτίζεται πλήρως και 3,7V όταν εξαντλείται. Έτσι, το 4S στην μπαταρία του παραδείγματος σημαίνει ότι τέσσερα από αυτά τα κελιά liPo τοποθετήθηκαν σε σειρά. Δεδομένου ότι οι μπαταρίες που συνδέονται σε σειρά έχουν συνολική τάση ίση με το άθροισμα των επιμέρους τάσεων τους, γνωρίζουμε ότι πλήρως φορτισμένη η προαναφερθείσα μπαταρία του παραδείγματος έχει συνολική τάση :

$$\text{(Αριθμός κελιών) (Πλήρως φορτισμένη τάση)} = (4 \text{ κελιά}) (4,2\text{V}) = 16,8 \text{ Volt}$$

Το δεύτερο χαρακτηριστικό μιας μπαταρίας είναι η χωρητικότητα της. Αυτή μετριέται συνήθως σε Coulombs of charge. Η χωρητικότητα μιας μπαταρίας μπορεί να παρομοιαστεί με ένα δοχείο αποθήκευσης υγρού, αντιπροσωπεύει δηλαδή πόσο φορτίο μπορεί να αποθηκευτεί στη μπαταρία. Μετατρέποντας λοιπόν το Coulombs of charge σε mAh:

$$1 \text{ Amp} = 1 \text{ Coulomb} / \text{ δευτερόλεπτο} = 1 \text{ C} / \text{s}$$

$$1 \text{ h} = 1 \text{ ώρα} = 3600 \text{ δευτερόλεπτα}$$

$$\text{m} = \text{milli} = 1/1000$$

Αντικαθιστώντας τις μεταβλητές για το προαναφερθέν παράδειγμα προκύπτει:

$$3000 \text{ mAh} = 3000 (1/1000) (1 \text{ C} / \text{S}) (3600 \text{ s}) = 10800 \text{ Coulombs.}$$

Τέλος οι μπαταρίες liPo βαθμολογούνται σε μια κατηγορία C. Όσο υψηλότερη είναι η βαθμολογία C, τόσο υψηλότερη είναι η έξοδος ρεύματος για τη συγκεκριμένη μπαταρία. Η μέγιστη ισχύς ρεύματος που μπορεί να χειριστεί η μπαταρία, προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της βαθμολογίας C με τη χωρητικότητα της μπαταρίας σε μονάδες Ah.

$$3 \text{ Ah} * 50 (1 / \text{h}) = 150 \text{ A}$$

Έτσι, η μπαταρία 50C του παραδείγματος θα μπορούσε να παράγει 150A ρεύματος. Στο εμπόριο βέβαια ανάλογα με τον κατασκευαστή της μπαταρίας η βαθμολογία C μεταφράζεται

διαφορετικά Έτσι ορισμένοι κατασκευαστές χρησιμοποιούν τη βαθμολογία C για να υποδείξουν τη μέγιστη ένταση ρεύματος εξόδου για 30 δευτερόλεπτα, ενώ άλλοι χρησιμοποιούν την βαθμολογία C για να υποδείξουν τη μέγιστη συνεχή έξοδο ρεύματος. Επομένως ιδανικά θα πρέπει να διερευνάται με τον εκάστοτε κατασκευαστή η ερμηνεία της βαθμολογίας C.

5.5 Πλακέτα διανομής ισχύος (PDB)

Η πλακέτα διανομής ισχύος όπως υποδηλώνει και το όνομα της είναι η πλακέτα στην οποία θα συνδεθούν τα κύρια ηλεκτρικά εξαρτήματά του μη επανδρωμένου. Η βασική της λειτουργία είναι ότι έχει τη δυνατότητα να αντλεί ρεύμα από την μπαταρία και να το κατανέμει στα διάφορα εξαρτήματα ανάλογα με τις απαιτήσεις τους. Συνήθως συνδέονται τα ESC και η υποδοχή της μπαταρίας.



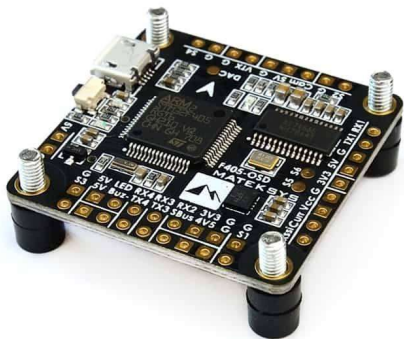
5.6 Ηλεκτρονικός ελεγκτής ταχύτητας (Electronic Speed Controller – ESC)

Ο ηλεκτρονικός ελεγκτής ταχύτητας (Electronic Speed Controller – ESC) χρησιμοποιείται ως οδηγός των τριφασικών brushless μοτέρ. Ο ESC, αναλόγως με την είσοδο που δέχεται, παράγει συνεχόμενα τρία σήματα μεγάλης συχνότητας με διαφορετικές φάσεις για τον έλεγχο του μοτέρ. Το σήμα εισόδου του αποτελείται από συνεχείς παλμούς. Όσο αυξάνεται η συχνότητα των παλμών τόσο αυξάνεται η ταχύτητα του μοτέρ. Η ρύθμιση της συχνότητας των παλμών γίνεται μέσω PWM από την κεντρική μονάδα. Η τροφοδοσία του ESC γίνεται από μπαταρία τύπου λιθίου ιόντων πολυμερούς Li-Po. Πολλοί ESC διαθέτουν ένα κύκλωμα εξουδετέρωσης μπαταρίας (Battery Elimination Circuit – BEC) το οποίο παρέχει 5V έξοδο από τον ESC η οποία δίνει τροφοδοσία στον δέκτη και στην κεντρική μονάδα. Η επιλογή του κατάλληλου ESC βασίζεται σε δύο παραμέτρους: το μέγιστο ρεύμα με το οποίο μπορεί να τροφοδοτήσει το μοτέρ και το μέγιστο ρεύμα εξόδου του BEC.[16,17,18]



5.7 Ελεγκτής πτήσης (flight controller)

Την κεντρική μονάδα του τετρακόπτερου θα μπορούσαμε να την χαρακτηρίσουμε και ως τον εγκέφαλο του μη επανδρωμένου, είναι ουσιαστικά ένας κόμβος υλικού στον οποίο συνδέονται όλα τα μέρη του drone και ο οποίος ελέγχει την ταχύτητα και τα περύγια του οχήματος. Η ύπαρξη ενός καλού Flight controller είναι κρίσιμη για την απόδοση των κινητήρων, επίσης ο καθορισμός του ελεγκτή πτήσης εξαρτάται από τον τύπο πτήσεων που επιθυμούμε να διεκπεραιώσουμε και τους αισθητήρες που θέλουμε να εμπεριέχει. Ο πιο βασικός αισθητήρας που θα πρέπει να εμπεριέχεται είναι το γυροσκόπιο, με το οποίο το τετρακόπτερο μπορεί να διατηρεί σταθερό τον προσανατολισμό του μέσω της περιστροφής. Στα σύγχρονα drone τοποθετείται επιπλέον αισθητήρας gps ο οποίος



μπορεί να βρίσκεται ενσωματωμένος στον ελεγκτή πτήσης είτε να προστεθεί εκ των υστέρων εφόσον βέβαια είναι συμβατός με τον flight controller. Οι μονάδες GPS μπορούν να αγοραστούν αρκετά φθηνά. Συνήθως χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο UART ή I2C, ενώ οι περισσότερες μονάδες GPS που προορίζονται για χρήση drone χρησιμοποιούν μαγνητόμετρο. Συνεπώς παρουσιάζει ευαισθησία στα μαγνητικά πεδία που παράγονται από τα ηλεκτρονικά του drone γι' αυτό και τοποθετείται συνήθως ψηλότερα και όχι κοντά στα ηλεκτρονικά. [16,17,18]

5.8 Τηλεκατεύθυνση (πομπός και δέκτης)

Η τηλεκατεύθυνση είναι μια ηλεκτρονική συσκευή που χρησιμοποιεί συχνότητες για την μετάδοση εντολών από το τηλεχειριστήριο στο ίδιο το drone. Με άλλα λόγια η συσκευή αυτή μεταφράζει τις εντολές του πιλότου που έχουν σχέση με την κίνηση του τετρακόπτερου. Ένας ελεγκτής RC θα αποτελείται από έναν πομπό (το χειριστήριο που κρατά ο πιλότος) και έναν δέκτη (για να λαμβάνει τις εντολές από τον πιλότο). Ο δέκτης συνδέεται στον ελεγκτή πτήσης.



Εικόνα 18: Flysky FS-i6 FS I6 2.4G 6CH

Τηλεκατεύθυνση πομπός και δέκτης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6**ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ ΟΡΓΑΝΑ, ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ****6.1 Βαρόμετρο**

Ένα βαρόμετρο παρέχει δεδομένα ύψους στον ελεγκτή πτήσης μετρώντας την πίεση του αέρα. Είναι χρήσιμος για πιλότους μεγάλης εμβέλειας καθώς παρέχει δεδομένα ύψους με μεγαλύτερη ακρίβεια από ένα GPS. Οι αισθητήρες πίεσης κατασκευάζονται συνήθως από πιεζοηλεκτρικά υλικά και συνήθως είναι πολύ φθηνοί και μικροσκοπικοί. Τα πιεζοηλεκτρικά υλικά αποτελούν μέρος της καθημερινής ζωής και μπορούν να βρεθούν σε μικρόφωνα (μετατρέποντας κύματα πίεσης σε ηλεκτρικούς παλμούς) και βομβητές (μετατρέποντας ηλεκτρικούς παλμούς σε ηχητικά κύματα). Έχουν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της παραμόρφωσης κάτω από ένα ηλεκτρικό πεδίο ή για να δημιουργήσουν ένα ηλεκτρικό πεδίο όταν παραμορφωθεί.

Η ατμοσφαιρική πίεση αυξάνεται όσο αυξάνεται το ύψος, λόγω της λιγότερο υπερκείμενης μάζας του αέρα. Η διακύμανση επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, όπως η θερμοκρασία και οι τοπικοί μετεωρολογικοί παράγοντες, αν και τα βαρόμετρα συνήθως αναφέρονται στο λεγόμενο International Standard Atmosphere Model (ISA). Αυτό το μοντέλο προσεγγίζει την ατμόσφαιρα σε γεωγραφικό πλάτος 45 °, υποθέτοντας ότι η πίεση στο επίπεδο της θάλασσας είναι 1 atm.

(101325 Pa = N / m²),

θερμοκρασία 15 ° C (59 ° F),

ρυθμό λήξης θερμοκρασίας - 6,5 ° C (20,3 ° F) ανά km (περίπου -2 ° C (-3,6 ° F) ανά 1.000 ft)

και πυκνότητα 1.2250 kg ανά κυβικό μέτρο (0,07647 lb / cu ft) στο επίπεδο της θάλασσας.

Το απόλυτο υψόμετρο που εκτιμάται από το μοντέλο ISA μπορεί να διαφέρει σημαντικά λόγω της τοπικής καιρικής κατάστασης. Συνήθως το βαρομετρικό υψόμετρο επαναφέρεται κατά την απογείωση, προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα σχετικά υψόμετρα σε σχέση με την τοπική πίεση γείωσης ή συγκρίνεται με έναν τοπικό αισθητήρα γείωσης για να έχει καλύτερη εκτίμηση του πραγματικού πάνω από το επίπεδο του εδάφους. Η ταχύτητα προώθησης UAV επηρεάζει την ανάγνωση του υψομέτρου, καθώς η κίνηση διαταράσσει την κατανομή πίεσης γύρω από το όχημα. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο τα αεροσκάφη χρησιμοποιούν για να ελαττώσουν ελαφρώς το ύψος τους ενώ πετούν προς τα εμπρός.

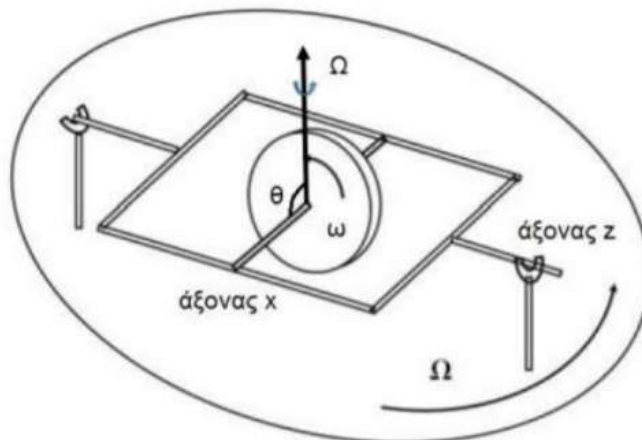
6.2 GPS

Το GPS λειτουργεί με τη βασική αρχή της τριμερούς διασταύρωσης: ας σκεφτούμε δισδιάστατο και φανταστείτε να έχουμε έναν αισθητήρα που μετρά την απόσταση σας από αυτό. Εάν είχατε μόνο έναν αισθητήρα, η θέση σας μπορεί να είναι οπουδήποτε πάνω από την περιφέρεια που επικεντρώνεται στον αισθητήρα. Με δύο αισθητήρες η ζωή είναι ευκολότερη, καθώς μπορείτε να περιορίσετε τη θέση σας μεταξύ δύο δυνατοτήτων, όπου οι δύο περιφέρειες τέμνονται. Χρειάζεστε τρεις αισθητήρες για να περιορίσετε τις πιθανότητες σε ένα μόνο σημείο. Σε τρισδιάστατο χώρο το ίδιο ισχύει για σφαίρες.

Η Γεωμετρία μας λέει ότι η θέση μπορεί να εκτιμηθεί από 3 ορατούς δορυφόρους. Αν και χρειαζόμαστε έναν ακόμη για την εκτίμηση του χρόνου: οι δορυφόροι των GPS οδηγούνται από εξαιρετικά ακριβή ατομικά ρολόγια, ενώ οι φθηνοί δέκτες μας όχι. Το σφάλμα χρόνου είναι επομένως μια μεταβλητή που πρέπει να ληφθεί υπόψη. Κατά κανόνα, θεωρείται γενικά 6 ως ο ελάχιστος αριθμός ορατών δορυφόρων για να λάβετε μια αξιόπιστη και ισχυρή εκτίμηση θέσης.

6.3 Γυροσκόπιο

Το γυροσκόπιο είναι ένας μηχανισμός που χρησιμοποιείται για την μέτρηση και την διατήρηση του προσανατολισμού μέσω την περιστροφής των εξωτερικών μερών. Ένα συμβατικό γυροσκόπιο αποτελείται από ένα στρεφόμενο δίσκο στερεωμένο σε δύο στεφάνες, εσωτερικά του πλαισίου του γυροσκοπίου που του επιτρέπουν να περιστρέφεται και στους τρεις άξονες.



