



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**
UNIVERSITY OF WEST ATTICA

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

**Σχεδίαση και Ανάπτυξη Συστήματος Αυτόνομου Μη
Επανδρωμένου Ιπτάμενου Οχήματος Συλλογής και
Επεξεργασίας Δεδομένων από Κάμερα Μη Ορατού
Φάσματος**

Γεώργιος Βαβάμης AM 71446075

Επιβλέπων καθηγητής : Δημήτριος Πυρομάλης



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ UNIVERSITY OF WEST ATTICA

SCHOOL OF ENGINEERING

**INDUSTRIAL DESIGN & PRODUCTION ENGINEERING
DEPARTMENT**

DIPLOMA THESIS

Design and Development of an Unmanned Autonomous Aerial Vehicle for Data Acquisition and Processing of Non-Visible Spectrum Signals

Postgraduate Student: GEORGIOS VAVAMIS

Registration Number: 71446075

Supervisor: Dimitrios Pyromalis, Assistant Professor

EGALEO, OCTOBER 2022

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Βαβάμης Γεώργιος του Πέτρου , με αριθμό μητρώου 71446075 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών

Βαβάμης Γεώργιος



Η Διπλωματική Εργασία εξετάστηκε από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή

Όνομα Επώνυμο	Ψηφιακή Υπογραφή
Πυρομάλης Δημήτριος	
Δρόσος Χρήστος	
Λάσκαρης Νικόλαος	

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία είναι, κατά βάση, μία βιβλιογραφική έρευνα για την χρήση των μη επανδρωμένων ιπτάμενων οχημάτων που αξιοποιούνται σε εφαρμογές με κάμερες, τόσο στο ορατό, όσο και στο μη ορατό φάσμα. Στο πρώτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται στον αναγνώστη, γενικευμένα, όλα τα είδη των μη επανδρωμένων οχημάτων και δίνεται έμφαση στα ιπτάμενα οχήματα, όπου παρουσιάζονται και αναλύονται οι τύποι τους και ο τρόπος λειτουργίας τους. Στο κεφάλαιο 2, αναλύεται η φύση του φωτός, οι διάφορες ομάδες του φάσματός του και αναφέρονται εφαρμογές για κάθε μία από αυτές, καθώς και ο τρόπος λειτουργίας των οπτικών αισθητήρων. Το κεφάλαιο 3, εξετάζει τις διαθέσιμες, εμπορικά, λύσεις για πολυκόπτερα μη επανδρωμένα ιπτάμενα οχήματα, αναλύοντας τα χαρακτηριστικά τού κάθε μοντέλου των μεγαλύτερων εταιριών στον χώρο και καταλήγει σε έναν συγκεντρωτικό, συγκριτικό πίνακα. Έπειτα, στο κεφάλαιο 4, επεξηγείται ο τρόπος με τον οποίο συλλέγονται τα δεδομένα από ένα μη επανδρωμένο ιπτάμενο όχημα, καθώς και ο τρόπος αποθήκευσης και διαχείρισής τους. Έχοντας αναλύσει όλα όσα χρειάζονται μέχρι στιγμής, στο κεφάλαιο 5, παρουσιάζονται οι τομείς στους οποίους βρίσκουν εφαρμογή τα μη επανδρωμένα ιπτάμενα οχήματα και οι ανάγκες της εκάστοτε εφαρμογής. Στο κεφάλαιο 6, παρουσιάζεται η σουίτα λογισμικών ανάλυσης PIX4D και οι δυνατότητες του κάθε υποπρογράμματός της.

Καταλήγοντας, στο κεφάλαιο 7, αναλύονται οι παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπόψιν κατά την σχεδίαση οποιουδήποτε συστήματος μη επανδρωμένου ιπτάμενου οχήματος για κάποια εφαρμογή, με σκοπό να συγκεντρωθεί η γνώση που χρειάζεται κάποιος, έτσι ώστε να κάνει την σωστή επιλογή του ιπτάμενου οχήματος, των λογισμικών πλοήγησης και ανάλυσης, καθώς και των αισθητήρων που θα χρειαστεί για την αποδοτικότερη χρήση του συστήματος που θα σχεδιάσει.

ABSTRACT

The present paper is basically, a reference research on the use of unmanned aerial vehicles(drones) that are utilized in applications with cameras, both in the visible and non-visible spectrum. In the first chapter, the reader is presented with all kinds of unmanned vehicles in general with an emphasis on drones where their types and the way they work, are analyzed. Chapter 2, analyzes the nature of light, the different groups of its spectrum and some applications for each of them are mentioned, as well as the way optical sensors work. Chapter 3, examines the commercially available solutions for multicopter drones, analyzing the characteristics of each model, from the largest companies in the field, concluding with a consolidating, comparative table. Continuing, in chapter 4, is explained the way with which the data are collected from a drone, as well as how they are stored and managed. Having analyzed all that is needed so far, in chapter 5, the areas in which drones find application and the needs of each application are presented. Chapter 6, introduces the PIX4D analysis software suite and the capabilities of each of its subroutines.

Concluding, in chapter 7, the parameters that have to be taken into account when designing any drone system for an application are analyzed, in order to gather the knowledge needed to make the right choice regarding the vehicle itself, the navigating and analyzing systems, as well as the sensors needed for a more efficient use of the system intended for design.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με αφορμή την συγγραφή της παρούσας εργασίας, μου δίνεται η δυνατότητα να αναγνωρίσω την βοήθεια που πήρα από κάποιους ανθρώπους κατά την διάρκεια τόσο των σπουδών μου, όσο και της συγγραφής της διπλωματικής μου εργασίας. Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω την σύζυγο και σύντροφό μου στη ζωή Ευδοξία Αλβανού, που με στήριξε όσο κανείς όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου. Στην συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υπεύθυνο καθηγητή και μέντορά μου, Δημήτριο Πυρομάλη. Τους συμφοιτητές και φίλους μου από την ομάδα AnalogProgrammers που μαζί τους διεύρυνα τις γνώσεις και το ενδιαφέρον μου, συμμετέχοντας σε πλήθος διαγωνισμών καινοτομίας. Από αυτή την παράγραφο, δεν θα μπορούσε να λείπει και ένα ευχαριστώ στους συναδέλφους μου που ειδικά στα πρώτα χρόνια των σπουδών μου με στήριξαν με την κατανόησή τους. Τέλος, θα ήθελα να αναφέρω και να ευχαριστήσω τον Νικόλαο Ματσόπουλο, αστρονόμο στο αστεροσκοπείο Πεντέλης που με τα λόγια του με προέτρεψε και μου έδωσε το τελευταίο σπρώξιμο ώστε να πάρω την απόφαση και να δώσω κατατακτήριες, ξεκινώντας έτσι τις σπουδές μου.

Περιεχόμενα

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ABSTRACT	5
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	6
Περιεχόμενα	0
Κατάλογος Εικόνων	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	16
Μη επανδρωμένα οχήματα.....	16
1.1. Μη επανδρωμένα επίγεια οχήματα (UGV).....	16
1.2. Μη επανδρωμένα οχήματα επιφανείας (USV).....	17
1.3. Υποθαλάσσια μη επανδρωμένα οχήματα (UUV).....	18
1.4. Μη επανδρωμένα ιπτάμενα οχήματα (UAV).....	19
1.4.1. Ιστορική αναδρομή	20
1.4.1.1. Αερόστατα	20
1.4.1.2. Αεροπλάνα	21
1.4.2. Σύγχρονη εποχή.....	24
1.4.3. Κατηγορίες μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων	25
1.4.3.1. Κατηγοριοποίηση των UAV με βάση τα γενικά χαρακτηριστικά τους	25
1.4.3.2. Κατηγοριοποίηση των UAV με βάση τον τρόπο πτήσης.....	27
i) UAV με ρότορες.....	27
ii) UAV τύπου αεροπλάνου	28
iii) Υβριδικά UAV τύπου VTOL	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	31
Η φύση του φωτός.....	31
2.1. Το φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας	33
2.1.1. Το ορατό φάσμα.....	35
2.1.1.1. Η ψηφιακή κάμερα	36
2.1.2. Το μη ορατό φάσμα	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	48
Διαθέσιμες βιομηχανικές λύσεις	48
3.1. Δημοφιλείς εταιρίες κατασκευής drone	48
3.1.1. Τα Drone της εταιρίας DJI	48

3.1.2. Τα Drone της εταιρίας Parrot.....	57
3.1.3. Τα Drone της εταιρίας Freefly Systems.....	60
3.1.4. Τα Drone της εταιρίας Skydio.....	63
3.1.5. Τα Drone της εταιρίας FLYBILITY.....	65
3.2. Συγκεντρωτικός πίνακας χαρακτηριστικών των drone που παρουσιάστηκαν παραπάνω.....	67
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	70
Συλλογή, Αποθήκευση και Μετάδοση Δεδομένων.....	70
4.1. Συλλογή δεδομένων με την χρήση UAV.....	70
4.1.1. Ύψος πτήσης.....	70
4.1.2. Ανάλυση εικόνας.....	71
4.1.3. Σχεδιασμός πτήσης.....	72
4.1.4. Προβολές φωτογραφιών - γωνία λήψης.....	73
4.1.5. Γεω-αναφορά.....	73
4.1.6. Η τεχνολογία Real Time Kinematics (RTK).....	75
4.1.7. Αισθητήρες (Sensors) των UAV.....	76
4.1.7.1. Αισθητήρες συλλογής δεδομένων απεικόνισης.....	77
4.2. Μετάδοση δεδομένων.....	80
4.3. Αποθήκευση δεδομένων.....	81
4.4. Επεξεργασία και Ανάλυση δεδομένων.....	81
4.4.1. Ανάλυση των δεδομένων στον επίγειο σταθμό.....	81
4.4.2. Ανάλυση των δεδομένων στον αέρα.....	82
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	86
Εφαρμογές των μη επανδρωμένων ιπτάμενων οχημάτων.....	86
5.1. Εφαρμογές UAV στην Δημόσια ασφάλεια.....	86
5.1.1. Χρήση UAV από τις αρχές επιβολής του νόμου.....	86
5.1.2. Χρήση UAV από την πυροσβεστική.....	87
5.1.3. Χρήση UAV για έρευνα και διάσωση.....	88
5.2. Εφαρμογές UAV στην Άμυνα.....	89
5.2.1. Χρήση UAV για παρακολούθηση.....	89
5.2.2. Χρήση UAV που μπορούν να φέρουν όπλα.....	90
5.3. Εφαρμογές UAV στον έλεγχο εγκαταστάσεων.....	90
5.4. Εφαρμογές UAV στην Εναέρια εποπτεία.....	91
5.4.1. Χρήση UAV για τον έλεγχο της κυκλοφορίας οχημάτων.....	91

5.4.2. Χρήση UAV για την εποπτεία κατασκευαστικών έργων	91
5.4.3. Χρήση UAV για την χαρτογράφηση περιοχών	92
5.4.4. Χρήση UAV στην Αρχαιολογία.....	92
5.5. Εφαρμογές UAV στον Αγροτικό τομέα.....	93
5.5.1. Χρήση UAV στην παρακολούθηση της καλλιέργειας	93
5.5.2. Χρήση UAV για το ράντισμα της καλλιέργειας	94
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....	96
Λογισμικό πλοήγησης και ανάλυσης PIX4D	96
6.1. Λογισμικά Φωτογραμμετρίας και γεωχωρικής.....	96
6.1.1. Το PIX4Dmapper.....	96
6.1.2. Το PIX4Dsurvey.....	97
6.1.3. Το PIX4Dmatic	97
6.1.4. Το PIX4Dcloud.....	98
6.2. Λογισμικά για εξιδεικευμένες εφαρμογές.....	98
6.2.1. Το PIX4Dinspect.....	98
6.2.2. Το PIX4Dfields.....	99
6.2.3. Το PIX4Dreact	100
6.3. Λογισμικά για συλλογή δεδομένων	101
6.3.1. Το PIX4Dcapture	101
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.....	103
Σχεδιαστικές παράμετροι	103
7.1. Το ύψος πτήσης.....	103
7.2. Το είδος του UAV.....	103
7.3. Ο αριθμός των ρότορων.....	104
7.4. Το ωφέλιμο φορτίο και βασικός αισθητήρας.....	104
7.5. Ο τρόπος μετάδοσης και η εμβέλεια	105
7.6. Αυτονομία και μπαταρίες	105
7.7. Τα επιμέρους συστήματα αισθητήρων.....	106
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	107
Κείμενο	107
Εικόνες.....	112
Πίνακες.....	116

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1 Σύστημα UGV μεσαίου μεγέθους της εταιρίας FLIR Systems που χρησιμοποιείται από τον Αμερικανικό στρατό.....	17
Εικόνα 2 Το επανδρωμένο όχημα επιφανείας ME40 της εταιρίας OCEANA.....	18
Εικόνα 3 Υποθαλάσσιο μη επανδρωμένο όχημα που χρησιμοποιήθηκε και στην εξερεύνηση του ναυαγίου του Τιτανικού το 1986.....	19
Εικόνα 4 Καλλιτεχνική απεικόνιση του εναέριου βομβαρδισμού της Βιέννης το 1849.....	21
Εικόνα 5 Ένα από τα πρώτα μη επανδρωμένα ιπτάμενα οχήματα κατασκευάσματος των Hewitt-Sperry έμεινε στην ιστορία ως Flying Bomb	22
Εικόνα 6 Ιπτάμενη βόμβα με όνομα Fieseler Fi 103 χωρίς πιλότο που χρησιμοποιήθηκε από την Ναζιστική Γερμανία στον Παγκόσμιο πόλεμο	23
Εικόνα 7 Ο πραγματικός πρόδρομος των σημερινών UAV δεν θα μπορούσε να ήταν άλλος από το Radioplane RP-71 Falconer.....	24
Εικόνα 8 Ταξινόμηση με βάση το εύρος και το βάρος και την διάρκεια πτήσης των UAV	27
Εικόνα 9 διάφορες διατάξεις ροτόρων, πολυκοπτέρων.....	28
Εικόνα 10 UAV τύπου αεροπλάνου με υποδείξεις των επιμέρους μερών του	29
Εικόνα 11 Ταξινόμηση UAV με βάση το σχήμα και τους ροτορες.....	30
Εικόνα 12 Απεικόνιση ηλεκτρομαγνητικού κύματος, όπου με μπλε χρώμα σημειώνεται το ηλεκτρικό πεδίο και με κόκκινο το μαγνητικό πεδίο.....	32
Εικόνα 13 Το φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας	35
Εικόνα 14 Διάγραμμα λήψης μίας φωτογραφίας από ψηφιακή κάμερα	36
Εικόνα 15 αριστερά το σχηματικό διάγραμμα ενός CCD αισθητήρα εικόνας και δεξιά ενός CMOS.....	38
Εικόνα 16 Οι δύο τύποι αισθητήρων εικόνας, αριστερά τύπου CCD και δεξιά τύπου CMOS	38
Εικόνα 17 Η σύνθεση της εικόνας από την μονάδα επεξεργασίας της κάμερας μέσω του φίλτρου Bayer σε τρεις παράλληλους πίνακες για την δημιουργία μίας έγχρωμης ψηφιακής εικόνας	39
Εικόνα 18 Κάμερα παρακολούθησης κλειστού κυκλώματος με ενσωματωμένους λαμπτήρες LED που εκπέμπουν υπέρυθρο φως για χρήση σε ελλείπει φωτισμό.	41
Εικόνα 19 Στιγμιότυπο από κάμερα παρακολούθησης με επιπρόσθετο φωτισμό υπέρυθρων	42
Εικόνα 20 Φορητή θερμική κάμερα χειρός	44
Εικόνα 21 Στιγμιότυπο θερμογραφίας.....	44
Εικόνα 22 σύνθεση εικόνας ολόκληρου του ουρανού στο φάσμα των ακτίνων γ απο δεδομένα του διαστημικού τηλεσκοπίου FERMI	47
Εικόνα 23 DJI Mavic 3.....	49
Εικόνα 24 DJI Air 2S.....	50
Εικόνα 25 DJI Mini 2	51
Εικόνα 26 DJI FPV Drone	52
Εικόνα 27 DJI Phantom 4 Pro	53
Εικόνα 28 DJI Inspire 2	54
Εικόνα 29 DJI MATRICE 200 V2	55
Εικόνα 30 DJI MATRICE 300 RTK	56

Εικόνα 31 DJI MATRICE 600 Pro	57
Εικόνα 32 parrot ANAFI	58
Εικόνα 33 parrot ANAFI Thermal.....	59
Εικόνα 34 parrot ANAFI Ai.....	59
Εικόνα 35 Freeflysystems ASTRO	61
Εικόνα 36 Freeflysystems ALTA X.....	62
Εικόνα 37 Skydio 2+.....	64
Εικόνα 38 Skydio X2.....	65
Εικόνα 39 FLYBILITY Elios 2.....	66
Εικόνα 40 Επεξηγηματικό σκίτσο απόσταση δείγματος εδάφους GSD.....	72
Εικόνα 41 Χρήση επίγειου δέκτη GNSS για την τοποθέτηση Σημείου Ελέγχου Εδάφους και Σήμανση του.....	75
Εικόνα 42 Ενδεικτικό σχεδιάγραμμα για την λειτουργία της τεχνικής RTK.....	76
Εικόνα 43 Τρισδιάστατο σχεδιάγραμμα ενός μηχανισμού σταθεροποίησης κάμερας για UAV (Gimbal)	77
Εικόνα 44 Πολυφασματική κάμερα της εταιρίας DJI που αποτελείται απο 6 ανεξάρτητους αισθητήρες στα τμήματα του φάσματος : κόκκινο (730nm), NIR (840nm), Πράσινο (560nm), Ορατό φάσμα, Κόκκινο (650nm) και Μπλέ (450nm)	78
Εικόνα 45 Σχεδιάγραμμα υπεφασματικού αισθητήρα απεικόνισης της εταιρίας Headwall με δυνατότητα καταγραφής εικόνας σε ένα μεγάλο εύρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος 250 - 2500nm	79
Εικόνα 46 Αισθητήρας απεικόνισης τύπου Laserscanner της εταιρίας DJI, ο αισθητήρας αυτός συνδιάζει μία κάμερα ορατού φάσματος με την τεχνολογία Lidar	80
Εικόνα 47 Intel Movidius Neural Computer Stick	83
Εικόνα 48 Google Coral Development Board.....	83
Εικόνα 49 NVIDIA Jetson Xavier NX Developer Kit.....	84
Εικόνα 50 Διάγραμμα επικοινωνίας ενός UAV με ενσωματωμένη επιπρόσθετη μονάδα επεξεργασίας για την εκτέλεση κάποιας συγκεκριμένης εργασίας	85
Εικόνα 51 Στιγμιότυπο από παρακολούθηση αυτοκινήτου με την χρήση του DJI Matrice 300 RTK και την λειτουργία Smart Track	87
Εικόνα 52 Πυροσβεστικό Drone στην Κίνα που κάνει ρίψη πυροσβεστικού αφρού σε φλεγόμενο κτήριο	88
Εικόνα 53 Το MATRICE 600 της εταιρίας DJI που ετοιμάζεται να μεταφέρει πακέτο πρώτων βοηθειών σε τραυματία στα πλαίσια επιχείρησης έρευνας και διάσωσης.....	89
Εικόνα 54 Πολεμικό UAV των Η.Π.Α τύπου MQ-9 Reaper.....	90
Εικόνα 55 Έλεγχος σε γραμμή διανομής ρεύματος με χρήση drone και λογισμικό της εταιρίας "measure an ageagle company"	91
Εικόνα 56 Χαρτογράφηση και ανάλυση κατασκευαστικού εργοταξίου με την χρήση drone	92
Εικόνα 57 Τρισδιάστατη απεικόνισε αρχαιολογικής ανασκαφής με την χρήση drone και του PIX4D που είναι εξιδεικευμένο λογισμικό για τον σκοπό αυτό.	93
Εικόνα 58 Στιγμιότυπο από ανάλυση πολυφασματικής απεικόνισης και ανάλυσης NDVI για κάποια καλλιέργεια με την χρήση του ειδικού λογισμικού ανάλυσης PIX4D.....	94
Εικόνα 59 Drone της DJI μοντέλο AGRAS T20 ραντίζοντας κάποια καλλιέργεια	95
Εικόνα 60 Δημιουργία τρισδιάστατου μοντέλου σε λατομείο με την χρήση του λογισμικού PIX4Dmapper.....	97

Εικόνα 61 Στιγμιότυπο από την εποπτεία εξαρτημάτων σε κεραία κινητής τηλεφωνίας με την χρήση του λογισμικού PIX4Dinspect	99
Εικόνα 62 Ανάλυση καλλιέργειας με τον Δείκτη αντανάκλασης ανθοκυανίνης με την χρήση του λογισμικού PIX4fields	100
Εικόνα 63 Χάρτης που δημιουργήθηκε με την χρήση του λογισμικού PIX4Dreact και έχει σηματοδοτημένες τρεις περιοχές στις οποίες εντοπίζονται καταστροφές.....	101
Εικόνα 64 Σχεδιασμός πτήσης τύπου πολύγωνου και ρύθμισης των λοιπών παραμέτρων, με την χρήση του λογισμικού PIX4Dcapture.....	102

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Μη επανδρωμένα οχήματα

Τα μη επανδρωμένα οχήματα είναι συστήματα στα οποία δεν επιβαίνει ο χειριστής πάνω σε αυτά, αλλά τα ελέγχει ασύρματα ή ενσύρματα από κάποιον σταθμό βάσης. Έκαναν την εμφάνισή τους με την μορφή τηλεκατευθυνόμενων οχημάτων, αλλά με την ανάπτυξη της τεχνολογίας τα τελευταία χρόνια, έχουν εξελιχθεί σε συστήματα που συνδυάζουν διαφόρων ειδών αισθητήρια με μία κεντρική μονάδα επεξεργασίας, για να κάνουν την πλοήγησή τους στον χώρο περισσότερο αυτοματοποιημένη και πολλές φορές μάλιστα τα βρίσκουμε και ως πλήρως αυτό-οδηγούμενα.

Τα μη επανδρωμένα οχήματα χωρίζονται ανάλογα με το είδος της αποστολής για την οποία σχεδιάστηκαν, σε επίγεια, επιφανείας, υποβρύχια και ιπτάμενα.

1.1. Μη επανδρωμένα επίγεια οχήματα (UGV)

Τα μη επανδρωμένα επίγεια οχήματα UGV (Unmanned Ground Vehicles) είναι τηλεκατευθυνόμενα ή αυτό-οδηγούμενα οχήματα, προσαρμοσμένα με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι κατάλληλα να φέρουν εις πέρας συγκεκριμένη αποστολή. Τέτοιου είδους αποστολές μπορεί να είναι η προσέγγιση χώρων που λόγω των χαρακτηριστικών που έχει δεν είναι φιλικός για τον άνθρωπο. Κάποια παραδείγματα τέτοιων αποστολών θα μπορούσαν να είναι: Οι εργασίες που πρέπει να γίνουν για την συντήρηση ενός μηχανήματος σε χώρο με υψηλά επίπεδα ραδιενέργειας, η απενεργοποίηση ενός επικίνδυνου εκρηκτικού μηχανισμού, η εξερεύνηση ενός μακρινού πλανήτη. Ένα ακόμη πεδίο εφαρμογής των μη επανδρωμένων επίγειων οχημάτων είναι οι στρατιωτικές εφαρμογές.

Για να κινηθούν στον χώρο τα μη επανδρωμένα επίγεια οχήματα χρησιμοποιούν τροχούς ή ερπύστριες, αν και τα τελευταία χρόνια με την ανάπτυξη της τεχνητής νοημοσύνης έχουν κάνει την εμφάνισή τους και οχήματα με πόδια που

αντιγράφουν την κίνηση ζώων για να μπορούν να κινούνται σε δύσβατα εδάφη. Για την επίτευξη του στόχου τους, ανάλογα με το είδος αυτού, τα συστήματα αυτά είναι εφοδιασμένα με πληθώρα αισθητηρίων και εργαλείων, όπως για παράδειγμα ρομποτικούς βραχίονες, κάμερες, αισθητήρες μέτρησης απόστασης κ.ά. Στην παρακάτω εικόνα, φαίνεται ένα τέτοιο σύστημα της εταιρείας FLIR Systems που χρησιμοποιεί ο Αμερικανικός στρατός για την ανίχνευση και εξουδετέρωση ναρκών και άλλων εκρηκτικών μηχανισμών. [2]



Εικόνα 1 Σύστημα UGV μεσαίου μεγέθους της εταιρίας FLIR Systems που χρησιμοποιείται από τον Αμερικανικό στρατό

1.2. Μη επανδρωμένα οχήματα επιφανείας (USV)

Τα μη επανδρωμένα οχήματα επιφανείας είναι πλωτά οχήματα USV (Unmanned Sea Vehicles) τηλεχειριζόμενα από έναν σταθμό βάσης. Τα οχήματα αυτά είναι εφοδιασμένα με κατάλληλα αισθητήρια, τα οποία είναι απαραίτητα για την επίτευξη του έργου για το οποίο έχουν κατασκευαστεί. Τέτοιου είδους οχήματα χρησιμοποιούνται κυρίως για την εποπτεία θαλασσίων συνόρων, αποστολές έρευνας και διάσωσης, καθώς και για υδρογραφικές και ωκεανογραφικές έρευνες[3]. Ένα τέτοιου τύπου όχημα είναι και το ME40 της εταιρίας OCEANα που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 2 Το επανδρωμένο όχημα επιφανείας ME40 της εταιρίας OCEANA

1.3. Υποθαλάσσια μη επανδρωμένα οχήματα (UUV)

Τα υποθαλάσσια μη επανδρωμένα οχήματα UUV (Unmanned Underwater Vehicles) είναι γνωστά από το τέλος του 20^{ού} αιώνα. Στα πρώτα που χρησιμοποιήθηκαν, ο χειρισμός τους γινόταν μέσω καλωδίου που κατέληγε σε σταθμό ελέγχου, σε παρακείμενο σκάφος επιφανείας. Αρχικά, χρησιμοποιήθηκαν για εξερευνήσεις ναυαγίων και άλλες ωκεανογραφικές έρευνες. Στις μέρες μας έχουν εξελιχθεί σε ασύρματα ή/και αυτό-οδηγούμενα και έχουν ένα ευρύ πεδίο εφαρμογής σε αποστολές, οι οποίες είναι επικίνδυνο να επιτευχθούν από ανθρώπους με την φυσική τους παρουσία. Τέτοιες εφαρμογές είναι: ωκεανογραφικές έρευνες, δραστηριότητες υποβρύχιας συντήρησης (π.χ. αυτές που εκτελούνται σε πλατφόρμες πετρελαίου ή γραμμές επικοινωνίας οπτικών ινών κλπ.) και στρατιωτική άμυνα. Όμως, η χρήση τέτοιων συστημάτων εξακολουθεί να είναι περιορισμένη λόγω των δυσκολιών που συναντώνται στις επικοινωνίες κάτω από το νερό[4]. Στην παρακάτω εικόνα, φαίνεται το υποθαλάσσιο μη επανδρωμένο όχημα DSV Jason, το οποίο κατασκευάστηκε από το Wood Hole Oceanographic Institute με σκοπό να διεξάγει ωκεανογραφικές έρευνες. Είναι εξοπλισμένο με κάμερες, σόναρ και βραχίονες για την συλλογή δειγμάτων και η τροφοδοσία και η επικοινωνία του με τον σταθμό ελέγχου γίνεται με καλώδιο 10 χιλιομέτρων. Ένα τέτοιο πρωτότυπο, το Jason Jr., χρησιμοποιήθηκε και στην εξερεύνηση του ναυαγίου του Τιτανικού το 1986.



Εικόνα 3 Υποθαλάσσιο μη επανδρωμένο όχημα που χρησιμοποιήθηκε και στην εξερεύνηση του ναυαγίου του Τιτανικού το 1986

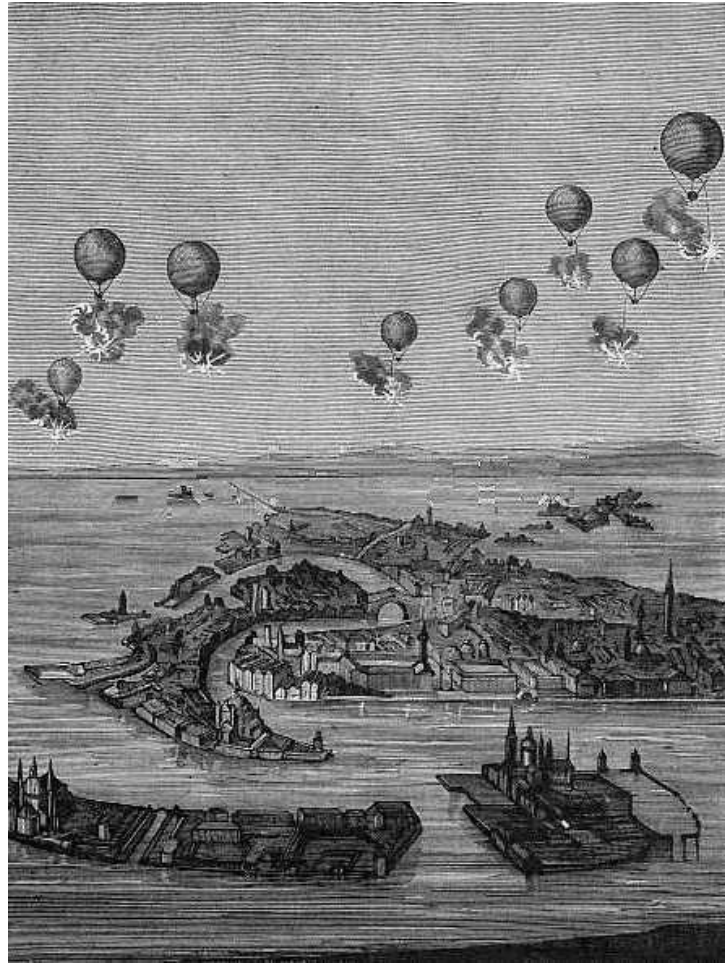
1.4. Μη επανδρωμένα ιπτάμενα οχήματα (UAV)

Τα μη επανδρωμένα ιπτάμενα οχήματα UAV (Unmanned Aerial Vehicles) είναι οποιουδήποτε είδους ιπτάμενο όχημα στο οποίο ο χειριστής δεν επιβαίνει σε αυτό και πραγματοποιεί πτήσεις είτε μέσω τηλεκατεύθυνσης, είτε αυτόνομα. Ο όρος αυτός περιγράφει μόνο το ιπτάμενο όχημα χωρίς τον χειριστή, τον σταθμό εδάφους και τις επιπρόσθετες συσκευές του συστήματος. Το ολοκληρωμένο σύστημα που περιλαμβάνει όλες τις περιφερειακές συσκευές, τον χειριστή, τον σταθμό εδάφους και όλες τις διαδικασίες που χρειάζονται για να λειτουργήσει, περιγράφεται από τον όρο UAS (Unmanned Aerial System). Σύμφωνα με την ισχύουσα ευρωπαϊκή νομοθεσία καθιερώθηκε ο όρος RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems) και περιγράφει τα UAS με την υποχρέωση ότι για την πτήση τους πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον ένας πιλότος για την επίβλεψή του UAV, στο έδαφος. Τα μη επανδρωμένα ιπτάμενα οχήματα συναντώνται τις περισσότερες φορές με την μορφή είτε πολύ-κοπτέρου ή ελικοπτέρου, είτε με την μορφή αεροπλάνου μικρού μεγέθους.

1.4.1. Ιστορική αναδρομή

1.4.1.1. Αερόστατα

Η πρώτη καταγεγραμμένη απόπειρα χρήσης μη επανδρωμένου ιπτάμενου οχήματος, έγινε στις από τους Αυστριακούς, που εκείνη την εποχή είχαν υπό τον έλεγχο τους μεγάλο μέρος της Ιταλίας. Χρησιμοποίησαν αερόστατα θερμού αέρα, τα οποία είχαν εξοπλίσει με εκρηκτικούς μηχανισμούς που ελέγχονταν με χρονοδιακόπτη. Στις 22 Αυγούστου του 1849, άφησαν από τα πλοία τους περίπου διακόσια τέτοια μπαλόνια με σκοπό αυτά να πετάξουν, εκμεταλλευόμενα τον ευνοϊκό άνεμο, και όταν θα βρίσκονταν πάνω από την Βενετία ο χρονοδιακόπτης που είχαν, να απελευθερώσει τον εκρηκτικό μηχανισμό που έφεραν και αυτός με την σειρά του, να πέσει κάθετα, δημιουργώντας ζημιές στην πόλη. Η απόπειρά τους αυτή, ήταν εν μέρει πετυχημένη αφού κατάφερε να πλήξει μέρη της πόλης και είχε ως αποτέλεσμα την κατάρρευση της Βενετσιάνικης εξέγερσης. Μέρος των αερόστατων που εκτοξεύτηκαν, λόγω αλλαγής του ανέμου, επέστρεψαν και εξερράγησαν κοντά στα Αυστριακά πλοία [5]. Έκτοτε, έγιναν κι άλλες απόπειρες παρόμοιων τεχνικών, με την χρήση μπαλονιών θερμού αέρα, όμως σε καμία περίπτωση δεν θα μπορούσαν αυτά τα συστήματα να ονομαστούν UAV. Αναφέρονται όμως, γιατί δεν μπορεί να αμφισβητηθεί ότι αποτέλεσαν τον πρόδρομο των μεταγενέστερων συστημάτων μη επανδρωμένων οχημάτων. Στην παρακάτω εικόνα, παρουσιάζεται εικαστική αναπαράσταση της πρώτης απόπειρας κατά της Βενετίας, που αναφέρθηκε παραπάνω.