Εικόνα 19: Γυροσκόπιο

Για τη μέτρηση του προσανατολισμού μετρούνται οι γωνίες που διαγράφουν οι στεφάνες. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα των μηχανικών γυροσκοπίων είναι πως χρησιμοποιούν κινούμενα μέρη. Ως γνωστόν στα κινούμενα μέρη αναπτύσσεται τριβή η οποία προκαλεί μείωση ακρίβειας και απόκλιση των μετρήσεων με την πάροδο του χρόνου. Για τη μείωση της τριβής χρησιμοποιούνται μεγάλης ακρίβειας ρουλεμάν και ειδικά λιπαντικά τα οποία όμως καταλήγουν να είναι αρκετά κοστοβόρα. Επίσης, τα μηχανικά γυροσκόπια χρειάζονται μερικά λεπτά λειτουργίας πριν να είναι έτοιμα προς χρήση. Αυτά τα μειονεκτήματα έρχονται να λύσουν τα MEMS γυροσκόπια. Εν αντιθέσει με τα μηχανικά γυροσκόπια, τα MEMS γυροσκόπια δε μετρούν τον προσανατολισμό αλλά τη γωνιακή ταχύτητα γύρω κάθετους άξονές τους. Για την κατασκευή τους χρησιμοποιείται πυρίτιο με τεχνική μικροκλίμακας (νανόμετρα), ενώ αποτελούνται από μικρό αριθμό εξαρτημάτων οπότε είναι και σχετικά φθηνά.

6.4 Επιταχυνσιόμετρο

Τα επιταχυνσιόμετρα είναι συσκευές που μετρούν την επιτάχυνση, που είναι ο ρυθμός αλλαγής της ταχύτητας ενός αντικειμένου. Μετράτε σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο τετράγωνο (m / s^2) ή σε δυνάμεις G (g). Μια μοναδική δύναμη G για εμάς εδώ στον πλανήτη G είναι ισοδύναμη με $9,8 m / s^2$, αλλά αυτό διαφέρει ελαφρώς με την ανύψωση (και θα είναι διαφορετική τιμή σε διαφορετικούς πλανήτες λόγω των διακυμάνσεων της βαρυτικής έλξης). Τα επιταχυνσιόμετρα είναι χρήσιμα για την ανίχνευση δονήσεων σε συστήματα ή για εφαρμογές προσανατολισμού.

Τα επιταχυνσιόμετρα είναι ηλεκτρομηχανικές συσκευές που αισθάνονται είτε στατικές είτε δυναμικές δυνάμεις επιτάχυνσης. Οι στατικές δυνάμεις περιλαμβάνουν τη βαρύτητα, ενώ οι δυναμικές δυνάμεις μπορούν να περιλαμβάνουν δονήσεις και κίνηση. Τα επιταχυνσιόμετρα μπορούν να μετρήσουν την

επιτάχυνση σε έναν, δύο ή τρεις άξονες. Οι μονάδες 3 αξόνων είναι πιο συνηθισμένες καθώς μειώνεται το κόστος ανάπτυξης τους.

6.5 Τηλεμετρία

Η τηλεμετρία αποτελεί μια μέθοδο ασύρματης επικοινωνίας με το drone. Μια μονάδα συνδέεται στο drone, και μια άλλη σε έναν υπολογιστή (μερικές φορές η δεύτερη αναφέρεται ως σταθμός ελέγχου εδάφους GCS). Η τηλεμετρία είναι συνήθως plug and play. Στη συνέχεια, το GCS μπορεί να επικοινωνήσει με το drone από απόσταση στέλνοντας και να λαμβάνοντας πληροφορίες. Για παράδειγμα, το GCS θα μπορούσε να λαμβάνει πληροφορίες για τη θέση του drone στο χάρτη, να καθορίζει πόσο γρήγορα κινείται το drone, να βλέπει τα επίπεδα τάσης της μπαταρίας και πολλά άλλα. Η τηλεμετρία χρησιμοποιείται γενικά κυρίως για τη λήψη δεδομένων πίσω από το drone.

Όλοι οι ελεγκτές πτήσεων ελέγχονται από το υλικό λογισμικό. Ανάλογα με τον ελεγκτή πτήσης, ενδέχεται να έχετε πρόσβαση για να αναβοσβήνετε νέο υλικό λογισμικό στην πλακέτα. Το υλικό λογισμικό μπορεί να είναι είτε κλειστή πηγή (ιδιοκτησία μιας εταιρείας που δεν μπορεί να δει το κοινό), είτε ανοιχτού κώδικα (το κοινό μπορεί να δει τον κώδικα και να κάνει τροποποιήσεις). Εάν θέλετε να δημιουργήσετε ένα drone με υλικό λογισμικό ανοιχτού κώδικα όπως το ArduPilot ή το PX4, βεβαιωθείτε ότι υποστηρίζεται ο πίνακας που αγοράζετε.

6.6 Return to home (RTH)

Ένα drone θα ορίσει τη θέση απογείωσης ως το Home Point όταν λαμβάνει τέσσερα σήματα GPS ή περισσότερα. Το drone θα αναλύει συνεχώς τις συντεταγμένες GPS σε πραγματικό χρόνο και θα χρησιμοποιεί μια πυξίδα για να βοηθήσει την πτήση επιστροφής του. Οτιδήποτε παρεμβαίνει στη θέση Home Point, GPS ή πυξίδα μπορεί να επηρεάσει τη λειτουργία RTH.

6.7 Waypoint

Η λειτουργία Waypoint επιτρέπει σε έναν πιλότο να προ-προγραμματίσει μια ακολουθία ενεργειών για να εκτελέσει ένα drone, καθώς το drone εκτελεί την ακολουθία αυτόνομα. Σε μια αποστολή waypoint, το αεροσκάφος θα ταξιδεύει μεταξύ σημείων, θα εκτελεί ενέργειες και θα προσαρμόζει την κατεύθυνση και το υψόμετρο μεταξύ των σημείων. Τα σημεία είναι φυσικές τοποθεσίες στις οποίες θα πετάξει το αεροσκάφος. Η δημιουργία μιας σειράς σημείων, στην πραγματικότητα, θα προγραμματίσει μια διαδρομή πτήσης για να ακολουθήσει το αεροσκάφος.

Για κάθε σημείο, ένας χρήστης έχει την επιλογή να καθορίσει μια σειρά ενεργειών για το drone που θα εκτελέσει όταν φτάσει στο σημείο. Οι ενέργειες πραγματοποιούνται διαδοχικά και όλες θα ολοκληρωθούν πριν το αεροσκάφος προχωρήσει στο επόμενο σημείο. Ένα drone μπορεί να εκτελέσει έως 15 δράσεις σε ένα μόνο σημείο.

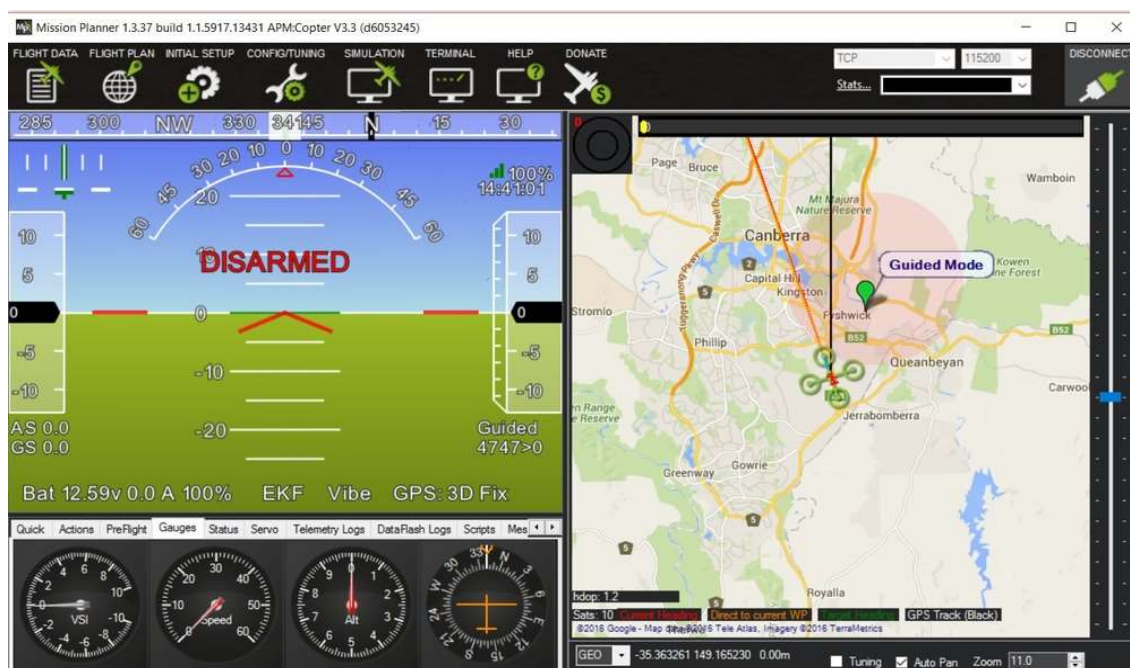
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ – SOFTWARE

Υπάρχουν πολλά διαφορετικά είδη λογισμικών, το κάθε ένα από αυτά εστιάζει συνήθως σε συγκεκριμένο τύπο λογισμικού, την τεχνολογία που διαθέτει η κεντρική μονάδα και τους στόχους.

7.1 Ardupilot

Το Ardupilot είναι ίσως ένα από τα δημοφιλέστερα λογισμικά που έχουν την δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν λειτουργίες αυτόματου πιλότου. Το λογισμικό μπορεί να ελέγχει σχεδόν οποιοδήποτε όχημα, τόσο τα αεροπλάνα με σταθερά πτερύγια αλλά και αυτά με πολλαπλούς ρότορες.



Εικόνα 20: Ardupilot Software

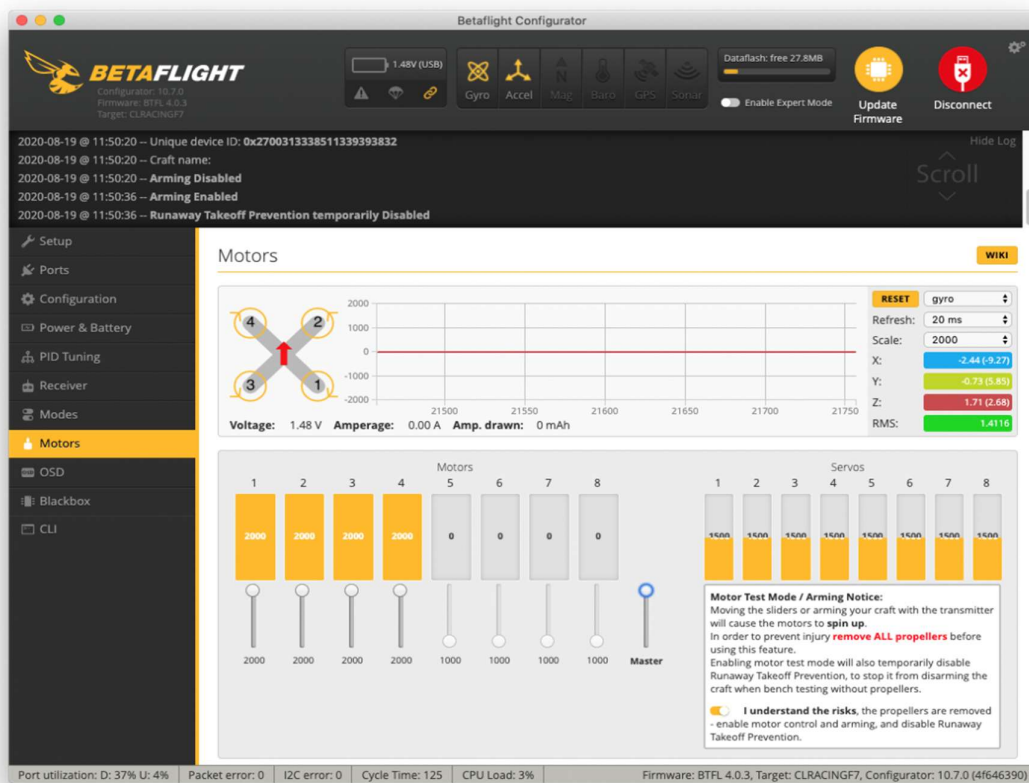
Φυσικά για να λειτουργήσει το λογισμικό χρειάζεται και τα απαραίτητα εξαρτήματα όπως ένα GPS και μία κεντρική μονάδα που να υποστηρίζει το συγκεκριμένο λογισμικό όπως: το Pixhawk η το PX4. Η χρήση του συνίσταται για αυτούς που έχουν σκοπό να έχουν ένα όχημα με πλήρως εξοπλισμένο σύστημα αυτόματου πιλότου με πλοήγηση 3D. Έχει επίσης μία από της μεγαλύτερες κοινότητες προγραμματιστών και χρησιμοποιείται σε πολλά εμπορικά συστήματα.

7.2 iNAV

Το iNav είναι ουσιαστικά μία επέκταση του λογισμικού Betaflight που επικεντρώνεται στην προσθήκη αυτόνομων λειτουργιών. Είναι ένα παρόμοιο λογισμικό με το Ardupilot που ανέφερα στην προηγούμενη ενότητα. Το λογισμικό αυτό επιτρέπει στο drone να πετάξει σε σημεία αναφοράς ή να χρησιμοποιήσει την λειτουργία 'return to home' για ασφαλή επιστροφή στο σημείο απογείωσης.