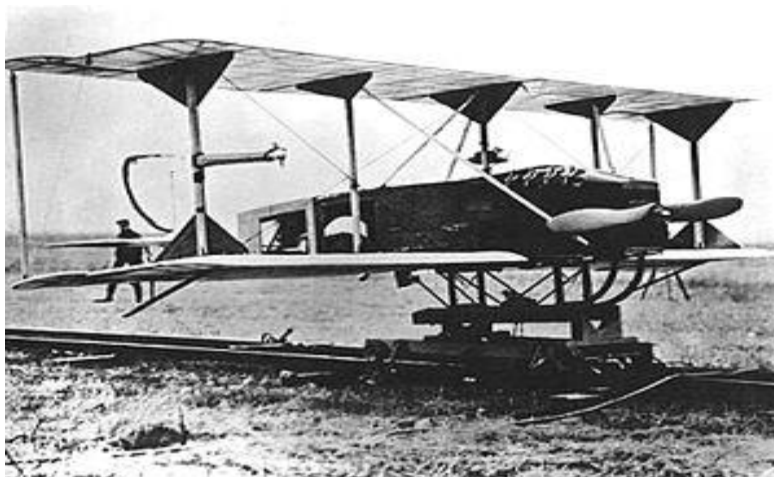


Εικόνα 4 Καλλιτεχνική απεικόνιση του εναέριου βομβαρδισμού της Βιέννης το 1849

1.4.1.2. Αεροπλάνα

Λίγο πριν την έναρξη του 1ου παγκοσμίου πολέμου, ο εφευρέτης Elmer Ambrose Sperry (1860 – 1930), ο οποίος είχε τελειοποιήσει το γυροσκόπιο για ναυτική χρήση το 1896 και είχε ήδη ιδρύσει την δική του εταιρία γυροσκοπίων με την επωνυμία Sperry το 1910, κατάφερε να προσελκύσει το ενδιαφέρον του Αμερικανικού ναυτικού με την ιδέα του για ένα ιπτάμενο σκάφος, το οποίο θα ήταν ελεγχόμενο με ραδιοκύματα και δεν θα έφερε πιλότο, εφοδιασμένο με γυροσκόπιο που είχε ήδη αναπτύξει για την χρήση του σε αντιτορπιλικά, τροποποιημένο έτσι ώστε να πετυχαίνει την αυτόματη σταθεροποίηση του αεροσκάφους. Αργότερα ο Sperry συνεργάστηκε με τον Peter Hewitt και επειδή, δεν κατάφεραν να βρουν ικανοποιητικό σύστημα τηλεχειρισμού με ραδιοκύματα, ανέπτυξαν ένα σύστημα αυτόματου πιλότου χρησιμοποιώντας γυροσκόπια, σέρβο-κινητήρες και συσκευή μέτρησης της απόστασης για να μπορεί το όχημά τους να απελευθερώνει το φορτίο

του (εκρηκτικό μηχανισμό), όταν θα έχει διανύσει συγκεκριμένη απόσταση. Χρησιμοποίησαν υδροπλάνα τύπου N-9, στα οποία προσάρμοσαν το σύστημα αυτόματου πιλότου τους, κατά την διάρκεια του πολέμου, χωρίς όμως, ικανοποιητικά αποτελέσματα. Οι πρώτες επιτυχημένες πτήσεις, έγιναν μετά το τέλος του πολέμου, χωρίς όμως, και αυτές να μπορούν να θεωρηθούν αξιόπιστες και έτσι το εγχείρημα αυτό, εγκαταλείφθηκε. Η ιπτάμενη μηχανή τους έμεινε στην ιστορία ως Hewitt-Sperry Flying Bomb.[6] [7]



Εικόνα 5 Ένα από τα πρώτα μη επανδρωμένα ιπτάμενα οχήματα κατασκευάσμα των Hewitt-Sperry έμεινε στην ιστορία ως Flying Bomb

Κατά τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο, και πιο συγκεκριμένα τον Ιούνιο του 1944, η Ναζιστική Γερμανία έθεσε σε εφαρμογή, επιχείρηση με την κωδική ονομασία (Πολική Αρκούδα). Η επιχείρηση αυτή, ήταν η ανάπτυξη ενός νέου είδους όπλου, την ιπτάμενη βόμβα με όνομα Fieseler Fi 103. Η ιπτάμενη αυτή βόμβα, ήταν πύραυλος Κρουζ μεσαίου βεληνεκούς, μικρού μεγέθους, χωρίς πιλότο. Με το όπλο αυτό, η Γερμανία κατάφερε να φέρει πλήγματα σε στόχους σε Βέλγιο, Γαλλία και Αγγλία. Το όπλο αυτό, έμεινε στην ιστορία με το όνομα V1 και ήταν αναλώσιμο όχημα, αφού αυτό το ίδιο ήταν ταυτόχρονα και η βόμβα. Η προώθησή του γινόταν με έναν ισχυρό κινητήρα pulsejet και ήταν εξοπλισμένο με σύστημα, το οποίο διατηρούσε σταθερή πορεία. Με μία μικρή προπέλα, η οποία ήταν τοποθετημένη στην μύτη του, κατάφερνε να μετρά την απόσταση και όταν έφτανε στην προκαθορισμένη απόσταση, έστρεφε την μύτη του προς τα κάτω και έκανε βουτιά προς το έδαφος, όπου προσέκρουε, δημιουργώντας έκρηξη. Υπολογίζεται ότι, η Γερμανία κατασκεύασε συνολικά τριάντα χιλιάδες τέτοια οχήματα τα έτη 1944 και 1945. [8]

Ιπτάμενη βόμβα με όνομα Fieseler Fi 103 χωρίς πιλότο που χρησιμοποιήθηκε από την Ναζιστική Γερμανία στον Παγκόσμιο πόλεμο



Εικόνα 6 Ιπτάμενη βόμβα με όνομα Fieseler Fi 103 χωρίς πιλότο που χρησιμοποιήθηκε από την Ναζιστική Γερμανία στον Παγκόσμιο πόλεμο

Κατά τη διάρκεια του ψυχρού πολέμου, ο στρατός της Αμερικής ανέπτυξε ένα νέο τύπο μη επανδρωμένου ιπτάμενου οχήματος, το οποίο ονομάστηκε Radioplane RP-71 Falconer. Αυτό, ήταν εξοπλισμένο με κάμερες και καταγραφικό και η απογείωσή του επιτυγχάνετο με δύο πυραύλους, ενώ για την προσγείωσή του χρησιμοποιούταν αλεξίπτωτο. Ο χειρισμός της πορείας του γινόταν μέσω ραδιοσημάτων, ενώ ο χειριστής του έλεγχε την θέση του μέσω ραντάρ. Ενώ αυτό το νέο μη επανδρωμένο ιπτάμενο όχημα είχε δυνατότητα να παρέχει εναέρια παρακολούθηση με πρωτοποριακό τρόπο για την εποχή, είχε ένα σημαντικό μειονέκτημα. Ο χρόνος πτήσης του ήταν λιγότερο από μία ώρα, γεγονός που κατέστησε την χρήση του περιορισμένη. Παρ'όλα αυτά, μέχρι την δεκαετία του 1970 είχαν κατασκευαστεί για λογαριασμό του ΝΑΤΟ περισσότερα από χίλια τέτοια συστήματα. Αν και, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι προσπάθειες για την κατασκευή ενός λειτουργικού, μη επανδρωμένου ιπτάμενου οχήματος άρχισαν από τις αρχές του 20ου αιώνα, ο πραγματικός πρόδρομος των σημερινών UAV δεν θα μπορούσε να ήταν άλλος από το Radioplane RP-71 Falconer. [102]



Εικόνα 7 Ο πραγματικός πρόδρομος των σημερινών UAV δεν θα μπορούσε να ήταν άλλος από το Radioplane RP-71 Falconer

1.4.2. Σύγχρονη εποχή

Στις μέρες μας σχεδόν όλες οι ανεπτυγμένες χώρες έχουν αναπτύξει συστήματα μη επανδρωμένων ιπτάμενων οχημάτων για στρατιωτικούς σκοπούς. Πρωτοπόροι σε αυτό ήταν το Ισραήλ που χρησιμοποίησε τέτοια συστήματα το 1982 στον πόλεμο με την Συρία και η Αμερική που τα χρησιμοποίησε τόσο στα βαλκάνια το 1995 όσο και στον πόλεμο του Αφγανιστάν το 2001. Τέτοια συστήματα χρησιμοποιούνται πλέον από την στρατιωτική βιομηχανία για αμυντικούς και επιθετικούς σκοπούς.

Τον 21^ο αιώνα, κάνουν την εμφάνιση τους και UAV μικρού μεγέθους, ελικόπτερα και πολικόπτερα, τα οποία βρίσκουν εφαρμογή σε ένα ευρύ φάσμα από εναέρια εποπτεία, σε επίπεδο διμοιρίας ή ομάδας για τον στρατό μέχρι εναέρια φωτογράφιση από ερασιτέχνες μοντελιστές. Η ανάπτυξη τους όμως δεν σταματά εδώ, έχουν ήδη κατασκευαστεί UAV με μεγάλο άνοιγμα φτερών, μικρό βάρος και κατανάλωση σχεδιασμένα με τέτοιον τρόπο ώστε να έχουν πολλές ώρες πτήσης. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι το αερόχημα Laima της εταιρίας AAI Aerosonde που στις 21 Αυγούστου 1998 κατάφερε να διασχίσει τον Ατλαντικό ωκεανό με σκοπό να

συλλέξει περιβαλλοντολογικές μετρήσεις, η απόσταση που διένυσε ήταν 3289,5 χιλιόμετρα και η πτήση του διήρκησε 26 ώρες και 45 λεπτά. [103]

1.4.3. Κατηγορίες μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων

1.4.3.1. Κατηγοριοποίηση των UAV με βάση τα γενικά χαρακτηριστικά τους

Τα βασικά χαρακτηριστικά με τα οποία κατηγοριοποιούνται τα μη επανδρωμένα ιπτάμενα οχήματα είναι τα εξής: το πεδίο εφαρμογής τους, το είδος τους, το βάρος τους, το μέγιστο εύρος πτήσης τους και η κατεύθυνση απογείωσης – προσγείωσης.

Κατηγορία	Υποκατηγορία	Μάζα (kg)	Μέγιστο εύρος δράσης (km)	
			με επιστροφή	Χωρίς επιστροφή
Τακτικά (πτήσεις κοντινής εμβέλειας)	Nano	0,025	Έως 1	
	Micro	κάτω των 5	κάτω των 10	κάτω των 20
	Mini	20-150	κάτω από 30	κάτω από 60
	κλειστής εμβέλειας (CR)	25-150	10-30	30-80
Λειτουργικά-Τακτικά	Μικρής εμβέλειας (SR)	50-250	30-80	90-160
	Μέση εμβέλεια (MR)	150-500	80-200	240-400
	Μεσαία Αντοχή (MRE)	500-1500	200-500	600-1000
	Βαθιά διείσδυση σε χαμηλό υψόμετρο (LADP)	250-2500	250-300	700-800
Στρατηγικά Λειτουργικά	Χαμηλός υψόμετρο μακράς αντοχής (LALE)	150-250	500-800	1500-1600
	Μεσαίο υψόμετρο μεγάλη αντοχή (MALE)	1000-1500	500-800	1500-1600
Στρατηγικά	Μεγάλο υψόμετρο μεγάλη αντοχή (HALE)	2500-5000	Κάτω από το 2000	Κάτω από το 2000
Ειδικά	Μη επανδρωμένο αεροσκάφος μάχης (UCAV)	Πάνω από 1000	Μέχρι 1500	Μέχρι 1500
	Lethal (LETH)			
	Decoy (DEC)			
	Stratospheric (STRATO)			
	Exostratospheric (EXO)			
	SPACE			

Πίνακας 1 Κατηγοριοποίηση των UAV με βάση τα γενικά χαρακτηριστικά τους (Korchenko and Illyash, 2013)

Οι βασικές κατηγορίες που χωρίζονται τα μη επανδρωμένα ιπτάμενα οχήματα με βάση το είδος, το βάρος και το μέγιστο εύρος πτήσης τους είναι, όπως φαίνεται και στον παραπάνω πίνακα: τακτικά, λειτουργικά-τακτικά, στρατηγικά και ειδικά.

Α)Τακτικά: Τα Nano, Micro, Mini και τα κλειστής εμβέλειας CR(close-Range) είναι μικρού ή μεσαίου μεγέθους, η μέγιστη απόσταση πτήσης μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 80 χιλιόμετρα και ο χρόνος πτήσης τους κυμαίνεται από μερικά λεπτά μέχρι και 6 ώρες.

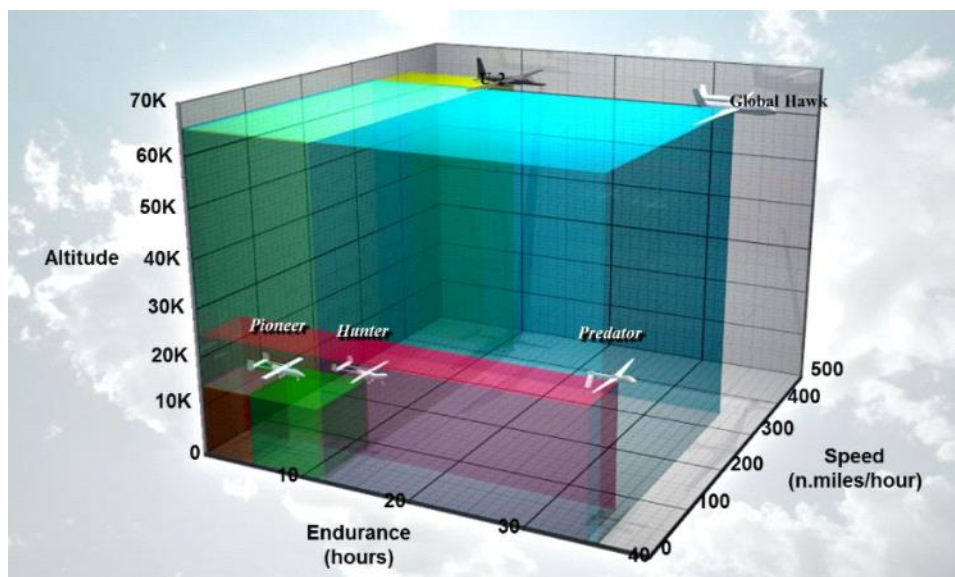
Β)Λειτουργικά-τακτικά: Σε αυτήν την κατηγορία ανοίκουν τα μικρής εμβέλειας Short Range (SR), μεσαίας εμβέλειας Medium Range (MR), μεσαίας εμβέλειας αντοχής-Medium Range Endurance (MRE) και αυτά με βαθιά διείσδυση σε χαμηλό υψόμετρο-Low Altitude Deep Penetration (LADP).

Γ)Στρατηγικά-λειτουργικά: Είναι τα μεσαίου υψομέτρου μεγάλης αντοχής-Medium Altitude Long Endurance (MALE) και τα χαμηλού υψομέτρου μεγάλης αντοχής-Low Altitude Long Endurance (LALE). Μπορούν να πετάξουν σε υψόμετρο 5.500m έως 9.000m και κάποια μοντέλα μπορεί να φτάσουν τα 12.000m. Η χρονική διάρκεια λειτουργίας είναι 45 λεπτά μέχρι 2 ώρες, το μέσο βάρος τους είναι περίπου 200kg και έχουν εξωτερικά φορτία που φέρουν βάρος έως 900kg. Τα UAV αυτής της κατηγορίας χρησιμοποιούνται συνήθως για στρατιωτικά ζητήματα κυρίως για αμυντικές αλλά και πολιτικές εφαρμογές όπως είναι η ανίχνευση και επιτήρηση πυρκαγιών και η χαρτογράφηση περιοχών.

Δ)Στρατηγικά: Είναι τα μεγάλης αντοχής μεγάλου υψομέτρου-High Altitude Long Endurance (HALE). Τα UAV αυτά, μπορούν να πετάξουν σε υψόμετρο έως 15.000m. Η χρονική διάρκεια λειτουργίας τους είναι από 24 έως 48 ώρες και το μέσο βάρος τους από 2.500kg έως 5.000kg. Η χρήση των UAV αυτής της κατηγορίας γίνεται κύριος για επιστημονικές έρευνες με σκοπό την παρατήρηση και την συλλογή δεδομένων σε παγκόσμια κλίμακα, για παράδειγμα, πως εξελίσσεται η κλιματική αλλαγή σε μεγάλες περιοχές του πλανήτη.

Ε)Ειδικά: Είναι τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη μάχης (UCAV), τα Θανατηφόρα-Lethal (LETH), τα Decoy (DEC), τα Stratospheric (STRATO), τα Exostratospheric (EXO) και τα SPACE. Το υψόμετρο τους μπορεί να φτάσει μέχρι τα 20.000m, με εσωτερικό βάρος 750kg και η διάρκεια πτήσης τους είναι από 30 ώρες έως 4 ημέρες.

Τέλος, τα UAV αυτής της κατηγορίας έχουν ιδιαίτερα υψηλό κόστος και χρησιμοποιούνται μόνο από πολύ μεγάλους οργανισμούς όπως η NASA.[9] [10]



Εικόνα 8 Ταξινόμηση με βάση το εύρος και το βάρος και την διάρκεια πτήσης των UAV

1.4.3.2. Κατηγοριοποίηση των UAV με βάση τον τρόπο πτήσης

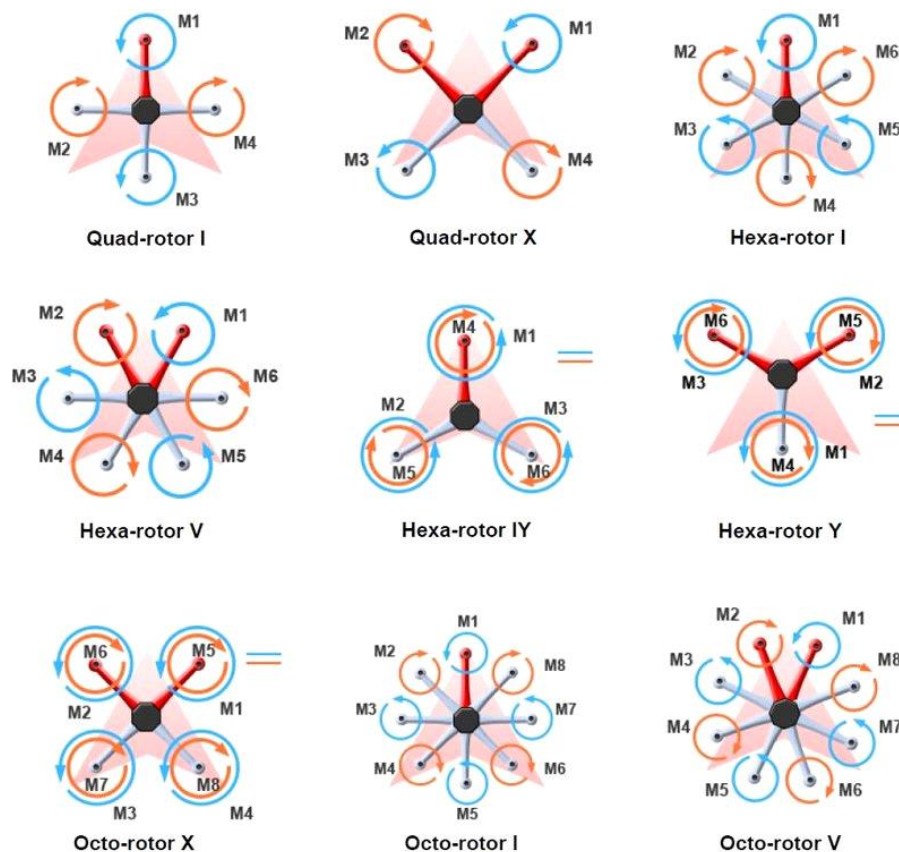
Η διάκριση μεταξύ των UAV δεν περιορίζεται μόνο στα βασικά χαρακτηριστικά τους μεγέθη, Όπως είδη έχει αναφερθεί παραπάνω υπάρχουν κυρίως UAV με έλικες και UAV τύπου αεροπλάνου σε αυτό το σημείο της εργασίας θα αναλυθούν αυτές οι κατηγορίες λίγο βαθύτερα.

ι) UAV με ρότορες

Τα UAV με ρότορες έχουν επικρατήσει ως ο δημοφιλέστερος τύπος UAV και συνηθίζεται να ονομάζονται και drone. Για την ανύψωσή τους χρησιμοποιούν περιστρεφόμενες έλικες με τους οποίους επιτυγχάνουν ικανοποιητική ανυψωτική ώση. Ο τρόπος λειτουργίας τους είναι πανομοιότυπος με αυτόν ενός ελικοπτερου, η μορφή τους όμως διαφέρει, συνήθως είναι πολλαπλών ελίκων και μάλιστα με βάση τον αριθμό τους γίνεται και η περαιτέρω κατηγοριοποίησή τους. Το κυριότερο πλεονέκτημά τους είναι ότι μπορούν να παραμένουν στο ίδιο σημείο για παρατεταμένες χρονικές περιόδους καθώς και το ότι έχουν την ικανότητα να απογειώνονται και να προσγειώνονται κάθετα γεγονός που επιτρέπει την χρήση τους και σε περιορισμένο χώρο αφού δεν απαιτείται συγκεκριμένη περιοχή απογείωσης/προσγείωσης. Τα UAV με έναν μόνο ρότορα ονομάζονται μονοκόπτερα,

αυτά μοιάζουν περισσότερο από όλα τα άλλα με τα γνωστά σε όλους μας ελικόπτερα.

Πιο διαδεδομένα, κυρίως για ερασιτεχνική χρήση, είναι τα UAV με τέσσερις ρότορες που ονομάζονται τετρακόπτερα και για βιομηχανικές χρήσεις αυτά με έξι ή οκτώ ρότορες εξακόπτερα και οκτακόπτερα αντίστοιχα. Ωστόσο εμφανίζονται και σε ποιο σύνθετες διατάξεις, όπως με δώδεκα και δεκαέξι ρότορες. Κάθε διάταξη από αυτές έχει τα δικά της χαρακτηριστικά, πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Ο έλεγχος της κίνησης των πολυκόπτρων στον χώρο επιτυγχάνεται με τη μεταβολή της ώσης που παράγεται από τη ροπή των ροτόρων ανεξάρτητα. Για παράδειγμα για να κινηθεί ένα τετρακόπτερο προς τα εμπρός οι δύο πίσω ρότορες παράγουν μεγαλύτερη ώση από τους μπροστά, έτσι το πίσω μέρος του τετρακόπτρου σηκώνεται ψηλότερα από το εμπρός και έτσι επιτυγχάνεται κίνηση προς τα εμπρός. [11] [12]



Εικόνα 9 διάφορες διατάξεις ροτόρων, πολυκοπτέρων

ii) UAV τύπου αεροπλάνου

Πριν την εμφάνιση των UAV με ρότορες, όλα τα μη επανδρωμένα ιπτάμενα οχήματα είχαν την μορφή αεροπλάνου. Ο τρόπος λειτουργίας και το σχήματος ήταν πανομοιότυπα με του αεροπλάνου την μόνη σημαντική διαφορά, ότι έχουν

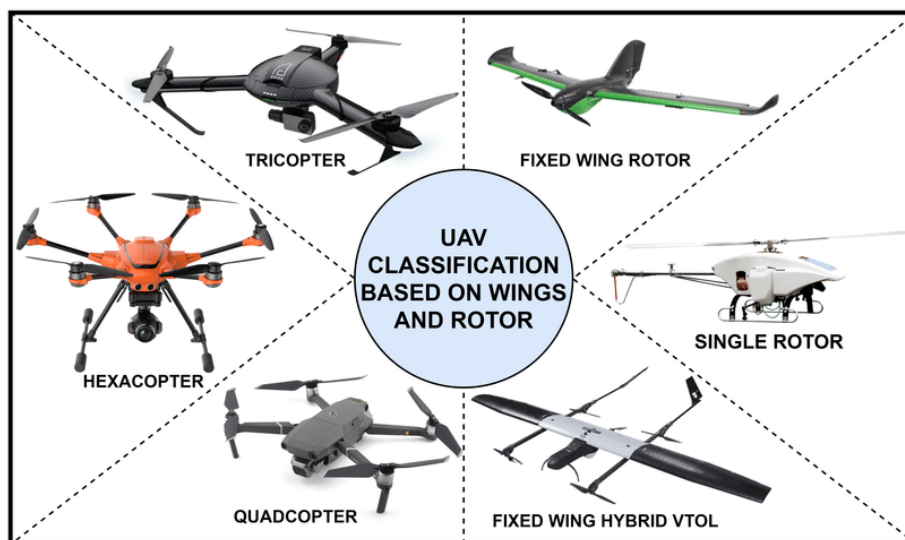
μεγαλύτερο μήκος φτερών για να εκμεταλλεύονται περισσότερο την διαφορά της πίεσης του αέρα έτσι ώστε να πετυχαίνουν μεγαλύτερης διάρκειας πτήσης με μικρότερο ενεργειακό κόστος. Για να επιτύχουν πτήση επομένως είναι αναγκαίο να διατηρούν μια οριακή ταχύτητα προς τα εμπρός. Μπορούν εύκολα να αναπτύξουν μεγαλύτερες ταχύτητες και αυτό σε συνδυασμό με την μικρή κατανάλωση που έχουν κατά την πτήση λόγω του αεροδυναμικού τους σχήματος τα καθιστούν ιδανική λύση για εφαρμογές που απαιτούν μεγάλες αποστάσεις και περισσότερο χρόνο πτήσης. Σαν κατασκευή έχουν λιγότερα μηχανικά και ηλεκτρονικά μέρη από τα UAV με ρότορες και είναι λιγότερο πολύπλοκα. Αυτό τα κάνει την συντήρησή τους ευκολότερη και φτηνότερη. Το κυριότερο μειονέκτημα των UAV αυτού του τύπου είναι ότι για η απογείωση και η προσγείωση τους δεν μπορεί να γίνει οπουδήποτε και για να επιτευχθεί είναι απαραίτητος κάποιος διάδρομος προσγείωσης/απογείωσης ή για κάποιου είδους εκτοξευτής. Ένα δεύτερο μειονέκτημα τους είναι ότι δεν μπορούν να πετούν στο ίδιο σημείο γεγονός που τα καθιστά ακατάλληλα για εφαρμογές που απαιτούν στατική εποπτεία. Λόγω του ιδιαίτερου τρόπου πτήσης του και των δυσκολιών που μόλις αναφέρθηκαν τα UAV αυτού του τύπου είναι δύσκολα στον χρησμό τους, απαιτούν ειδικές γνώσεις και τα καθιστούν σχεδόν ακατάλληλα για ερασιτεχνική χρήση.[11] [13]



Εικόνα 10 UAV τύπου αεροπλάνου με υποδείξεις των επιμέρους μερών του

iii) Υβριδικά UAV τύπου VTOL

Τα υβριδικά UAV κάθετης προσγείωσης/απογείωσης - Vertical Take Off and Landing VTOL, συνδυάζουν τα χαρακτηριστικά των προηγούμενων δύο ομάδων με σκοπό να εξαλείψουν τα αρνητικά τους. Στην μορφή τους μοιάζουν με αεροπλάνα, όμως, διαθέτουν και σύστημα κάθετης προσγείωσης/απογείωσης, αυτό το επιτυγχάνουν είτε με επιπλέον κινητήρες με έλικες κάθετους προς το σκάφος, είτε έχοντας την δυνατότητα να στρέψουν τους έλικες προώθησής τους κάθετα μέσω αεροκινητήρων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα UAV του τύπου αυτού να μπορούν να επιχειρήσουν σε οποιοδήποτε χορό, να προσφέρουν την σταθερότητα που έχει ένα πολυκόπτερο όταν αυτό χρειάζεται και παράλληλα να μπορούν να επιτύχουν μεγάλου χρόνου και απόστασης πτήσεις εκμεταλλευόμενα το αεροδυναμικό τους σχήμα. Για τους λόγους που μόλις αναφέρθηκαν, τα τελευταία χρόνια τα υβριδικά UAV έχουν προκαλέσει έντονο ενδιαφέρον και γίνονται ολοένα και πιο δημοφιλή.[14]



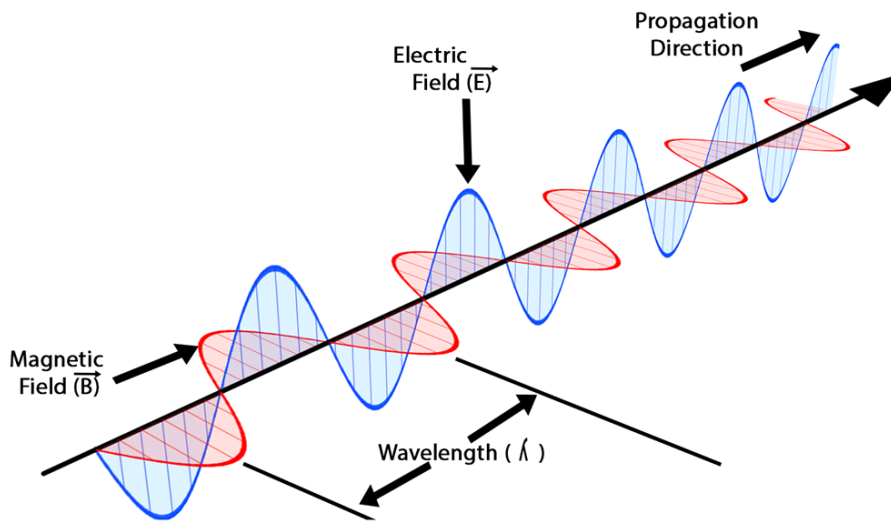
Εικόνα 11 Ταξινόμηση UAV με βάση το σχήμα και τους ροτορες

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Η φύση του φωτός

Από την αρχαιότητα, το ερώτημα τι είναι το φως βασάνιζε τους στοχαστές και τους επιστήμονες. Αρχικά, θεωρούταν ότι το φως αποτελείται από πολύ μικρά σωματίδια που λόγω του μεγέθους τους και της μεγάλης ταχύτητάς τους δεν μπορούμε να τα δούμε, όμως η αλληλεπίδραση αυτών των σωματιδίων με τα άλλα σώματα, είναι αυτό που συλλαμβάνουμε με τα μάτια μας. Με το ζήτημα αυτό ασχολήθηκαν πολλοί γνωστοί και άγνωστοι μελετητές μεταξύ αυτών και ο πατέρας της κλασικής φυσικής Sir Isaac Newton (1642-1727). Αυτός μελέτησε, μεταξύ άλλων, την ανάκλαση του φωτός και πειραματιζόμενος με τον τρόπο που συμπεριφέρεται το λευκό φως του ήλιου μέσα από διάφορα πρίσματα, παρατήρησε πρώτος ότι το λευκό φως δεν είναι στην πραγματικότητα λευκό, αλλά αποτελείται από περισσότερα χρώματα (κόκκινο, πορτοκαλί, πράσινο, μπλε, κίτρινο, γαλάζιο και πορφυρό). Η πρώτη, όμως, παρατήρηση για την πραγματική φύση του φωτός ήρθε πολύ πρόσφατα, όπου μόλις τον 19^ο αιώνα, οι επιστήμονες άρχισαν να υποπτεύονται ότι η πραγματική φύση του φωτός δεν είναι καθαυτό σωματιδιακή, αλλά συμπεριφέρεται σαν κύμα. Αυτό διατυπώθηκε για πρώτη φορά από τον Σκοτσέζο φυσικό *James Clerk Maxwell* (1831-1879) στο βιβλίο του “A Treatise on Electricity and Magnetism“ το 1873, όπου διατύπωσε την θεωρία του ηλεκτρομαγνητισμού και αποδείκνυε ότι και το φως είναι μίας μορφής ηλεκτρομαγνητικό κύμα.

Electromagnetic Wave



Εικόνα 12 Απεικόνιση ηλεκτρομαγνητικού κύματος, όπου με μπλε χρώμα σημειώνεται το ηλεκτρικό πεδίο και με κόκκινο το μαγνητικό πεδίο

Με την ενοποιημένη θεωρία του ηλεκτρομαγνητισμού, που διατύπωσε ο *Maxwell*, αποδεικνύεται ότι όλα τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαχέονται στο κενό με την ίδια ταχύτητα c . Η ταχύτητα αυτή όπως αποδείχθηκε αργότερα από τον Albert Einstein (1879-1955) είναι 299.792.458 μέτρα το δευτερόλεπτο. Κάθε ηλεκτρομαγνητικό κύμα περιγράφεται με το μήκος κύματος λ , το οποίο αποτελεί την απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών κορυφών του κύματος, την συχνότητα f , που δηλώνει τον αριθμό των ταλαντώσεων που συμβαίνουν σε ένα δευτερόλεπτο και τέλος από την ενέργεια E που μεταφέρει. Η συχνότητα συνδέεται με το μήκος κύματος μέσα από την θεμελιώδη εξίσωση της κυματικής $c = \lambda \cdot f$ και με την ενέργεια με τον τύπο της ενέργειας του φωτονίου. Ακόμα, όμως και μετά από αυτές τις παρατηρήσεις η πραγματική φύση του φωτός δεν είχε εξηγηθεί πλήρως, καθώς η κυματική του φύση δεν μπορούσε να εξηγήσει φαινόμενα όπως αυτά είχαν παρατηρηθεί και σχετίζονταν με τον τρόπο που αλληλοεπιδρά το φως με την ύλη. Σε αυτό το ζήτημα πρώτος ήρθε να δώσει λύση ο Γερμανός φυσικός Max Planck (1854-1947), ο οποίος παρατήρησε ότι η ενέργεια που εκπέμπει ένα σώμα που θερμαίνεται, δεν εκπέμπεται συνεχόμενα, αλλά σε μικρά πακέτα ενέργειας που ονομάστηκαν κβάντα. Μετά από αυτή τη παρατήρηση, ο Planck διατύπωσε την κβαντική θεωρία του, που με απλά λόγια μας λέει ότι κάθε άτομο εκπέμπει ή απορροφά στοιχειώδη

“πακέτα” ενέργειας, τα οποία ονομάστηκαν φωτόνια και κάθε φωτόνιο χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένη συχνότητα και φέρει συγκεκριμένη ποσότητα ενέργειας. Από την θεωρία του αυτή προκύπτει η σταθερά του Plank, που συμβολίζεται με h και ισούται με $6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J*s}$ και ο τύπος της ενέργειας του φωτονίου που συνδέει την ενέργεια με την συχνότητά του και εκφράζεται με τον τύπο $E = h \cdot f$. Το έργο του Plank συνέχισε ο Albert Einstein που εκμεταλλευόμενος την κβαντική θεωρία του, κατόρθωσε να εξηγήσει το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, τον λόγο, δηλαδή, που όταν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία προσπίπτει σε μία μεταλλική πλάκα απελευθερώνονται ηλεκτρόνια. Η σωματιδιακή αυτή φύση του φωτός που παρουσιάστηκε στον Einstein αποτέλεσε και την αφετηρία για την μετέπειτα, γνωστή σε όλους, Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας μέσα από την οποία, μεταξύ άλλων, απέδειξε, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ότι η ταχύτητα c του φωτονίου στο κενό είναι πάντα σταθερή και μάλιστα είναι η μεγαλύτερη ταχύτητα που μπορεί να ταξιδέψει η πληροφορία στο σύμπαν.

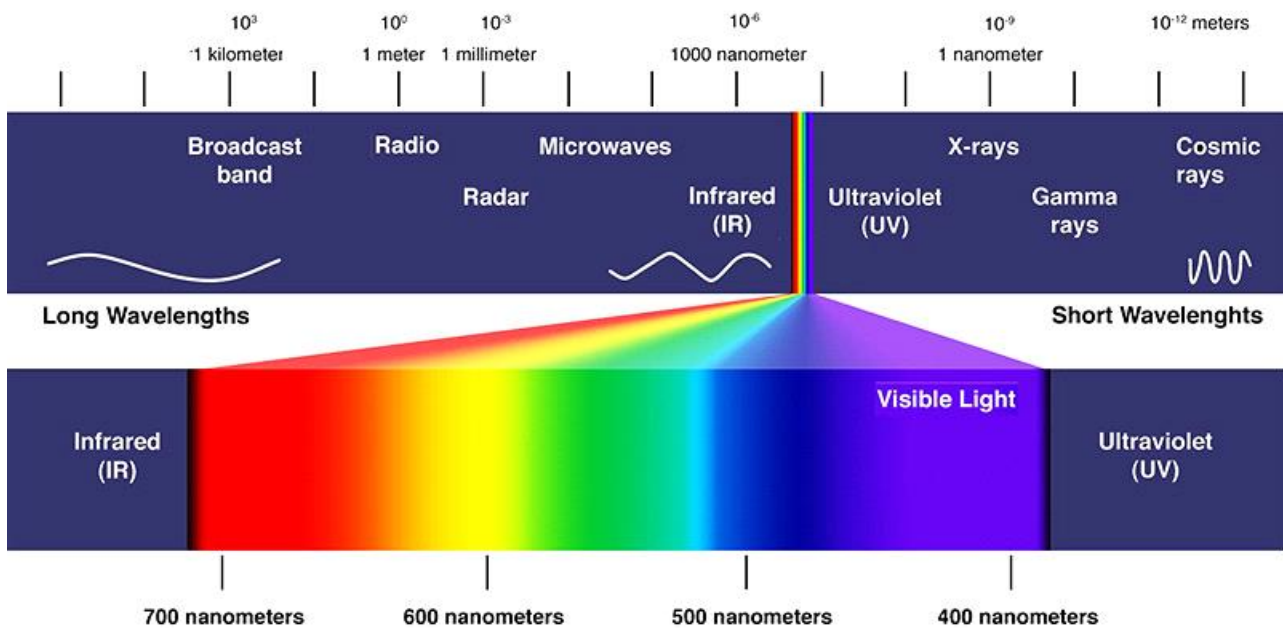
Συνοψίζοντας λοιπόν, στην σύγχρονη φυσική, η πραγματική φύση του φωτός δεν είναι ούτε κυματική, ούτε σωματιδιακή, θα μπορούσαμε όμως να την αναφέρουμε ως κυματοσωματιδιακή, αφού κάποιες από τις ιδιότητές του εξηγούνται με την σωματιδιακή του φύση και ταυτόχρονα κάποιες άλλες με την κυματική του φύση. [15][16][17][18]

2.1. Το φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, χαρακτηρίζεται κυρίως από το μήκος κύματός της. Πριν ακόμα κατανοήσουμε πλήρως την φύση του φωτός, από τις αρχές του 19 αιώνα, άρχισε να υπάρχει η υποψία ότι πέρα από το φως που γνωρίζουμε και βλέπουμε πιθανόν να υπάρχει και κάποιου είδους ακτινοβολία που δεν μπορούμε να δούμε με γυμνό μάτι. Η πρώτη παρατήρηση σχετικά με το θέμα έγινε το 1800 από τον Γερμανό αστρονόμο William Herschel (1738-1822), ο οποίος εμπνευσμένος από το πείραμα με τα πρίσματα του Newton, τοποθέτησε ένα πρίσμα με τέτοιο τρόπο ώστε το φως του ήλιου να περνάει μέσα από αυτό και τα χρώματα που προκύπτουν από την ανάλυση του λευκού φωτός, φρόντισε να πέφτουν σε μία επιφάνεια έτσι ώστε να μπορεί να μετρήσει την θερμοκρασία σε κάθε ένα από αυτά. Αυτό που παρατήρησε, είναι ότι κοντά στην κόκκινη περιοχή και λίγο μετά από αυτήν η θερμοκρασία που μέτραγε ήταν

υψηλότερη. Αυτό, τον οδήγησε στο συμπέρασμα ότι υπάρχει κάποιου είδους ακτινοβολία που δεν είναι ορατή με γυμνό μάτι, πέρα από την κόκκινη περιοχή. Για τον λόγο αυτό, η ακτινοβολία αυτή ονομάστηκε αργότερα υπέρυθρη. [19] Μόλις ένα χρόνο αργότερα, το 1801 ο Γερμανός Χημικός Johann Wilhelm Ritter (1778-1810), ανακάλυψε την ύπαρξη μίας ακόμη αόρατης ακτινοβολίας, αυτή τη φορά όμως στην αντίθετη πλευρά του χρωματικού φάσματος που δημιουργεί η ανάλυση του λευκού φωτός. Επανέλαβε το πείραμα με το πρίσμα και στην επιφάνεια που προβαλλόταν το χρωματικό φάσμα τοποθέτησε χλωριούχο άργιλο. Αυτό που παρατήρησε ήταν ότι μετά από το βιολετί χρώμα, εκεί που η επιφάνεια δεν φαινόταν να φωτίζεται, ο χλωριούχος άργιλος φαινόταν ασυνήθιστα σκούρος. Υπέθεσε λοιπόν, ότι αυτό οφείλεται στο διαφορετικό μήκος κύματος και έτσι ανακάλυψε ένα νέο είδος ακτινοβολίας, η οποία αργότερα ονομάστηκε υπεριώδης ακτινοβολία. [20] Στα χρόνια που ακολούθησαν, σταδιακά, ανακαλύφθηκαν όλες οι ακτινοβολίες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Το 1888 ο Γερμανός φυσικός Heinrich Hertz (1857-1894), ανακάλυψε τα ραδιοκύματα και λίγο αργότερα και τα μικροκύματα. Επίσης, ήταν ο επιστήμονας που επαλήθευσε μαθηματικά την κυματική θεωρία του Maxwell που αναφέρθηκε παραπάνω. Το 1895, ο Γερμανός φυσικός Wilhelm Röntgen (1845–1923), ανακάλυψε τις ακτίνες X και τέλος το 1900 ο Γάλλος Χημικός Paul Villard (1860–1934), ανακάλυψε τις ακτίνες γ.[16][18]

The Spectrum of Light



Εικόνα 13 Το φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας

Όλες αυτές οι ανακαλύψεις των διαφορετικών ακτινοβολιών, οδήγησαν στην σύνθεση του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, που φαίνεται στην εικόνα 2. Το φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας εκτείνεται από το μήκος κύματος των 100.000km στην αριστερή πλευρά του, όπου ξεκινάει η περιοχή των ραδιοκυμάτων, μέχρι το μήκος κύματος του 1pm, στην δεξιά του πλευρά που ανήκει στην περιοχή των ακτίνων γ. Όπως ήδη έχει αναφερθεί παραπάνω, η ενέργεια είναι άμεσα συνδεδεμένη με την συχνότητα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Έτσι, είναι φανερό ότι όσο κινούμαστε από την αριστερή πλευρά του φάσματος προς την δεξιά και το μήκος κύματος μικραίνει, η συχνότητα της ακτινοβολίας αυξάνεται και κατ' επέκταση αυξάνεται και η ενέργεια που μεταφέρει.[16]

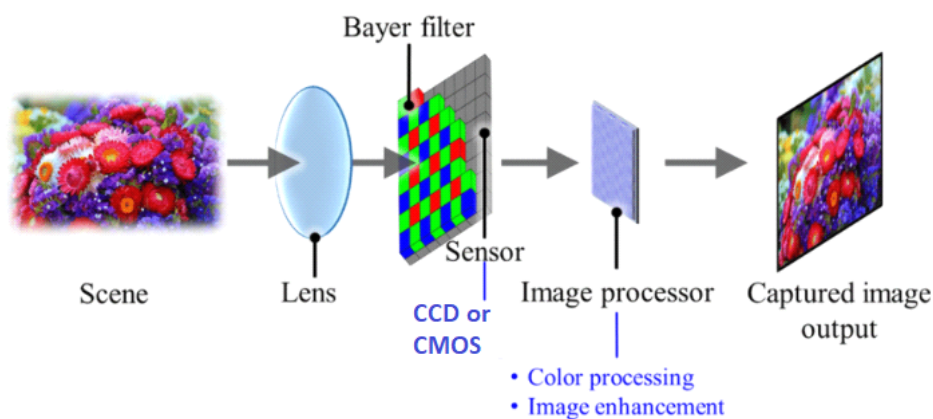
2.1.1. Το ορατό φάσμα

Ορατό φάσμα ονομάζεται το σύνολο των μηκών κύματος το οποίο μπορεί να αντιληφθεί το ανθρώπινο μάτι και κυμαίνεται από τα 750 nanometer μήκος κύματος ή 400THz, συχνότητα όπου αρχίζει το κόκκινο χρώμα, μέχρι τα 380nm μήκος κύματος

ή 700THz, όπου τελειώνει το βιολετί χρώμα και αρχίζει η υπεριώδης ακτινοβολία. Οι ακτινοβολίες που αντιστοιχούν σε συχνότητες ανάμεσα σε αυτές τις δύο είναι υπεύθυνες για τα ανάμεσα χρώματα, που φαίνονται και στην εικόνα 2 και ο συνδυασμός αυτών με διάφορες αναλογίες έχει ως αποτέλεσμα όλα τα χρώματα που μπορεί να αντιληφθεί το ανθρώπινο μάτι. Παρόλο που από τον ήλιο εκπέμπεται και φτάνει στη γη ακτινοβολία όλων των μηκών κύματος, το φάσμα των ακτινοβολιών που φτάνει σε μεγαλύτερο βαθμό στην επιφάνεια της γης είναι αυτό στο οποίο έχουν προσαρμοστεί τα ανθρώπινα μάτια. Τα περισσότερα, άλλα μήκη κύματος εμποδίζονται από την ατμόσφαιρα της γης και έτσι φτάνει στην επιφάνειά της μονάχα ένα μικρό μέρος τους.

2.1.1.1. Η ψηφιακή κάμερα

Σε αυτό το σημείο είναι άξιο να αναλυθεί η αρχή λειτουργίας καθώς και τα επιμέρους εξαρτήματα μίας ψηφιακής κάμερας, καθώς και οι κάμερες υπεριώρων αλλά και οι κάμερες που καταγράφουν την υπεριώδη ακτινοβολία λειτουργούν με την ίδια αρχή λειτουργίας της κλασικής ψηφιακής κάμερας για το ορατό φως. Τα βασικά μέρη μιας ψηφιακής κάμερας είναι: οι φακοί και τα επιμέρους φίλτρα, ο αισθητήρας εικόνας και η κεντρική μονάδα επεξεργασίας της κάμερας. [21]



Εικόνα 14 Διάγραμμα λήψης μίας φωτογραφίας από ψηφιακή κάμερα

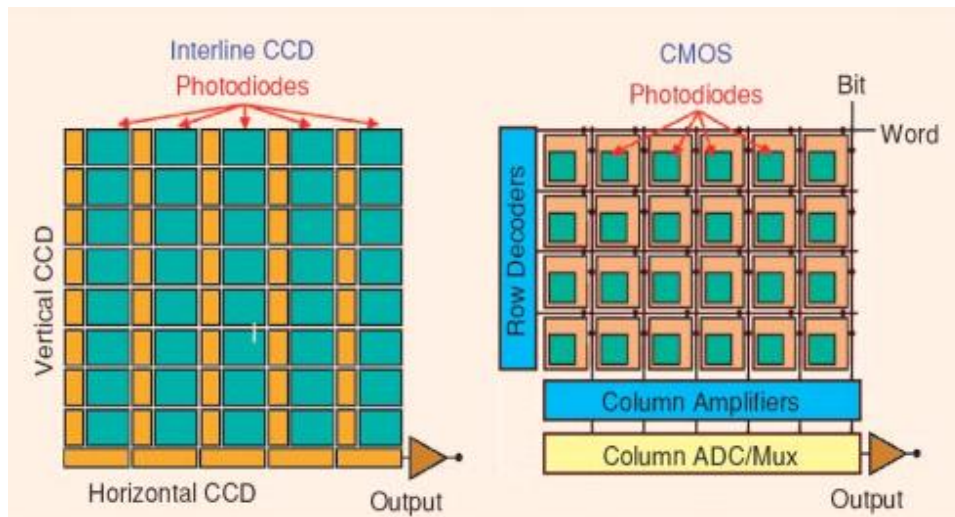
Το είδος των φακών που χρησιμοποιούνται ποικίλει τόσο ως προς το υλικό κατασκευής όσο και ως προς τον τρόπο κατασκευής του φακού. Κριτήρια επιλογής του κατάλληλου φακού είναι κυρίως η απόσταση που βρίσκεται η κάμερα από το σκηνικό που θα πρέπει να καταγράψει και το ποια μήκη κύματος είναι επιθυμητό να περάσουν και ποια όχι. Ένα επιπλέον φίλτρο που χρησιμοποιείται στις έγχρωμες ψηφιακές κάμερες είναι το φίλτρο τύπου Bayer. Αυτό το φίλτρο είναι

προσαρμοσμένο στον αισθητήρα εικόνας, μοιάζει με μωσαϊκό με τρία χρώματα (κόκκινο, πράσινο, μπλε) και είναι υπεύθυνο να αφήνει να περνούν, από το κάθε σημείο του μωσαϊκού αυτού, ακτίνες μόνο του εκάστοτε συγκεκριμένου χρώματος. Οι αισθητήρες εικόνας χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες τους charge-coupled device (CCD) και τους Complementary Metal Oxide Semiconductor (CMOS). [22]

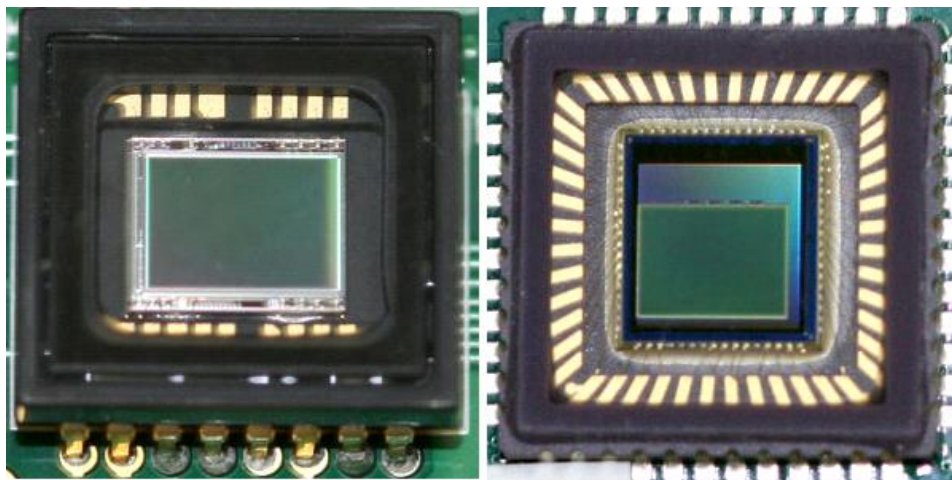
Οι αισθητήρες εικόνας τύπου CCD εφευρέθηκαν την δεκαετία του 1960 και ήταν το πρώτο είδος αισθητήρα που επικράτησε για την λήψη εικόνων. Αυτού του είδους οι αισθητήρες έχουν την μορφή ενός τσιπ σιλικόνης και αποτελούνται από ένα πλήθος φωτοευαίσθητων περιοχών τοποθετημένες σε μητρική μορφή. Κάθε μία από αυτές τις περιοχές όταν δέχεται φως αφήνει να περάσει μία ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος. Κάθε τόσο, με την συχνότητα ενός εσωτερικού ρολογιού, το φορτίο κάθε φωτοευαίσθητης περιοχής μεταφέρεται σειριακά σε κύκλωμα μετατροπής του φορτίου αυτού, σε τάση και στη συνέχεια μετατρέπεται σε ψηφιακό σήμα με την βοήθεια ενός Analog to Digital Converter. Οι αισθητήρες αυτοί έχουν το πλεονέκτημα ότι είναι περισσότερο ευαίσθητοι στο φως και έτσι μπορούν να αποτυπώσουν ευκολότερα εικόνες σε πιο σκοτεινές σκηνές. Το κυριότερο μειονέκτημά τους είναι ότι λόγω της φύσης τους είναι δύσκολο να παραχθούν μαζικά και εκτός αυτού χρειάζονται και επιμέρους κυκλώματα για να λειτουργήσουν, με αποτέλεσμα το υψηλό τους κόστος. Ένα ακόμα μειονέκτημα τους είναι ότι έχουν μεγάλη κατανάλωση ενέργειας, που τους καθιστά κακή επιλογή για φορητές συσκευές.

Οι αισθητήρες εικόνας τύπου CMOS, εφευρέθηκαν και αυτοί την δεκαετία του 1960, η ευρεία χρήση τους, όμως, σε φωτογραφικές μηχανές ήρθε την δεκαετία του 1990. Όπως και στους αισθητήρες τύπου CCD, έτσι και στους αισθητήρες τύπου CMOS, τα φωτοευαίσθητα στοιχεία είναι τοποθετημένα σε μητρική μορφή. Η διαφορά όμως, σε αυτόν τον τύπο αισθητήρων είναι ότι κάθε ένα από αυτά τα φωτοευαίσθητα στοιχεία έχουν τα δικά τους ανεξάρτητα κυκλώματα μετατροπής του ρεύματος σε τάση και μετατροπής του αναλογικού σήματος σε ψηφιακό, με αποτέλεσμα την πολύ πιο γρήγορη μετάδοση, παράλληλα μέσω πολυπλεκτών. Μειονέκτημα σε αυτού του τύπου αισθητήρες, είναι η μειωμένη απόδοση στην ποιότητα σε σχέση με τους αισθητήρες CCD. Τα πλεονεκτήματά τους είναι, το χαμηλό κόστος παραγωγής, αφού κατασκευάζονται σαν ένα ενιαίο ολοκληρωμένο κύκλωμα. Η κατανάλωση ενέργειας που απαιτεί μπορεί να είναι έως και 100 φορές λιγότερη, από την αντίστοιχη που χρειάζεται ένας CCD αισθητήρας και η ταχύτητα

απόκρισής του είναι πολλαπλάσια μεγαλύτερη. Λόγω αυτών, συν το γεγονός ότι κατασκευάζεται όπως ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα, υπάρχει η δυνατότητα να κατασκευαστεί σε διάφορα μεγέθη. Οι αισθητήρες τύπου CMOS έχουν επικρατήσει στην εποχή μας, ιδιαίτερα σε φορητές συσκευές, όπου το μέγεθος και η κατανάλωση ενέργειας είναι καθοριστικοί παράγοντες για την επιλογή των εξαρτημάτων.[23] [24]

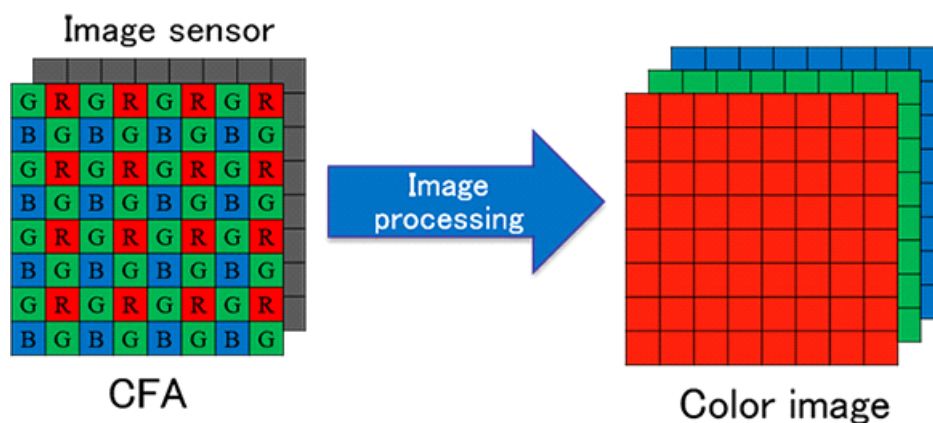


Εικόνα 15 αριστερά το σχηματικό διάγραμμα ενός CCD αισθητήρα εικόνας και δεξιά ενός CMOS.



Εικόνα 16 Οι δύο τύποι αισθητήρων εικόνας, αριστερά τύπου CCD και δεξιά τύπου CMOS

Τέλος, η κεντρική μονάδα επεξεργασίας μίας ψηφιακής κάμερας είναι υπεύθυνη για να συνθέσει την εικόνα σε ψηφιακό μοτίβο, λαμβάνοντας τις πληροφορίες από τον αισθητήρα εικόνας. Στην συνέχεια, χωρίζει αυτό το ψηφιακό μοτίβο, αξιοποιώντας την γνώση των θέσεων του κάθε χρώματος από το φίλτρο Bayer, σε τρεις παράλληλους πίνακες, όπου ο κάθε ένας από αυτούς αντιστοιχεί σε ένα από τα τρία βασικά χρώματα του ορατού φάσματος (κόκκινο, πράσινο και μπλε). Αυτοί οι τρεις πίνακες αποτελούν και την έγχρωμη εικόνα που δίνει μία ψηφιακή κάμερα στην έξοδό της, για να αξιοποιηθεί κατάλληλα από την εκάστοτε εφαρμογή.[25][22]



Εικόνα 17 Η σύνθεση της εικόνας από την μονάδα επεξεργασίας της κάμερας μέσω του φίλτρου Bayer σε τρεις παράλληλους πίνακες για την δημιουργία μίας έγχρωμης ψηφιακής εικόνας

2.1.2. Το μη ορατό φάσμα

Μη ορατό φάσμα, ονομάζεται το σύνολο των ακτινοβολιών με συχνότητα μικρότερη ή μεγαλύτερη από αυτές που αναφέρθηκαν παραπάνω. Οι ακτινοβολίες με μεγαλύτερο μήκος κύματος από το ορατό φως ονομάζονται μη ιονίζουσες, ενώ αυτές με μικρότερο, ονομάζονται ιονίζουσες λόγω της υψηλής ενέργειας που μεταφέρουν και είναι επιβλαβείς για τον άνθρωπο. Οι ακτινοβολίες που απαρτίζουν το μη ορατό φάσμα, χωρίζονται και αυτές ανάλογα με το μήκος κύματός τους σε έξι μεγάλες

κατηγορίες. Ξεκινώντας από τα μεγαλύτερα μήκη κύματος της τάξης των 100.000km, ή και ακόμα μεγαλύτερο, η πρώτη κατηγορία που συναντάμε είναι τα Ραδιοκύματα τα οποία έχουν τυπικά, μήκος κύματος από 100.000km (ή 3Hz) μέχρι 10cm (ή 3GHz). Τα ραδιοκύματα έχουν μεγάλο πεδίο εφαρμογής κυρίως στις τηλεπικοινωνίες, στα κινητά τηλέφωνα, στα ασύρματα τηλέφωνα, στους ασύρματους αστυνομίας, πυροσβεστικής κλπ., στην μετάδοση ραδιοφωνικών και τηλεοπτικών εκπομπών καθώς και στην παρατήρηση του διαστήματος από μεγάλα ραδιοτηλεσκόπια, όπως το Arecibo Observatory στη Χιλή που λειτουργούσε μέχρι πρόσφατα.

Αμέσως μετά στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα, συναντώνται τα μικροκύματα, με μήκος κύματος να κυμαίνεται από 10cm (ή 3GHz) μέχρι 1mm (ή 300GHz). Όπως και τα ραδιοκύματα, τα μικροκύματα βρίσκουν πεδίο εφαρμογής στις τηλεπικοινωνίες. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία δορυφορικών συστημάτων, σε δίκτυα Wifi (2.4GHz -5GHz) και στο επερχόμενο δίκτυο ασύρματου ίντερνετ 5G (3.3GHz - 4.8GHz).

Από το μήκος κύματος του 1mm (ή την συχνότητα των 300GHz) μέχρι το μήκος κύματος των 750nm (ή 400 THz), βρίσκεται το τμήμα της υπέρυθρης ακτινοβολίας. Η υπέρυθρη ακτινοβολία είναι, όπως ήδη γνωρίζουμε, το ένα από τα δύο είδη που βρίσκονται πιο κοντά στο ορατό φως. Η υπέρυθρη ακτινοβολία λόγω του μήκους κύματός της δεν παρεμποδίζεται από την σκόνη ή άλλα σωματίδια στον αέρα. Το υπέρυθρο φάσμα χωρίζεται στις εξής υποκατηγορίες.

- Far-wave infrared (FWIR) από το 1mm (300GHZ) μέχρι τα 15μm (περίπου 20Tz).
- Long-wave infrared (LWIR) από το 15μm (20THz) μέχρι τα 8μm (περίπου 37THz), αυτή η περιοχή μαζί με την FWIR συχνά αναφέρεται και σαν θερμική περιοχή.
- Mid-wave infrared (MWIR) από τα 8μm (37THz) μέχρι τα 3μm (περίπου 100THz).
- Short-wave infrared από τα 3μm (100THz) μέχρι το 1.4μm (περίπου 200THz).
- Near infrared (NIR) από το 1.4μm (200THz) μέχρι τα 700nm (περίπου 430THz). Σε αυτήν την περιοχή περιλαμβάνεται και μέρος του ορατού φάσματος κοντά στην υπέρυθρη ακτινοβολία.[26]

Οι περισσότερες εφαρμογές που εκμεταλλεύονται την υπέρυθρη ακτινοβολία είναι οπτικές εφαρμογές, και οι πιο διαδεδομένες τέτοιου είδους εφαρμογές είναι οι κάμερες υπέρυθρων και οι θερμικές κάμερες.

Οι κάμερες υπέρυθρων είναι ψηφιακές κάμερες, στις οποίες προσαρμόζονται ειδικοί φακοί που είναι σχεδιασμένοι έτσι, ώστε να μην εμποδίζουν την υπέρυθρη ακτινοβολία να περάσει μέσα από αυτούς και έτσι να φτάσει στο αισθητήριο της κάμερας. Καταγράφουν εικόνα στο ορατό φάσμα και στην NIR υποκατηγορία του υπέρυθρου φάσματος. Οι κάμερες υπέρυθρων που χρησιμοποιούνται στον τομέα της ασφάλειας και της επιτήρησης χώρων συνήθως έχουν και επιπρόσθετους λαμπτήρες LED που εκπέμπουν υπέρυθρο φως για να μπορούν να βλέπουν και στο σκοτάδι (εικόνα 18). Στην εικόνα 19, φαίνεται ένα στιγμιότυπο που έχει τραβηχτεί από μία τέτοιου τύπου κάμερα.



Εικόνα 18 Κάμερα παρακολούθησης κλειστού κυκλώματος με ενσωματωμένους λαμπτήρες LED που εκπέμπουν υπέρυθρο φως για χρήση σε ελλείπει φωτισμό.



Εικόνα 19 Στιγμιότυπο από κάμερα παρακολούθησης με επιπρόσθετο φωτισμό υπέρυθρων

Εκτός από τις κάμερες υπέρυθρων που αναφέρθηκαν, μία άλλη πολύ συχνή εφαρμογή που εκμεταλλεύεται την υπέρυθρη ακτινοβολία είναι οι θερμικές κάμερες. Και αυτές, βασίζονται στην ίδια αρχή λειτουργίας με την διαφορά ότι τα φίλτρα που χρησιμοποιούνται στους φακούς τους, κόβουν όλες τις υπόλοιπες ακτινοβολίες και αφήνουν να περάσουν ακτίνες μόνο του υπέρυθρου φάσματος. Ένα σύνηθες υλικό που χρησιμοποιείται για αυτούς τους φακούς είναι το γερμάνιο. Μία ακόμα διαφορά που έχει μία θερμική κάμερα από μία κάμερα για ορατή ακτινοβολία, βρίσκεται στο αισθητήριο που λαμβάνει την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Όπως και στις κάμερες ορατού φάσματος, που θα αναλυθούν παρακάτω, έτσι και εδώ οι αισθητήρες αυτοί αποτελούνται από συστοιχία φωτοευαίσθητων στοιχείων.[27] Τα αισθητήρια εικόνας για τις θερμικές κάμερες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, οι ψυχόμενοι (cooled) αισθητήρες και οι μη ψυχόμενοι (uncooled). Οι ψυχόμενοι αισθητήρες είναι σχεδιασμένοι για να λαμβάνουν υπέρυθρη ακτινοβολία της υποκατηγορίας MWIR.