7.3 Betaflight

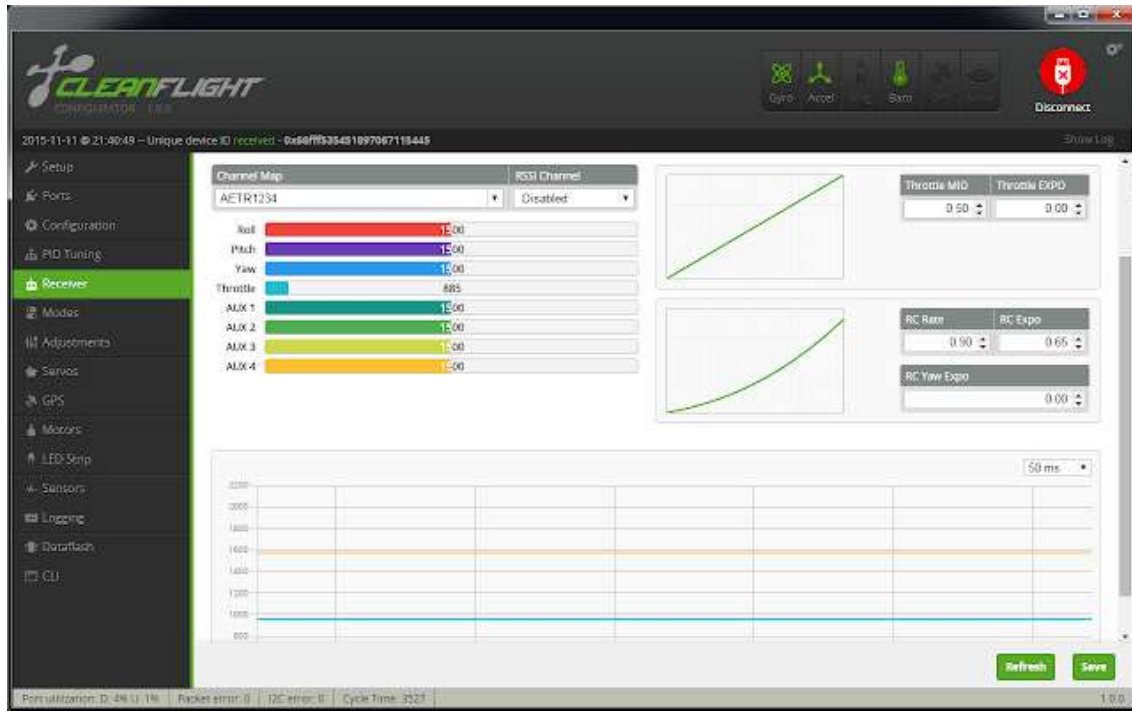
Το λογισμικό Betaflight είναι ένα από τα δημοφιλέστερα firmware για FPV. Χρησιμοποιείται κυρίως για τετρακόπτερα αλλά υποστηρίζει και αεροπλάνα σταθερών πτερυγίων, εξακόπτερα, οκτακόπτερα κ.α.



Εικόνα 21: Betaflight

7.4 Cleanflight

Το λογισμικό προγραμματισμού Cleanflight είναι ένα παρόμοιο λογισμικό με το Betaflight το οποίο όμως παρέχει λιγότερες δυνατότητες για τον προγραμματισμό και πολύ σημαντικό είναι ο ελεγκτής πτήσης να υποστηρίζει το συγκεκριμένο λογισμικό.



Εικόνα 22: Cleanflight

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8**ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΩΝ**

Ο σχεδιασμός του τετρακόπτερου απαιτεί την επιλογή των κατάλληλων υλικών λαμβάνοντας υπόψη κάποιες προϋποθέσεις.

- Τη χρήση για την οποία κατασκευάζεται
- Το κόστος του να είναι όσο γίνεται πιο χαμηλό

Η επιλογή των υλικών κατασκευής δεν ήταν εύκολη υπόθεση διότι κυκλοφορούν πολλά και διαφορετικά μοντέλα στην αγορά που κάνουν την έρευνα αγοράς ακόμη πιο δύσκολη.

8.1 Τρισδιάστατη Εκτύπωση (3D INK-JET PRINTING)

Η διαδικασία 3D Printing είναι μια διαδικασία Ταχείας Πρωτοτυποποίησης (RP) η οποία αναπτύχθηκε από την IBM και στη συνέχεια πουλήθηκε στην εταιρεία Stratasys Inc. Και αυτή η διαδικασία κατασκευάζει μοντέλα χτίζοντας layer by layer. Αρχικά, στρώνεται ένα μικρό στρώμα από σκόνη στην επιφάνεια του εμβόλου. Από ένα μοντέλο σχεδιασμένο σε σύστημα C.A.D, υπολογίζονται οι απαραίτητες πληροφορίες για τα στρώματα, μέσω ενός αλγορίθμου. Χρησιμοποιώντας τεχνολογία παρόμοια με αυτή των ink-jet εκτυπωτών, ένα υλικό ενοποιεί τα σωματίδια στα σημεία εκείνα όπου το αντικείμενο πρέπει να είναι ένα σώμα. Το έμβολο τότε, χαμηλώνει τόσο ώστε να απλωθεί η νέα σκόνη και να ενοποιηθεί επιλεκτικά. Αυτή η διαδικασία, στρώμα-στρώμα επαναλαμβάνεται μέχρι να ολοκληρωθεί το μοντέλο. Με μια κατάλληλη θερμική διαδικασία, αφαιρείται η ελεύθερη σκόνη αφήνοντας πίσω το μοντέλο. Πολλοί επιμένουν πως η διαδικασία 3D Printing είναι πιο ευέλικτη από όλες τις τεχνολογίες.[20]

8.1.1 Εναπόθεση – Σύντηξη Διαδογικών Στρώσεων (Fused Deposition Modeling, F.D.M.)

Είναι μια τεχνολογία κατασκευής, πρόσθεσης υλικού, που χρησιμοποιείται κυρίως για την μοντελοποίηση, την πρωτοτυποποίηση και την παραγωγή εφαρμογών. Το F.D.M., λειτουργεί σε μια αρχή πρόθεσης υλικού, απλώνοντας το υλικό σε στρώματα. Ένα πλαστικό νήμα, ξετυλίγεται από ένα ρολό, το οποίο προωθείται σε ένα ακροφύσιο εξώθησεως (hotend). Το ακροφύσιο, λιώνει το υλικό και μπορεί να κινείται σε οριζόντια και κάθετη διεύθυνση, με ένα ελεγκτή αριθμητικού ελέγχου (N.C. Controller). Το μοντέλο ή εξάρτημα, παράγεται, με εξώθηση υλικού, σε εύπλαστη μορφή, από ένα θερμοπλαστικό υλικό, για τον σχηματισμό στρωμάτων, καθώς το υλικό σκληραίνει αμέσως μετά από την εξώθησή του από το ακροφύσιο. Η κίνηση του Hotend, γίνεται με βηματικούς κινητήρες ή σερβοκινητήρες, και η τεχνολογία αυτή αναπτύχθηκε από τον S. Scott Crump, στα τέλη του 1980, και εμφανίστηκε στο εμπόριο το 1990. Ο όρος F.D.M., είναι εμπορικό σήμα της Stratasys Inc, και ακριβός ισοδύναμος όρος, είναι το F.F.F. (Fused Filament Fabrication) που επινοήθηκε, από τα μέλη των RepRap Project, για να δώσει μια φράση που θα μπορούσε να είναι νόμιμο χωρίς περιορισμούς. Η μέθοδος F.D.M., ξεκινάει με μια διαδικασία λογισμικού, που αναπτύχθηκε από την εταιρεία Stratasys Ltd, το οποίο επεξεργάζεται ένα αρχείο STL μέσα σε λίγα λεπτά, και με μαθηματικό τρόπο τεμαχίζει, και προσανατολίζει το μοντέλο, για την διαδικασία κατασκευής, του και δημιουργούνται αυτόματα δομές υποστήριξης εάν απαιτούνται. Το θερμοπλαστικό υλικό υγροποιείται, και εναποτίθενται μέσω ενός ακροφυσίου, το οποίο ακολουθεί μια διαδρομή η οποία καθορίζεται από το αρχείο C.A.D. του σχεδίου. Το υλικό αποτίθενται, σε στρώματα λεπτού πάχους, έως 0,01mm, και το εξάρτημα φτιάχνεται

από κάτω προς τα πάνω, ένα στρώμα κάθε φορά. Τα υλικά που χρησιμοποιεί, είναι το ABS, (ακρολονιτρίλιο βουταδιαίνειο στυρόλιο) πολυμερές, PLA, (πολυγαλακτικό οξύ), πολυανθρακικά, πολυκαπρολακτόνη, πολυφαινισουλφόνες και κερί με διαφορετικές αντοχές και θερμοκρασιακές ιδιότητες.

8.2 Πλαίσιο

Το πλαίσιο είναι μία κατασκευή που κρατάει όλα τα εξαρτήματα μαζί, θα πρέπει να είναι σχεδιασμένο από στιβαρό υλικό και όσο το δυνατόν πιο άκαμπτο. Δεδομένου ότι το τετρακόπτερο θα προοριστεί για πτήσεις σε αναρριχητικά πεδία μεταφέροντας kit πρώτων βοηθειών για την επιλογή της κατάλληλης βάσης για την κατασκευή του, λήφθηκαν υπόψιν τα εξής:

- Να υπάρχουν τέσσερις βραχίονες στα άκρα για την σταθεροποίηση των μοτέρ (τετρακόπτερο).
- Μία κεντρική βάση στην οποία να στηρίζονται όλα τα ηλεκτρονικά.
- Μια δευτερεύουσα βάση πάνω από την κεντρική για την στερέωση της μπαταρίας και προαιρετικά μίας action κάμερας για την καταγραφή των συμβάντων καθώς η κύρια κάμερα θα εξυπηρετεί μόνο στην πλοήγηση χωρίς να καταγράφει.

Η διάμετρος του σκελετού να είναι αρκετά μεγάλη ώστε να υπάρξει ο απαραίτητος χώρος για την τοποθέτηση όλων των εξαρτημάτων και επιπλέον του kit των πρώτων βοηθειών. Καθώς το πλαίσιο κατασκευάστηκε με τη μέθοδο της τρισδιάστατης εκτύπωσης θα μπορούσε να κατασκευαστεί σε «οποιαδήποτε» επιθυμητή διάσταση ωστόσο, να ήταν σημαντικό μην υπερβαίνει τα 60cm διαμέτρου, ώστε να επιτευχθεί συμβατότητα με τα υπόλοιπα υλικά που αναζητήθηκαν στο εμπόριο διατηρώντας το κόστος εντός του προϋπολογισμού.

Το πλαίσιο που τελικά χρησιμοποιήθηκε, επιλέχτηκε από την online βιβλιοθήκη τρισδιάστατων σχεδίων thingiverse, και τροποποιήθηκε ελαφρά όσον αφορά στο μέγεθος αλλά και στις οπές των βραχιόνων στις οποίες σταθεροποιούνται με βίδες τα μοτέρ, ώστε να ταιριάζουν με τις προδιαγραφές των μοτέρ που επιλέχθηκαν. Οι μετατροπές αυτές έγιναν με το δωρεάν online πρόγραμμα τρισδιάστατης σχεδίασης tinkercad.

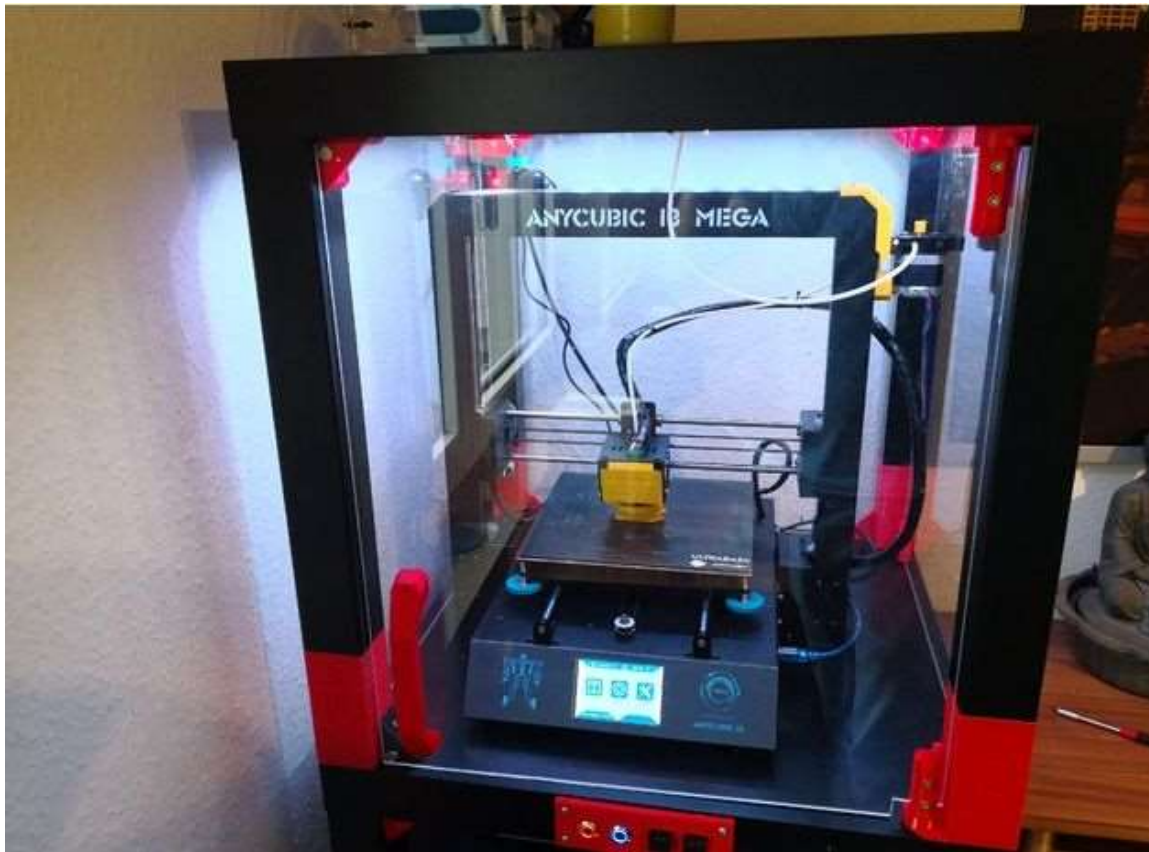


Εικόνα 23:Πλαίσιο drone

Το υλικό κατασκευής του πλαισίου είναι pla (πολυγαλακτικό οξύ) και αποτελεί ίσως το πιο κοινό και διαδεδομένο υλικό τρισδιάστατης εκτύπωσης για εκτυπωτές FDM. Ο εκτυπωτής που χρησιμοποιήθηκε είναι όπως προαναφέρθηκε τεχνολογίας FDM και έχει μέγιστη ικανότητα εκτύπωσης αντικειμένων διαστάσεων 210 x 210 x 205mm, διαστάσεις οι οποίες μου επέτρεψαν να εκτυπώσω όλα

ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΩΝ

τα κομμάτια του πλαισίου αυτούσια χωρίς να χρειαστεί να γίνουν τομές και χρήση κόλλας για τη συναρμολόγηση γεγονός που δεν θα ήταν αποδεκτό για τη σταθερότητα του πλαισίου. Ο εκτυπωτής που χρησιμοποιήθηκε είναι anycubic i3 mega s, και το πλαίσιο εκτυπώθηκε σε 6 κομμάτια, 4 βραχίονες, άνω βάση και κάτω βάση τα οποία στη συνέχεια συνενώθηκαν με βίδες. Η συνολική διάρκεια της εκτύπωσης ήταν περίπου 65 ώρες. Η μεγάλη διάρκεια της εκτύπωσης οφείλεται τόσο στην χαμηλή ταχύτητα εκτύπωσης που χρησιμοποιήθηκε ώστε να επιτευχθεί όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια στην εκτύπωση των οπών για τις βίδες, όπως επίσης και γιατί για τους βραχίονες επιλέχθηκε infill (γέμισμα) 50% για μεγαλύτερη ανθεκτικότητα και ακαμψία. Θα μπορούσε να γίνει κατασκευή και με 100% infill δηλαδή συμπαγή κομμάτια για ακόμη μεγαλύτερη ακαμψία και ανθεκτικότητα, ωστόσο θα αυξανόταν δραματικά το βάρος της κατασκευής γεγονός που δεν ήταν επιθυμητό.