Τα πλεονεκτήματά τους είναι η μεγάλη ακρίβεια και ο μικρός χρόνος απόκρισης, με αποτέλεσμα να μπορούν να καταγράψουν με μεγάλη ευκολία κινούμενα αντικείμενα. Επίσης, λόγω της μεγάλης τους ακρίβειας μπορούν να επιτύχουν, με την χρήση ειδικών φακών, μεγάλη εμβέλεια ανίχνευσης, της τάξης των 5 με 16km. Οι επιδόσεις αυτές επιτυγχάνονται με την ψύξη τους σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες (-210°C με -170°C) έτσι ώστε να μειώνεται στο ελάχιστο ο θερμικός θόρυβος από την ίδια την λειτουργία της συσκευής. Το κυριότερο μειονέκτημα των ψυχόμενων αισθητήρων είναι το μεγάλο κόστος κατασκευής τους και η ανάγκη

συντήρησης των ψυκτικών μέσων κάθε 8 με 10 χιλιάδες ώρες λειτουργίας. Μειονεκτήματα, επίσης, για τις θερμικές κάμερες που αποτελούνται από αυτού του τύπου αισθητήρες, είναι ο μεγάλος όγκος και βάρος των καμερών αυτών. Οι μη ψυχόμενοι αισθητήρες είναι σχεδιασμένοι να λαμβάνουν υπέρυθρη ακτινοβολία της υποκατηγορίας LWIR και η κατασκευή τους είναι εξαιρετικά ευκολότερη. Επιπλέον, έχουν την μορφή ολοκληρωμένου κυκλώματος και δεν χρειάζονται συντήρηση. Υστερούν αισθητά σε ακρίβεια και χρόνο απόκρισης σε σχέση με τους ψυχόμενους, όμως το γεγονός του μικρού κόστους κατασκευής, ο μικρός τους όγκος και η χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας που απαιτούν τους κάνει να είναι η ιδανική λύση για φορητές συσκευές, με αποτέλεσμα οι θερμικές κάμερες με αυτού του τύπου αισθητήρες να είναι προσιτές σε πληθώρα εμπορικών εφαρμογών.[27][28][29][30][31]

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, κάθε σώμα που έχει θερμοκρασία μεγαλύτερη από το απόλυτο μηδέν ($-273,15^{\circ}\text{C}$), εκπέμπει θερμική ακτινοβολία με την μορφή υπέρυθρων. Έτσι, οι θερμικές κάμερες, αφού συλλέξουν μία εικόνα, την επεξεργάζονται και αντιστοιχίζουν συγκεκριμένα χρώματα στις επιφάνειες που έχουν αποτυπωθεί στην εικόνα, ανάλογα με τις θερμοκρασίες τους. Συνήθως με μπλε χρώμα τις ψυχρότερες και με κόκκινο τις θερμότερες.[27] Η διαδικασία αυτή, ονομάζεται θερμογραφία και έχει εφαρμογή σε διάφορους τομείς όπως, η επιτήρηση των συνόρων, επιχειρήσεις έρευνας και διάσωσης, αυτόματα συστήματα ανίχνευσης πυρετού (συνήθως σε αεροδρόμια, σταθμούς και λιμάνια σε εποχές έξαρσης επιδημιών). Η θερμογραφία χρησιμοποιείται, επίσης, για την ανίχνευση θερμικών απωλειών σε κτήρια και στην ανίχνευση αστοχιών σε μηχανολογικό, ηλεκτρολογικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό. Στην εικόνα 20, φαίνεται ενδεικτικά μία φορητή θερμική κάμερα χειρός και στην εικόνα 21, ένα στιγμιότυπο θερμογραφίας.

Πέρα από αυτές τις δύο μεγάλες κατηγορίες εφαρμογών, την χρήση της υπέρυθρης ακτινοβολίας την βρίσκουμε και στην αστρονομία, την ιατρική, σε αισθητήρες θερμοκρασίας, καθώς και σε ενεργητικές συσκευές που εκπέμπουν υπέρυθρες ακτίνες με σκοπό να θερμάνουν ένα χώρο.[32]



Εικόνα 20 Φορητή θερμική κάμερα χειρός



Εικόνα 21 Στιγμιότυπο θερμογραφίας

Η κατηγορία που ακολουθεί αυτή της υπέρυθρης ακτινοβολίας, είναι το ορατό για το οποίο μιλήσαμε παραπάνω. Η υπεριώδης ακτινοβολία είναι αυτή που ακολουθεί μετά το φάσμα του ορατού φως και χωρίζεται σε τέσσερις υποκατηγορίες την UV-A (320–400 nm), UV-B (280–320 nm), UV-C (100-280 nm) και E-UV (10-100 nm). Οι δύο πρώτες υποκατηγορίες UV-A και UV-B, ως ένα

βαθμό, διαπερνούν την ατμόσφαιρα της γης και φτάνουν στην επιφάνειά της. Η έκθεση σε αυτές τις ακτινοβολίες όταν δεν είναι για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα δεν είναι επιβλαβείς για τον άνθρωπο και μάλιστα η UV-B είναι υπεύθυνη για την παραγωγή της βιταμίνης D, που είναι απαραίτητη για την σωστή λειτουργία του ανθρώπινου σώματος. Αν όμως, αντίθετα, το χρονικό διάστημα της έκθεσης του δέρματος και σε αυτές τις δύο κατηγορίες είναι μεγάλο ή η ένταση της ακτινοβολίας είναι μεγάλη, τότε μπορούν και αυτές να προκαλέσουν έγκαυμα ή ακόμα και καρκίνο του δέρματος (μελάνωμα).[33] Τις ίδιες αρνητικές επιπτώσεις στο δέρμα μπορεί να επιφέρει, σε μεγαλύτερο βαθμό, η υποκατηγορία UV-C, ευτυχώς όμως, το μεγαλύτερο μέρος της μπλοκάρεται από τη ζώνη του όζοντος στην ατμόσφαιρα και στην επιφάνεια της γης φτάνει μόνο ένα πολύ μικρό μέρος της. Τέλος, η υποκατηγορία E-UV είναι εξαιρετικά ιονίζουσα και εμποδίζεται πλήρως από την ατμόσφαιρα της γης.

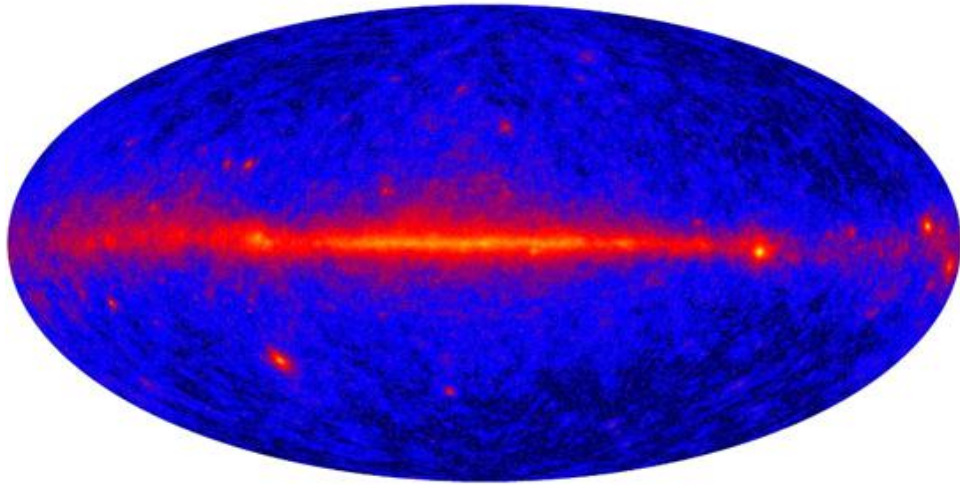
Αναπτύχθηκαν διάφορες εφαρμογές για να εκμεταλλευτούν τα χαρακτηριστικά αυτής της περιοχής του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, σε τομείς όπως η ιατρική και κοσμετολογία και η αστρονομία. Στην ιατρική και κυρίως στην δερματολογία, αναπτύχθηκαν συσκευές που εκπέμπουν ακτινοβολίες UV-A και UV-B για την καταπολέμηση δερματικών ασθενειών, όπως η ψωρίαση. Αυτού του είδους η θεραπεία ονομάζεται φωτοθεραπεία.[34] Στην οδοντιατρική, χρησιμοποιούνται συσκευές που εκπέμπουν υπεριώδη ακτινοβολία, με σκοπό αυτή να αντιδράσει με συγκεκριμένες ρητίνες που σκληραίνουν όταν δέχονται υπεριώδες φως και χρησιμοποιούνται στα σφραγίσματα. Στην κοσμετολογία, χρησιμοποιούνται συσκευές που στερεοποιούν, με τον ίδιο τρόπο, ρητίνες για την παρασκευή προσθετικών τεχνητών νυχιών. Σε αυτόν τον τομέα επίσης, χρησιμοποιούνται συσκευές μαυρίσματος, θάλαμοι, οι οποίοι εκπέμποντας ακτινοβολίες UV-A και UV-B ενεργοποιούν την μελανίνη του δέρματος με αποτέλεσμα το τεχνητό μαύρισμα. Στην αστρονομία, έχουν κατασκευαστεί τηλεσκόπια τα οποία είναι έτσι σχεδιασμένα για να βλέπουν μόνο την υπεριώδη ακτινοβολία. Λόγω της ατμόσφαιρας της γης όμως, τέτοια τηλεσκόπια εγκαθίστανται κυρίως σε δορυφορικά αστεροσκοπεία όπως το Hubble Space Telescope. Η ακτινοβολία που ανήκει στην υποκατηγορία UV-C χρησιμοποιείται, λόγω της αντιβακτηριδιακής της δράσης, κυρίως σε συστήματα απολύμανσης, είτε αέρα σε αεραγωγούς και μονάδες ψύξης-θέρμανσης, είτε νερού σε δίκτυα υδροδότησης, ακόμα και σε συστήματα αποστείρωσης επιφανειών και αντικειμένων.[35]

Η επόμενη κατηγορία της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι οι ακτίνες X αυτή καταλαμβάνει την περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος από τα 10nm (30PHz) μέχρι τα 10pm (30HHz). Οι ακτίνες X βρίσκουν εφαρμογή κυρίως στην ιατρική όμως χρησιμοποιούνται και σε άλλους τομείς όπως η βιομηχανία, στην ταυτοποίηση της γνησιότητας έργων τέχνης, στην ασφάλεια χώρων και στην αστρονομία. Η ιατρική ήταν ο πρώτος τομέας που έκανε χρήση των ακτινών X, στις ακτινογραφίες μια τεχνική που επέτρεψε στους γιατρούς να βλέπουν εσωτερικά σημεία στο σώμα του ασθενή, όπως τα οστά. Η αρχή λειτουργίας των συστημάτων αυτών μοιάζει με αυτή της φωτογραφικής μηχανής, μια πηγή ακτινών X εκπέμπει την ακτινοβολία προς τον ασθενή και στην απέναντι πλευρά λαμβάνεται η εικόνα. Αρχικά χρησιμοποιούνταν για την δουλειά αυτή φωτοευαίσθητες πλάκες, αργότερα όμως αυτές αντικαταστάθηκαν από αισθητήρες τύπου CCD για την δημιουργία ψηφιακών εικόνων. Μια ακόμα χρήση των ακτινών X στην ιατρική είναι η ακτινοθεραπεία που χρησιμοποιείται στους καρκινοπαθείς. Σε αυτού του είδους τη θεραπεία ο ασθενής δέχεται μία δέσμη ακτινών X στο σημείο όπου έχει τον όγκο.

Στην βιομηχανία, οι ακτίνες X χρησιμοποιούνται συνδυαστικά με άλλα οπτικά συστήματα για τον έλεγχο ποιότητας των προϊόντων. Στον τομέα της ασφάλειας οι ακτίνες X χρησιμοποιούνται σε συσκευές (κλωβούς) για τον έλεγχο των αποσκευών σε χώρους ελεγχόμενης εισόδου, όπως αεροδρόμια, σιδηροδρομικούς σταθμούς κλπ. Τα τελευταία χρόνια, στον τομέα της ασφάλειας, έχει ξεκινήσει η λειτουργία αντίστοιχων συσκευών σε μορφή πύλης για τον έλεγχο του σώματος των επιβατών για απαγορευμένα αντικείμενα, όπως όπλα, μαχαίρια, εκρηκτικές ύλες κλπ. Τέλος οι αστρονομία εκμεταλλεύεται τις ακτίνες X, σε διαστημικά τηλεσκόπια για να λαμβάνει εικόνες του σύμπαντος σε αυτήν την κατηγορία του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.[36][16]

Η κατηγορία του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος με την μεγαλύτερη ενέργεια και το μικρότερο μήκος κύματος είναι οι ακτίνες γ . Το μήκος κύματος τους είναι μικρότερο από τα 10pm και η συχνότητα τους μεγαλύτερη από 30EHZ, το μήκος κύματος τους μάλιστα είναι τόσο μικρό που μπορεί να περάσει άνετα ακόμα και μέσα από άτομα και πολλές φορές φτάνει και ακόμα μικρότερο από τη διάμετρο του πύρινα ενός ατόμου (100pm). Οι ακτίνες γ δημιουργούνται από πολύ θερμά σώματα όπως αστέρες και μαύρες τρύπες, στο διάστημα και από την σχάση πυρήνων στους πυρηνικούς αντιδραστήρες. Οι ακτίνες γ χρησιμοποιούνται από την αστρονομία για

σε διαστημικά τηλεσκόπια όπως το FERMI για να προσδιοριστεί, η σύσταση του εδάφους διάφορων πλανητών και για άλλες κοσμολογικές μετρήσεις. [37][38]



Εικόνα 22 σύνθεση εικόνας ολόκληρου του ουρανού στο φάσμα των ακτίνων γ από δεδομένα του διαστημικού τηλεσκοπίου FERMI

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Διαθέσιμες βιομηχανικές λύσεις

Σε αυτό το κεφάλαιο, θα αναλυθούν τα διαθέσιμα στην αγορά UAV, για ερασιτεχνική, πολιτική, αλλά και επαγγελματική χρήση. Θα αναφερθούν, οι δημοφιλείς κατασκευάστριες εταιρίες, τα επιμέρους μοντέλα που κατασκευάζουν, καθώς και τα ειδικά χαρακτηριστικά που έχει το καθένα από αυτά. Επιπλέον, θα αναφερθούν διάφορα πρόσθετα εξαρτήματα, όπως, αισθητήρες ή και σταθμοί βάσης που προτείνουν οι κατασκευαστές για διάφορες εφαρμογές.

3.1. Δημοφιλείς εταιρίες κατασκευής drone

Οι πιο δημοφιλείς εταιρίες κατασκευής drone, που είναι διαθέσιμα στην αγορά, είναι η DJI και η Parrot. Αξίζει, όμως, να αναφερθούν και κάποιες ακόμα. Αυτές είναι, η Freefly Systems, η Skydio, η YUNEEC και η FLYBILITY η οποία, κατασκευάζει ένα drone ειδικά για να εποπτεύει χώρους στους οποίους, τα υπόλοιπα, δύσκολα φτάνουν, όπως σωληνώσεις και γενικότερα στενά σημεία, κυρίως, σε εσωτερικούς χώρους. Μία ακόμη εταιρία που αξίζει να αναφερθεί, είναι η Autel robotics η οποία, εκτός από drone, κατασκευάζει και ένα υβριδικό μοντέλο κάθετης απογείωσης VTOL.[39][40][41][42][43][44][45]

3.1.1. Τα Drone της εταιρίας DJI

Η εταιρία DJI είναι ηγέτιδα στον χώρο των UAV με ρότορες, με ενεργή παρουσία στον χώρο από το 2006. Η συγκεκριμένη εταιρία, εκτός από τα drones, διαθέτει στην αγορά και πλήθος από περιφερειακά, κάμερες και λογισμικό για τον προγραμματισμό των πτήσεων και την επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων που συλλέγονται. Οι κύριες σειρές drones, που διαθέτει η εταιρία είναι:

- **Mavic Series.** Το τρέχον μοντέλο της σειράς αυτής, είναι το Mavic 3. Αυτό, όπως και τα προηγούμενα μοντέλα της σειράς, είναι ένα φορητό (πτυσσόμενο) τετρακόπτερο, με βάρος που δεν ξεπερνά τα 900gr. και προτιμάται κυρίως για κινηματογράφηση. Το μέγιστο υψόμετρο που

μπορεί να πετάξει είναι τα 6000μ., η μέγιστη ταχύτητα που μπορεί να φτάσει είναι τα 19 m/s, μπορεί να διανύσει απόσταση μέχρι και 30km συνολικά, σε μία πτήση και ο χρόνος πτήσης του είναι 40 με 46 λεπτά, ανάλογα με την ένταση του ανέμου. Είναι εφοδιασμένο με μπαταρίες συνολικής χωρητικότητας 5000 mAh και οι συχνότητες που χρησιμοποιεί για τις επικοινωνίες του είναι 2,400-2,483 GHz και 5,725-5,850 GHz. Μπορεί να πετάξει σταθερά, χωρίς να επηρεάζεται από τον άνεμο, αν αυτός έχει ταχύτητες μικρότερες από 10 m/s. Διαθέτει ενσωματωμένο, στο μπροστινό του μέρος, gimbal τριών αξόνων, στο οποίο είναι τοποθετημένες δύο κάμερες, μία Hasselband με 20MP και δυνατότητα λήψης βίντεο ανάλυσης μέχρι 4K και μία Tele Camera με 12MP και ψηφιακό zoom x4. Επιπλέον, διαθέτει αισθητήρες απόστασης μπροστά, πίσω, δεξιά, αριστερά και κάτω. Αυτοί, του δίνουν την δυνατότητα της αυτόματης αποφυγής εμποδίων και την εύκολη πλοήγησή του σε περιβάλλον με δυσκολία πτήσης, όπως δάση. Ένα ακόμη ενδιαφέρον μοντέλο της σειράς αυτής, είναι το Mavic 2 Enterprise Advanced. Αυτό, διαθέτει ακριβέστερο σύστημα εντοπισμού της θέσης του και κάμερά 48MP με δυνατότητα ζουμ x32 που είναι και θερμική με δυνατότητα ζουμ x16 και ακρίβεια +/- 2°C. Το μοντέλο αυτό, διατίθεται αποκλειστικά για επαγγελματική χρήση.[46]



Εικόνα 23 DJI Mavic 3

- **Air Series.** Το τρέχον μοντέλο της σειράς, είναι το Air 2S. Είναι και αυτό ένα φορητό (πτυσσόμενο) τετρακόπτερο, μικρότερο και ελαφρύτερο από το Mavic. Το βάρος του είναι 595gr., το μέγιστο ύψος πτήσης του είναι τα 5000μ., η μέγιστη απόσταση που μπορεί να διανύσει είναι τα 18,5km, έχει αυτονομία πτήσης 30 λεπτών και μένει σταθερό σε άνεμο που δεν ξεπερνά

τα 10,7 m/s. Η τεχνολογία που χρησιμοποιεί για τις επικοινωνίες του είναι το wifi στα 2,4GHz/5.8GHz και η χωρητικότητα της μπαταρίας του είναι 3750 mAh. Στο μπροστινό του μέρος, έχει και αυτό ενσωματωμένο gimbal τριών αξόνων και σε αυτό, διαθέτει μία κάμερα 20MP με ανάλυση video μέχρι 5,4K. Διαθέτει αισθητήρες απόστασης εμπρός, πίσω, πάνω και κάτω, όμως, σε αντίθεση με το Mavic, δεν έχει δεξιά και αριστερά.^[47]



Εικόνα 24 DJI Air 2S

- **Mini Series.** Το τρέχον μοντέλο της σειράς είναι το Mini 2, το οποίο αποτελεί, μάλλον, το μικρότερο και ελαφρύτερο drone που διαθέτει η εταιρία. Είναι και αυτό πτυσσόμενο, με βάρος 249gr. και μέγεθος που μπορεί να χωρέσει ακόμα και σε τσέπη. Το μέγιστο ύψος που μπορεί να πετάξει είναι τα 4000μ., η μέγιστη ταχύτητα πτήσης του είναι 16m/s και έχει αντίσταση στον άνεμο με ταχύτητες μικρότερες των 10,5 m/s. Έχει αυτονομία 31 λεπτά. Οι συχνότητες που χρησιμοποιούνται για τις επικοινωνίες του είναι αυτές του wifi 2.4GHz και 5Ghz και η χωρητικότητα της μπαταρίας του είναι 5200 mAh. Διαθέτει κάμερα 12MP και ανάλυση βίντεο μέχρι 4K, ενσωματωμένη σε Gimbal 3 αξόνων, στο μπροστινό του μέρος. Είναι σχεδιασμένο για να είναι εύκολο στο χειρισμό, ακόμα και από άτομα που δεν είναι εξοικειωμένα και απευθύνεται κυρίως σε ερασιτέχνες.^[48]



Εικόνα 25 DJI Mini 2

- **DJI FPV Series.** Αυτή η σειρά, είναι σχετικά καινούρια και διαθέτει μόνο ένα drone, το DJI FPV. Είναι ένα τετρακόπτερο, σχεδιασμένο για να μπορεί να πετάει σε μεγάλες ταχύτητες, καθώς, ο πιλότος θα φορά κάσκα FPV για να βλέπει σε πραγματικό χρόνο, ότι βλέπει το drone. Το βάρος του είναι 795gr., το μέγιστο ύψος πτήσης του είναι 6000μ. και η μέγιστη ταχύτητά του είναι 39 m/s. Το εκπληκτικό του, όμως, χαρακτηριστικό είναι η επιτάχυνσή του, που του επιτρέπει να φτάσει την ταχύτητα των 100 km/h (ή 27,8 m/s), σε μόλις δύο δευτερόλεπτα. Έχει αντίσταση σε ανέμους μικρότερους των 13,6 m/s, η μέγιστη απόσταση που μπορεί να διανύσει είναι 16,8km και έχει αυτονομία μόλις 20 λεπτών. Για τις επικοινωνίες του και αυτό χρησιμοποιεί τις δύο μπάντες του wifi και η μπαταρία που διαθέτει έχει χωρητικότητα 1800 mAh. Όπως και τα προηγούμενα, διαθέτει ενσωματωμένο Gimbal 3 αξόνων στο μπροστινό του μέρος, με κάμερα 12MP και ανάλυση μέχρι 4K. Διαθέτει, επίσης, αισθητήρες απόστασης μπροστά και πίσω/κάτω, για την αποφυγή εμποδίων και την ημι-αυτόματη οδήγησή του.[49]



Εικόνα 26 DJI FPV Drone

- **Phantom Series.** Η σειρά αυτή είναι η πιο διαδεδομένη σειρά της εταιρίας και διαθέτει τερακόπτερα γενικής χρήσης, τα οποία προτιμώνται από έμπειρους ερασιτέχνες, μέχρι και από επαγγελματίες για εξειδικευμένες εφαρμογές. Η κάμερα στην σειρά αυτή, βρίσκεται στο κάτω μέρος του drone, σε gimbal 3 αξόνων και έχει την δυνατότητα να αντικατασταθεί με άλλη κάμερα, είτε στο ορατό φάσμα, είτε με πολυφασική κάμερα. Το τελευταίο μοντέλο της σειράς αυτής, είναι το Phantom 4 Pro, για πιο απλές χρήσεις, και το Phantom 4 RTK για πιο επαγγελματική χρήση, καθώς το τελευταίο, διαθέτει επιπλέον λειτουργίες χαρτογράφησης. Το βάρος του είναι 1391g, για τις επικοινωνίες του χρησιμοποιεί wifi 2,4GHz και 5GHz και είναι εφοδιασμένο με μπαταριά χωρητικότητας 5870 mAh. Το μέγιστο ύψος πτήσης του είναι τα 6000μ., η μέγιστη ταχύτητα του είναι 16 m/s και ο χρόνος πτήσης του είναι περίπου 30 λεπτά.[50] [51]



Εικόνα 27 DJI Phantom 4 Pro

- **Inspire Series.** Η σειρά αυτή, είναι σχεδιασμένη για επαγγελματική κινηματογράφηση και το τρέχον μοντέλο της, στην αγορά, είναι το Inspire 2. Αυτό, είναι ένα τετρακόπτερο μεγαλύτερο από τα προηγούμενα, με βάρος 3440gr. και έχει την δυνατότητα να πετάξει με έξτρα βάρος (payload) μέχρι και 810gr. Το μέγιστο ύψος πτήσης του, είναι τα 2500 μ., η μέγιστη ταχύτητά του μπορεί να φτάσει τα 42 m/s και η μέγιστη ταχύτητα ανέμου που μπορεί να είναι πλήρως λειτουργικό, είναι τα 10 m/s. Μία από τις επιπλέον δυνατότητες που έχει, είναι ότι μπορεί να μεταδώσει εικόνα σε πραγματικό χρόνο, με ανάλυση HD. Η χωρητικότητα της μπαταρίας του είναι 6000mAh. Στην σειρά αυτή, η κάμερα τοποθετείται στο κάτω μέρος του σκάφους, με gimbal και έχει την δυνατότητα να πάρει διάφορες κάμερες, εξειδικευμένες για κινηματογράφηση. Προτεινόμενες κάμερες για την σειρά αυτή, από την εταιρία, είναι η Zenmuse X7 και η Zenmuse X5S, της ίδιας εταιρίας.[52]



Εικόνα 28 DJI Inspire 2

- **MATRICE 200.** Η σειρά Matrice 200 περιλαμβάνει, τα μοντέλα M200 V2 και M210 V2, αμφότερα κατασκευασμένα για αποκλειστικά επαγγελματική χρήση. Πρόκειται για μεγάλα τετρακόπτερα Drones, που προορίζονται για χρήσεις όπως, έρευνα και διάσωση, πολιτική προστασία, έλεγχος εγκαταστάσεων και άλλες βιομηχανικές χρήσεις. Είναι κατασκευασμένα έτσι, ώστε, να είναι ανθεκτικά σε δύσκολες καιρικές συνθήκες, τη σκόνη και το νερό, με προτυποποίηση IP43.
 - Το M200 V2 έχει βάρος 6690g. και μπορεί να πετάξει με επιπλέον βάρος (payload) μέχρι και 1450g . Το μεγαλύτερο ύψος που μπορεί να πετάξει είναι τα 3000 μ., η μέγιστη ταχύτητα που μπορεί να αναπτύξει είναι τα 22.5 m/s και έχει αντίσταση σε ανέμους που έχουν ταχύτητα μέχρι και 12 m/s. Ο χρόνος πτήσης του κυμαίνεται από 24 μέχρι 38 λεπτά και εξαρτάται από το βάρος payload που έχει προσαρτημένο. Έχει την δυνατότητα να προσαρμοστεί στο μπροστινό του μέρος, είτε ένα μονό gimbal 3 αξόνων, με ποικιλία από διαθέσιμες κάμερες, είτε δύο gimbal 3 αξόνων, με δύο ανεξάρτητες κάμερες. Οι μπαταρίες που είναι διαθέσιμες για την σειρά αυτή έχουν χωρητικότητα 4280mAh – 7660mAh.
 - Το M210 RTK V2 έχει βάρος 4800g. και μπορεί να πετάξει με επιπλέον βάρος (payload) μέχρι και 1340g. Το μεγαλύτερο ύψος που μπορεί να πετάξει, και αυτό, είναι τα 3000μ., η μέγιστη ταχύτητα που μπορεί να αναπτύξει είναι τα 17 m/s και έχει αντίσταση σε ανέμους που έχουν ταχύτητα μέχρι και 12 m/s. Ο χρόνος πτήσης του κυμαίνεται από 24 μέχρι 34 λεπτά και

εξαρτάται από το βάρος payload που έχει προσαρτημένο. Όπως και το M200V2, μπορεί να πάρει είτε ένα, είτε δύο gimbal, με ανεξάρτητες κάμερες.

Οι διαθέσιμες κάμερες από την εταιρία είναι: η XT2 με θερμικό αισθητήρα, η X5S, η X7, η Z30 που έχει την δυνατότητα για οπτικό zoom μέχρι και 30x, η X4S που είναι σχεδιασμένη για τοπογραφία, η XT που είναι μία ακριβής θερμική κάμερα, με μεγάλη ευαισθησία, και τέλος, υπάρχει και η δυνατότητα για προσαρμογή καμερών από τρίτες εταιρίες. Έκτος από κάμερες, είναι δυνατόν να προσαρμοστούν και επιπλέον εξαρτήματα και αισθητήρες, όπως αισθητήρες lidar ή προβολείς.[53]
[54]



Εικόνα 29 DJI MATRICE 200 V2

- **MATRICE 300** Το τρέχον μοντέλο της σειράς αυτής είναι το MATRICE 300 RTK. Όπως και τα προηγούμενα, πρόκειται για ένα μεγάλο τετρακόπτερο drone, που προορίζεται και αυτό για αποκλειστικά επαγγελματική χρήση. Το χαρακτηριστικό που διαφέρει σχεδιαστικά, σε σχέση με τα προηγούμενα, είναι ότι οι έλικες κοιτάζουν προς τα κάτω και οι κινητήρες είναι από την πάνω πλευρά. Έχει τα ηλεκτρονικά του προστατευμένα από την σκόνη και την υγρασία, με προτυποποίηση IP45 και είναι σχεδιασμένο να επιχειρεί σε δύσκολες συνθήκες και θερμοκρασίες σε ένα μεγάλο εύρος, από -20°C μέχρι και 50°C. Στις εφαρμογές που έχει προ εγκατεστημένες, περιλαμβάνει και εφαρμογή που είναι εξιδεικευμένη στο να ακολουθεί στόχους, όπως αυτοκίνητα, και ένα επιπλέον χαρακτηριστικό του είναι ότι μπορεί να ελέγχεται από δύο ανεξάρτητους

σταθμούς εδάφους, που βρίσκονται σε διαφορετικά σημεία. Το βάρος του με τις μπαταρίες είναι 6300 g . και μπορεί να πετάξει με επιπλέον βάρος payload μέχρι και 2700 g, Η χωρητικότητα των μπαταριών του είναι 5935mAh. Το μέγιστο ύψος που μπορεί να πετάξει κυμαίνεται, από 5000 μέχρι 7000μ. και εξαρτάται από το payload που του έχει προσαρτηθεί. Η μέγιστη ταχύτητα που μπορεί να αναπτύξει είναι τα 23 m/s και έχει αντίσταση σε ανέμους που η ταχύτητά τους δεν ξεπερνά τα 15 m/s. Έχει μεγάλη αυτονομία, αφού, ο χρόνος πτήσης του μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 55 λεπτά. Στο κάτω μέρος του, προσαρμόζεται gimbal στο οποίο μπορεί να φέρει αισθητήρα από μία μεγάλη ποικιλία καμερών και lidar αισθητήρων. Οι προτεινόμενες κάμερες από την εταιρία, πέρα από αυτούς που αναφέρθηκαν για την σειρά MATRICE 200, είναι: Η Zemmuse L1, μία έγχρωμη κάμερα που συνδυάζει εικόνα και σκάνερ lidar, η Zenmuse P1 που είναι μία κάμερα 45MP με 3 φακούς κατάλληλη για φωτογραμμετρία και η Zenmuse H20T, που είναι μία υβριδική κάμερα που συνδυάζει έγχρωμη εικόνα με θερμική LRF τεχνολογία. Εκτός από αυτές, φυσικά, υπάρχει και η δυνατότητα να υποστηρίξει και κάμερες ή άλλα αισθητήρια από τρίτους κατασκευαστές, έτσι, ώστε να είναι κατάλληλο για κάθε εφαρμογή. Τέλος, έχει εγκατεστημένους στο σώμα του drone, στο πάνω και το κάτω μέρος, βοηθητικούς προβολείς που μπορούν να φωτίσουν σε απόσταση 5μ.[55]



Εικόνα 30 DJI MATRICE 300 RTK

- **MATRICE 600** Το τρέχον μοντέλο της σειράς είναι το MATRICE 600 Pro. Είναι ένα μεγάλο εξακόπτερο, σε αυτή την περίπτωση, drone, το οποίο μάλιστα, χάρις στα αρθρωτά του μέλη, μπορεί να μεταφερθεί με ευκολία. Διαθέτει σύστημα έξυπνης διαχείρισης της ενέργειας που

καταναλώνει και είναι εφοδιασμένο με έξι μπαταρίες. Είναι σχεδιασμένο για να μπορεί να μεταφέρει αρκετά μεγάλο payload και διατίθεται αποκλειστικά για επαγγελματική και βιομηχανική χρήση. Το βάρος του με τις έξι μπαταρίες είναι 10 kg. και το μέγιστο βάρος payload που μπορεί να μεταφέρει είναι 5500 g. Το μέγιστο ύψος που μπορεί να φτάσει, με τις κατάλληλες προπέλλες (2195), είναι τα 4500μ. Η μέγιστη ταχύτητα που μπορεί να αναπτύξει είναι τα 18 m/s, σε περιβάλλον χωρίς άνεμο και έχει αντίσταση σε ανέμους που δεν ξεπερνούν τα 8 m/s. Η αυτονομία του κυμαίνεται από 18 λεπτά με payload 5.5kg. και μέχρι 38 λεπτά εάν πετάει χωρίς payload. Η χωρητικότητα των διαθέσιμων μπαταριών που μπορεί να φέρει είναι 4500 – 5700 mAh. Είναι σχεδιασμένο για να μπορεί να προσαρμοστεί εύκολα, σχεδόν με οποιοδήποτε εξάρτημα και payload, από άλλους κατασκευαστές, και αυτό το καθιστά ένα πολύ ευέλικτο μοντέλο για βιομηχανική χρήση, σε διάφορων τύπων εφαρμογές. Στο κάτω μέρος του, προσαρμόζεται ένα πρωτοποριακό Gimbal το Ronin MX με ανεξάρτητη μπαταρία και μονάδα επεξεργασίας, το οποίο μπορεί να δεχτεί οποιαδήποτε κάμερα της εταιρίας και μη, ακόμα και επαγγελματικές φωτογραφικές μηχανές και κάμερες κινηματογράφησης.[56]



Εικόνα 31 DJI MATRICE 600 Pro

3.1.2. Τα Drone της εταιρίας Parrot

Η εταιρία Parrot κατασκευάζει φορητά τετρακόπτερα drones γενικής χρήσης. Χαρακτηριστικό της είναι η μεγάλη κοινότητα που διαθέτει και το λογισμικό ανοιχτού κώδικα που παρέχει, δίνοντας την δυνατότητα σε επίδοξους

προγραμματιστές να δημιουργούν τα δικά τους προγράμματα για να ελέγχουν τις πτήσεις τους.

- **ANAFI.** Το ANAFI είναι ένα σχετικά μικρό πτυσσόμενο τετρακόπτερο γενικής χρήσης και αποτελεί το βασικό μοντέλο της εταιρίας. Το βάρος του είναι 320gr. και το μέγιστο ύψος πτήσης του είναι τα 4500μ. Η μέγιστη ταχύτητά του, φτάνει τα 15 m/s και έχει αντίσταση σε άνεμο που η ταχύτητά του είναι μέχρι 13.8 m/s. Έχει αυτονομία μέχρι και 25 λεπτά, με μπαταρία χωρητικότητας 2700 mAh και μπορεί να λειτουργήσει σε θερμοκρασίες από -10°C μέχρι 40°C. Στο μπροστινό του μέρος, έχει εγκατεστημένο Gimbal 3 αξόνων που του δίνει την δυνατότητα να τραβά φωτογραφίες και βίντεο, σχεδόν προς όλες τις κατευθύνσεις. Η κάμερα που έχει εγκατεστημένη, έχει ανάλυση 4K και είναι 21MP με δυνατότητα zoom 3x.[57]



Εικόνα 32 parrot ANAFI

- **ANAFI Thermal.** Αυτό είναι, επίσης, ένα μικρό πτυσσόμενο τετρακόπτερο, αλλά η βασική διαφορά του με το προηγούμενο είναι ότι, το συγκεκριμένο είναι εφοδιασμένο και με μία θερμική κάμερα. Το βάρος του είναι μόλις 315gr. και το μέγιστο ύψος πτήσης και σε αυτό είναι τα 4500μ. Η μέγιστη ταχύτητά του είναι 15 m/s και έχει αντίσταση σε άνεμο που η ταχύτητά του είναι μέχρι 13.8 m/s. Έχει αυτονομία 25 λεπτά με χωρητικότητα μπαταρίας 2700 mAh και μπορεί να λειτουργήσει και αυτό σε θερμοκρασίες από -10°C μέχρι 40°C. Στο μπροστινό του μέρος, έχει εγκατεστημένο Gimbal 3 αξόνων. Η βασική του κάμερα έχει ανάλυση 4K και είναι 21MP με δυνατότητα zoom μέχρι 3x και διαθέτει και μία δεύτερη, προσαρτημένη στο ίδιο gimbal, κάμερα, θερμική στην FLIR περιοχή του φάσματος, με ανάλυση 160x120 και ευαισθησία 0.050°C.[58]



Εικόνα 33 parrot ANAFI Thermal

- **ANAFI Ai.** Το ANAFI Ai είναι το τελευταίο μοντέλο που έχει βγάλει στην αγορά η εταιρία. Είναι, και αυτό, ένα ακόμη μικρό τετρακόπτερο drone το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για επαγγελματική χρήση. Η καινοτομία που διαθέτει, σε σχέση με τα υπόλοιπα της κατηγορίας του, είναι ότι συνδέεται και απευθείας μέσω δικτύου κινητής τηλεφωνίας 4G με cloud υπηρεσίες, για τον σχεδιασμό της πτήσης και την άμεση ανάλυση των δεδομένων που συλλέγει. Μία από αυτές τις υπηρεσίες είναι της PIX4D που δημιουργεί τρισδιάστατα μοντέλα του χώρου με φωτογραμμετρία, από τα δεδομένα που συλλέγει το drone. Έχει βάρος 989gr., το μέγιστο ύψος πτήσης του είναι 5000μ., η μέγιστη ταχύτητα πτήσης του είναι 16 m/s και έχει αντίσταση σε ανέμους που η ταχύτητά τους είναι μικρότερη από 13 m/s. Επίσης, έχει αντίσταση στην βροχή σύμφωνα με το πρότυπο IPX3 και μπορεί να πετάει σε θερμοκρασίες από -10°C μέχρι 40°C. Η αυτονομία του είναι 32 λεπτά με χωρητικότητα μπαταρίας 6800 mAh και η εμβέλειά του είναι θεωρητικά απεριόριστη, αφού η επικοινωνία του γίνεται μέσω δικτύου κινητής τηλεφωνίας. Στο μπροστινό του μέρος, διαθέτει, ενσωματωμένη σε gimbal, έγχρωμη κάμερα 48 MP με ανάλυση βίντεο 4K UHD.[59]



Εικόνα 34 parrot ANAFI Ai

3.1.3. Τα Drone της εταιρίας Freefly Systems

Η εταιρία Freefly Systems είναι μια Αμερικανική εταιρία που κατασκευάζει τετρακόπτερα και οκτακόπτερα drones, μεγάλα σε μέγεθος, κατασκευασμένα για επαγγελματική χρήση και σχεδιασμένα έτσι, ώστε, να προσαρμόζονται και να συνεργάζονται με οποιοδήποτε payload. Η εταιρία αυτή, δεν διαθέτει drones μικτής κατηγορίας, για ερασιτεχνικές χρήσεις, όπως αυτά που είδαμε στις παραπάνω εταιρίες. Τα μοντέλα που διαθέτει στην αγορά είναι τα: ASTRO, ALTA X και ALTA PRO.

- **ASTRO.** Το ASTRO είναι ένα μεγάλο τετρακόπτερο drone, με διάμετρο που φτάνει το μισό μέτρο, επικοινωνεί με τον σταθμό εδάφους με Wi-fi, όμως, συνδέεται και άμεσα σε cloud μέσω τεχνολογίας LTE. Το βάρος του είναι 3095gr. και το μέγιστο payload που μπορεί να σηκώσει είναι 1500gr. Η μέγιστη ταχύτητά του είναι 15 m/s, το μέγιστο ύψος που μπορεί να πετάξει είναι θεωρητικά χωρίς όριο, όμως, περιορίζεται από την εμβέλειά του που είναι 2000μ. Το κουτί με τα ηλεκτρονικά του είναι προστατευμένο με προτυποποίηση IP43 και οι θερμοκρασίες που μπορεί να πετάξει, χωρίς προβλήματα, είναι από -20°C μέχρι 50°C. Η αυτονομία του εξαρτάται από το επιπλέον βάρος σε payload και κυμαίνεται από 25 μέχρι 37 λεπτά με χωρητικότητα μπαταρίας 7300 mAh. Στο κάτω μέρος του, δέχεται Gimbal 3 αξόνων που μπορεί να δεχθεί οποιαδήποτε κάμερα ή άλλο payload. Οι κάμερες που προτείνονται από τον κατασκευαστή είναι οι εξής:

A) *H Wiris Pro*, η οποία συνδυάζει θερμική απεικόνιση με θερμογραφική ανάλυση και υψηλής ανάλυσης έγχρωμη εικόνα.

B) *H Sony A7R4*, η οποία είναι μία υψηλής ανάλυσης κάμερα τύπου DSLR με 61MP, ανάλυση βίντεο 4K και δυνατότητα να πάρει διάφορα είδη φακών και φίλτρων.

Γ) *H Flir Duo Pro R*, η οποία είναι, και αυτή, μια θερμική κάμερα με ανάλυση βίντεο 4000x3000, ευαισθησία 50mK και δυνατότητα καταγραφής υπέρυθρου φωτός, από 7.5 μέχρι 13.5μm.

Τέλος, προτείνει ένα gimbal στο οποίο, μπορεί να προσαρμοστεί οποιαδήποτε άλλη κάμερα. Για τον σκοπό αυτό, το drone είναι εφοδιασμένο με έξτρα θήρες τροφοδοσίας και δεδομένων.[60]



Εικόνα 35 Freeflysystems ASTRO

- **ALTA X.** Το ALTA X είναι ένα, επίσης, μεγάλο τετρακόπτερο drone, με την διαφορά ότι το συγκεκριμένο έχει αρθρωτό σασί για να μπορεί να μαζεύει, ώστε να μεταφέρεται με μεγαλύτερη ευκολία. Η διάμετρος του, συμπεριλαμβάνοντας τα πτερύγια, φτάνει στα 2273mm., το βάρος του χωρίς payload είναι 19631gr. και έχει την δυνατότητα να μεταφέρει μέχρι και 15900gr. σε payload. Το, τυπικά, μεγαλύτερο ύψος πτήσης του είναι τα 5000μ. Η μέγιστη ταχύτητά του είναι 27.77 m/s. Η χωρητικότητα της μπαταρίας του είναι 16000 mAh, η αυτονομία του εξαρτάται από το payload και μπορεί να φτάσει από 10 λεπτά σε πλήρες φόρτο, μέχρι και 50 λεπτά, χωρίς καθόλου payload. Στο κάτω μέρος του drone, προσαρμόζεται gimbal, μαζί με τον τρίποδα για την προσγείωση. Υπάρχει η δυνατότητα, το drone να συνεργαστεί με πλήθος καμερών και άλλων αισθητηρίων και για τον λόγο αυτό, παρέχονται επιπλέον θύρες. Πιο συγκεκριμένα, τρεις θύρες για τροφοδοσία περιφερειακών με ασφάλεια 50 V και με μέγιστο ρεύμα μέχρι 10A, μία θύρα UART, μία θύρα I2C, έξι θύρες CAN και μία θύρα USB-C, κυρίως για την αναβάθμιση του λειτουργικού του. Λόγω της δυνατότητας που έχει να μεταφέρει μεγάλο payload, εκτός από κάμερες και αισθητήρια, χρησιμοποιείται και για μεταφορά αγαθών, όπως ανθρωπιστικής βοήθειας ή υλικών πρώτων βοηθειών σε δυσπρόσιτα

σημεία. Τα αισθητήρια που προτείνονται από την εταιρία σαν payload είναι:

i)LiDAR, Σύμφωνα με την εταιρία, το ALTA X έχει την δυνατότητα να πετάει για περισσότερο από 30 λεπτά.

ii)Κάμερες χαρτογράφησης. Με μία κάμερα 100MP, έχει την δυνατότητα να πετάξει για πάνω από 25 λεπτά.

iii)Την κάμερα Movi Carbon, με την οποία μπορεί να πετά για τουλάχιστον 20 λεπτά.

iv)Την υψηλής ταχύτητας κάμερα High speed Phantom Veo, με ανάλυση 4K και ταχύτητα κλείστρου 1000FPS.

v)Τέλος, προτείνεται προβολέας LED τον οποίο, μπορεί να υποστηρίξει για τουλάχιστον 20 λεπτά.[61]

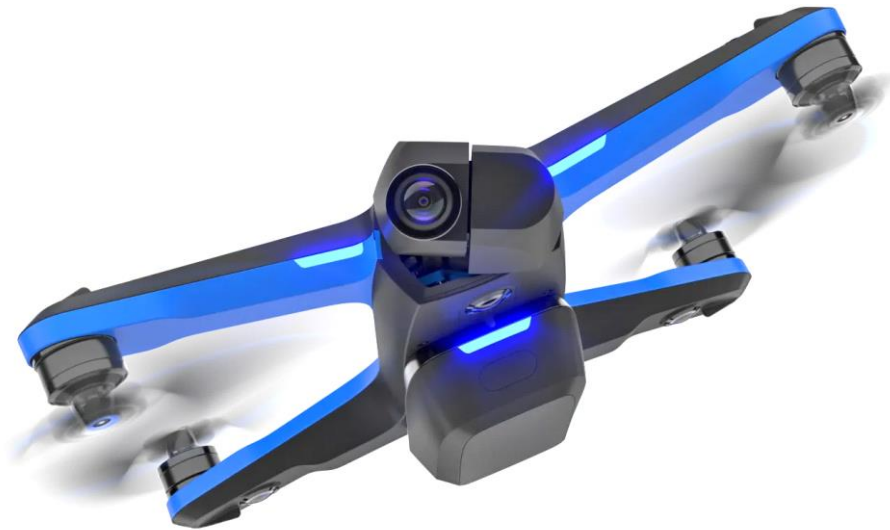


Εικόνα 36 Freeflysystems ALTA X

3.1.4. Τα Drone της εταιρίας Skydio

Η Skydio είναι αμερικανική εταιρία, που αναπτύσσει drone για επαγγελματική κυρίως χρήση, ιδρύθηκε το 2014 και το πρώτο της drone μπήκε στην αγορά το 2018. Είναι μία εταιρία που παράγει μόνη της, σχεδόν όλα τα μέρη που χρησιμοποιούνται στα drones της, καθώς και το λογισμικό που χρησιμοποιούν, αξιοποιώντας τεχνητή νοημοσύνη, τόσο στη αυτόματη οδήγηση των drone, όσο και στην ανάλυση των δεδομένων που συλλέγονται από αυτά. Μία ακόμη καινοτομία που εισάγει η συγκεκριμένη εταιρία, είναι οι σταθμοί αυτόνομης απογείωσης - προσγείωσης drone, τους οποίους ονομάζει Skydio Dock. Η περαιτέρω ανάλυσή τους όμως, ξεφεύγει από το θέμα της συγκεκριμένης εργασίας.

- **Skydio 2+.** Το Skydio 2+ είναι ένα μικρό, σε μέγεθος, τετρακόπτερο drone το οποίο, είναι εξοπλισμένο με περιφερειακούς αισθητήρες Lidar για να μπορεί να καταλαβαίνει τον χώρο στον οποίο κινείται και να αποφεύγει εμπόδια με επιτυχία. Πέρα από τον επεξεργαστή που χρησιμοποιείται ως κεντρική μονάδα, είναι εξοπλισμένο και με έναν ακόμα. Επιπλέον, διαθέτει και έναν επεξεργαστή γραφικών (GPU). Οι δύο τελευταίοι, χρησιμοποιώντας τα εννέα βαθιά νετρονικά δίκτυα που διαθέτουν, είναι υπεύθυνοι για την αυτόματη οδήγηση του drone, την υποβοήθηση στην χειροκίνητη πτήση, καθώς και για τον εντοπισμό και την παρακολούθηση μέχρι και δέκα στόχων ταυτόχρονα. Το βάρος του Skadio 2+ είναι 800gr., η μέγιστη ταχύτητά του είναι 16 m/s και έχει αντίσταση σε ανέμους ταχύτητας μέχρι και 11 m/s. Η χωρητικότητα των μπαταριών του είναι 5410 mAh Το μέγιστο ύψος πτήσης του μπορεί να φτάσει τα 4572μ., έχει αυτονομία μέχρι και 27 λεπτά και μπορεί να δουλέψει σωστά, σε θερμοκρασίες από -5°C μέχρι 40°C. Τέλος, στο μπροστινό του μέρος, πάνω σε ενσωματωμένο gimbal, έχει εγκατεστημένη την IMX577 κάμερα, της Sony, στα 45 MP.[62]



Εικόνα 37 Skydio 2+

- **Skydio X2.** Αυτό είναι, εξίσου, ένα μικρό τετρακόπτερο drone, σχεδιασμένο για επαγγελματική και βιομηχανική χρήση, με την διαφορά ότι είναι πτυσσόμενο για να είναι άμεσα διαθέσιμο. Έχει τις ίδιες δυνατότητες για ανάλυση πληροφοριών και αυτόματη πλοήγηση, όπως και το Skydio 2+. Μπορεί να συνδεθεί με εφαρμογές cloud της εταιρίας, για άμεση αξιοποίηση των πληροφοριών που συλλέγει και οπτικοποίησή τους, σε συνδυασμό με δεδομένα από άλλα drone ή πτήσεις. Από την εταιρία, προτείνεται για εφαρμογές επιτήρησης εγκαταστάσεων, εφαρμογές πολιτικής προστασίας και εφαρμογές άμυνας. Το βάρος του είναι 1325gr., η μπαταρία του έχει χωρητικότητα 5410 mAh η μέγιστη ταχύτητά του είναι 11 m/s και έχει αντίσταση σε ανέμους ταχύτητας μέχρι και 10 m/s. Το μέγιστο ύψος πτήσης του είναι 3657μ., η αυτονομία του είναι 35 λεπτά και μπορεί να δουλέψει σωστά σε θερμοκρασίες από -10°C μέχρι 43°C. Στο μπροστινό του μέρος, έχει ενσωματωμένο gimbal το οποίο δέχεται, είτε έγχρωμη κάμερα ανάλυσης 4K60P με δυνατότητα zoom μέχρι και 16x, είτε διπλή κάμερα με συνδυασμό της προαναφερθείσας έγχρωμης και μία θερμική FLIR Boson 320x256 με δυνατότητα zoom μέχρι 8x.[63]



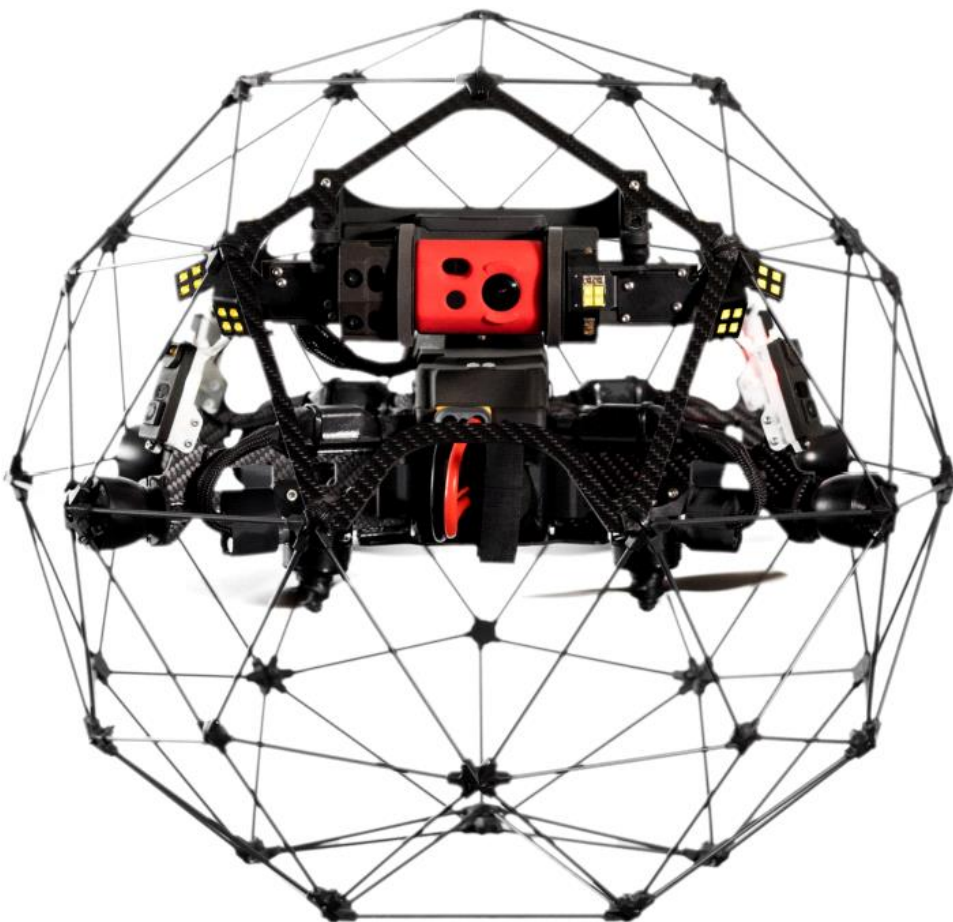
Εικόνα 38 Skydio X2

3.1.5. Τα Drone της εταιρίας FLYBILITY

Η εταιρία Flybility είναι μια Ελβετική εταιρία κατασκευής drone, που εξειδικεύεται στα drone εσωτερικών χώρων και έχει αναπτύξει την σειρά Elios που αποτελείται από μικρά και ευέλικτα τετρακόπτερα drones, περικλειστα από προστατευτική ασπίδα για συγκρούσεις. Σκοπός της εταιρίας είναι να αναπτύσσει συστήματα, με τα οποία να μπορεί να γίνει ο έλεγχος δυσπρόσιτων σημείων σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, όπως, σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, πυρηνικά εργοστάσια, σωληνώσεις, κλπ. Για τον ίδιο λόγο, έχει αναπτύξει και κατάλληλα λογισμικά για την χαρτογράφηση και την τρισδιάστατη απεικόνιση των κατασκευών αυτών μέσω drone.

- **Elios 2.** Το Elios 2 είναι το τρέχον μοντέλο της σειράς και πρόκειται για ένα μικρό drone, που η διάμετρός του, μαζί με την προστατευτική ασπίδα που το περιβάλλει, είναι 40εκ. Διαθέτει αισθητήρες χώρου σε όλες του τις πλευρές, για να αποφεύγει εμπόδια και να κρατάει σταθερή απόσταση από τα αντικείμενα παρατήρησης, επιπλέον αξιοποιεί τα δεδομένα αυτά και για την τρισδιάστατη χαρτογράφηση του χώρου με ειδικό λογισμικό, μετά την πτήση. Το βάρος του είναι 1450gr., η χωρητικότητα της μπαταρίας του είναι 5200 mAh η μέγιστη ταχύτητά του είναι 6.5 m/s, η αυτονομία του είναι 10 λεπτά και το εύρος θερμοκρασιών που λειτουργεί σωστά είναι από -10°C μέχρι 43°C. Στο επάνω μέρος του, διαθέτει gimbal με ενσωματωμένη διπλή κάμερα, μία έγχρωμη 12.3 MP βελτιστοποιημένη για καθαρότερη λήψη και σε έλλειψη φωτός με ανάλυση 4K, η οποία συνοδεύεται από μία κάμερα θερμικής απεικόνισης Lepton 3.5 FLIR 160x120. Επιπρόσθετα, μαζί με την διπλή κάμερα, είναι ενσωματωμένο και σύστημα φωτισμού με προβολείς LED λευκού χρώματος, σε συνδυασμό με

υπέρυθρης ακτινοβολίας lumens, έντασης 10K. Για να είναι δυνατή η επικοινωνία με το drone, ακόμα και σε δύσκολα σημεία, η εταιρία έχει αναπτύξει ένα σύστημα ενίσχυσης και επέκτασης της κεραίας του τηλεχειριστηρίου, με καλώδιο. Μια ενδιαφέρουσα παραλλαγή του μοντέλου αυτού, είναι το **Elios 2 RAD**, το οποίο είναι εφοδιασμένο, πέρα από τις κάμερες με αισθητήρες ανίχνευσης ιοντιζουσών ακτινοβολιών, και με αισθητήρες ακτινών Gamma και X-rays και έχει σχεδιαστεί για την χαρτογράφηση, με την χρήση ειδικού λογισμικού, της κατάστασης επικινδυνότητας σε πυρηνικά εργοστάσια. [64] [65]



Εικόνα 39 FLYBILITY Elios 2

3.2. Συγκεντρωτικός πίνακας χαρακτηριστικών των drone που παρουσιάστηκαν παραπάνω

Εταιρία	Μοντέλο	Βάρος (gr)	Αριθμός ροτόρων	Ωφέλιμο βάρος	Αυτονομία (min)	Μπαταρία (mAh)	Μέγιστη ταχύτητα (m/s)	Μέγιστη απόσταση (Km)	Μέγιστο ύψος (m)	Μετάδοση	Εύρος θερμοκρασιών (°C)	Payload	Max Video Bitrate (Mbps)
DJI	DJI Mavic 3	900	4		40 - 46	5000	19	30	6000	wifi 2.4G , 5G		Hasselband με 20MP 4K	100
												Tele Camera με 12MP	
	DJI Air 2S	595	4		30	3750	19	18,5	5000	wifi 2.4G , 5G		20MP 5,4K	100
	DJI Mini 2	249	4		31	5200	16	10	4000	wifi 2.4G , 5G		12MP 4K	100
	DJI FPV	795	4		20	1800	39	16,8	6000	wifi 2.4G , 5G		12MP 4K	120
	Phantom 4	1391	4		30	5870	16	5	6000	wifi 2.4G , 5G	0 - 40	20MP 4K	100
												DJI multispectral	
	INSPIRE 2	3440	4	810	27	6000	42	7	2500	wifi 2.4G , 5G	-20 - 40	Zenmuse X7	100
												Zenmuse X5S	
	MATRICE 300 RTK	6300		2700	55	5935	23	8	5000 - 7000		-20 - 50	Zenmuse L1	100
												Zenmuse P1 45MP	
												Zenmuse H20T	
											LRF Thermal		
MATRICE 200 SERIES	6690	4	1450	24 - 38	4280 - 7660	22,5	7	3000	wifi 2.4G , 5G	-20 - 45	XT2 Thermal	100	
											X5S		
											X7		
											Z30		
											X4S		
											XT Thermal		
											Lidar sensor		

	MATRICE 600	10000	6	5500	18-38	4500-5700	18	5	4500	wifi 2.4G, 5G	-10-40	Romin MX + RED EPIC Zemuse Z15-A7 Zemuse Z15-GH4 Zemuse X5R Zemuse XT Zemuse Z30 Hasselblad H6D-100C	100
Parrot	ANAFI	320	4		25	2700	15	4	4500	wifi 2.4G, 5G	-10-40	21MP 4K	100
	ANAFI Thermal	315	4		25	2700	15	4	4500	wifi 2.4G, 5G	-10-40	21MP 4K FLIR Thermal 160x120	100
	ANAFI Ai	989	4		32	6800	16	30*	5000	celular 4G	-10-40	48 MP 4K UHD	200
Freefly	ASTRO	3095	4	1500	25-37	7300	15	15,7	2000	wifi 2.4G, 5G	-20-50	Wiris Pro Thermal	
										LTE		DSLR Sony A7R4	
												Flir Duo Pro R Thermal	
	ALTA X	19631	4	15900	10-50	16000	27,77	5		wifi 2.4G, 5G	-10-40	LiDAR	
												Movi Carbon	
High speed Phantom Veo 4k 1000fps													
προβολέας LED													
ALTA 8 PRO	6169	8	9072	15-20	10000-16000	13,4	3,2		wifi 2.4G	0-40	Είναι συμβατό με οποιοδήποτε αισθητήρα μπορεί να σηκώσει		
									900/8 68MHz				
Skydio	Skydio 2+	800	4		27	5410	16	6	4572	5.18-5.24 GHz	-5-40	Sony IMX577 45 MP	100
										5.725-5.85 GHz			
	Skydio X2	1325	4		35	5410	11	6,2	3657	5 GHz	-10-43	12MP 4K60P 16x FLIR Boson 320x256 8x	100
FLYBILITY	Elios 2	1450	4		10	5200	6,5	0,5		2404 - 2483 MHz	-10-43	12.3 MP 4K	
										wifi 2.4G,			

										5G		160x120	
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	---------	--

Πίνακας 2 Συγκεντρωτικός, συγκριτικός πίνακας των εμπορικών Drone των μεγαλύτερων κατασκευαστών του είδους

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Συλλογή, Αποθήκευση και Μετάδοση Δεδομένων

Πέρα από τις αμιγώς στρατιωτικές εφαρμογές, τα UAV χρησιμοποιούνται κυρίως για την συλλογή εναέριων δεδομένων, τα οποία αξιοποιούνται ανάλογα με τον σκοπό της εφαρμογής. Τέτοια δεδομένα μπορούν να είναι εικόνες και βίντεο από διαφορετικές οπτικές γωνίες, στο ορατό, αλλά και στο υπέρυθρο ή το υπεριώδες φάσμα. Μπορούν να είναι επίσης κλιματολογικά δεδομένα από διάφορους αισθητήρες ή ακόμα και δεδομένα της μορφολογίας του εδάφους με χρήση αισθητήρων time of flight όπως, για παράδειγμα, με αισθητήρες LIDAR. Σε αυτό το κεφάλαιο, θα αναλυθεί ο τρόπος συλλογής δεδομένων από τα UAV και θα αναφερθούν τύποι αισθητήρων που χρησιμοποιούνται. Στην συνέχεια, θα γίνει λόγος για τους τρόπους μετάδοσης και/ή αποθήκευσης των δεδομένων αυτών και τέλος, θα αναλυθούν κάποιοι τρόποι επεξεργασίας και ανάλυσης των δεδομένων για την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων.

4.1. Συλλογή δεδομένων με την χρήση UAV

Η συλλογή των δεδομένων γίνεται από αισθητήρια τα οποία είναι τοποθετημένα πάνω στο UAV για να εξυπηρετήσουν συγκεκριμένο σκοπό. Σχεδόν όλες τις φορές τα αισθητήρια αυτά είναι ψηφιακά, όμως ακόμα και τις λίγες εκείνες φορές που υπάρχει ανάγκη για κάποιο αναλογικό όργανο, το σήμα που λαμβάνει μετατρέπεται σε ψηφιακό μέσω A/D μετατροπών. Ανάλογα με το είδος της εφαρμογής για την οποία προορίζονται τα δεδομένα, πρέπει να συλλεχθούν με συγκεκριμένο τρόπο, από συγκεκριμένο ύψος και σε προκαθορισμένη διαδρομή. Αυτές οι παράμετροι γίνονται αναγκαίες όταν η εφαρμογή απαιτεί χρήση καμερών για την συλλογή δεδομένων, για την χαρτογράφηση ή την εξαγωγή τρισδιάστατων μοντέλων του εδάφους.

4.1.1. Ύψος πτήσης

Η ποιότητα και η ανάλυση των αεροφωτογραφιών επηρεάζεται άμεσα από το ύψος πτήσης. Το μεγάλο ύψος πτήσης μάς προσφέρει αεροφωτογραφίες μικρής

κλίμακας. Έτσι για την κάλυψη μίας προκαθορισμένης περιοχής, απαιτείται μεν μικρός αριθμός φωτογραφιών, το τελικό αποτέλεσμα, όμως, θα είναι μικρότερης ανάλυσης. Από την άλλη πλευρά, αν επιλεγεί μικρότερο ύψος πτήσης οι αεροφωτογραφίες που θα προκύψουν θα είναι μεγαλύτερης κλίμακας, όμως για την κάλυψη μίας συγκεκριμένης περιοχής απαιτούνται περισσότερες λήψεις. Με αυτόν τον τρόπο, επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ανάλυση στο τελικό αποτέλεσμα. Η συνολική έκταση του εδάφους που μπορεί να αποτυπωθεί σε μία και μόνο φωτογραφία εξαρτάται τόσο από το ύψος πτήσης, όσο και από την εστιακή απόσταση του φακού. Επειδή, λοιπόν, το εύρος τιμών στην ρύθμιση του ύψους είναι μεγαλύτερο, η σωστή επιλογή του κατάλληλου ύψους πτήσης παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην ποιότητα και την ακρίβεια του τελικού αποτελέσματος.[66]

4.1.2. Ανάλυση εικόνας

Η ελάχιστη απόσταση μεταξύ δύο στόχων, στο έδαφος, που μπορούν να γίνουν διακριτοί σε μία μόνο φωτογραφία, ονομάζεται Απόσταση Δείγματος Εδάφους ή Ground Sample Distance (GSD). Αυτό το νούμερο, στην ουσία, μάς δείχνει την απόσταση σε εκατοστά στο έδαφος, που αντιστοιχούν στο κάθε εικονοστοιχείο (pixel) της συστοιχίας του αισθητήρα CCD ή CMOS της κάμερας. Επομένως, όσο μικρότερος είναι αυτός ο αριθμός, τόσο μικρότερα αντικείμενα μπορούν να γίνουν ορατά σε μία αεροφωτογραφία. Επειδή, όπως μόλις αναφέρθηκε, το GSD μάς δείχνει το μέγεθος που αποτυπώνει ένα pixel αποτελείται από δύο αριθμούς το GSDheight και το GSDwidth που δείχνουν το μήκος και το πλάτος της αποτύπωσης του εικονοστοιχείου αντίστοιχα μονάδα μέτρησης είναι το cm/pixel. [67]

Ο υπολογισμός τους γίνεται με τους παρακάτω μαθηματικούς τύπους:

$$GSD_w = \frac{Flight\ Height * Sensor\ Width}{Focal\ Length * Image\ Width}$$

$$GSD_h = \frac{Flight\ Height * Sensor\ Height}{Focal\ Length * Image\ Height}$$

Όπου:

Flight Height (=ύψος πτήσης του UAV),

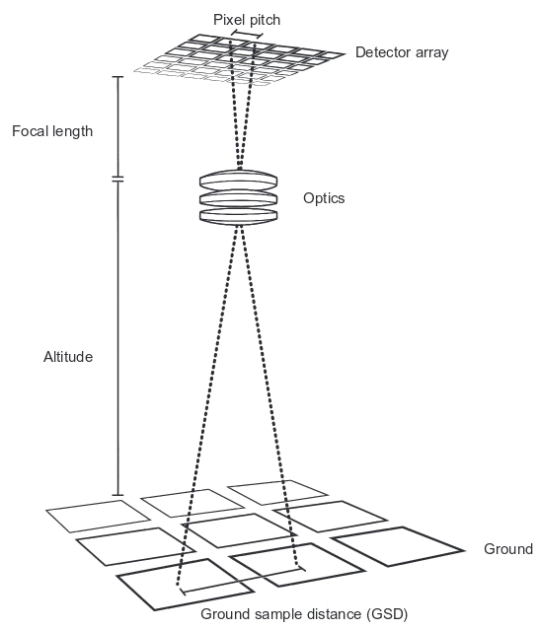
Sensor Height (=το μήκος του αισθητήρα της κάμερας)

Sensor Width (=το πλάτος του αισθητήρα της κάμερας)

Focal Length (=η εστιακή απόσταση του φακού)

Image Height (=το μήκος της ληφθείσας φωτογραφίας)

Image Width (=το πλάτος της ληφθείσας φωτογραφίας)



Εικόνα 40 Επεξηγηματικό σκίτσο απόσταση δείγματος εδάφους GSD

4.1.3. Σχεδιασμός πτήσης

Η πτήση ενός UAV για την συλλογή φωτογραφικών δεδομένων θα πρέπει να σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο, ώστε η κάθε λήψη να επικαλύπτεται επαρκώς και από άλλες, επόμενες ή προηγούμενες, ώστε να μην χάνεται πληροφορία. Για τον λόγο αυτό, συνήθως, προτιμάται η υλοποίηση αυτόματων προγραμματισμένων πτήσεων για να διατηρούνται το ύψος πτήσης και η πορεία, σταθερά. Σε μία αυτόματη προγραμματισμένη πτήση UAV έχουν επιλεγεί κατά τον προγραμματισμό της, συγκεκριμένα σημεία διέλευσης. Αυτά, επιλέγονται με τέτοιο τρόπο ώστε το UAV να κάνει διελεύσεις παράλληλες μεταξύ τους, για να επιτυγχάνεται η απαραίτητη επικάλυψη των φωτογραφιών. Όταν η επικάλυψη και η ακρίβεια που απαιτούνται είναι μεγαλύτερη τότε, συνήθως, προθέτονται και διελεύσεις, επίσης παράλληλες μεταξύ τους, όμως κάθετες με τις προηγούμενες, δημιουργώντας, έτσι, ένα μοτίβο με την μορφή πλέγματος.