Εικόνα 24:3D PRINTER

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτύπωση του πλαισίου καθώς και ιδιότητες του υλικού που χρησιμοποιήθηκε για την εκτύπωση:

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ		ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΛΙΚΟΥ ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ	
Hotend temp.	205 C°	Type	PLA
Bed temp.	70 C°	Print temp. range	185-220 C°
Print speed	35mm/sec	Color	Black - Silver
infill	50%	Amount used	
Nozzle diameter	0.4 mm		
Supports	no		

8.3 Έλικες

Οι έλικες όπως έχει εξηγηθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο επιλέγονται με βάση τους κινητήρες που θα χρησιμοποιηθούν και την χρήση για την οποία προορίζεται το πολυκόπτερο. Στην περίπτωση του συγκεκριμένου drone επιλέχθηκαν έλικες 2 πτερυγίων με διαστάσεις 10*3,8 cm.



Εικόνα 25: Οι έλικες που επιλέχθηκαν και θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή του πολυκόπτερου

8.4 Brushless DC κινητήρες (BLDC motors, BL motors)

Το ελικόπτερο quadrotor περιλαμβάνει τέσσερις κινητήρες που κινούν, ο κάθε ένας, έναν έλικα. Ο τύπος και το μέγεθος των κινητήρων μπορούν να διαφέρουν ανάλογα με το μέγεθος και τη σχεδίαση του ελικοπτερού. Γενικά στα αυτόνομα ελικοπτερά quadrotor μικρού μεγέθους χρησιμοποιούνται δύο τύποι κινητήρων: Συνεχούς Ρεύματος (DC) ή Brush-Less DC (BLDC).

Οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος χρησιμοποιούνται κατά κανόνα σε φθηνότερες κατασκευές και συνήθως μαζί με γρανάζια, γιατί δεν διαθέτουν αρκετή ροπή για να κινήσουν κατευθείαν τον έλικα. Το κύριο πλεονέκτημά τους, εκτός από το χαμηλότερο κόστος, είναι ο πιο εύκολος και αποτελεσματικός έλεγχος. Ο δεύτερος τύπος κινητήρων που χρησιμοποιούνται είναι οι Brush-Less DC κινητήρες οι οποίοι, αντίθετα με αυτό που υπονοεί η ονομασία τους, είναι σύγχρονοι τριφασικοί κινητήρες πολλαπλών πόλων ή κινητήρες reluctance. Προκειμένου να ελεγχθούν είναι απαραίτητος ένας ηλεκτρονικός μετατροπέας ισχύος που μετατρέπει το συνεχές ρεύμα εισόδου σε τριφασικό εναλλασσόμενο. Οι κινητήρες αυτοί δεν περιλαμβάνουν ψύκτρες όπως οι κλασσικοί κινητήρες συνεχούς ρεύματος, επομένως είναι πιο αξιόπιστοι με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος χωρίς ψήκτρες (Brushless DC motors) είναι ουσιαστικά σύγχρονοι τριφασικοί κινητήρες μόνιμου μαγνήτη. Είναι μια αντιστροφή των κινητήρων συνεχούς ρεύματος μόνιμου μαγνήτη, όπου τώρα το μαγνητικό πεδίο παράγεται από το δρομέα και ο στάτης φέρει τα τυλίγματα. Αντί για ψήκτρες και συλλέκτη, ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα (Electronic Speed Control - ESC) αναγνωρίζει τη θέση του δρομέα και ρυθμίζει την παροχή ρεύματος στα τυλίγματα του στάτη έτσι ώστε να παράγει ένα περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο. Τα τυλίγματα του στάτη μπορεί να είναι σε σύνδεση αστέρα ή σε σύνδεση τριγώνου, με τη σύνδεση αστέρα να προσδίδει υψηλότερη ροπή σε χαμηλές στροφές, αλλά όχι υψηλές στροφές (μεγαλύτερη σταθερά ροπής). Η απουσία ψηκτρών τους καθιστά πιο αξιόπιστους και αποδοτικούς από του Η/Κ συνεχούς ρεύματος μόνιμου μαγνήτη. Παράλληλα, η υψηλή ειδική ισχύς τους (W/kg) τους καθιστά ιδανικούς για εφαρμογές σε ιπτάμενα οχήματα. Χρειάζονται όμως απαραίτητα αισθητήρα γωνιακής θέσης και οδήγηση. Χωρίζονται δε σε δύο κατηγορίες: 1) στους Outrunner (περιστρεφόμενου κελύφους) στους οποίους ο δρομέας που φέρει τους μόνιμους μαγνήτες είναι το κέλυφος ενώ ο στάτης που φέρει τα τυλίγματα είναι σταθερά εδραζόμενος στο εσωτερικό του Η/Κ και 2) στους Inrunner (περιστρεφόμενου πυρήνα) στους οποίους ο δρομέας που φέρει του μόνιμους μαγνήτες είναι στο εσωτερικό του Η/Κ και ο στάτης που φέρει τα τυλίγματα είναι το κέλυφος του Η/Κ.

OUTRUNNER COMPONENTS

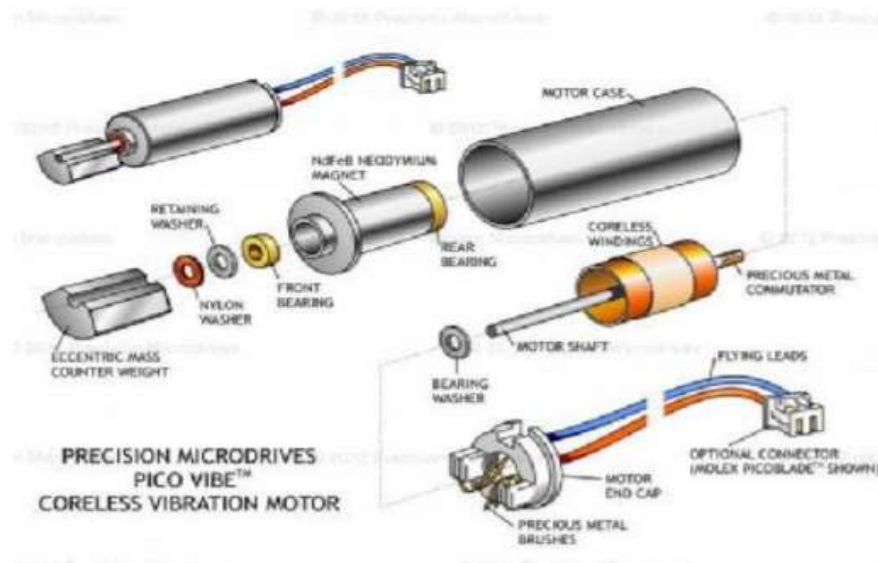


Εικόνα 26: Δείγμα outrunner BLDC Η/Κ. Συναρμολογημένος (αριστερά) και αποσυναρμολογημένος (δεξιά)

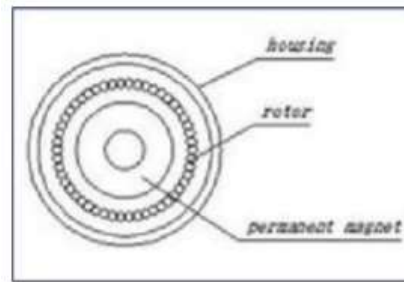
Οι outrunner σε σχέση με τους inrunner εμφανίζουν υψηλότερη ροπή σε χαμηλές στροφές (υψηλότερη σταθερά ροπής K_T και χαμηλότερη σταθερά $AHE\Delta K_e$ ή σταθερά στροφών K_V) και ενδείκνυται η χρήση τους για απευθείας σύνδεση με το φορτίο (π.χ. έλικα) χωρίς τη χρήση μειωτήρα στροφών. Τα μεγέθη των outrunner BLDC H/K ξεκινούν από διαμέτρους των 10mm, μάζας 2g και μερικών watt, και φτάνουν σε διαμέτρους των 150mm, μάζας 5kg και ισχύ μερικών kW. Είναι κατάλληλα δε για μεγάλα Micro RUAV (MAV) έως μικρά Full – Scale RUAV. Οι Coreless DC είναι H/K συνεχούς ρεύματος μόνιμου μαγνήτη με τη μόνη διαφορά ότι ο δρομέας δεν έχει πυρήνα σιδήρου. Έτσι, ο μόνιμος μαγνήτης βρίσκεται εσωτερικά των τυλιγμάτων του δρομέα. Το όφελος είναι οι μεγάλες επιταχύνσεις, λόγω της ελαττωμένης ροπής αδρανείας του δρομέα. Επίσης, η διάταξη αυτή, επιτρέπει την κατασκευή τέτοιων H/K πολύ μικρού μεγέθους, ιδανικούς για MAV. Για εφαρμογές μικρότερου μεγέθους, όπως για παράδειγμα σε MAV, γίνεται χρήση inrunner BLDC H/K οι οποίοι ξεκινούν από διαμέτρους των 2mm, ή χρήση Coreless DC H/K οι οποίοι ξεκινούν από διαμέτρους 3 με 4mm.



Εικόνα 27: Outrunner BLDC H/K



Εικόνα 28: Δομή Coreless DC H/K



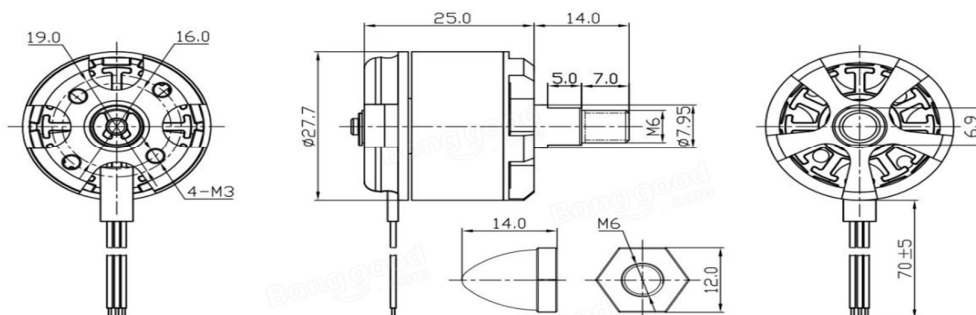
Εικόνα 29: Κάτοψη Coreless DC H/K

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημά τους παρόλα αυτά είναι η μεγάλη ισχύς που αποδίδουν σε σχέση με το μέγεθός τους. Ένας τέτοιος κινητήρας έχει την απαιτούμενη ροπή για να κινήσει κατ' ευθείαν έναν έλικα, χωρίς να απαιτούνται γρανάζια. Επίσης με την τυποποίηση και τη βελτίωση των ηλεκτρονικών μετατροπέων ο έλεγχος τους είναι ικανοποιητικός. Το μειονέκτημα αυτών των κινητήρων είναι ουσιαστικά το υψηλό κόστος στο οποίο πρέπει να συνυπολογιστεί και αυτό του μετατροπέα ισχύος.

Επιλέξαμε Brushless έναντι των κοινών DC κινητήρων. Οι απλοί DC κινητήρες βρίσκονται στην αγορά από το 1886. Οι BLDC ωστόσο μπόρεσαν να βγουν σε ευρεία παραγωγή από το 1962. Οι κινητήρες αυτοί έχουν τα προτερήματα των κινητήρων συνεχούς ρεύματος χωρίς τα πιο σημαντικά προβλήματα, που είναι συνδεδεμένα με τη παρουσία συλλέκτη και ψηκτρών. Η έλλειψη συλλέκτη τους καθιστά πολύ αξιόπιστους και είναι η πρώτη επιλογή όταν οι ώρες λειτουργίας ξεπερνούν τις 10000. Συνήθεις χρήσεις είναι οι εργαλειομηχανές, οι αυτοματισμοί, οι μηχανές συσκευασίας, τα ρομπότ και οι μηχανές γραφείου (σκληροί δίσκοι, ανεμιστήρες υπολογιστή κλπ). Αποδίδουν μεγάλη ροπή στο ονομαστικό φορτίο και κατά την εκκίνηση αλλά απορροφούν υψηλό ρεύμα εκκίνησης. Παράγουν χαμηλό ηλεκτρικό θόρυβο. Μπορούν να φτάσουν σε ιδιαίτερα υψηλές στροφές (60000) αποδίδοντας ικανοποιητική ροπή. Παράγονται σε σχετικά μεγάλο εύρος ισχύος που ξεκινά από μερικά Watts μέχρι μερικά KWatts.[21]

Τα μοτέρ που επιλέχθηκαν είναι τα: Racerstar Racing Edition BR2212 920KV 2-4S Brushless Motor

MOTOR OUTLINE DRAWING



Εικόνα 30: Παρουσιάζεται σε σχεδιάγραμμα η κάτοψη των μοτέρ που χρησιμοποιήθηκαν από τη οποία φαίνεται η μορφολογία και οι διαστάσεις τους.



Εικόνα 31: Racerstar Racing Edition BR2212 920KV 2-4S Brushless Motor, πριν την τοποθέτηση.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των μοτέρ που επιλέχθηκαν όπως αυτά δίνονται από τον κατασκευαστή:

MOTOR PERFORMANCE DATA

MODEL	KV (rpm/V)	Voltage (V)	Prop	Load Current (A)	Pull (g)	Power (W)	Efficiency (g/W)	Lipo Cell	Weight (g) Approx
B2212	920	11.1	8045	7.3	465	81	5.7	2-4S	50
			1045	9.5	642	105	6.1		
	980	11.1	8045	8.1	535	90	5.9		
			1045	10.6	710	118	6.0		

Η οδήγηση των BLDC Η/Κ γίνεται με ηλεκτρονικές διατάξεις που ονομάζονται brushless ESC (Electronic Speed Control) οι οποίες για να μεταβάλλουν τις στροφές του Η/Κ μετατρέπουν το συνεχές ρεύμα της μπαταρίας σε εναλλασσόμενο μεταβλητής συχνότητας με διαφορά φάσης 120° για κάθε φάση από τις τρεις. Στους DC Η/Κ μόνιμου μαγνήτη (Coreless ή μη) η οδήγηση από τα brushed ESC είναι απλούστερη, καθώς για τη μεταβολή των στροφών χρειάζεται μόνο η μεταβολή της τάσης τροφοδοσίας τους.