4.1.4. Προβολές φωτογραφιών - γωνία λήψης

Προβολή φωτογραφιών είναι, η γωνία λήψης της κάμερας σε σχέση με το αντικείμενο στόχο. Στην αεροφωτογράφιση με την χρήση UAV, οι πιο συχνοί τρόποι λήψης (προβολές) είναι δύο: η κατακόρυφη και η υπό γωνία ή πλάγια. Οι κατακόρυφες είναι αυτές που λαμβάνονται κάθετα, ακριβώς πάνω από το αντικείμενο στόχο και προτιμώνται συνήθως, όταν ο στόχος της αποτύπωσης είναι κάθετη ή σχεδόν κάθετη επιφάνεια ή όταν οι τυχόν πληροφορίες από μορφολογικά στοιχεία είναι αδιάφορες για τον σκοπό της αεροφωτογράφισης, όπως για παράδειγμα, σε μία αποστολή χαρτογράφησης αγροτικών οδών. Οι πλάγιες φωτογραφίες είναι αυτές που λαμβάνονται πλάγια σε σχέση με το αντικείμενο στόχο. Η γωνία λήψης μπορεί να είναι μικρή ή και μεγαλύτερη ανάλογα με το είδος και τον σκοπό της αεροφωτογράφισης και των πληροφοριών που ζητάται να συλλεχθούν. Με τις υπό γωνία προβολές, αποτυπώνονται πληροφορίες που είναι αδύνατο να συλλεχθούν από κάθετες λήψεις, όπως για παράδειγμα, το ύψος των δένδρων ή η πρόσοψη ενός κτηρίου. Ανεξάρτητα από τον τρόπο λήψης που θα επιλεγθεί, είναι απαραίτητο η γωνία λήψης να διατηρείται σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια της αεροφωτογράφισης, για να μειωθούν τυχόν σφάλματα και να αποφευχθούν δυσκολίες για την μετέπειτα επεξεργασία των φωτογραφιών. Οι δύο τρόποι αυτοί, μπορούν να συνδυαστούν αφού πρώτα, έχει φωτογραφηθεί η περιοχή στόχος και με τους δύο τρόπους ξεχωριστά, έπειτα, να εισαχθούν σε κατάλληλο λογισμικό και να δημιουργήσουν ένα ενιαίο τρισδιάστατο μοντέλο. [68]

4.1.5. Γεω-αναφορά

Γεω-αναφορά, ονομάζεται η διαδικασία κατά την οποία σε δεδομένα που είναι μεν χωρικά, όμως δεν ανήκουν σε κάποιο ορισμένο γεωγραφικό σύστημα συντεταγμένων, ανατίθενται χωρικές συντεταγμένες και αντιστοιχίζονται με πραγματικά σημεία. Η διαδικασία αυτή είναι ακρίβεια και απαραίτητη, ούτως ώστε, το μοντέλο που θα προκύψει να είναι σε πλήρη αντιστοιχία σε κλίμακα και χωρικές συντεταγμένες με το πραγματικό, για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μετρήσεις ή την παραγωγή χαρτών. Η διαδικασία αυτή μπορεί να γίνει με δύο τρόπους, την Άμεση Γεω-αναφορά (Direct Geo-reference) και την Έμμεση Γεω-αναφορά (Indirect Geo-reference). Για την Άμεση Γεω-αναφορά αξιοποιούνται οι δέκτες GPS που τα περισσότερα UAV διαθέτουν ενσωματωμένους. Αυτοί, συνήθως, εκτός από την

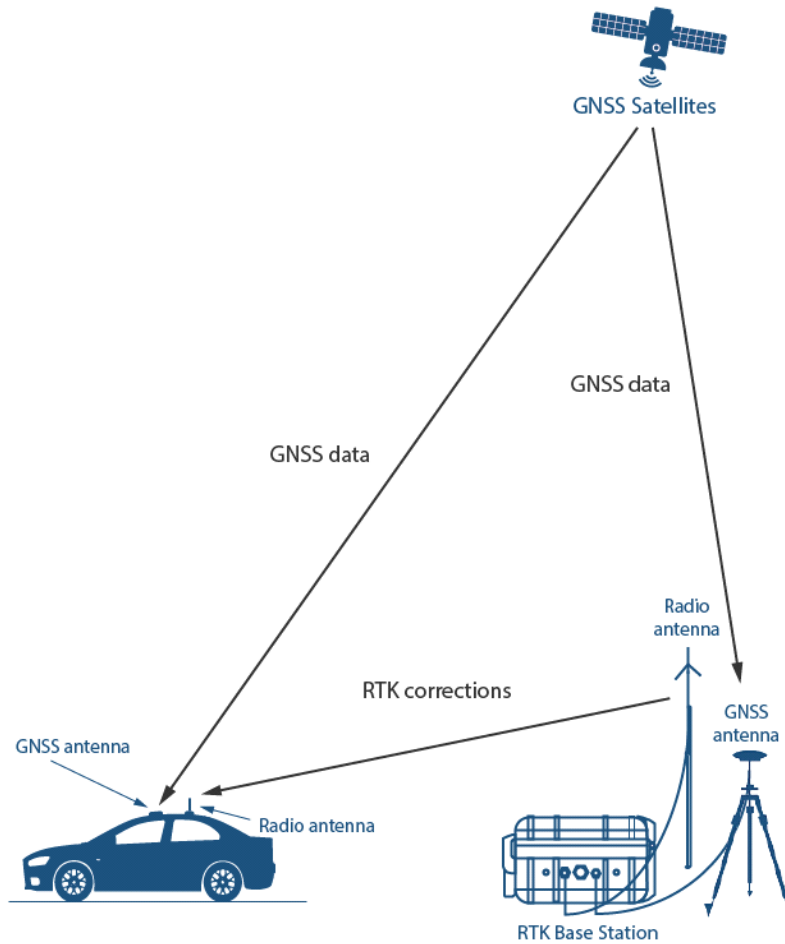
χρησιμότητα που έχουν στην πλοήγηση και τον προγραμματισμό της πτήσης, έχουν την δυνατότητα να αποθηκεύουν, με την μορφή μετα-δεδομένων, την θέση του UAV κατά την λήψη της κάθε φωτογραφίας. Αυτά τα μετα-δεδομένα, με την χρήση εξιδεικευμένου λογισμικού, επιτυγχάνουν την Γεω-αναφορά. Τα αποτελέσματα της μεθόδου της Άμεσης Γεω-αναφοράς είναι σχετικής ακρίβειας της τάξης των μερικών μέτρων. Στην περίπτωση της Έμμεσης Γεω-αναφοράς, απαιτείται η χρήση Σημείων Ελέγχου Εδάφους (Ground Control Points, GCPs). Τα Σημεία Ελέγχου Εδάφους, είναι σταθερά σημεία, στα οποία έχουν μετρηθεί οι ακριβείς συντεταγμένες με σύστημα GNSS (Global Navigation Satellite System) ή με άλλον τρόπο, όπου αυτό δεν είναι εφικτό, και έχουν σημειωθεί με τέτοιον τρόπο, ώστε να είναι ευκρινώς ορατά στις αεροφωτογραφίες. Το μέγεθος της σήμανσης, κυμαίνεται και εξαρτάται, κυρίως, από το ύψος που έχει επιλεγεί για την αεροφωτογράφιση. Ένα παράδειγμα σήμανσης φαίνεται, στην παρακάτω εικόνα. Στα περισσότερα λογισμικά, ο μικρότερος αριθμός GCPs που είναι απαραίτητος για να γίνει η γεω-αναφορά είναι πέντε, όμως, συνήθως, χρησιμοποιούνται περισσότερα και ο αριθμός τους καθορίζεται από την ακρίβεια που θέλουμε να επιτευχθεί και από το μέγεθος της περιοχής που πρόκειται να φωτογραφηθεί. Τα αποτελέσματα της μεθόδου της Έμμεσης Γεω-αναφοράς είναι αρκετά μεγάλης ακρίβειας, της τάξης των μερικών εκατοστών. Για τον λόγο αυτό, όταν η εφαρμογή απαιτεί υψηλή ακρίβεια, όπως για παράδειγμα, η χαρτογράφιση μίας περιοχής, η χρήση της μεθόδου αυτής είναι επιτακτική.[68] [69]



Εικόνα 41 Χρήση επίγειου δέκτη GNSS για την τοποθέτηση Σημείου Ελέγχου Εδάφους και Σήμανση του

4.1.6. Η τεχνολογία Real Time Kinematics (RTK)

Η τεχνολογία RTK έχει γίνει ευραίως γνωστή τα τελευταία δέκα χρόνια. Πρόκειται για μία τεχνολογία γεοεντοπισμού στις τρεις διαστάσεις με την χρήση του GPS, σε πραγματικό χρόνο. Στην πράξη η τεχνική RTK βασίζεται σε υπάρχοντες σταθερούς αναφοράς, των οποίων οι συντεταγμένες είναι γνωστές με μεγάλη ακρίβεια και σε κινούμενους δέκτες GPS που επικοινωνούν μεταξύ τους με ραδιοκύματα. Με την χρήση της τεχνικής αυτής επιτυγχάνεται ακρίβεια για την οριζόντια θέση τάξης ενός με δύο cm. [70]



Εικόνα 42 Ενδεικτικό σχεδιάγραμμα για την λειτουργία της τεχνικής RTK

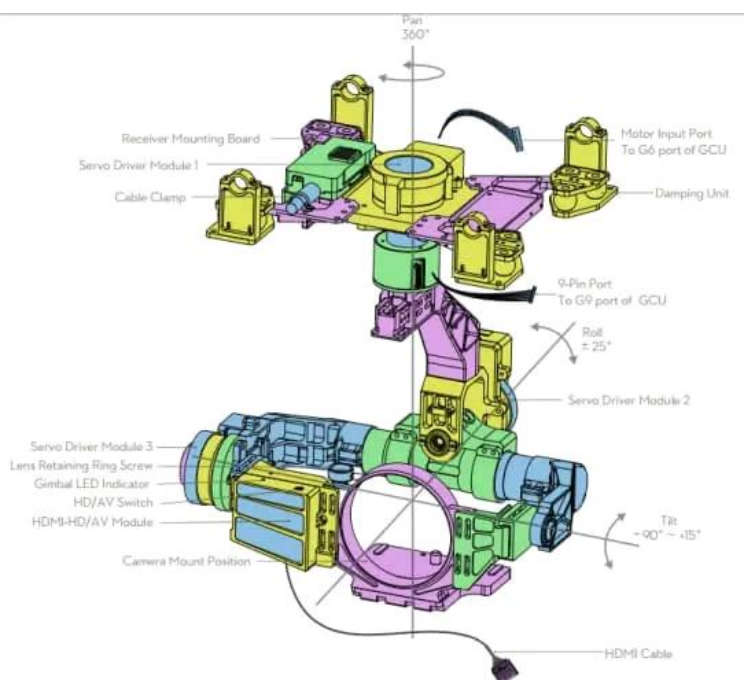
4.1.7. Αισθητήρες (Sensors) των UAV

Τα UAV έχουν πολλούς αισθητήρες ενσωματωμένους οι οποίοι λειτουργούν και συλλέγουν σε μόνιμη βάση δεδομένα τα οποία αξιοποιούνται από το σύστημα πτήσης για να κάνουν την πλοήγηση του ευκολότερη και όσο το δυνατόν περισσότερο αυτοματοποιημένη. Οι αισθητήρες αυτοί συλλέγουν δεδομένα για την σταθερότητα της πτήσης, την αυτονομία, την ταχύτητα, την θέση, το υψόμετρο και άλλες τέτοιες πληροφορίες που είναι χρήσιμες για την πτήση. Τα σύγχρονα UAV στην πλειοψηφία τους διαθέτουν και αισθητήρες αποφυγής εμποδίων οι αισθητήρες αυτοί συνήθως είναι αισθητήρες μέτρησης απόστασης είτε με την χρήση υπερηχητικών κυμάτων (Sonar) είτε λέιζερ (Lidar). Τα ακριβότερα UAV χρησιμοποιούν επιπλέον κάμερες για τον αποτελεσματικότερο εντοπισμό και αποφυγή τυχόν εμποδίων. Οι κυριότεροι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για την πλοήγηση των UAV ονομάζονται Internal Measurement Units (IMU) και είναι το

γυροσκόπιο για την θέση στον χώρο, το τρισδιάστατο επιταχυνσιόμετρο για την κατεύθυνση του, το βαρόμετρο και το μαγνητόμετρο για την εκτίμηση του ύψους πτήσης και τέλος τον σημαντικότερο ρόλο στην πλοήγηση παίζει ο δέκτης GPS.

4.1.7.1. Αισθητήρες συλλογής δεδομένων απεικόνισης

Πέρα από τους αισθητήρες που ήδη αναφέρθηκαν και είναι υπεύθυνοι, κυρίως, για την συλλογή δεδομένων πτήσης, τα UAV διαθέτουν και επιπλέον αισθητήρες, οι οποίοι ενσωματώνονται σε αυτά για να συλλέξουν δεδομένα για πιο εξιδεικευμένους σκοπούς, για τους οποίους και επιλέχθηκε η χρήση UAV για την εκάστοτε αποστολή. Αυτοί οι αισθητήρες, όπως ήδη έχει αναφερθεί στην αρχή του παρόντος κεφαλαίου, είναι κυρίως κάμερες που συλλέγουν δεδομένα σε διάφορα τμήματα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Οι κάμερες για τον σκοπό αυτό, μπορεί να είναι τοποθετημένες στο σώμα των UAV. Στην περίπτωση, όμως, των Drones με ρότορες, προτιμάται η τοποθέτηση τους με την χρήση σταθεροποιητών (Gimbal), έτσι ώστε να έχουν σταθερή γωνία λήψης, ανεξάρτητα από την κλίση του σώματος του Drone και για να διατηρούν σταθερή λήψη, εξαλείφοντας στο ελάχιστο τους κραδασμούς.[71]



Εικόνα 43 Τρισδιάστατο σχεδιάγραμμα ενός μηχανισμού σταθεροποίησης κάμερας για UAV (Gimbal)

Οι αισθητήρες απεικόνισης που κυκλοφορούν στο εμπόριο είναι πάρα πολλοί και διαφέρουν μεταξύ τους σε διάφορα πράγματα, όπως, η τεχνολογία που

χρησιμοποιούν, τα τμήματα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος που μπορούν να καταγράψουν, ο τρόπος εστίασής τους, η ποιότητα και η ανάλυση της εικόνας που καταγράφουν, το μέγεθος και το βάρος τους κ.ά. Σύμφωνα, όμως, με τους I. Colomina και P. Molina μπορούν να ομαδοποιηθούν σε μεγάλες κατηγορίες ταξινομώντας τους, κυρίως, με τα δύο βασικότερα χαρακτηριστικά τους, δηλαδή τα τμήματα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος που είναι ευαίσθητοι αισθητήρες και την τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την καταγραφή.

- Η πρώτη ομάδα αποτελείται από τους αισθητήρες που είναι ευαίσθητοι στο ορατό και στο εγγύς (Near Infrared, NIR), υπέρυθρο τμήμα του φάσματος, καθώς και από πολύ-φασματικούς (Multi-spectral) αισθητήρες, οι οποίοι, συνήθως, εκτός από ανεξάρτητα τμήματα του ορατού φωτός, λειτουργούν και σε τμήματα του υπέρυθρου. [72]

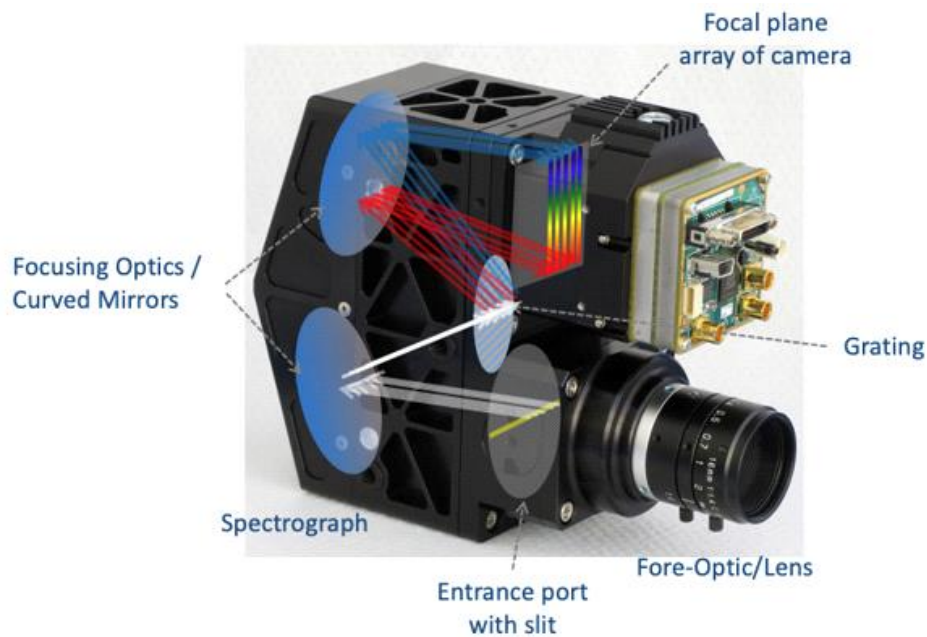


Εικόνα 44 Πολυφασματική κάμερα της εταιρίας DJI που αποτελείται από 6 ανεξάρτητους αισθητήρες στα τμήματα του φάσματος : κόκκινο (730nm), NIR (840nm), Πράσινο (560nm), Ορατό φάσμα, Κόκκινο (650nm) και Μπλέ (450nm)

- Την δεύτερη ομάδα, αποτελούν οι υπερ-φασματικοί (Hyper-spectral) αισθητήρες απεικόνισης. Αυτού του είδους οι αισθητήρες, παρέχουν την απεικόνιση σε έναν μεγάλο αριθμό στενών ζωνών του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, πάνω, όμως, σε μία συνεχή περιοχή του, που περιλαμβάνει το ορατό και τμήμα του υπέρυθρου. Αυτό που τους διαφοροποιεί από τους πολύ-φασματικούς είναι ότι, σε αντίθεση με τους υπερ-φασματικούς, οι πολύ-φασματικοί είναι ευαίσθητοι μόνο

σε συγκεκριμένες, διακριτές ζώνες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.

[72]



Εικόνα 45 Σχεδιάγραμμα υπεφασματικού αισθητήρα απεικόνισης της εταιρίας Headwall με δυνατότητα καταγραφής εικόνας σε ένα μεγάλο εύρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος 250 - 2500nm

- Η τρίτη ομάδα είναι αυτή των θερμικών αισθητήρων απεικόνισης. Αυτοί, είναι ευαίσθητοι στο θερμικό τμήμα του υπέρυθρου φάσματος και, όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο, χρησιμοποιούνται κυρίως στην θερμογραφία. [72]
- Οι αισθητήρες απεικόνισης που αποτελούν την τέταρτη ομάδα, είναι αυτοί του τύπου Laser scanner. Και αυτοί, όπως και οι αισθητήρες των ομάδων ένα και δύο, συλλέγουν εικόνες, συνήθως, από το ορατό και το υπέρυθρο τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Αυτό που τους ξεχωρίζει από τις άλλες ομάδες, όμως, είναι ότι αυτοί έχουν την δυνατότητα να συλλέξουν και επιπλέον χωρικές πληροφορίες, όπως για παράδειγμα, το ύψος ενός αντικειμένου. [72]



Εικόνα 46 Αισθητήρας απεικόνισης τύπου Laserscanner της εταιρίας DJI, ο αισθητήρας αυτός συνδιάζει μία κάμερα ορατού φάσματος με την τεχνολογία Lidar

- Η τελευταία ομάδα, αποτελείται από τους αισθητήρες απεικόνισης τύπου Ραντάρ Συνθετικού Διαφράγματος (Synthetic Aperture Radar, SAR). Οι αισθητήρες αυτοί λειτουργούν στο τμήμα των μικροκυμάτων ή τον ραδιοφωνικών κυμάτων. Τα πλεονεκτήματά τους, σε σχέση με τους αισθητήρες των προηγούμενων ομάδων, είναι ότι δεν χρειάζονται ορατό φως για να καταγράψουν εικόνα και δεν επηρεάζονται από καιρικές συνθήκες, όπως, η νεφοκάλυψη ή η σκόνη. [72]

4.2. Μετάδοση δεδομένων

Τα UAV πολιτικής και ερασιτεχνικής χρήσης, συνήθως, επικοινωνούν κάνοντας χρήση του πρωτοκόλλου wi-fi στις συχνότητες των 2,4GHz ή 5.8GHz. Το πρωτόκολλο αυτό, χρησιμοποιείται τόσο για την επικοινωνία που απαιτείται για τον χειρισμό του UAV, όσο και για την μετάδοση των δεδομένων από τους διάφορους αισθητήρες, όπως οι κάμερες, σε πραγματικό χρόνο. Η εικόνα που λαμβάνεται στον σταθμό βάσης με την μορφή βίντεο, βοηθά τον χειριστή να πλοηγήσει ευκολότερα το UAV. Η μέθοδος αυτή, ονομάζεται First Person View (FPV) και δίνει την αίσθηση στον χειριστή ότι βρίσκεται ο ίδιος μέσα στο όχημα. Για μεγαλύτερα UAV, που απαιτούν επικοινωνία σε μεγαλύτερη εμβέλεια, οι επικοινωνίες αυτές επιτυγχάνονται με την χρήση δικτύων κινητής τηλεφωνίας 4G, και πρόσφατα 5G. Τέλος, τα πολύ μεγάλα UAV που είναι σχεδιασμένα για στρατιωτικές εφαρμογές, επικοινωνούν με τον σταθμό εδάφους μέσω ζεύξεων σε δορυφορικά δίκτυα. [73] [74]

4.3. Αποθήκευση δεδομένων

Τα πολύ μικρά drones, που σκοπός τους είναι μόνο η ψυχαγωγία, δεν παρέχουν την δυνατότητα αποθήκευσης των δεδομένων στο αεροσκάφος και οι μόνες πληροφορίες που καταγράφουν είναι πληροφορίες για την πτήση, οι οποίες καταγράφονται στο λογισμικό πλοήγησης που είναι εγκατεστημένο σε κάποια φορητή συσκευή, όπως ένα smart phone, το οποίο χρησιμοποιείται σαν σταθμός βάσης. Τα μεγαλύτερα UAV, που προορίζονται για πολιτικές και επαγγελματικές χρήσεις, πέρα από την δυνατότητα αποστολής της εικόνας που λαμβάνουν, σε πραγματικό χρόνο στον σταθμό βάσης, είναι εφοδιασμένα με τον απαραίτητο ηλεκτρονικό εξοπλισμό για να καταγράφουν τα δεδομένα και στο ίδιο το αεροσκάφος, συνήθως, σε αφαιρούμενο δίσκο τύπου MicroSD. Αυτό γίνεται, για να αποφεύγεται η αλλοίωση των δεδομένων από τυχόν θόρυβο κατά την μετάδοση και να μπορούν οι εικόνες ή/και τα βίντεο που λαμβάνονται, να αποθηκεύονται άμεσα και στην καλύτερη δυνατή ανάλυση.

4.4. Επεξεργασία και Ανάλυση δεδομένων

Τα σύγχρονα drones έχουν προ-εγκατεστημένες στον υπολογιστή τους, λειτουργίες, για να κάνουν μία προ-επεξεργασία στις εικόνες που λαμβάνουν. Τέτοιες λειτουργίες, μπορεί να είναι το “ξεθάμπωμα” της εικόνας ή η ομαλή κατανομή του φωτός, έτσι, ώστε, να μην επηρεάζονται οι λήψεις από την αντηλία.

4.4.1. Ανάλυση των δεδομένων στον επίγειο σταθμό

Η κύρια, όμως, επεξεργασία των δεδομένων που λαμβάνονται, συνήθως, γίνεται μετά την ολοκλήρωση της πτήσης, με την χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή και εξειδικευμένων λογισμικών, για την εκάστοτε εφαρμογή. Σαν παράδειγμα, αναφέρεται το λογισμικό της εταιρίας Solvi, το οποίο παρέχει ένα πλήθος εφαρμογών ανάλυσης εικόνων από drone, για έξυπνη γεωργία. Μερικές από αυτές τις εφαρμογές, είναι για την παρακολούθηση της ανάπτυξης λαχανικών και για την δημιουργία χαρτών λίπανσης αζώτου ενός χωραφιού σιτηρών. [75][76] Μία άλλη προσέγγιση, είναι ο σταθμός βάσης να συνδέεται απευθείας με έναν ισχυρό ηλεκτρονικό υπολογιστή, στον οποίο είναι εγκατεστημένο λογισμικό για την ανάλυση των δεδομένων. Με αυτόν τον τρόπο, επιτυγχάνεται ανάλυση των δεδομένων σε

πραγματικό χρόνο. Ένα τέτοιο λογισμικό, είναι το DJI Terra της εταιρείας DJI. Αυτό, είναι ένα ενοποιημένο λογισμικό που παρέχει στον χρήστη την δυνατότητα να σχεδιάσει την διαδρομή του drone, να κάνει ανάλυση των δεδομένων και χαρτογράφηση σε πραγματικό χρόνο, καθώς και την πληρέστερη ανάλυσή τους μετά το πέρας της πτήσης, με την δημιουργία τρισδιάστατων χωρικών μοντέλων και πλήθος εξαγωγήμων πληροφοριών.[77]

Για πιο εξειδικευμένα αποτελέσματα, περισσότερο σε ερευνητικό επίπεδο, τα δεδομένα που συλλέγονται επεξεργάζονται με αλγόριθμους τεχνητής νοημοσύνης, σε ισχυρούς ηλεκτρονικούς υπολογιστές, για την εκμάθηση μοντέλων νευρωνικών δικτύων, τα οποία μπορούν να εξάγουν πολύτιμες πληροφορίες που δεν είναι δυνατό να αποκαλυφθούν διαφορετικά. Για να επιτευχθεί αυτό, τα δεδομένα που συλλέγονται συγκρίνονται με άλλα παλαιότερα και από διαφορετικές προγενέστερες πτήσεις. Παράδειγμα μίας τέτοιας εφαρμογής, μπορεί να είναι ο έλεγχος του πληθυσμού των κουνουπιών σε ελώδεις περιοχές. [78]

4.4.2. Ανάλυση των δεδομένων στον αέρα

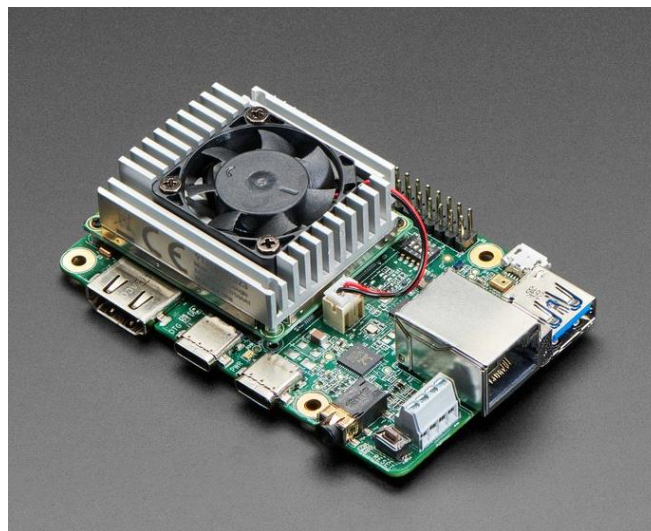
Σε UAV, που δεν είναι άμεσα διαθέσιμα στο εμπόριο και είναι σχεδιασμένα ειδικά για συγκεκριμένες αποστολές στις οποίες, λόγω της φύσης τους, είναι απαραίτητη η άμεση ανάλυση των δεδομένων και η λήψη των αποφάσεων από το ίδιο το drone, χρησιμοποιούνται επιπρόσθετες μονάδες επεξεργασίας που ενσωματώνονται στο σώμα του ίδιου του αεροσκάφους. Σε αυτές τις μονάδες, λειτουργούν αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης και μηχανικής μάθησης και η επεξεργασία των δεδομένων που λαμβάνονται γίνεται απευθείας στο drone. Με την επεξεργασία αυτή, λαμβάνονται κρίσιμες αποφάσεις, κυρίως, για την αυτοματοποίηση λειτουργιών, όπως η αυτόνομη πορεία του drone ή η αναζήτηση συγκεκριμένων στόχων, όπως για παράδειγμα, η αναζήτηση ναυαγών στη θάλασσα ή κάποια φθορά σε μία κατασκευή ή ακόμα και η αναζήτηση ενός συγκεκριμένου προσώπου.[1] Αναφέρονται, ενδεικτικά, κάποιες από αυτές τις επιπρόσθετες μονάδες επεξεργασίας, που μπορούν να ενσωματωθούν σε ένα drone:

- Intel Movidius Neural Computer Stick



Εικόνα 47 Intel Movidius Neural Computer Stick

- Google Coral Development Board



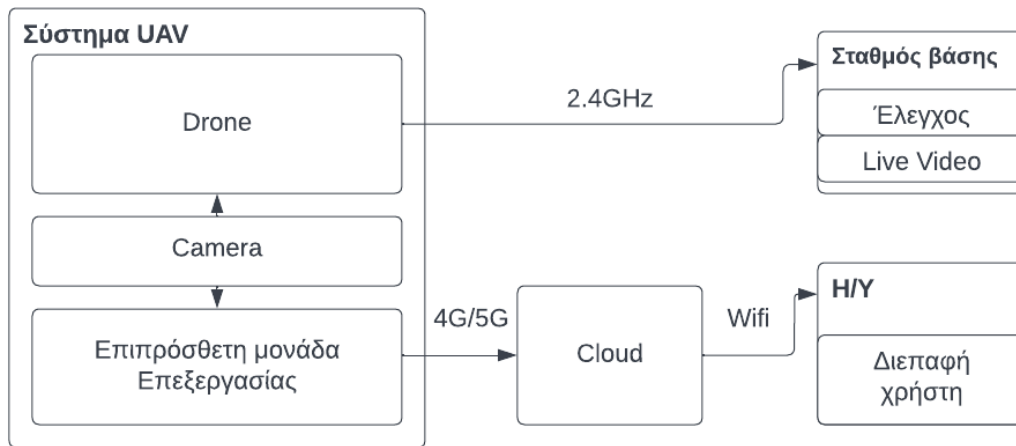
Εικόνα 48 Google Coral Development Board

- NVIDIA Jetson Xavier NX Developer Kit



Εικόνα 49 NVIDIA Jetson Xavier NX Developer Kit

Τέλος, παρουσιάζεται ένα ενδεικτικό διάγραμμα μίας εφαρμογής εντοπισμού και ειδοποίησης με UAV. Στο διάγραμμα αυτό, βλέπουμε ότι η κάμερα του UAV στέλνει δεδομένα εικόνας στον σταθμό βάσης, μέσω 2.4GHz σύνδεσης, μαζί με τον χειρισμό του UAV. Παράλληλα όμως, οι εικόνες που λαμβάνονται από την κάμερα του UAV επεξεργάζονται σε πραγματικό χρόνο, από κάποια επιπρόσθετη μονάδα επεξεργασίας. Αυτή με την σειρά της, είναι προγραμματισμένη να ψάχνει για κάποια μοτίβα και τα αποτελέσματα της επεξεργασίας αυτής. Έπειτα, αποστέλλονται μέσω δικτύου 4G/5G σε κάποια πλατφόρμα Cloud. Μέσω αυτού ενημερώνονται για οτιδήποτε έχει εντοπιστεί από το UAV. [76]



Εικόνα 50 Διάγραμμα επικοινωνίας ενός UAV με ενσωματωμένη επιπρόσθετη μονάδα επεξεργασίας για την εκτέλεση κάποιας συγκεκριμένης εργασίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

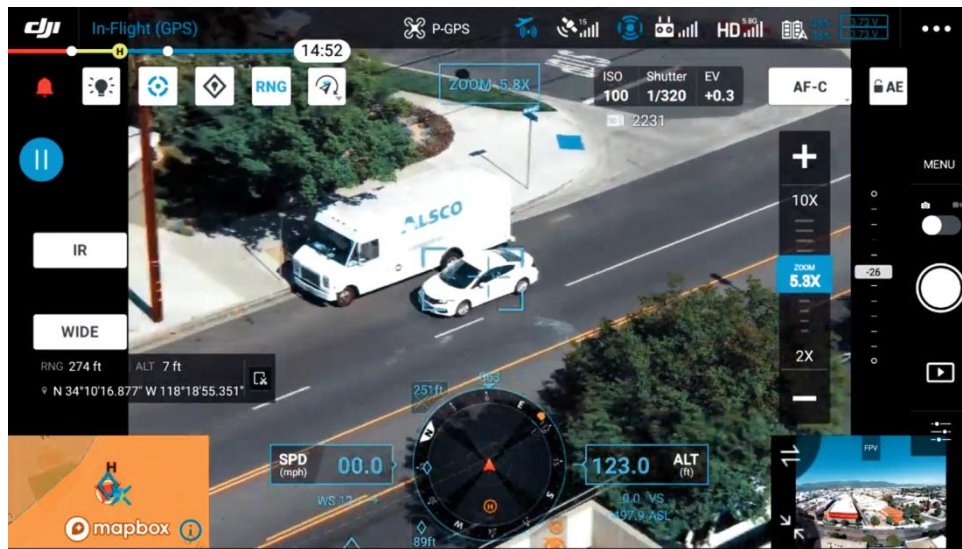
Εφαρμογές των μη επανδρωμένων ιπτάμενων οχημάτων

Στο κεφάλαιο αυτό, θα αναφερθούν και θα αναλυθούν οι διάφορες εφαρμογές στις οποίες η χρήση UAV μπορεί να παίξει καθοριστικό ρόλο. Δηλαδή, στην εξοικονόμηση χρόνου, στην εξοικονόμηση ανθρώπινων πόρων, στην ποιοτικότερη αντιμετώπιση προβλημάτων και σε εφαρμογές οι οποίες δεν θα ήταν εφικτές χωρίς την χρήση τους. Οι εφαρμογές αυτές, θα κατηγοριοποιηθούν σε πέντε μεγάλες κατηγορίες για να μπορέσει να γίνει πιο κατανοητή η ανάλυσή τους: Δημόσια ασφάλεια, Άμυνα, Έλεγχος εγκαταστάσεων, Εναέρια εποπτεία, Αγροτικός τομέας.