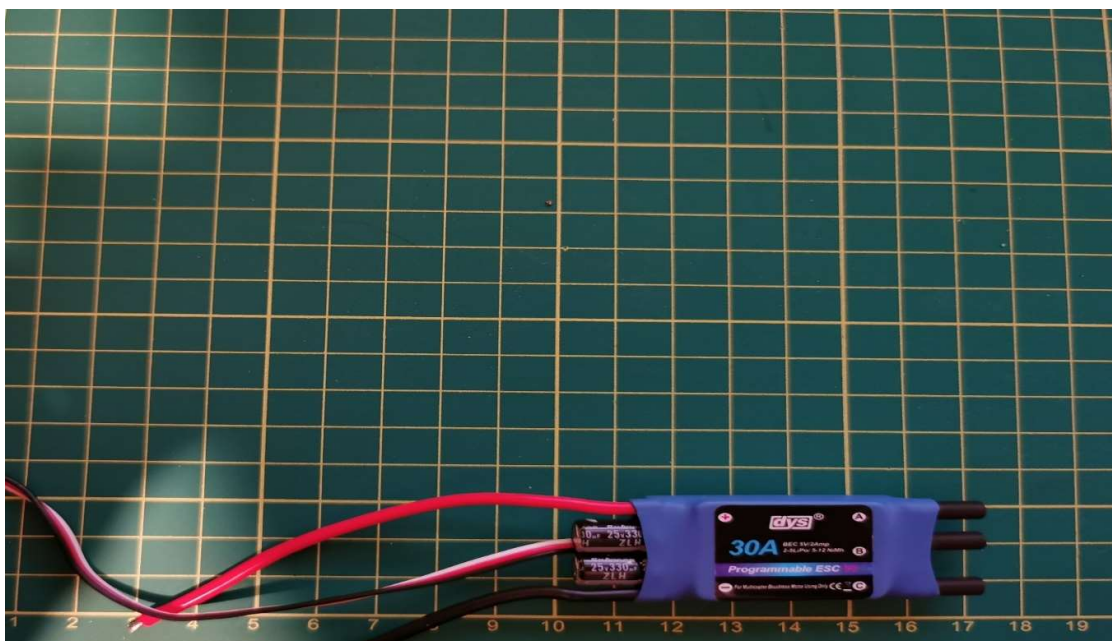
8.5 Electronic speed controller

Το ESC είναι ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα με σκοπό να μεταβάλλει την ταχύτητα ενός ηλεκτρικού κινητήρα, την κατεύθυνσή του και επίσης πιθανόν να δρα και σαν φρένο του κινητήρα σε κάποιες εφαρμογές. Μπορεί να σταθεί μόνο του σαν κύκλωμα και έχει σαν εισόδους το σήμα από τον εκπομπό της τηλεκατεύθυνσης ή το σήμα PWM από κάποιον επεξεργαστή.

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ: Ένα ESC περιέχει μια γέφυρα από MOSFET ή τρανζίστορ ανάλογα των απαιτήσεων και έναν μικροελεγκτή ο οποίος είναι προγραμματισμένος να οδηγεί κατάλληλα την γέφυρα ώστε να κινείται ο κινητήρας. Χρησιμοποιεί τον έλεγχο της επιστρεφόμενης ηλεκτρεγερτική ενέργειας από τον κινητήρα για να 'αισθάνεται' την θέση του. Γενικά δέχεται ένα σήμα PWM των 50 Hz του οποίου οι παλμοί ποικίλουν από 1ms μέχρι 2ms. Όταν δεχθεί έναν παλμό του 1,5ms τότε στην έξοδό του παράγει σήμα με 50% duty cycle. Επομένως ο κινητήρας οδηγείται στην μισή ταχύτητα της τελικής του. Όταν δεχθεί σήμα των 2ms τότε οδηγείται σε 100% duty cycle άρα σε μέγιστη ταχύτητα περιστροφής για τον κινητήρα. Επίσης μέρος του προγραμματισμού αυτών των ελεγκτών είναι και να ελέγχουν την τάση της μπαταρίας ώστε να μην αποφορτιστεί τελείως με αποτέλεσμα την καταστροφή της, να μην υπερθερμανθούν οι κινητήρες, να φρενάρουν, να αντιστρέψουν την φορά κίνησης, να επιταχύνουν τους κινητήρες και πολλά άλλα.

Η επιλογή των ESC είχε να κάνει καθαρά και μόνο με τις απαιτήσεις σε ρεύμα του κινητήρα που θα οδηγεί. Επομένως το χαρακτηριστικό των ESC είναι τα Ampere που μπορούν διαχειριστούν. Επίσης ανάλογα επιλέγεται και η μπαταρία που θα τροφοδοτεί κάθε ελεγκτή και κατά επέκταση και κάθε κινητήρα

Τα esc που χρησιμοποιήθηκαν φαίνονται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 32: DYS SimonK ESC 30A – OPTO

8.8 Τηλεκατεύθυνση

Ένας πομπός και δέκτης της εταιρίας Flysky, συγκεκριμένα ο Flysky FS-i6X FS i6X 2.4GHz 10CH AFHDS 2A RC, χρησιμοποιήθηκε για το σύστημα τηλεκατεύθυνσης. Το συγκεκριμένο σύστημα τηλεκατεύθυνσης λειτουργεί στα 2.4 GHz, διαθέτει 10 κανάλια με ισχύ RF στα 20db. Το συγκεκριμένο σύστημα λειτουργεί με σύστημα χειρισμού Mode 2 που σημαίνει ότι ο δεξιός μοχλός χρησιμοποιείται για τον ορισμό της κατεύθυνσης του αεροσκάφους ενώ ο αριστερός ορίζει την επιτάχυνση και την περιστροφή. Ο πομπός έχει την δυνατότητα προγραμματισμού 2 διακοπών και 2 trimmer για διάφορες λειτουργίες πτήσης ενώ συμπεριλαμβάνει backlight lcd οθόνη για την ανάγνωση των παραμέτρων της πτήσης. Ο πομπός έχει βάρος 392g ενώ ο δέκτης που θα τοποθετηθεί στο σκάφος ζυγίζει 19gr.



Εικόνα 35: Flysky FS-i6X FS i6X 2.4GHz 10CH AFHDS 2A RC

8.9 Μπαταρία – Φορτιστής

Η μπαταρία που επιλέχθηκε για την τροφοδοσία του σκάφους είναι της εταιρίας Turnigy και έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Capacity: 2700mAh
- Configuration: 3S / 11.1v / 3Cell
- Constant Discharge: 35C
- Pack Weight: 222g

Είναι μια μπαταρία με αρκετή χωρητικότητα σε mAh για μεγαλύτερο χρόνο πτήσης ενώ ταυτόχρονα επιλέχθηκε έτσι ώστε η τάση που βγάζει στην έξοδο να συμπίπτει με τα υπόλοιπα υλικά της κατασκευής.



Εικόνα 36: μπαταρία ZIPPY Compact 2700mAh 3S 35C Lipo Pack

Για την τροφοδοσία της camera τοποθετήθηκε δεύτερη ανεξάρτητη μπαταρία.

Για την φόρτιση των μπαταριών χρησιμοποιείται ο φορτιστής HTRC B6AC mini v2 ο οποίος διαθέτει πληθώρα βυσμάτων και προσαρμοσμένη τάση εξόδου για ποικίλους τύπους μπαταριών.



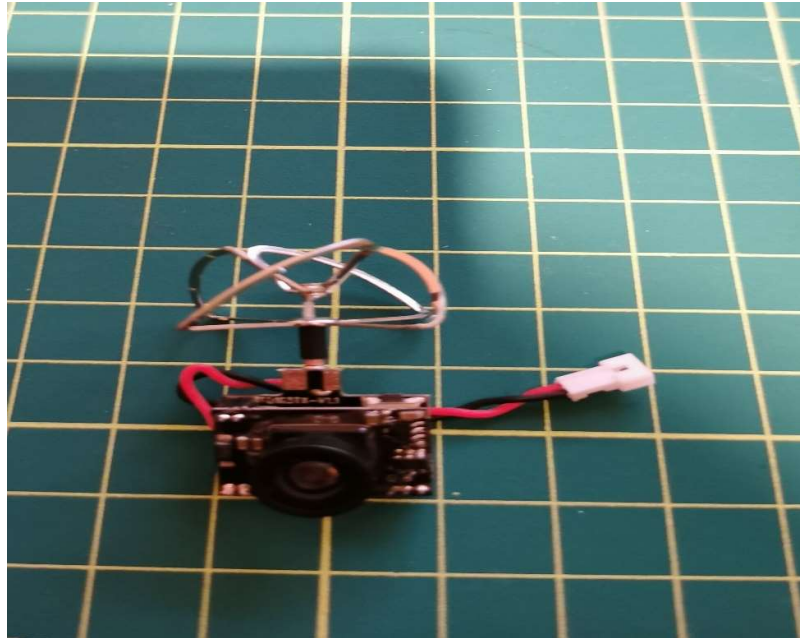
Εικόνα 37: Φορτιστής HTRC B6AC mini v2

8.10 Κάμερα

Για την frn camera επιλέχθηκε η Eachine TX02 Super Mini AIO 5.8G της οποίας τα βασικά χαρακτηριστικά φαίνονται παρακάτω:

Output power: 200mW
 Input power: 3.3-5V
 Current consumption: 3.3-5V, 500mA (type)
 Camera resolution: 600TVL
 Video system: NTSC
 Mini illumination: 1 lux

Field of view: 120 degree viewing angle
 Antenna dimensions: 22x29mm diameter
 Antenna: 4 lobe right hand circular polarized
 Frequency: 5.8GHz 5 bands 40 channel
 Size: 20x13x6mm
 Weight: 4.7g



Εικόνα 38: Eachine TX02 Super Mini AIO 5.8G

8.11 Δέκτης κάμερας

Για την αναμετάδοση της εικόνας της κάμερας σε πραγματικό χρόνο σε φορητή οθόνη που θα ενσωματωθεί στην τηλεκατεύθυνση χρησιμοποιήθηκε ο ψηφιακός δέκτης Eachine R051 150CH 5.8G FPV AV Receiver ο οποίος συμπεριλαμβάνονταν στη συσκευασία της κάμερας.

Τα βασικά χαρακτηριστικά του παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω:

Κανάλια: 150CH

Συχνότητα: 5645 ~ 5945

Λήψη ευαισθησίας: -90dBm

Ρεύμα λειτουργίας: 350mA

Θερμοκρασία εργασίας: $-10^{\circ} \sim 60^{\circ}$

Χωρητικότητα μπαταρίας: 400mAH

Βάρος: 36g με την κεραία

Μέγεθος: 55mm x 36mm x 15mm

Θύρα Micro USB: Σύνδεση IOS / Android Smartphone.

Κεραία: Ασύρματη είσοδος σήματος 5,8G.

Ένδειξη: Το μπλε LED αντιπροσωπεύει τη λειτουργία IOS, το πράσινο LED αντιπροσωπεύει τη λειτουργία Android, το κόκκινο LED αντιπροσωπεύει τη λειτουργία χαμηλής μπαταρίας και φόρτισης.



Εικόνα 39: Ψηφιακός δέκτης κάμερας

8.12 Μπαταρία κάμερας

Για την τροφοδοσία της κάμερας χρησιμοποιήθηκε ανεξάρτητη μπαταρία τύπου LiPo, τα χαρακτηριστικά της οποίας φαίνονται παρακάτω:

- 1S 3.7V 20C LiPo
- Χωρητικότητα: 200mAh
- Μέγεθος: L50,5 x W12,5 x H5 mm
- Βάρος: 5,7g (συμπεριλαμβανομένου του velcro)



Εικόνα 40: Airnox Li-Po Battery 1S 3,7V 200mAh

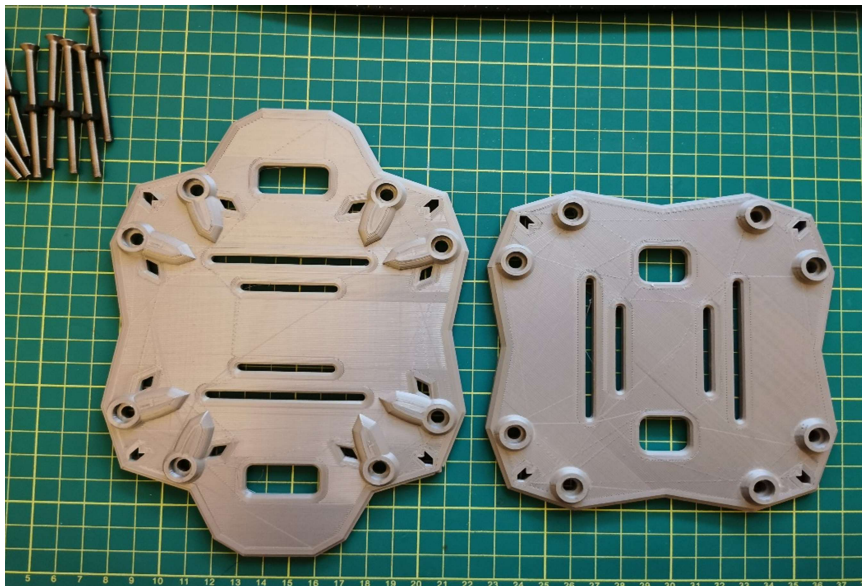
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

Κατασκευή – Συνδεσμολογία

Αρχικά έγινε η κατασκευή του πλαισίου όπως ήδη αναφέρθηκε με τη μέθοδο της τρισδιάστατης εκτύπωσης. Η συνολική διάρκεια της εκτύπωσης είχε διάρκεια περίπου 65 ώρες και αποτελούνταν από 6 αυτόνομες εκτυπώσεις: 4 βραχίονες, άνω βάση, κάτω βάση.