5.1. Εφαρμογές UAV στην Δημόσια ασφάλεια

5.1.1. Χρήση UAV από τις αρχές επιβολής του νόμου

Στις αρχές επιβολής του νόμου συμπεριλαμβάνονται, οι υπηρεσίες της Αστυνομίας, του Λιμενικού Σώματος, Σώμα Δίωξης Οικονομικού Εγκλήματος και οι Τελωνειακές Αρχές. Αυτές οι υπηρεσίες, τα τελευταία χρόνια, κάνουν όλο και πιο εκτεταμένη χρήση UAV για την αποτελεσματικότερη εκπλήρωση της αποστολής τους. Πιο συγκεκριμένα, η τεχνολογία των drone χρησιμοποιείται από την αστυνομία για τον εντοπισμό και την παρακολούθηση δραστών, την ανεύρεση αποδεικτικών στοιχείων, την αναζήτηση αγνοουμένων, την επιτήρηση εκδηλώσεων που συγκεντρώνουν πλήθος ανθρώπων, όπου η παρακολούθηση της κατάστασης με συμβατικά μέσα είναι δύσκολη. Ένα ακόμα πεδίο που βρίσκει εφαρμογή η χρήση drone από υπηρεσίες της Αστυνομίας, είναι η αναζήτηση παράνομων φυτειών σε ορεινές και δυσπρόσιτες περιοχές. Τέλος, τόσο οι αστυνομικές, όσο και οι εταιρες αρχές επιβολής του νόμου, που προαναφέρθηκαν, χρησιμοποιούν drone για την παρακολούθηση της παράνομης μετανάστευσης, διακίνησης μεταναστών και λαθρεμπορίου σε συνοριακά σημεία, είτε θαλάσσια, είτε χερσαία. [80]



Εικόνα 51 Στιγμιότυπο από παρακολούθηση αυτοκινήτου με την χρήση του DJI Matrice 300 RTK και την λειτουργία Smart Track

5.1.2. Χρήση UAV από την πυροσβεστική

Στην εποχή που ζούμε, η τεχνολογία των UAV δεν θα μπορούσε να λείπει από τις υπηρεσίες της πυροσβεστικής. Στις περισσότερες περιπτώσεις, τα UAV βρίσκουν εφαρμογή στην παρακολούθηση δασών για έγκαιρη ειδοποίηση σε περίπτωση πυρκαγιάς, αλλά και στην παρακολούθηση της κατάστασης σε περιοχές όπου έχει συμβεί οποιοδήποτε είδους φυσική καταστροφή. Με την χρήση θερμικών καμερών, ο εντοπισμός εστιών φωτιάς γίνεται εκπληκτικά ευκολότερος, τόσο κατά την διάρκεια της ημέρας, όσο και κατά την διάρκεια της νύχτας. Αξιοποιώντας αυτό, μια ακόμη εργασία που επιτυγχάνεται με την χρήση UAV με θερμικές κάμερες, είναι ο εντοπισμός μικρών εστιών που έχουν παραμείνει μετά την κατάσβεση μίας περιοχής, έτσι ώστε, να αποφευχθούν τυχόν αναζωπυρώσεις. Τέλος, σε κάποιες χώρες γίνονται προσπάθειες κατασκευής UAV, τα οποία θα συμβάλουν και στην κατάσβεση πυρκαγιών, μεταφέροντας και κάνοντας στοχευμένες ρίψεις νερού ή πυροσβεστικού αφρού.[81][82]



Εικόνα 52 Πυροσβεστικό Drone στην Κίνα που κάνει ρίψη πυροσβεστικού αφρού σε φλεγόμενο κτήριο

5.1.3. Χρήση UAV για έρευνα και διάσωση

Σε δύσβατες ορεινές περιοχές και στην θάλασσα, σε περιπτώσεις που ακόμα και τα λίγα λεπτά μπορούν να σώσουν ζωές. Για την έρευνα αγνοουμένων - τραυματιών και ναυαγών, η ανάγκη της χρήσης UAV γίνεται επιτακτική. Εφοδιασμένα με κάμερες ευρυγώνιων φακών και θερμικές κάμερες, τα UAV που χρησιμοποιούνται για τέτοιου είδους εφαρμογές, μπορούν μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα να ερευνήσουν μεγάλες περιοχές, όπου χωρίς αυτά θα ήταν αδύνατον. Επιχειρούν, τόσο την ημέρα, όσο και κατά την διάρκεια της νύχτας και πολλές φορές έχουν την δυνατότητα να μεταφέρουν πακέτα πρώτων βοηθειών ή και σωσίβια στα θύματα, μέχρι να φτάσουν τα σωστικά συνεργεία. [83]



Εικόνα 53 Το MATRICE 600 της εταιρίας DJI που ετοιμάζεται να μεταφέρει πακέτο πρώτων βοηθειών σε τραυματία στα πλαίσια επιχείρησης έρευνας και διάσωσης

5.2. Εφαρμογές UAV στην Άμυνα

5.2.1. Χρήση UAV για παρακολούθηση

Ο στρατός είναι ένα από τα πρώτα πεδία που βρήκε εφαρμογή και αναπτύχθηκε η τεχνολογία των UAV. Στην εποχή μας, δεν υπάρχει πλέον χώρα που να μην κάνει χρήση της τεχνολογίας αυτής. Χρησιμοποιούνται για την επιτήρηση υποδομών, στρατοπέδων και συνόρων, για την έγκαιρη πληροφόρηση της κατάστασης των εχθρικών δυνάμεων σε περιόδους πολεμικών συρράξεων, την κατόπτευση χώρων από τις οποίες πρόκειται να περάσουν συμμαχικές μονάδες και την παρακολούθηση εχθρικών υποδομών. Για τις εφαρμογές αυτές, χρησιμοποιούνται, ανάλογα με τις ανάγκες, τόσο μικρά drone που είναι φορητά και μπορούν να τα έχουν οι μονάδες οπουδήποτε, όσο και μεγάλα UAV για την παρακολούθηση στόχων και υποδομών. Τα τελευταία, δεν μπορούν να απογειώνονται και να προσγειώνονται οπουδήποτε, αλλά παρά μόνο σε αεροδρόμια και βάσεις σχεδιασμένα για τον σκοπό αυτό.[84][85]

5.2.2. Χρήση UAV που μπορούν να φέρουν όπλα

Πολλές χώρες, έχουν αρχίσει τις τελευταίες δεκαετίες να αναπτύσσουν και UAV, τα οποία φέρουν όπλα όπως πολυβόλα, ρουκέτες και πυραύλους και χρησιμοποιούνται τόσο για αμυντικούς, όσο και για επιθετικούς σκοπούς. Αυτά τα UAV, είναι κυρίως μεγάλα σε μέγεθος, τύπου αεροσκάφους, για να μπορούν να πετυχαίνουν πτήσεις για μεγάλα χρονικά διαστήματα και μακρινές αποστάσεις και εξαιρετικά μεγάλο ύψος. Αυτό κάνει την ανίχνευσή τους δύσκολη από επίγεια παραδοσιακά ραντάρ και τα καθιστά ένα υπολογίσιμης δύναμης όπλο. [84][85]



Εικόνα 54 Πολεμικό UAV των Η.Π.Α τύπου MQ-9 Reaper

5.3. Εφαρμογές UAV στον έλεγχο εγκαταστάσεων

Σε εγκαταστάσεις, όπως αιολικά πάρκα, διυλιστήρια καυσίμων, γέφυρες, υδροηλεκτρικούς σταθμούς και γραμμές υπερυψηλής τάσης διανομής ρεύματος. Όλο και περισσότερο τα τελευταία χρόνια, βλέπουμε ότι χρησιμοποιούνται συστήματα drone για την εποπτεία της καλής λειτουργίας και τις στατικότητάς τους. Πιο συγκεκριμένα, με την χρήση drone εφοδιασμένων με κάμερες υψηλής ανάλυσης και δυνατότητας μεγάλου ζουμ γίνεται ευκολότερη η εποπτεία ευάλωτων σημείων των εγκαταστάσεων αυτών, όπως συνδέσεις, μπουλόνια και σύνδεσμοι. Με αποτέλεσμα, να προλαμβάνονται βλάβες και ατυχήματα και να εξασφαλίζεται η σωστή και αδιάλειπτη λειτουργία τους. Επιπροσθέτως, κάνοντας χρήση θερμικών καμερών,

αναγνωρίζονται εγκαίρως τυχόν ενεργειακές διαρροές και επιδιορθώνονται άμεσα και στοχευμένα, αποφεύγοντας έτσι, πιο εκτεταμένες ζημιές ή ακόμα και πυρκαγιές. [86]



Εικόνα 55 Έλεγχος σε γραμμή διανομής ρεύματος με χρήση drone και λογισμικό της εταιρίας "measure an ageagle company"

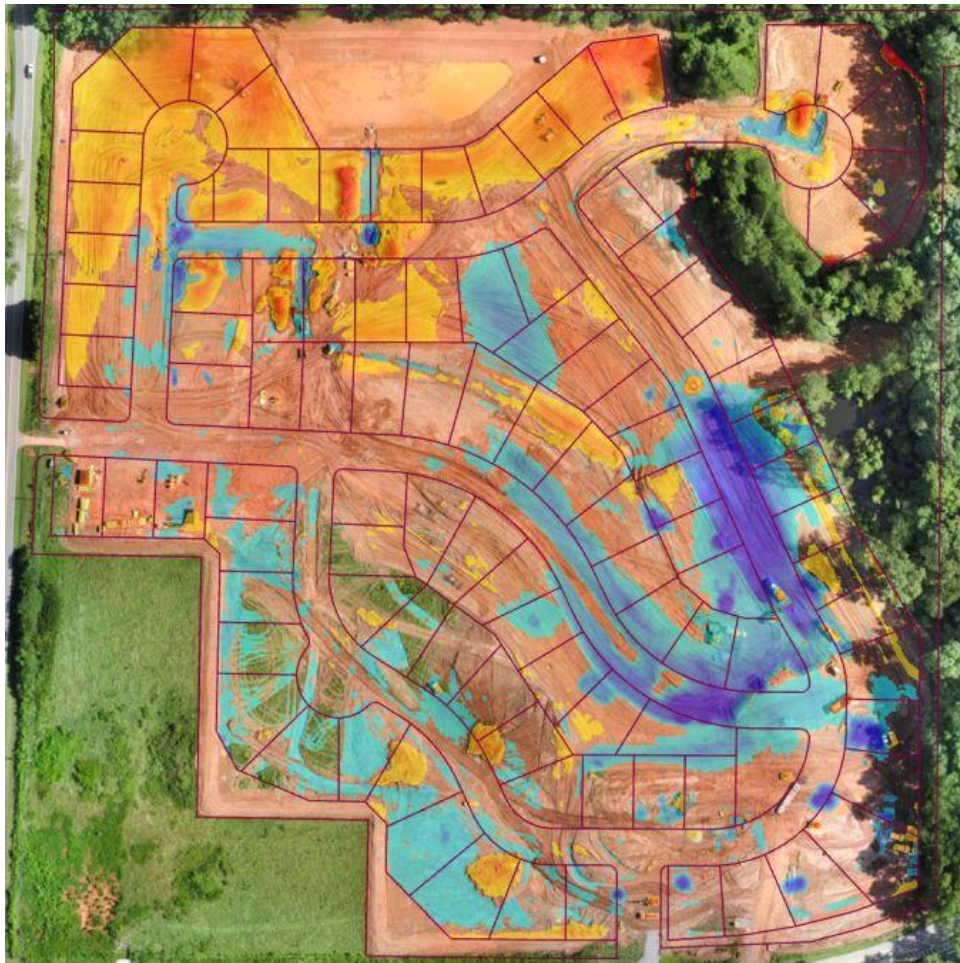
5.4. Εφαρμογές UAV στην Εναέρια εποπτεία

5.4.1. Χρήση UAV για τον έλεγχο της κυκλοφορίας οχημάτων

Ένας ακόμη συνήθης τομέας, που βρίσκει εφαρμογή η τεχνολογία των drone, είναι ο έλεγχος της κυκλοφορίας οχημάτων. Σε αυτόν τον τομέα, τα drone χρησιμοποιούνται για την καταγραφή της κίνησης οχημάτων, με σκοπό τον εντοπισμό σημείων με αυξημένη κυκλοφοριακή συμφόρηση και την μετέπειτα ανάλυση των δεδομένων, ώστε να δημιουργηθούν αποδοτικότερα συγκοινωνιακά μοντέλα για την αποφυγή τέτοιων σημείων.

5.4.2. Χρήση UAV για την εποπτεία κατασκευαστικών έργων

Σε εργοτάξια μεγάλων κατασκευαστικών έργων, η τεχνολογία των drone βρίσκει εφαρμογή, εκτός από την παρακολούθηση της πορείας των εργασιών, και στην εύρεση των θέσεων βαρέων οχημάτων σε πραγματικό χρόνο, για αποφυγή ατυχημάτων και στην χαρτογράφηση του έργου γενικότερα, έτσι ώστε, να μπορούν να εξαχθούν διάφορες χωρικές μετρήσεις με κύριο σκοπό τον συντονισμό του έργου με ασφάλεια. [87]



Εικόνα 56 Χαρτογράφηση και ανάλυση κατασκευαστικού εργοταξίου με την χρήση drone

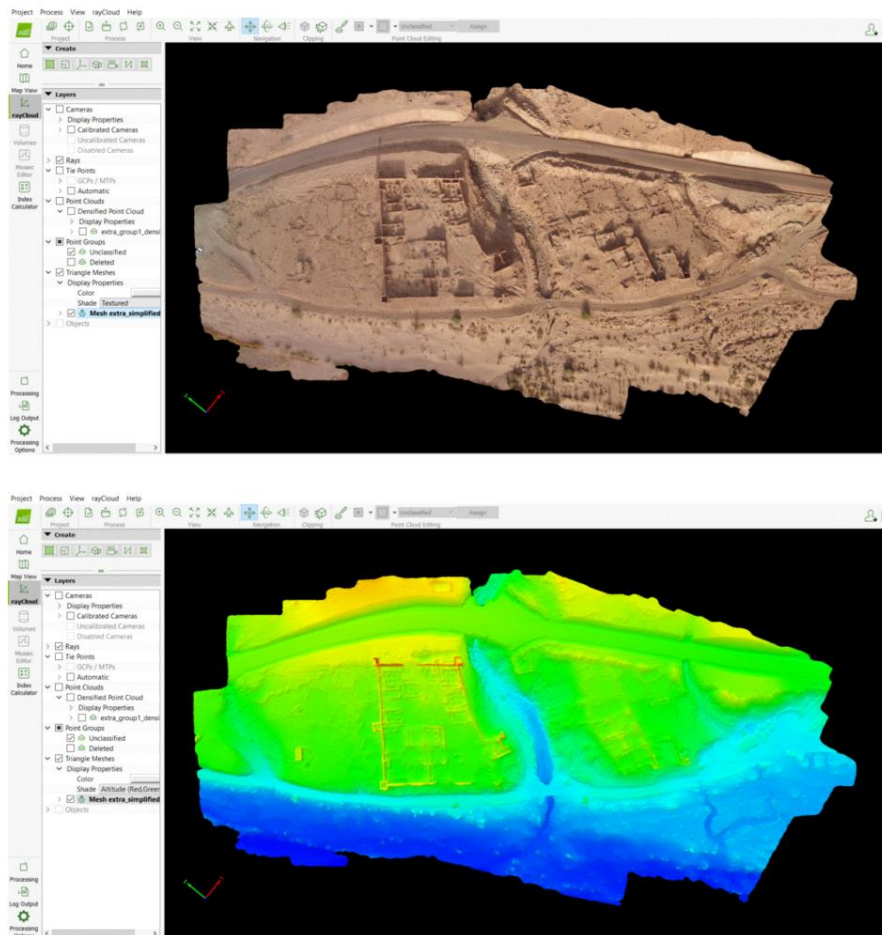
5.4.3. Χρήση UAV για την χαρτογράφηση περιοχών

Στην τοπογραφία, τα συστήματα drone, πλέον, αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία για ακριβείς τοπογραφικές μετρήσεις, αξιοποιώντας την τεχνική RTK και συνδυάζοντας σταθερά όργανα μέτρησης, ώστε να πραγματοποιούνται χαρτογραφήσεις σε δύο ή και τρεις διαστάσεις με ακρίβεια μερικών χιλιοστών του μέτρου.

5.4.4. Χρήση UAV στην Αρχαιολογία

Η χαρτογράφηση και η τοπογραφική μελέτη, που αναφέρθηκαν αμέσως παραπάνω, είναι εξίσου σημαντικές και σε αρχαιολογικές ανασκαφές. Στην αρχαιολογία, χρησιμοποιούνται συστήματα drone για τον σχεδιασμό ανασκαφικής

έρευνας, αλλά και για την δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων από αρχαιότητες και μνημεία. Επιπλέον, χρησιμοποιώντας αισθητήρες Lidar καταγράφεται η μορφολογία του εδάφους, και αναλύοντας τις ανωμαλίες σε αυτήν, δίνεται η δυνατότητα σε αρχαιολογικές έρευνες να εντοπίσουν πιθανά σημεία προς ανασκαφή.[88]



Εικόνα 57 Τρισδιάστατη απεικόνιση αρχαιολογικής ανασκαφής με την χρήση drone και του PIX4D που είναι εξιδεικευμένο λογισμικό για τον σκοπό αυτό.

5.5. Εφαρμογές UAV στον Αγροτικό τομέα

5.5.1. Χρήση UAV στην παρακολούθηση της καλλιέργειας

Από την γεωργία ακριβείας, δεν θα μπορούσε να λείπει η ενσωμάτωση των τεχνολογιών UAV, τόσο σταθερής πτέρυγας, όσο και drone. Με την χρήση drone και εξιδεικευμένων αισθητήριων οργάνων, όπως πολυφασματικές, υπερφασματικές και θερμικές κάμερες, είναι εφικτή η αποτύπωση ολόκληρης της καλλιέργειας, σε λίγο μόνο χρόνο. Αυτό, προσφέρει πέρα από την χαρτογράφηση του χωραφιού και της καλλιέργειάς του, και μία σειρά επιπλέον χρήσιμων συμπερασμάτων που μπορούν

να προκύψουν από την ανάλυση των δεδομένων αυτών. Μια από τις σημαντικές μετρήσεις που γίνονται σε καλλιέργειες, είναι αυτή στο τμήμα NIR της υπέρυθρης ακτινοβολίας. Αυτή η μέτρηση είναι σημαντική, γιατί αυτό είναι το φάσμα στο οποίο απορροφούν ενέργεια τα φυτά. Οπότε, μελετώντας την καλλιέργεια σε αυτό το φάσμα και αναλύοντας τα δεδομένα που συλλέγονται, μπορούν να γίνουν προβλέψεις για το μέγεθος της σοδειάς και την υγεία των φυτών που καλλιεργούνται. Άλλα αποτελέσματα που μπορούν να εξαχθούν από την χρήση drone στην γεωργία ακριβείας, είναι η καταμέτρηση δενδρυλλίων ή φυτών και τα επίπεδα υγρασίας ή έλλειψης αυτής, σε συγκεκριμένα σημεία της καλλιέργειας, έτσι ώστε να μπορεί να επιτυγχάνεται η ομοιόμορφη καλλιέργεια.[89] [90]



Εικόνα 58 Στιγμιότυπο από ανάλυση πολυφασματικής απεικόνισης και ανάλυσης NDVI για κάποια καλλιέργεια με την χρήση του ειδικού λογισμικού ανάλυσης PIX4D

5.5.2. Χρήση UAV για το ράντισμα της καλλιέργειας

Εκτός από την παρακολούθηση της καλλιέργειας, που συζητήθηκε στην προηγούμενη παράγραφο η τεχνολογία των drone βρίσκει εφαρμογή και στον αεροψεκασμό για το ράντισμα των καλλιεργειών. Χρησιμοποιώντας drone για το ράντισμα, επιτυγχάνονται τρία πράγματα. Η εξοικονόμηση χρόνου και ανθρώπινου δυναμικού, αφού ένας μόνο χειριστής μπορεί να ραντίσει ολόκληρη την καλλιέργεια, σε πολύ συντομότερο χρόνο από όσο θα χρειαζόταν με παραδοσιακά μέσα. Η εξοικονόμηση των φυτοφαρμάκων, αφού με τη χρήση drone κατασκευασμένων ειδικά για τον σκοπό αυτό, ο ψεκασμός γίνεται με εξαιρετικά μικρά σταγονίδια και μόνο στα σημεία όπου υπάρχουν φυτά της καλλιέργειας, Αυτό προσφέρει όφελος,

τόσο οικονομικό στον καλλιεργητή, όσο και περιβαλλοντικό, προλαμβάνοντας την υπερκατανάλωση φυτοφαρμάκων και λιμασμάτων που θα καταλήξουν στο χώμα και τους υδροφόρους ορίζοντες. Τέλος, επιτυγχάνεται στοχευμένη λίπανση της καλλιέργειας, με σκοπό την ομοιόμορφη και μέγιστη απόδοσή της. [91]



Εικόνα 59 Drone της DJI μοντέλο AGRAS T20 ραντίζοντας κάποια καλλιέργεια

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

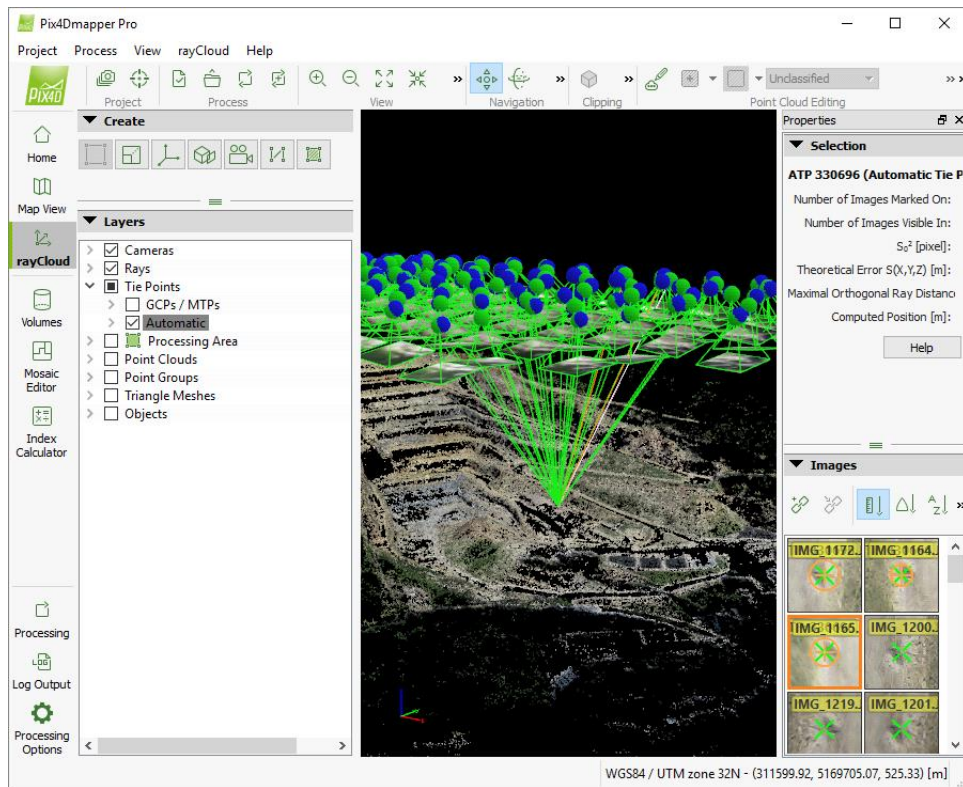
Λογισμικό πλοήγησης και ανάλυσης PIX4D

Στο κεφάλαιο αυτό, θα αναφερθούν οι δυνατότητες που προσφέρει το λογισμικό PIX4D και θα αναλυθούν μερικές από αυτές, καθώς και οι εφαρμογές για τις οποίες απευθύνονται. Η εταιρία PIX4D είναι ηγέτης στον χώρο της τρισδιάστατης απεικόνισης με φωτομετρία, και γενικότερα στην ανάλυση δεδομένων που προκύπτουν με την χρήση drone. Η σουίτα λογισμικών της PIX4D χωρίζεται σε τρεις βασικές κατηγορίες, λογισμικά Φωτογραμμετρίας και γεωχωρικής, λογισμικά για εξειδικευμένες εφαρμογές και λογισμικά για συλλογή δεδομένων. Οι κατηγορίες αυτές, θα αναλυθούν στις παρακάτω παραγράφους.