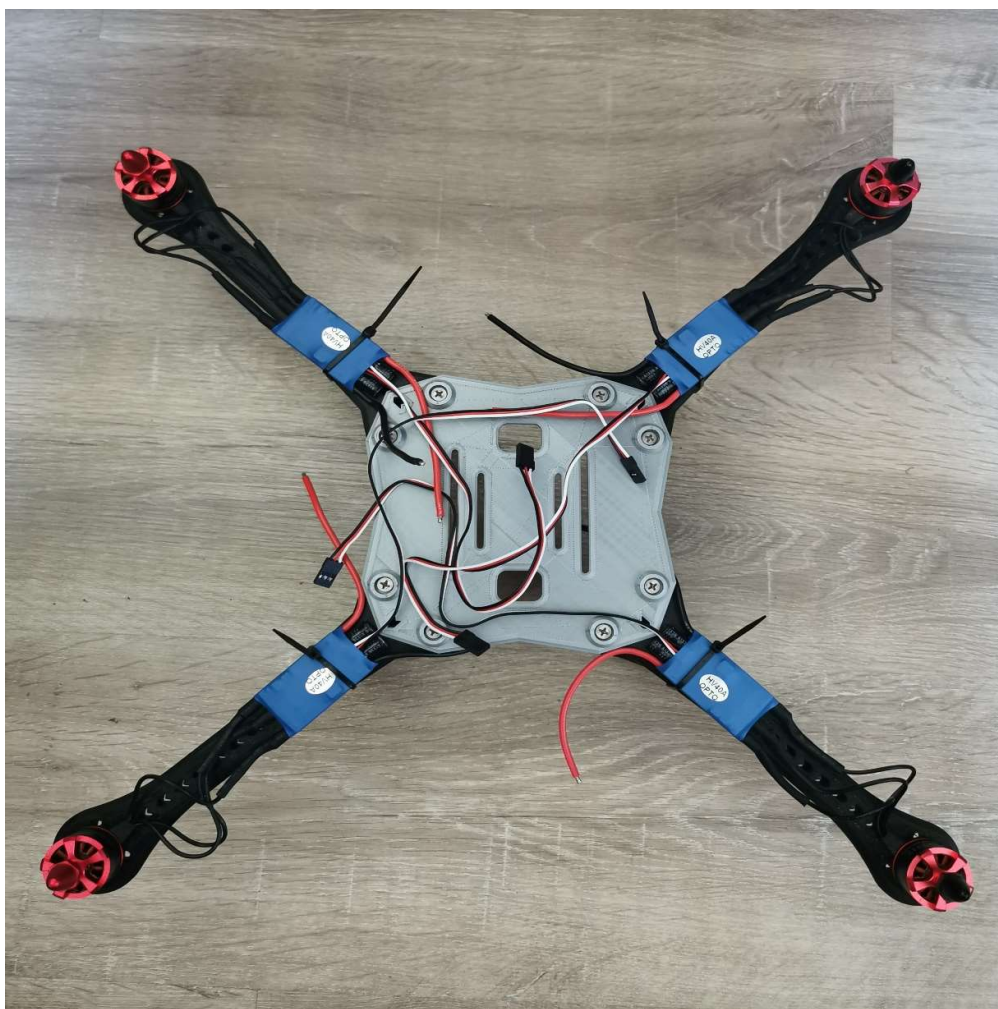
Εικόνα 41: Οι 4 βραχίονες πάνω στους οποίους θα σταθεροποιηθούν με βίδες τα μοτέρ. Κάθε βραχίονας έχει μήκος 20 cm και βάρος 90 gr.



Εικόνα 42: αριστερά κάτω βάση με διαστάσεις 14*14 cm και βάρος 56gr, δεξιά άνω βάση με διαστάσεις 19,5*13 cm και βάρος 75gr.

Όταν όλα τα κομμάτια του πλαισίου ήταν πλέον έτοιμα ξεκινά η συναρμολόγηση με την τοποθέτηση των 4 κινητήρων, έναν στην άκρη κάθε βραχίονα. Τα μοτέρ στερεώνονται με 4 βίδες το καθένα στις ειδικές οπές που έχουν σχεδιαστεί στο πλαίσιο. Τοποθετούνται εναλλάξ καθώς τα 2 από αυτά είναι αριστερόστροφα και τα άλλα 2 δεξιόστροφα. Για λόγους ευκολίας ο κατασκευαστής έχει φροντίσει να έχουν διαφορετικά χρώματα. Έτσι τα μοτέρ με κόκκινη βίδα στερέωσης της έλικας είναι τα αριστερόστροφα και αυτά με μαύρη δεξιόστροφα.

Αφού έχουν τοποθετηθεί τα μοτέρ στους βραχίονες σειρά έχουν τα electronic speed controllers. Τοποθετούνται ένα σε κάθε βραχίονα, στερεώνονται πάνω στους βραχίονες με δεματικά (zip ties) και στη συνέχεια ενώνονται με κολλήσεις στις αντίστοιχες υποδοχές των μοτέρ. Κατόπιν χρησιμοποιώντας 8 μακριές βίδες, 2 για κάθε βραχίονα, στερεώνουμε όλους τους βραχίονες πάνω στην άνω βάση του πλαισίου έτσι ώστε να μπορέσουμε στο επόμενο βήμα να τοποθετήσουμε την πλακέτα διανομής ισχύος.



Εικόνα 43: Απεικόνιση της κατασκευής μετά την ένωση των βραχιόνων με τους βραχίονες πάνω στους οποίους έχουν τοποθετηθεί τα μοτέρ συνδεδεμένα με τα αντίστοιχα esc.

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ - ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ

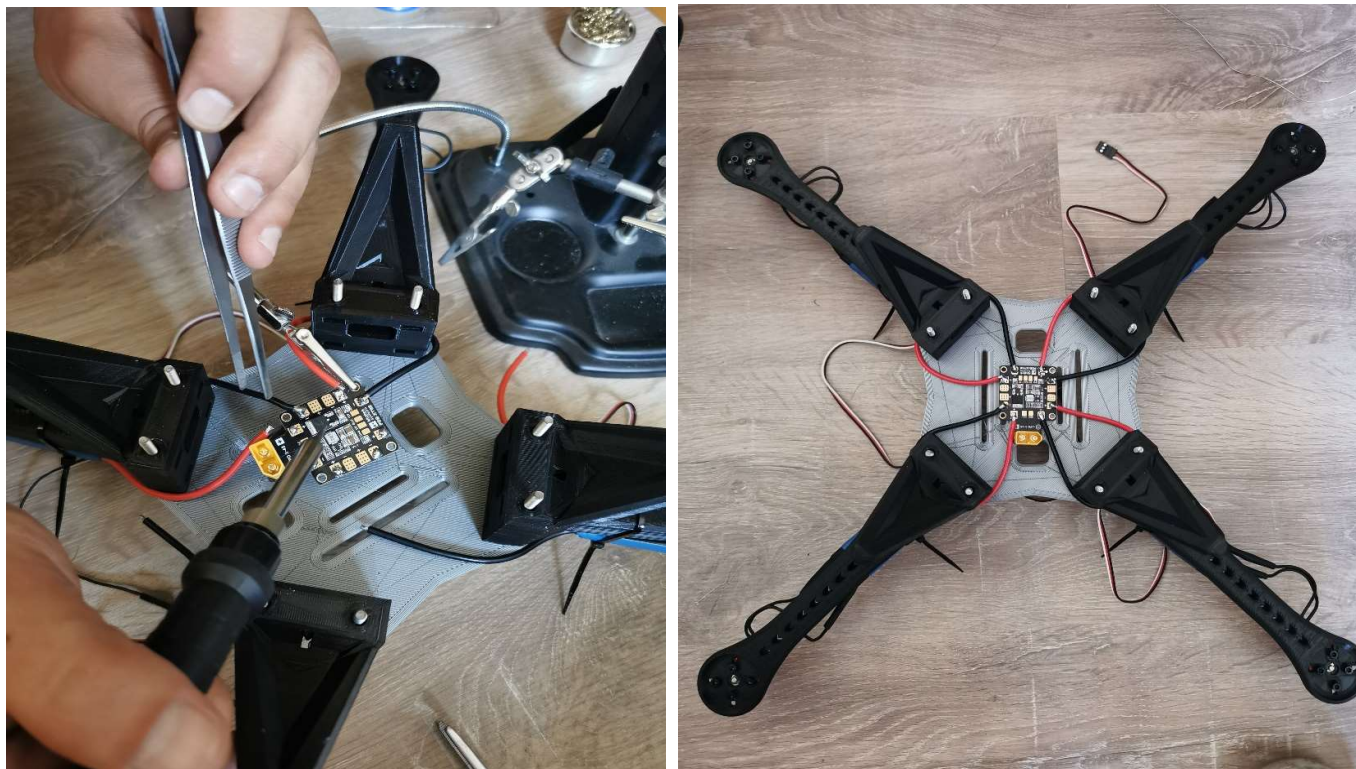
Μεγάλη σημασίας είναι η ρύθμιση των μοτέρ διότι αν δεν γίνει το σκάφος είναι ανίκανο να πραγματοποιήσει κάποια πτήση. Η διαδικασία είναι σχετικά απλή αλλά λίγο χρονοβόρα επειδή πρέπει να προγραμματίσουμε στην αρχή το κάθε μοτέρ ξεχωριστά και στην συνέχεια όλα μαζί. Για αρχή ενώνουμε το ESC με την τηλεκατεύθυνση και την μπαταρία και στην συνέχεια εφαρμόζουμε πάνω το μοτέρ. Ο λόγος είναι διότι πρέπει να κάνουμε κάποιες συγκεκριμένες ενέργειες μέσω της τηλεκατεύθυνσης έτσι ώστε να παρέχουμε τις σωστές εντολές στο μοτέρ. Μόλις κάνουμε όλες τις απαραίτητες συνδέσεις εφαρμόζουμε την μπαταρία στο ESC και ενεργοποιούμε την τηλεκατεύθυνση. Από εκείνη την στιγμή και έπειτα κάνουμε κάποιες βασικές κινήσεις οι οποίες είναι οι εξής: αρχικά τοποθετούμε το αριστερό joy-stick της τηλεκατεύθυνσης στην πάνω θέση και διατηρούμε αυτή την ενέργεια για 6 δευτερόλεπτα. Μετα το πέρας των 6 δευτερολέπτων θα ακούσουμε έναν συγκεκριμένο ήχο που δηλώνει πως η ενέργεια μας ήταν επιτυχής. Εν συνέχεια επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία κρατώντας το joy-stick στην κάτω θέση για άλλα 6 δευτερόλεπτα. Μετα το πέρας του χρόνου και αφού ακούσουμε πάλι τον χαρακτηριστικό ήχο που περιμένουμε η διαδικασία έχει ολοκληρωθεί. Αυτό πρέπει να επαναληφθεί και για τα υπόλοιπα μοτέρ του σκάφους. Όταν έχουμε τελειώσει με όλα τα μοτέρ συνδέουμε τα μοτέρ και τα ESC στην πλακέτα διανομής ισχύος. Να προσθέσω εδώ πως όλες οι συνδέσεις και κολλήσεις γίνονται έχοντας αφαιρέσει την μπαταρία. Εφόσον όλα τα υλικά είναι συνδεδεμένα εφαρμόζουμε την μπαταρία στο σκάφος και επαναλαμβάνουμε τις προηγούμενες κινήσεις προγραμματισμού για όλα τα μοτέρ μαζί.

Στο επόμενο βήμα όπως ήδη αναφέρθηκε θα τοποθετηθεί η πλακέτα διανομής ισχύος. Αρχικά τοποθετείται με κόλληση το βύσμα σύνδεσης της μπαταρίας πάνω στην PDB έτσι ώστε, αυτή να μπορεί να αφαιρείται εύκολα για να φορτίζεται. Στη συνέχεια η PDB στερεώνεται στην κάτω όψη της άνω βάσης του πλαισίου και με κολλήσεις ενώνονται τα esc για κάθε μοτέρ στις κατάλληλες υποδοχές.



Εικόνα 44:Κολλήσεις σε PDB

Στις παραπάνω εικόνες φαίνεται η τοποθέτηση με κόλληση του βύσματος για την μπαταρία ενώ στις κάτω απεικονίζεται η διαδικασία κόλλησης των esc στην PDB και το σκάφος μετά την τοποθέτηση και σύνδεση της πλακέτας διανομής ισχύος.

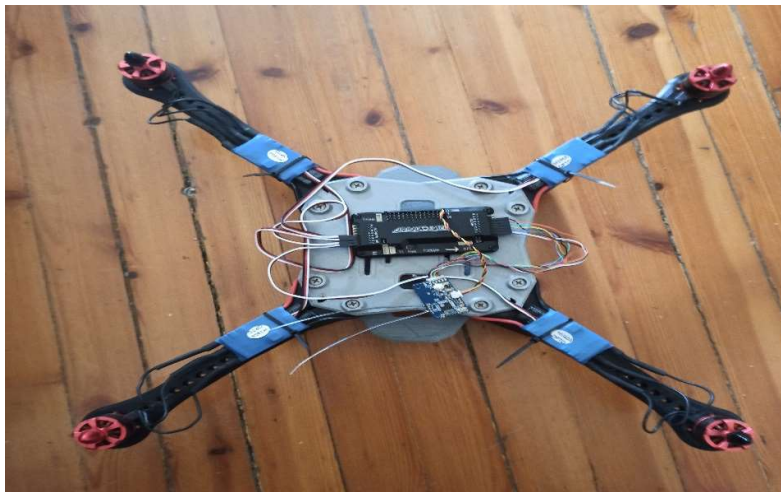


Εικόνα 45: Τοποθέτηση PDB και σύνδεση ESC

Αφού η PDB έχει τοποθετηθεί στερεωθεί και συνδεθεί μπορεί πλέον να τοποθετηθεί και η κάτω βάση του πλαισίου και να βιδωθούν καλά οι βίδες που συγκρατούν το πλήρες πλέον πλαίσιο στην τελική του μορφή, δημιουργώντας έτσι και την εσοχή ανάμεσα στις 2 βάσεις του πλαισίου στην οποία αργότερα θα τοποθετηθεί η μπαταρία.

Με το πλαίσιο να έχει πλέον πάρει την τελική του μορφή, στην πάνω όψη της άνω βάσης του σκάφους τοποθετείται πλέον ο ελεγκτής πτήσης. Για την τοποθέτηση του συν αρμολογείται πρώτα η βάση του της οποίας ο ρόλος εκτός από την στερέωση στο πλαίσιο του σκάφους είναι και η απορρόφηση των κραδασμών κατά την πτήση.

Στην συνέχεια η βάση τοποθετείται και στερεώνεται με δεματικά (zip ties) στην επάνω όψη της πάνω βάσης και ο ελεγκτής πτήσης με τη σειρά του στερεώνεται πάνω στη βάση του. Στη συνέχεια συναρμολογείται η βάση στήριξης της μονάδας gps και στερεώνεται με βίδες στο πλαίσιο του drone. Έπειτα με την παρεχόμενη ταινία 3M διπλής όψης επικολλάται η μονάδα gps πάνω στη βάση της. Στο σημείο αυτό χρησιμοποιώντας το φυλλάδιο οδηγιών του κατασκευαστή του ελεγκτή πτήσης, όλα τα επιμέρους εξαρτήματα συνδέονται στις αντίστοιχες υποδοχές.



Εικόνα 46: Τοποθέτηση του ελεγκτή πτήσης

Τέλος στην μπροστινή όψη του μη επανδρωμένου τοποθετείται η κάμερα μαζί με την μπαταρία της με αυτοκόλλητη ταινία Velcro και στη συνέχεια σταθεροποιείται με cable ties, και στο κάτω μέρος του drone ενσωματώνεται το kit πρώτων βοηθειών με μάντα σύσφιξης.

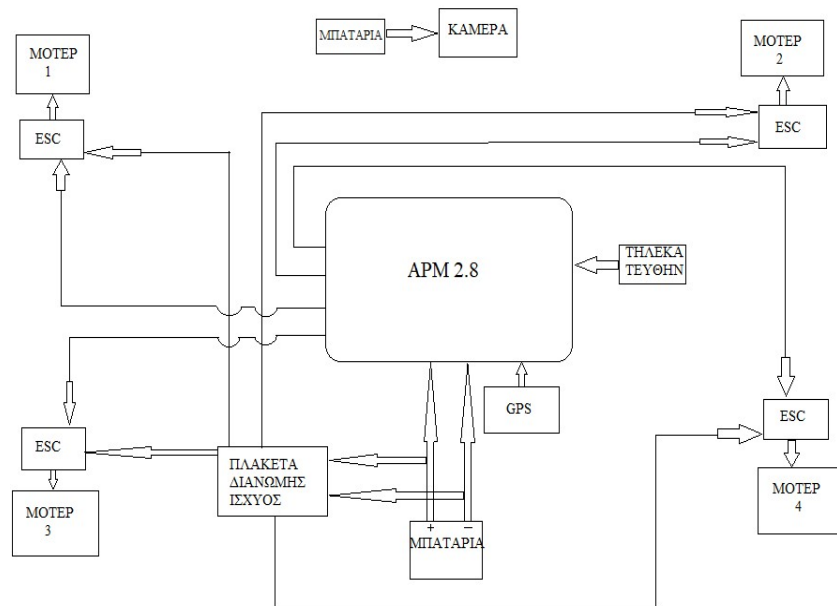
Το kit πρώτων βοηθειών τοποθετήθηκε στο κάτω μέρος του τετρακοπτέρου ώστε να είναι εύκολο προς χρήση από τον παραλήπτη μέχρι να καταφθάσει η ομάδα διάσωσης. Στο kit έπειτα από πληροφόρηση που έλαβα από μέλος της τοπικής ομάδας διάσωσης αποφάσισα να συμπεριλάβω τα εξής ιατροφαρμακευτικά είδη:

- ενέσιμη κορτιζόνη SOLU-CORTEF 500mg Hydrocortisone 4ml (Act-O-Vial Κόνις και Διαλύτης),
- σύριγγα 5ml,
- αιμοστατικός επίδεσμος,
- επίδεσμος,
- Tobradex,
- Apotel plus,
- τραυμαπλάστ.

Η επιλογή των παραπάνω προέκυψε με βάση τις άμεσες ανάγκες στις οποίες θα μπορούσαν να δώσουν λύση χωρίς παρουσία εξειδικευμένου προσωπικού και έχοντας πάντα ως κριτήριο τον περιορισμό όγκου και βάρους που μας επιβάλλει κάθε ιπτάμενο όχημα. Σε ιδανικές συνθήκες θα ήθελα να είχα συμπεριλάβει στον εξοπλισμό του kit μια ισοθερμική κουβέρτα η οποία όπως πληροφορήθηκα είναι καίριας σημασίας αλλά δυστυχώς δεν κατέστη δυνατόν λόγω όγκου και ευελπιστώ να συμπεριληφθεί σε μελλοντική έκδοση.



Εικόνα 47: kit πρώτων βοηθειών



Εικόνα 48: Σχηματική παρουσίαση της συνδεσμολογίας του Hardware (Block Diagram)



Εικόνα 49: τελική μορφή τετρακόπτερου

Στο σημείο αυτό η τοποθέτηση του υλικοτεχνικού εξοπλισμού έχει ολοκληρωθεί και ακολουθεί ο προγραμματισμός του ελεγκτή πτήσης καθώς και η σύζευξη του σκάφους με την τηλεκατεύθυνση. Για τον προγραμματισμό απαιτείται η χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή και όπως ήδη αναφέρθηκε η χρήση του σωστού software το οποίο στην περίπτωση μας είναι το πρόγραμμα «Mission Planner». Το πρώτο βήμα λοιπόν είναι η λήψη και εγκατάσταση στον υπολογιστή του Mission Planner το οποίο παρέχεται δωρεάν από την επίσημη σελίδα της ardupilot.

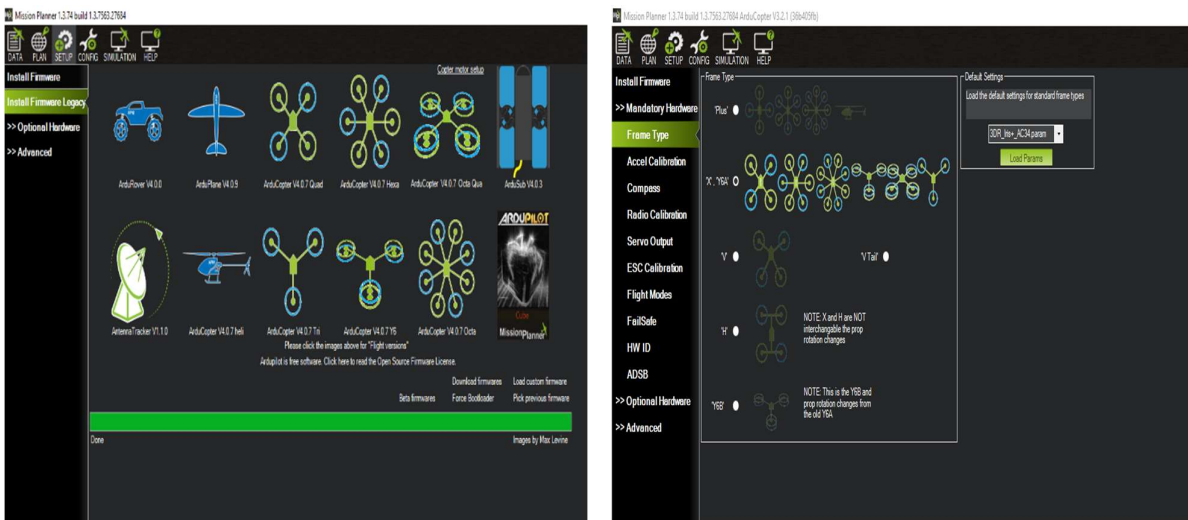
Έχοντας εγκαταστήσει το πρόγραμμα το εκτελούμε και στη συνέχεια με το καλώδιο τύπου mini usb που παρέχεται από τον κατασκευαστή του ελεγκτή πτήσης συνδέουμε τον ελεγκτή σε μία διαθέσιμη θύρα usb του υπολογιστή. **ΠΡΟΣΟΧΗ**, κατά τη σύνδεση στον υπολογιστή δεν είναι τοποθετημένη η μπαταρία ούτε οι έλικες.



Εικόνα 50: Έναρξη προγραμματισμού

Στην πρώτη οθόνη που εμφανίζεται κατά την εκτέλεση του Mission Planner όπως και σε άλλα αντίστοιχα προγράμματα, πρέπει να επιλεγθεί ο τύπος του τηλεκατευθυνόμενου για τον οποίο θα προγραμματιστεί ο ελεγκτής που στην περίπτωσή μας είναι τετρακόπτερο. Ωστόσο υπάρχουν επιλογές και για εξακόπτερο, οκτακόπτερο, τηλεκατευθυνόμενο σκάφος η αυτοκίνητο κ.α. Με την επιλογή του τύπου τετρακοπτέρου άμεσα ξεκινάει η διαδικασία προγραμματισμού.

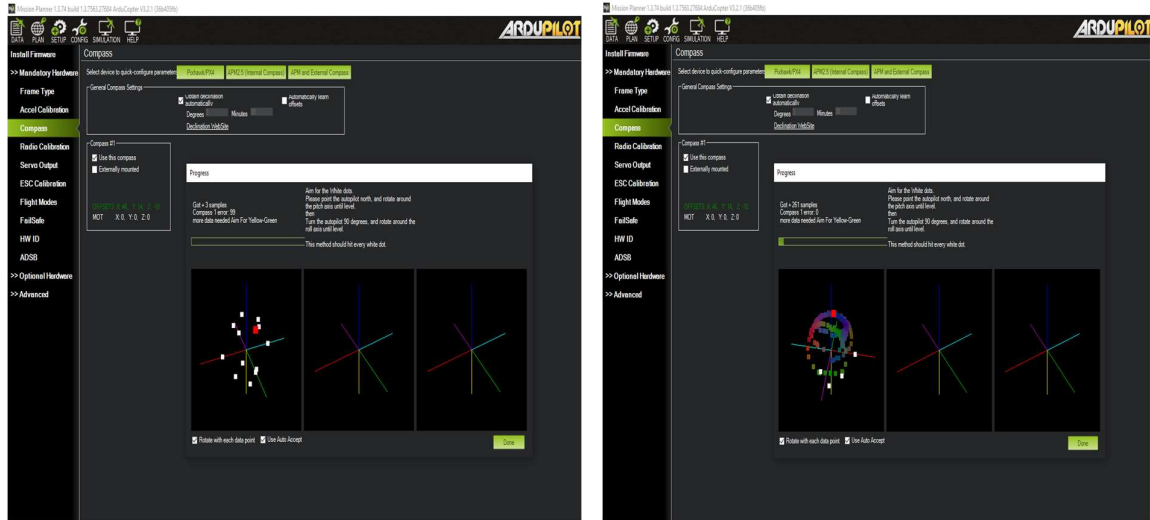
Ο προγραμματισμός είναι σχετικά χρονοβόρα διαδικασία αν και ο χρόνος εξαρτάται κυρίως από τον τύπο του οχήματος που θέλουμε να προγραμματίσουμε, τις επιδόσεις του υπολογιστή που χρησιμοποιούμε και τέλος από το μοντέλο του ελεγκτή που θέλουμε να προγραμματίσουμε. Ωστόσο σαν διαδικασία είναι σχετικά απλή καθώς το πρόγραμμα μας καθοδηγεί βήμα-βήμα παρέχοντας σαφείς οδηγίες που συνοδεύονται από διευκρινιστικά σχήματα και εικόνες.



Εικόνες 51: Καταγραφή της οθόνης του υπολογιστή στο πρόγραμμα του mission planner για την επιλογή τύπου σκάφους και διάταξη.

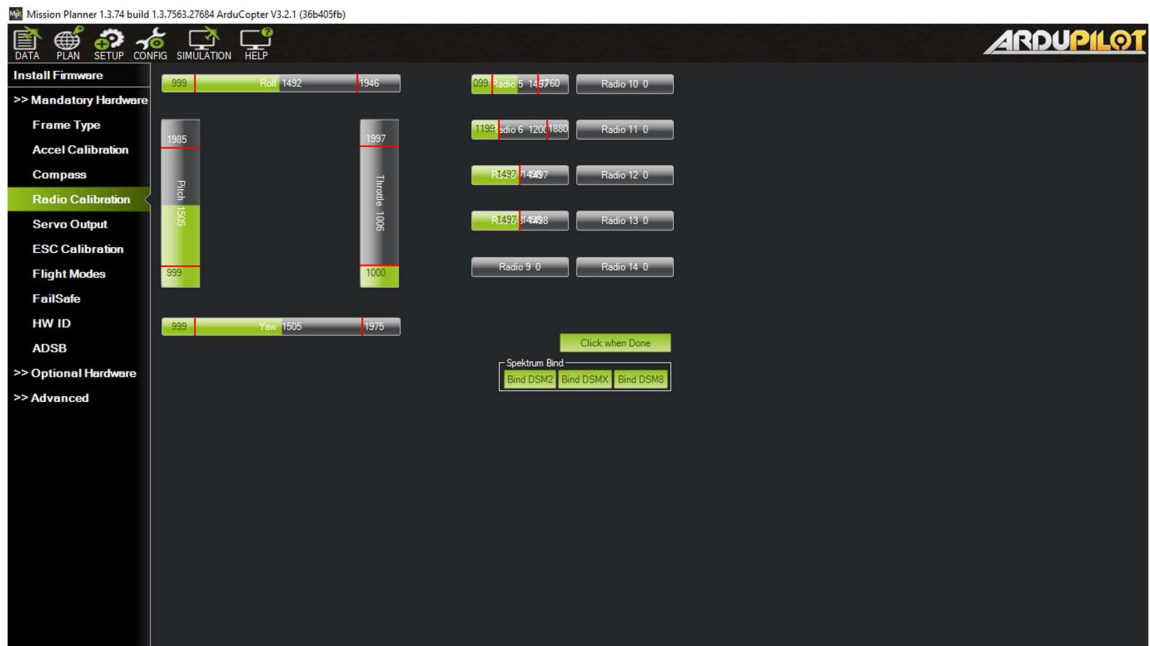
Στο πρώτο βήμα λοιπόν καλούμαστε να τοποθετήσουμε το τετρακόπτερο σε διάφορες κατευθύνσεις κ (πάνω, κάτω, δεξιά, αριστερά), το οποίο και πρέπει να εκτελεστεί διατηρώντας πάντα για μπροστινό μέρος την κατεύθυνση που υποδεικνύεται από ένα βέλος πάνω στον ελεγκτή. Η διατήρηση της σωστής κατεύθυνσης που υποδεικνύεται από τον ελεγκτή είναι ιδιαίτερα σημαντική για τον ακριβή προσδιορισμό της θέσης και της κατεύθυνσης κατά την διάρκεια της πτήσης.

Στο επόμενο βήμα σύμφωνα πάντα με τις οδηγίες του προγράμματος εκτελείται βαθμονόμηση της πυξίδας (κάτι που καλό είναι να επαναλαμβάνεται πριν από κάθε πτήση). Για τη βαθμονόμηση της πυξίδας εκτελούνται περιστροφές του σκάφους γύρω από τον εαυτό του τόσο σε οριζόντια όσο και σε κάθετη θέση. Η σωστή βαθμονόμηση είναι καίριας σημασίας διότι κατά την πτήση εξυπηρετεί τόσο στην ευστάθεια όσο και στον προσανατολισμό του drone και για αυτό καλό είναι να επαναλαμβάνεται αν όχι πριν από κάθε πτήση ανά τακτά χρονικά διαστήματα καθώς επηρεάζεται συχνά από μαγνητικά πεδία και μεταλλικά αντικείμενα.



Εικόνες 52: Αποτύπωση από την οθόνη του προγράμματος κατά τη διαδικασία βαθμονόμησης της πυξίδας.

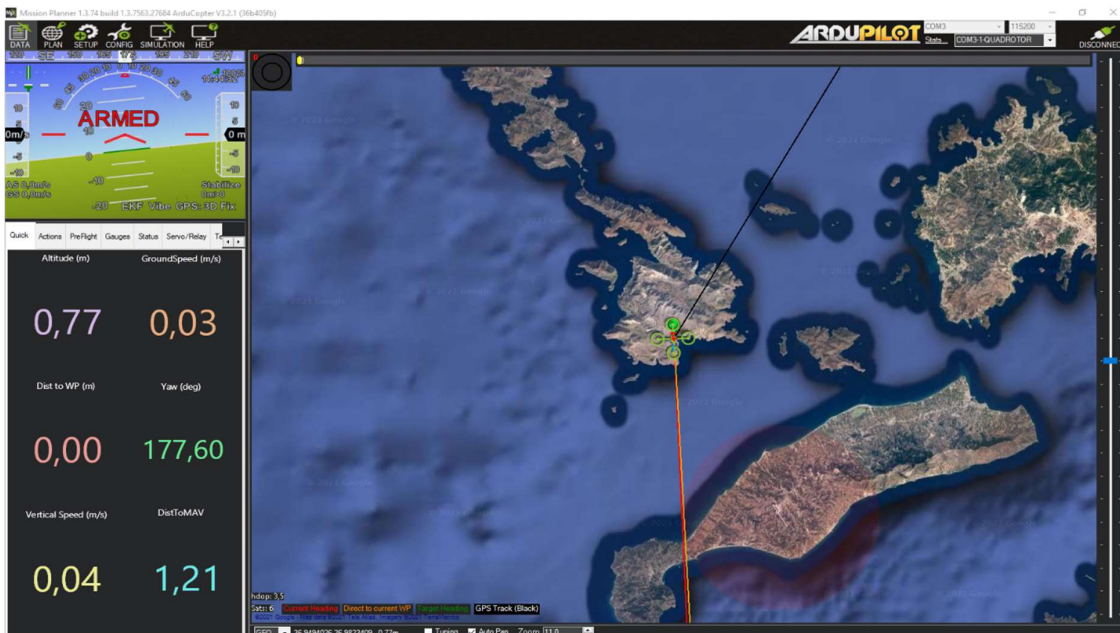
Στο σημείο αυτό έχει ολοκληρωθεί ο βασικός έλεγχος και προγραμματισμός του ελεγκτή πτήσης και το πρόγραμμα μας οδηγεί στην επόμενη οθόνη όπου θα γίνει η σύζευξη (bind) του δέκτη και του πομπού καθώς και περαιτέρω ρυθμίσεις της τηλεκατεύθυνσης. Ακολουθώντας τις εικόνες που υποδεικνύονται από το πρόγραμμα μετακινούμε τα sticks στις ανάλογες θέσεις που ζητούνται για να βαθμονομηθούν και εν συνεχεία για να καθοριστούν οι ενέργειες που θα εκτελούν.



Εικόνα 53: Σύζευξη της τηλεκατεύθυνσης και βαθμονόμηση των sticks

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

Στη συνέχεια γίνεται αυτόματη αναζήτηση για δορυφόρους μέσω της μονάδας gps και όταν αυτή επιτευχθεί (σχετική ένδειξη «armed») στην οθόνη βλέπουμε το στίγμα με την ακριβή θέση του μη επανδρωμένου στο χάρτη



Εικόνα 54: Επιτυχής ενεργοποίηση της μονάδας gps και εμφάνιση της real-time θέσης του στο χάρτη.

Εφόσον έχουν ολοκληρωθεί όλες οι απαραίτητες ενέργειες, το πρόγραμμα μας προτρέπει να αποσυνδέσουμε τον ελεγκτή πτήσης από τον υπολογιστή το οποίο και κάνουμε. Ο προγραμματισμός έχει ολοκληρωθεί.

Στη συνέχεια συνδέουμε την μπαταρία, την τοποθετούμε στη θέση της η οποία είναι στο πάνω μέρος του πλαισίου και τη στερεώνουμε καλά με επαναρησιμοποιούμενο zip tie το οποίο εξασφαλίζει ότι θα διατηρείται στη θέση της κατά την πτήση ενώ ταυτόχρονα μας επιτρέπει να μπορούμε εύκολα να την αφαιρέσουμε μετά το πέρας της πτήσης για να τη φόρτισή της. Επίσης τοποθετούμε τις έλικες στις αντίστοιχες υποδοχές των κινητήρων και τους σταθεροποιούμε με τις παρεχόμενες βίδες.

Εκτελούμε ένα προσεκτικό οπτικό έλεγχο ότι όλα τα εξαρτήματα έχουν τοποθετηθεί και σταθεροποιηθεί σωστά και στη συνέχεια εξακριβώνουμε αν αυτό ισχύει μετακινώντας το drone σε οριζόντια και κάθετη θέση.

Έχοντας ολοκληρώσει τον έλεγχο, πρώτα ενεργοποιούμε τα ESC (ELECTRONIC SPEED CONTROLLER) τοποθετώντας το αριστερό joystick στην θέση κάτω δεξιά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο σημείο αυτό έχει πλέον ολοκληρωθεί η εγκατάσταση του software-hardware του UAV και έχουν τοποθετηθεί και όλα τα παρελκόμενα για την ασφαλή πτήση του.

Θα πρέπει ωστόσο να αναφερθούμε σε μερικές δυσκολίες που συναντήσαμε τόσο στην κατασκευή όσο και στη ρύθμιση και τοποθέτηση των εξαρτημάτων και του λοιπού εξοπλισμού.

Ξεκινώντας με το πιο σημαντικό το οποίο μου κόστισε και τον περισσότερο χρόνο αλλά και κόπο θα πρέπει να αναφερθούμε στην απαραίτητη ρύθμιση των μοτέρ η οποία μας ανάγκασε να αποσυναρμολογήσουμε το ήδη συναρμολογημένο UAV και να ξεκινήσουμε από την αρχή. Χάρη στις γνώσεις και τις πληροφορίες που μου παρείχε ο Κ. Φραζής Γεώργιος (υπεύθυνος της πρακτικής μου άσκησης) ο οποίος είναι γνώστης τόσο του αντικείμενου, όσο και του επαγγέλματος κατάφερα να ολοκληρώσω την σωστή ρύθμιση των μοτέρ.

Εάν τα μοτέρ τοποθετηθούν και κωλυθούν στα ESC, όπως αρχικά έγινε, πριν ρυθμιστούν είναι ανίκανα να παράγουν την ώση που απαιτείτε για την απογείωση του UAV.

Επίσης στο αρχικό πλάνο είχε προβλεφθεί ότι η τροφοδοσία της κάμερας θα γινόταν από την ίδια μπαταριά του σκάφους, αυτό δεν κατέστη δυνατό διότι η πλακέτα PDB που προμηθεύτηκε δεν παρείχε την κατάλληλη υποδοχή για την σύνδεση και σωστή τροφοδοσία ρεύματος της κάμερας. Για τον λόγο αυτό ενσωματώθηκε στο σκάφος δεύτερη μπαταριά τύπου lipo 1S για την ανεξάρτητη τροφοδοσία της. Η συγκεκριμένη αλλαγή κόστισε σε έξτρα βάρος το οποίο δεν ήταν το πλέον σημαντικό διότι τα μοτέρ που επιλέχθηκαν παρέχουν περίσσεια ώσης αλλά το κόστος του όγκου που κατέλαβε η μπαταριά πάνω στο σκάφος ήταν μεγάλο και έτσι έπρεπε να αλλάξει η διάταξη των εξαρτημάτων στο σκάφος για να χωρέσουν και ταυτόχρονα να επιτευχθεί η επιθυμητή ευστάθεια κατά την πτήση.

Λόγο της αλλαγής αυτής με την προσθήκη της έξτρα μπαταρίας το ΚΙΤ πρώτων βοηθειών έπρεπε να τοποθετηθεί στο κάτω μέρος του σκάφους ενώ η αρχική πρόβλεψη ήταν να τοποθετηθεί αναμεσα στο πάνω και κάτω μέρος του σκάφους. Για τον λόγο αυτό για την στερέωση του ΚΙΤ χρησιμοποιήθηκε ιμάντας ο οποίος δεν είναι τόσο εύχρηστος καθώς για την αφαίρεση του ΚΙΤ ο παραλήπτης θα πρέπει να σηκώσει το UAV από το έδαφος με κίνδυνο να προκαλέσει βλάβη στην κεντρική πλακέτα και το GPS τα οποία είναι εκτεθειμένα στο πάνω μέρος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11 **ΜΕΛΟΝΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ**

Η τεχνολογία των drones αναπτύσσεται καθημερινά και οι προσαρμογές σε αυτά είναι πάρα πολλές, στόχος μου είναι να μπορέσω να προσαρμόσω πάνω μια θερμική κάμερα διότι σε ένα rescue drone είναι χρήσιμη επειδή ατυχήματα συμβαίνουν και ώρες που καθιστά την διάσωση δύσκολη λόγω έλλειψης φωτός. Έτσι θα μπορούν οι διασώστες να έχουν γρηγορότερη ανταπόκριση σε μια κλήση βραδινές ώρες.

Το επόμενο που θα ήθελα να προσθέσω είναι ενδοεπικοινωνία που θα δίνει την δυνατότητα στα άτομα της ομάδας να μπορέσουν να δώσουν βασικές οδηγίες στον τραυματία για το πως να χρησιμοποιήσει τα είδη πρώτης βοήθειας και να τον καθησυχάσουν όσο είναι δυνατό μέχρι να καταφθάσουν στην περιοχή του συμβάντος.

Τέλος στο μέλλον θα ήθελα να αυξηθεί ο όγκος στην πάνω και κάτω πλάκα έτσι ώστε να αυξηθεί ο ωφέλιμος χώρος για την προσαρμογή του ΚΙΤ πρώτων βοηθειών ανάμεσα στο πάνω και κάτω μέρος για να αφαιρείτε και να τοποθετείτε εύκολα χωρίς να χρειάζεται ο τραυματίας να το σηκώσει από το έδαφος. Σε συνδυασμό με την χρήση κατάλληλης PDB που θα μας απαλλάξει από την χρήση της δεύτερης μπαταρίας θα έχουμε κέρδος τόσο όγκου όσο και βάρους για τον εμπλουτισμό του ΚΙΤ με περισσότερο απαραίτητο ιατροφαρμακευτικό εξοπλισμό όπως για παράδειγμα ισοθερμική κουβέρτα που όπως ήδη έχω αναφέρει, είναι ιδιαίτερα σημαντική άλλα δεν κατάφερα να την συμπεριλάβω λόγω περιορισμένου χώρου.

Στο μέλλον μπορούν να γίνουν πολλές μετατροπές που θα καταστήσουν τα drone ένα απαραίτητο εργαλείο βοήθειας και ταχύτερης αντιμετώπισης τέτοιων καταστάσεων και ελπίζω στο άμεσο μέλλον να υπάρξουν περισσότερα drone προς χρήση από μια ομάδα διάσωσης διότι είναι εξαιρετικά σημαντικό να μπορείς να έχεις άμεση παρέμβαση και γνώση για τον τόπο και την κατάσταση ενός ατυχήματος, πόσο μάλλον σε περιοχές δύσβατες όπως το νησί μου.

Βιβλιογραφία

- [1] <https://www.atticalawyers.gr/articles/%CF%84%CE%B1-%CE%BC%CE%B7-%CE%B5%CF%80%CE%B1%CE%BD%CE%B4%CF%81%CF%89%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CE%B1-%CE%B1%CE%B5%CF%81%CE%BF%CF%83%CE%BA%CE%AC%CF%86%CE%B7-drones-%CF%83%CF%84%CE%B7-%CE%B6%CF%89%CE%AE/>
- [2] ΑΝΤΩΝΗΣ ΒΡΟΥΜΑΣ <https://lawandtech.eu/2020/01/14/drones/>
- [3] Drones-Οδηγός χειρισμού μη επανδρωμένων αεροσκαφών <<ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ Χ.ΚΟΝΤΟΚΩΣΤΑΣ>>
- [4] Prof.JurijDrushnin,Moscow,Russia
https://web.archive.org/web/20170520003034/http://www.ctie.monash.edu/hargrave/rpav_home.html#Beginnings
- [4] Ron Miller <https://io9.gizmodo.com/the-first-drones-used-in-world-war-i-453365075>
- [5] Imperial War Museums <https://www.iwm.org.uk/history/a-brief-history-of-drones>
- [6] <https://gr.euronews.com/2021/02/19/me-epimoni-eftasan-ston-ari-mars-nasa-rover-perseverance>
- [7] <https://www.theguardian.com/news/2019/nov/18/killer-drones-how-many-uav-predator-reaper>
<https://www.newamerica.org/international-security/reports/world-drones/who-has-what-countries-with-armed-drones/>
- [8] THE DRONE DATABOOK <<DAN GETTINGER>>
- [9] <https://www.haf.gr/structure/ata/110pm/mmeaf/>
- [10] <https://www.dronepilotgroundschool.com/drone-mapping-software/>
- [11] <https://www.dronesinhealthcare.com/>
<https://www.weforum.org/agenda/2020/05/medical-drone-delivery-india-africa-modernize-last-mile/>
<https://doctorepreneurs.com/9-drones-that-will-revolutionise-healthcare/>
- [12] <https://www.ehang.com/news/135.html>
<https://www.wmcarey.edu/news/2015-10-15/Carey-Medical-College-Develops-Fully-Equipped-Telemedical-Drone>
- [13] <https://www.vayu.us/>
- [14,15] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2896220/>
- [14,15] <http://www.chrobotics.com/library/understanding-euler-angles>
- [14,15] <https://www.mecademic.com/en/how-is-orientation-in-space-represented-with-euler-angles>

- [14,15] https://en.wikipedia.org/wiki/Euler_angles
- [16] C. Michael Gibson M.S., M.D. [https://www.wikidoc.org/index.php/User:C Michael Gibson](https://www.wikidoc.org/index.php/User:C_Michael_Gibson)
I; [https://www.wikidoc.org/index.php/Tait-Bryan rotations](https://www.wikidoc.org/index.php/Tait-Bryan_rotations)
- [17,18,19] <https://www.mydronelab.com/blog/how-to-build-a-drone.html>
- [17,18,19] <https://www.mydronelab.com/accessories/quadcopter-frames.html>
- [17,18,19] <https://dojofordrones.com/build-a-drone/>
- [17,18,19] <https://www.thecasefarm.co.uk/how-to-build-your-own-drone/>
- [17,18,19] <https://dronenodes.com/how-to-build-a-drone/#tab-con-15>
- [20] BIULDING YOUR OWN DRONES: A Begginer's Guide to Dronens, UAVs and ROVs <<John Baichtal>>
- [21] DIY Drones for the Evil Genius: Design, Build, and Customize Your Own Drones <<IAN CINNAMON>>