6.1. Λογισμικά Φωτογραμμετρίας και γεωχωρικής

6.1.1. Το PIX4Dmapper

Το PIX4Dmapper είναι εξειδικευμένο λογισμικό για να μετατρέπει δεδομένα που συλλέχθηκαν από drone σε μοντέλα φωτογραμμετρίας, τρισδιάστατα, δηλαδή, μοντέλα που αντιπροσωπεύουν πραγματικές διαστάσεις. Επιπλέον, με την χρήση του λογισμικού αυτού είναι δυνατή η δημιουργία ορθομωσαϊκών, ψηφιακών, δηλαδή, μοντέλων της επιφάνειας μίας περιοχής. Στα μοντέλα που δημιουργούνται μέσω του λογισμικού, υπάρχει η δυνατότητα μετρήσεων τόσο αποστάσεων όσο και όγκου, σε όποιο σημείο επιλέξει ο χρήστης, για παράδειγμα τον όγκο μίας στοίβας άμμου σε ένα εργοτάξιο ή την απόσταση μεταξύ δύο σημείων σε έναν δρόμο. [92]



Εικόνα 60 Δημιουργία τρισδιάστατου μοντέλου σε λατομείο με την χρήση του λογισμικού PIX4Dmapper

6.1.2. Το PIX4Dsurvey

Το PIX4Dsurvey είναι παραπλήσιο με το προαναφερόμενο, με την διαφορά ότι τα μοντέλα που δημιουργεί είναι άμεσα διαθέσιμα για εξαγωγή σε CAD με μειωμένο μέγεθος στα αρχεία εξόδου, αφαιρώντας αυτόματα τις περιττές πληροφορίες. Το συγκεκριμένο λογισμικό, δέχεται σαν είσοδο και δεδομένα από αισθητήρες Lidar.[93]

6.1.3. Το PIX4Dmatic

Το PIX4Dmatic είναι, επίσης, ένα λογισμικό που δημιουργεί μοντέλα αντίστοιχα με αυτά των προηγούμενων δύο. Αυτό, όμως, είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι καταλληλότερο για την δημιουργία τέτοιων μοντέλων σε μεγάλη κλίμακα, όπως για παράδειγμα, ενός ολόκληρου χωριού ή μίας γραμμής ηλεκτροδότησης.[94]

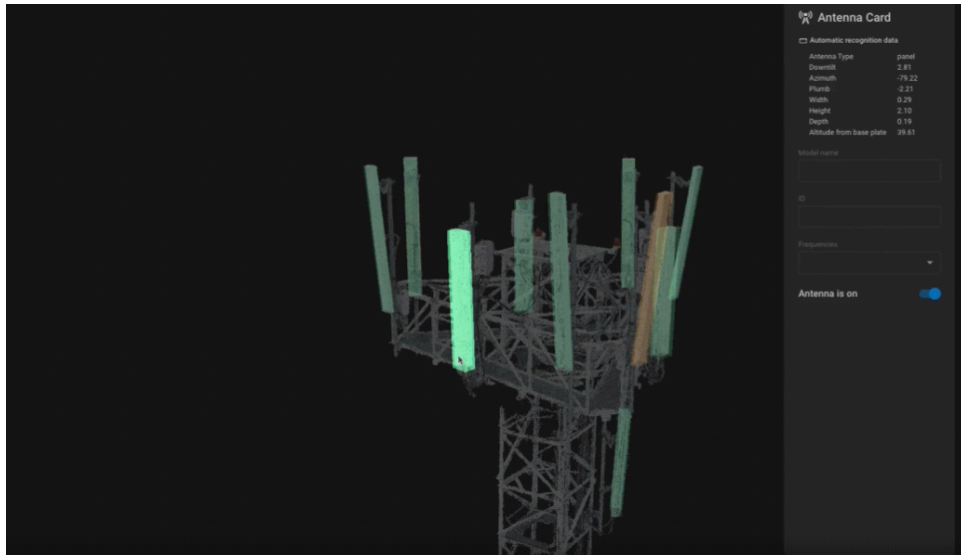
6.1.4. Το PIX4Dcloud

Το PIX4Dcloud είναι η cloud εφαρμογή της εταιρίας και με αυτήν συνεργάζονται σχεδόν όλα τα υπόλοιπα λογισμικά της, που αναφέρονται στο παρόν κεφάλαιο. Μέσω αυτής, αναγνωρίζονται αντικείμενα στα μοντέλα, που δημιουργούνται από τα προαναφερόμενα λογισμικά, όπως για παράδειγμα οχήματα, και γίνεται αυτόματα η αντιστοίχιση με τα σταθερά Σημεία Ελέγχου Εδάφους. Έτσι, εξοικονομείται πολύτιμος χρόνος για τον χειριστή. Επίσης, μέσω της cloud εφαρμογής, μπορούν να συνεργαστούν περισσότεροι χρήστες στο ίδιο μοντέλο. Όταν πρόκειται για χώρους που παρακολουθούνται συχνά, όπως για παράδειγμα ένα εργοτάξιο, ένας χρήστης μπορεί να παρακολουθήσει με χρονική σειρά τις αλλαγές που έχουν γίνει σε ένα συγκεκριμένο σημείο, ανεξάρτητα από το πού βρίσκεται. [95]

6.2. Λογισμικά για εξειδικευμένες εφαρμογές

6.2.1. Το PIX4Dinspect

Το PIX4Dinspect είναι εξειδικευμένο λογισμικό cloud για την παρακολούθηση και την εποπτεία κυρίως, εγκαταστάσεων. Συνδυάζοντάς το, συνήθως, με το PIX4Dscan που είναι λογισμικό σχεδίασης πτήσεων για φορητές συσκευές (Android & ios), σχεδιασμένο να συνεργάζεται άμεσα με το PIX4Dinspect. Δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να εποπτεύει εγκαταστάσεις, όπως για παράδειγμα, μία κεραία κινητής τηλεφωνίας. Στα τρισδιάστατα μοντέλα που παράγονται, ο χρήστης μπορεί να δηλώσει πού βρίσκεται το κάθε εξάρτημα, επιπλέον χαρακτηριστικά του εξαρτήματος και την κατάσταση του κατά τον έλεγχο. Επιπλέον, το λογισμικό δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να εξάγει αναφορές για το συγκεκριμένο εξάρτημα ή για όλη την εγκατάσταση με ιδιαίτερα μεγάλη ευκολία και με μερικά μόνο κλικ. [96]



Εικόνα 61 Στιγμιότυπο από την εποπτεία εξαρτημάτων σε κεραία κινητής τηλεφωνίας με την χρήση του λογισμικού PIX4Dinspect

6.2.2. Το PIX4Dfields

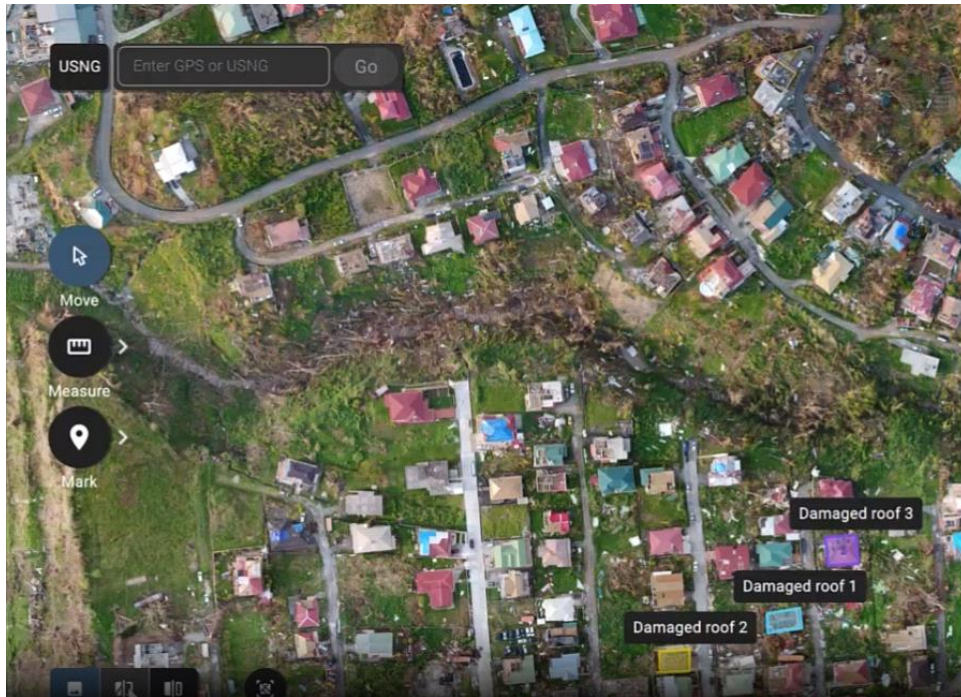
Το PIX4fields είναι ένα εξειδικευμένο λογισμικό ανάλυσης δεδομένων που συλλέγονται από drone με χρήση καμερών, είτε rgb, δηλαδή ορατού φάσματος, είτε πολυφασματικών. Με σκοπό την γεωργία ακριβείας, την παρακολούθηση, δηλαδή, των καλλιεργειών με σκοπό τον έγκαιρο εντοπισμό ανωμαλιών στην ανάπτυξή τους. Για την χρήση του λογισμικού αυτού δεν απαιτείται σύνδεση στο ίντερνετ, γεγονός που το καθιστά κατάλληλο για χρήση ακόμα και στο πεδίο. Έχει προεγκατεστημένους, αρκετούς δείκτες για την ανάλυση των εικόνων. Ενδεικτικά, αναφέρονται, ο NDVI ο οποίος μετρά την ποσότητα της χλωροφύλλης και ο Δείκτης αντανάκλασης ανθοκυανίνης ο οποίος μετρά την γήρανση των φυτών. Επιπλέον, όμως, υπάρχει και η δυνατότητα να εισαχθούν συναρτήσεις για οποιονδήποτε δείκτη χρειάζεται ο αγρότης, ανάλογα με το είδος της καλλιέργειάς του. Συνήθως, συνδυάζεται με το PIX4Dmapper για την χαρτογράφηση των καλλιεργειών και την δημιουργία ορθομωσαϊκών.[97]



Εικόνα 62 Ανάλυση καλλιέργειας με τον Δείκτη αντανάκλασης ανθοκυανίνης με την χρήση του λογισμικού PIX4fields

6.2.3. Το PIX4Dreact

Το PIX4Dreact είναι ένα λογισμικό χαρτογράφησης που απευθύνεται κυρίως σε υπηρεσίες πολιτικής προστασίας και εξειδικεύεται στην γρήγορη δημιουργία δυσδιάστατων χαρτών. Σκοπό έχει, την γρήγορη αποτύπωση μίας περιοχής που έχει υποστεί κάποια καταστροφή, όπως πυρκαγιά, σεισμό ή πλημμύρα, για να μπορούν οι αρμόδιες αρχές να λάβουν ταχύτερα και πιο στοχευμένες αποφάσεις. Έχει την δυνατότητα, να συγκρίνει τους χάρτες που δημιουργεί με υπάρχοντες και να τους διαμοιράζει για να συνεισφέρει στην συνεργασία των εμπλεκόμενων φορέων. Ο χειριστής μπορεί να σηματοδοτεί διάφορες περιοχές στον χάρτη που δημιουργείται μέσω του λογισμικού και με μερικά κλικ να εξάγει αναφορές, σε μορφή pdf εγγράφου. Τέλος, οι χάρτες που δημιουργούνται μπορούν εύκολα να εξαχθούν σε μορφή GIS για να εισαχθούν σε συστήματα που ήδη μπορεί να χρησιμοποιούνται από τις ενδιαφερόμενες υπηρεσίες.[98]



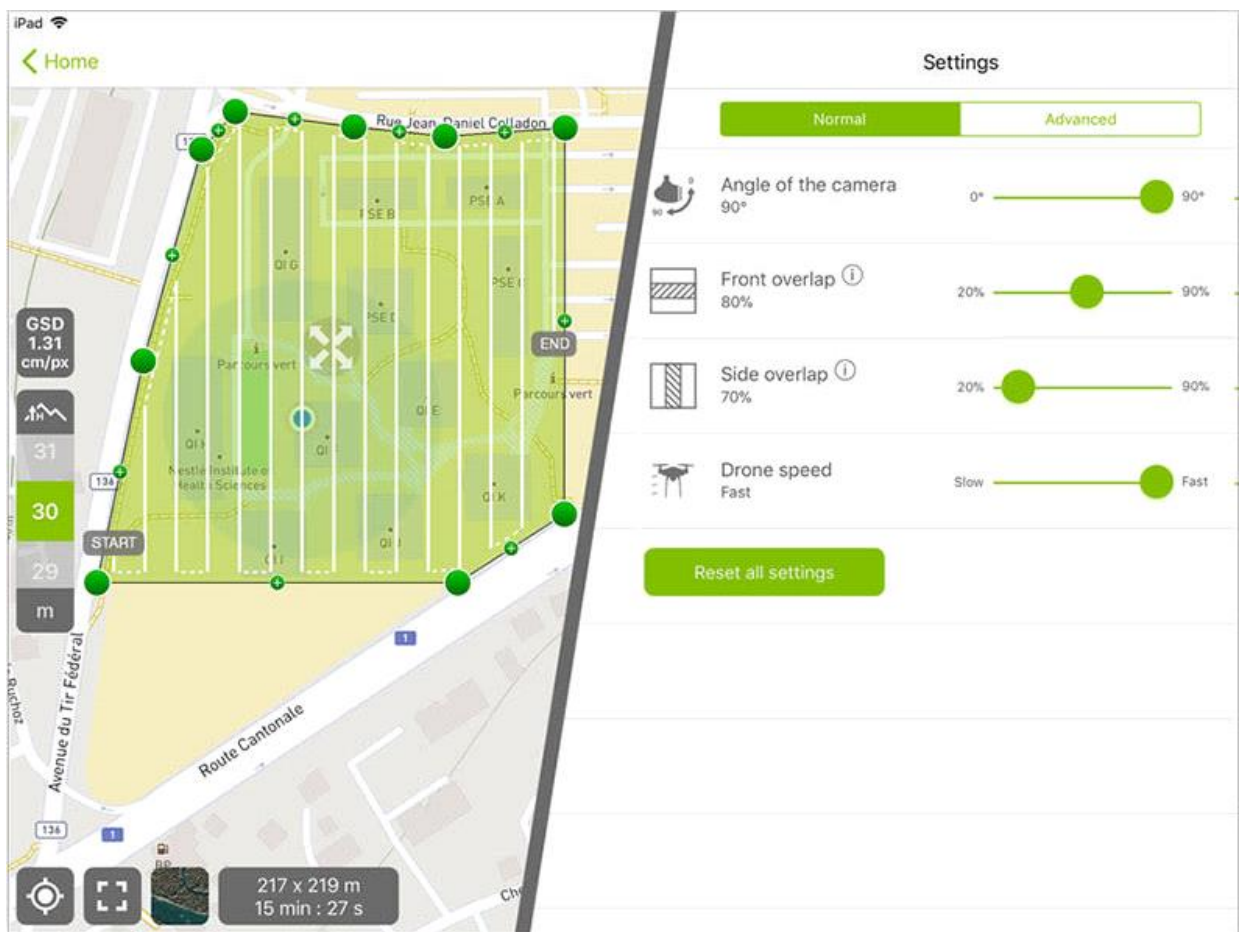
Εικόνα 63 Χάρτης που δημιουργήθηκε με την χρήση του λογισμικού PIX4Dreact και έχει σηματοδοτημένες τρεις περιοχές στις οποίες εντοπίζονται καταστροφές

6.3. Λογισμικά για συλλογή δεδομένων

6.3.1. Το PIX4Dcapture

Το PIX4Dcapture είναι ένα λογισμικό για φορητές συσκευές (Android ή ios) σχεδιασμένο να συνδέεται με σχεδόν όλα τα drone των μεγάλων εταιριών. Μέσα από αυτό, σχεδιάζεται η πτήση και ρυθμίζονται όλες οι παράμετροι που είναι απαραίτητες για την συλλογή δεδομένων με drone. Οι παράμετροι αυτοί είναι το ύψος πτήσης, η επικάλυψη των εικόνων, η γωνία λήψης, το ζουμ και η διαδρομή που θα ακολουθήσει το drone. Είναι σχεδιασμένο έτσι, ώστε να λειτουργεί τόσο με απλές rgb κάμερες, όσο και με εξειδικευμένες πολυφασματικές κάμερες. Τα δεδομένα που συλλέγονται μπορούν είτε να εξαχθούν για μετέπειτα επεξεργασία σε άλλο λογισμικό, είτε να σταλούν απευθείας στο PIX4Dcloud και επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα τα δεδομένα αυτά να ελεγχθούν ως προς την ορθότητά τους, απευθείας στην εφαρμογή. Οι επιλογές που παρέχονται για τον σχεδιασμό της πτήσης είναι η διαδρομή τύπου πολύγωνο, τύπου πλέγματος, διπλού πλέγματος και η κυκλική, ωστόσο, υπάρχει και η δυνατότητα της ελεύθερης πτήσης από τον χειριστή. Από τις παραπάνω επιλογές, οι τρεις πρώτες προτιμώνται, κυρίως, για δημιουργία χαρτών δύο

διαστάσεων και η κυκλική χρησιμοποιείται, συνήθως, όταν ο σκοπός της πτήσης είναι η δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων.[99]



Εικόνα 64 Σχεδιασμός πτήσης τύπου πολύγωνου και ρύθμισης των λοιπών παραμέτρων, με την χρήση του λογισμικού PIX4Dcapture

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Σχεδιαστικές παράμετροι

Στο παρόν κεφάλαιο, θα συγκεντρωθούν και θα αναφερθούν οι παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπόψιν όταν σχεδιάζεται ένα σύστημα που θα κάνει χρήση μη επανδρωμένου ιπτάμενου οχήματος. Ο σκοπός του κεφαλαίου, είναι να γίνουν σαφείς οι επιλογές που πρέπει να γίνουν έτσι ώστε, να σχεδιαστεί ένα σύστημα που θα ανταποκρίνεται στον σκοπό της εφαρμογής για την οποία επιλέγεται.

7.1. Το ύψος πτήσης

Ανάλογα με το είδος της εφαρμογής για την οποία σχεδιάζεται ένα σύστημα UAV, σημαντικό ρόλο παίζει το μέγιστο ύψος πτήσης. Για εφαρμογές παρατήρησης του εδάφους, δεν είναι απαραίτητο να επιλεγεί κάποιο UAV που έχει μεγάλο ύψος πτήσης, γιατί αυτό θα ανεβάσει το κόστος του συστήματος. Αντίθετα, όμως, όταν πρόκειται για εφαρμογές περιβαλλοντολογικών μετρήσεων, ή στρατιωτικού τύπου εφαρμογές που απαιτούν την δύσκολη ανίχνευση του UAV, τότε το μεγάλο ύψος πτήσης είναι απαραίτητο. Ένας ακόμα παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψιν όταν επιλέγεται το μέγιστο ύψος πτήσης είναι το μέγεθος της επιφάνειας παρατήρησης για την εκάστοτε εφαρμογή. Όσο πιο ψηλά πετάει το UAV, τόσο μεγαλύτερη επιφάνεια μπορεί να παρατηρεί. Σαφώς, όμως, όταν το ύψος είναι εξαιρετικά μεγάλο απαιτούνται και οπτικά αισθητήρια με μεγάλη ανάλυση και φυσικά αντίστοιχο κόστος.

7.2. Το είδος του UAV

Η επιλογή του είδους του UAV, όπως έχουμε ήδη αναφέρει σε προηγούμενο κεφάλαιο, εξαρτάται από το είδος της εφαρμογής. Όταν η εφαρμογή απαιτεί μεγαλύτερο χρόνο πτήσης και μεγαλύτερες αποστάσεις, τότε η ιδανικότερη λύση είναι τα UAV σταθερής πτέρυγας τύπου μικρού αεροπλάνου, ενώ όταν πρόκειται για φορητό σύστημα τότε καταλληλότερα είναι τα υβριδικά UAV που μπορούν να

επιτύχουν κάθετη απογείωση/προσγείωση. Όταν η εφαρμογή απαιτεί το UAV να μπορεί να μείνει σταθερό σε ένα σημείο, την επιτήρηση ή την παρακολούθηση κάθετων στόχων, όπως μίας γέφυρας ή ενός κτηρίου, τότε καταλληλότερο είδος είναι αυτό των πολυκόπτερων. Πολυκόπτερα, επίσης, επιλέγονται όταν ο χρόνος πτήσης και η εμβέλεια επιτήρησης καλύπτονται από αυτά, για λόγους κόστους και ευχρηστίας.

7.3. Ο αριθμός των ρότορων

Αυτή η επιλογή, αναφέρεται στα πολυκόπτερα και όχι στα UAV τύπου αεροπλάνου. Ο περισσότερο διαδεδομένος τύπος είναι αυτός των τεσσάρων ρότορων ή τετρακόπτερο. Τα drone με περισσότερους ρότορες έχουν το πλεονέκτημα ότι έχουν μεγαλύτερη ανυψωτική ικανότητα, δηλαδή μπορούν να μεταφέρουν μεγαλύτερο ωφέλιμο φορτίο. Επίσης, σε περίπτωση βλάβης κάποιου από τους κινητήρες, το drone μπορεί να προσγειωθεί με ασφάλεια με τους υπολοίπους ρότορες. Το κύριο μειονέκτημα όμως, είναι η ανάγκη για μεγαλύτερη ισχύ, που έχει ως αποτέλεσμα την αναγωγή περισσότερων μπαταριών, οπότε και μεγαλύτερου βάρους, γεγονός που ανεβάζει αρκετά το κόστος. Με βάση τα παραπάνω, συμπεραίνεται ότι τέτοιου είδους drone αποφεύγονται όταν οι ανάγκες τής εκάστοτε εφαρμογής μπορούν να καλυφθούν με λιγότερους ρότορες. Εφαρμογές στις οποίες επιλέγονται συνήθως drone με περισσότερους ρότορες, είναι αυτές που απαιτούν την μεταφορά μεγάλων φορτίων, όπως για παράδειγμα drone για ταχυμεταφορές ή πολύ βαριά αισθητήρια.[100]

7.4. Το ωφέλιμο φορτίο και βασικός αισθητήρας

Το ωφέλιμο φορτίο ενός drone είναι το φορτίο που μπορεί να μεταφέρει πετώντας με σταθερότητα και ασφάλεια, αφού, όμως, έχουν αφαιρεθεί από το συνολικό βάρος που μπορεί να σηκώσει, το βάρος του σώματος του drone και το βάρος των μπαταριών του. Με τον όρο ωφέλιμο φορτίο ή Pay load, αναφερόμαστε στο βάρος του βασικού αισθητήρα που θα μεταφέρει το drone και στο βάρος των επιμέρους αισθητήρων που χρειάζονται για τους σκοπούς της εφαρμογής, αλλά δεν είναι απαραίτητοι για την πτήση του. Η επιλογή των αισθητήρων πρέπει να γίνει συνδυαστικά με την επιλογή του drone, λαμβάνοντας υπόψιν τις ανάγκες για pay load

που προκύπτουν. Όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο, όσο ανεβαίνει το βάρος που μπορεί να σηκώσει ένα drone τόσο ανεβαίνει και το κόστος. Το είδος του βασικού αισθητήρα που θα επιλεγεί εξαρτάται απόλυτα από το είδος της εφαρμογής και των δεδομένων που απαιτείται να συλλεχθούν. Για εφαρμογές απλής χαρτογράφησης, ένας οπτικός αισθητήρας rgb είναι η καταλληλότερη επιλογή. Για εφαρμογές που απαιτούν και νυχτερινή επιτήρηση, τότε θα πρέπει να επιλεγεί κάποιος οπτικός αισθητήρας που να δουλεύει και στο υπέρυθρο φάσμα. Όταν πρόκειται για εφαρμογές έρευνας και διάσωσης ή εποπτείας υποδομών, κατάλληλη επιλογή θα ήταν, μαζί με τον οπτικό rgb αισθητήρα, και ένας θερμικός.

7.5. Ο τρόπος μετάδοσης και η εμβέλεια

Ο τρόπος μετάδοσης είναι μια ακόμα παράμετρος που θα καθορίσει την επιλογή του κατάλληλου drone για την εκάστοτε εφαρμογή, γιατί κάθε τρόπος μετάδοσης έχει κάποιους περιορισμούς και κάποια πλεονεκτήματα έναντι των άλλων. Για παράδειγμα, σε μία εφαρμογή που δεν απαιτεί μεγάλη εμβέλεια από το drone, όπως την παρακολούθηση της καλλιέργειας ενός χωραφιού ή την εποπτεία ενός εργοταξίου, τότε ο καλύτερος τρόπος μετάδοσης που μπορεί να επιλεγεί, είναι αυτός στις μπάντες του Wifi 2.4 GHz και 5 GHz. Γενικότερα, η συχνότερη επιλογή είναι αυτή του Wifi για εφαρμογές που απαιτούν εμβέλεια μέχρι και 15 Km. Σε εφαρμογές που η απαιτούμενη εμβέλεια ξεπερνά τα 15 Km, η συχνότερη επιλογή είναι αυτή που χρησιμοποιεί το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας και πιο συγκεκριμένα τις συνδέσεις 3G/4G και σύντομα 5G. Με τον τρόπο αυτό, η εμβέλεια του drone είναι θεωρητικά απεριόριστη, έτσι ο μόνος παράγοντας που μπορεί να την περιορίσει είναι η αυτονομία των μπαταριών που φέρει το drone. [101]

7.6. Αυτονομία και μπαταρίες

Η αυτονομία του drone εξαρτάται κυρίως από το συνολικό του βάρος, από την χωρητικότητα των μπαταριών και από την κατανάλωση των επιμέρους συστημάτων του. Στα εμπορικά διαθέσιμα drone, η αυτονομία ή χρόνος πτήσης ξεκινά από 10–20' και φτάνει μέχρι σχεδόν και την μία ώρα. Η χωρητικότητα των μπαταριών στα εμπορικά διαθέσιμα drone ξεκινά από 1800 mAh και φτάνει μέχρι τα 16000 mAh, σε μεγάλα drone. Συνήθως, για να επιτυγχάνεται καλύτερη ευστάθεια στο drone, ειδικά

στα μεγαλύτερα, η χωρητικότητα που αναφέρθηκε είναι διαμοιρασμένη σε περισσότερες από μία μπαταρίες.

7.7. Τα επιμέρους συστήματα αισθητήρων

Ανάλογα με το είδος της εφαρμογής μπορεί να χρειάζονται επιμέρους συστήματα που σε άλλου είδους εφαρμογές θα ήταν περιττά, και θα ανέβαζαν άσκοπα το κόστος και την κατανάλωση των μπαταριών. Τέτοια συστήματα, είναι αυτά που κάνουν ευκολότερη και περισσότερο αυτοματοποιημένη την πτήση με αποφυγή τυχόν εμποδίων. Συμπεραίνουμε, λοιπόν, ότι όταν η εφαρμογή απαιτεί χρήση του drone σε δύσκολες συνθήκες πτήσης, όπως πυκνοκατοικημένες πόλεις, δάση ή εσωτερικούς χώρους, τέτοια συστήματα είναι απαραίτητα ώστε να αποφευχθούν ανεπιθύμητες πτώσεις. Αντίθετα, όμως, σε εφαρμογές που δεν πρόκειται το drone κατά την πτήση του να συναντά εμπόδια, τότε η προσθήκη τέτοιων απαιτητικών συστημάτων θα ήταν περιττή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Κείμενο

- [1] <https://www.youtube.com/watch?v=bOYWx1jJCZo>
- [2] <https://www.army-technology.com/projects/centaur-unmanned-ground-vehicle/>
- [3] <https://geo-matching.com/usvs-unmanned-surface-vehicles/m40p-usv>
- [4] https://www.researchgate.net/publication/40777533_State-of-the-Art_System_Solutions_for_Unmanned_Underwater_Vehicles
- [5] https://web.archive.org/web/20170520003034/http://www.ctie.monash.edu/hargrave/rpav_home.html#Beginnings
- [6] <https://invention.si.edu/sperry-gyroscope-company-division-records-1910-1970>
- [7] <https://clever-geek.imtqy.com/articles/4202207/index.html>
- [8] <https://www.museumofflight.org/aircraft/fieseler-fi-103-v1>
- [9] https://www.researchgate.net/publication/261450396_The_generalized_classification_of_Unmanned_Air_Vehicles
- [10] http://ikee.lib.auth.gr/record/300255/files/KARTSAKLI723_EE.pdf
- [11] <https://www.semanticscholar.org/paper/Comparison-of-a-Fixed-Wing-and-Multi-Rotor-Uav-for-Boon-Drijfhout/4c36776ed97177ecfa49987cda00ced84e8b1dc3>
- [12] Παπαδημητρίου Δανιήλ, Κατασκευή μη επανδρωμένου τετρακόπτερου (Drone), Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα Πληροφορικής & Τηλεπικοινωνιών, Άρτα 2019.
- [13] Κοσμέτος Ευάγγελος, Παραμετροποίηση συστήματος μη επανδρωμένου ηλεκτροκινητήριου ανεμόπτερου σε εφαρμογές τρισδιάστατης αποτύπωσης, Διπλωματική εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Χανιά 2018
- [14] <https://www.naftemporiki.gr/story/1219838/u-lion-ybridiko-uav-pou-uposxetai-epanastasi-sta-drones>
- [15] https://ebooks.edu.gr/ebooks/v/html/8547/2682/Fysiki_B-Lykeiou-GP_html-empl/index3_1.html
- [16] <https://www.eef.edu.gr/media/2660/o-aggelioforos-tou-subantos.pdf>
- [17] https://www.researchgate.net/publication/334125786_JAMES_CLERK_MAXWELL-Physics_News_No_29_April_2019_pp_04-21
- [18] http://ebooks.edu.gr/ebooks/v/html/8547/2728/Fysiki-G-Lykeiou-ThSp_html-apli/index2_8.html
- [19] <https://www.americanscientist.org/article/herschel-and-the-puzzle-of-infrared>
- [20] Electromagnetic radiation. (2004). In Encyclopdia Britannica
- [21] <https://krylex.com/industries/consumer-electronics/camera-module-assembly-adhesives/>

- [22] https://www.researchgate.net/publication/343755508_Optical_Camera_Communications_Principles_Modulations_Potential_and_Challenges
- [23] [http://www.ijesi.org/papers/Vol\(5\)8/K0508069072.pdf](http://www.ijesi.org/papers/Vol(5)8/K0508069072.pdf)
- [24] <https://www.edmundoptics.com/knowledge-center/application-notes/imaging/understanding-camera-sensors-for-machine-vision-applications/>
- [25] <https://www.baumer.com/ch/en/service-support/function-principle/operating-principle-and-features-of-cmos-sensors/a/EMVA1288>
- [26] https://www.researchgate.net/publication/338633707_The_Brewing_Industry_and_the_Opportunities_for_Real-Time_Quality_Analysis_Using_Infrared_Spectroscopy
- [27] https://www.axis.com/files/articles/Ch5_thermalcameras.pdf
- [28] <https://www.flir.com/discover/rd-science/cooled-or-uncooled/>
- [29] https://www.flir.eu/discover/rd-science/how-do-thermal-cameras-work/?utm_content=1592350270
- [30] <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/10177/101771X/An-80x80-microbolometer-type-thermal-imaging-sensor-using-the-LWIR/10.1117/12.2275161.short?SSO=1>
- [31] <https://www.pulsar-nv.com/deu/en/support/night-vision-technologies/77/>
- [32] https://science.nasa.gov/ems/07_infraredwaves
- [33] <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/00365513.2012.681929>
- [34] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0733863519300968>
- [35] <https://www.sciencelearn.org.nz/resources/1305-uses-for-uv>
- [36] <https://www.labmate-online.com/news/news-and-views/5/breaking-news/what-are-the-uses-of-x-rays/37403>
- [37] https://science.nasa.gov/ems/12_gammarays
- [38] <https://mediasrv.uaa.gr/eclass/modules/document/file.php/EZPY153/%CE%91%CF%84%CE%BF%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CE%AE-%CE%A0%CF%85%CF%81%CE%B7%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE/1.pdf>
- [39] <https://www.dji.com/gr>
- [40] <https://www.parrot.com/us/about-parrot>
- [41] <https://freelysystems.com/>
- [42] <https://www.skydio.com/>
- [43] <https://shop.yuneec.com/>
- [44] <https://www.flyability.com/>
- [45] <https://www.autelrobotics.com>

- [46] <https://www.dji.com/gr/mavic-3>
- [47] <https://www.dji.com/gr/air-2s>
- [48] <https://www.dji.com/gr/mini-2>
- [49] <https://www.dji.com/gr/dji-fpv>
- [50] <https://www.dji.com/gr/phantom-4-pro>
- [51] <https://www.dji.com/gr/phantom-4-rtk>
- [52] <https://www.dji.com/gr/inspire-2>
- [53] <https://www.dji.com/gr/matrice-200-series>
- [54] <https://www.dji.com/gr/matrice-200-series-v2>
- [55] <https://www.dji.com/gr/matrice-300>
- [56] <https://www.dji.com/gr/matrice600>
- [57] <https://www.parrot.com/en/drones/anafi>
- [58] <https://www.parrot.com/en/drones/anafi-thermal>
- [59] <https://www.parrot.com/us/drones/anafi-ai>
- [60] <https://freeflysystems.com/astro>
- [61] <https://freeflysystems.com/alta-x>
- [62] <https://www.skydio.com/skydio-2-plus>
- [63] <https://www.skydio.com/skydio-x2>
- [64] <https://www.flyability.com/elios-2>
- [65] <https://www.flyability.com/elios-2-rad>
- [66] <https://geoliteracyproject.com/readyourplanet/2021/8/4/drones-for-evaluation-affordable-repeatable-accurate-and-quick>
- [67] <https://www.propelleraero.com/blog/ground-sample-distance-gsd-calculate-drone-data/>
- [68] <https://fipep.ioa.teiep.gr/images/deliverables/122Monteloefafous.pdf>
- [69] https://eclass.hua.gr/modules/document/file.php/GEO134/%CE%94%CE%99%CE%91%CE%9B%CE%95%CE%9E%CE%95%CE%99%CE%A3%202021/UA_V_mappingFaraslis_%CE%9C%CE%B1%CE%B8%CE%B7%CE%BC%CE%B1%202%CE%BF.pdf
- [70] <https://kataskevesktirion.gr/η-χρήση-της-τεχνικής-rtk-για-τον-προσδιορ/>
- [71] http://conta.uom.gr/conta/ekpaideysh/metapyxiaka/technologies_diktywn/ergasies/2019/Communications%20Networks%20for%20Unmanned%20Aerial%20Vehicle.pdf
- [72] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924271614000501>

- [73] <https://datarespons.com/drones-wireless-video/>
- [74] <https://ieeexplore.ieee.org/document/8539117>
- [75] <https://solvi.ag/features>
- [76] <https://www.prapopoulos.com/post/5-%CF%87%CF%81%CE%AE%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82-drones-%CF%84%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CF%80%CE%B9%CF%83%CE%BA%CF%8C%CF%80%CE%B9%CF%83%CE%B7%CF%82-%CE%B3%CE%B9%CE%B1-%CF%84%CE%B7%CE%BD-%CE%AC%CE%BD%CE%BF%CE%B9%CE%BE%CE%B7>
- [77] <https://enterprise-insights.dji.com/blog/dji-terra-updates-faster-data-processing>
- [78] <https://academic.oup.com/jme/article-abstract/57/5/1588/5849166>
- [79] <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/1/182/htm>
- [80] <https://www.heliguy.com/blogs/posts/five-ways-police-are-using-drones>
- [81] <https://www.firefightingreece.gr/2022/02/13/pyrosvestiki-sti-machi-me-tis-fysikes-katastrofes-mpikan-pleon-kai-ta-drones/>
- [82] <https://lucidcam.com/firefighter-drones/>
- [83] <https://drone.net.gr/drones-%CE%B5%CF%80%CE%B9%CF%87%CE%B5%CE%B9%CF%81%CE%AE%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82-%CE%AD%CF%81%CE%B5%CF%85%CE%BD%CE%B1%CF%82-%CE%B4%CE%B9%CE%AC%CF%83%CF%89%CF%83%CE%B7%CF%82-2/>
- [84] https://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_combat_aerial_vehicle
- [85] https://en.wikipedia.org/wiki/UAVs_in_the_U.S._military
- [86] <https://www.measure.com/drones-in-transmission-distribution-utilities>
- [87] <https://www.gim-international.com/content/news/drone-surveying-software-simplifies-workflow-for-earthworks-monitoring-at-construction-sites>
- [88] https://escholarship.org/content/qt8d67642f/qt8d67642f_noSplash_d7c66153bd96a03f9318eefe6ab879c0.pdf
- [89] <https://www.dronesolutions.gr/georgia-anaptiksi.php>
- [90] <https://coptrz.com/14-ways-to-use-multispectral-imagery-in-agriculture/>
- [91] <https://www.dji.com/gr/t20?site=brandsite&from=nav>
- [92] <https://www.pix4d.com/product/pix4dmapper-photogrammetry-software>
- [93] <https://www.pix4d.com/product/pix4dsurvey>
- [94] <https://www.pix4d.com/product/pix4dmatric-large-scale-photogrammetry-software>
- [95] <https://www.pix4d.com/product/pix4dcloud>

- [96] <https://www.pix4d.com/product/pix4dinspect-inspection-asset-management-software>
- [97] <https://www.pix4d.com/product/pix4dfields>
- [98] <https://www.pix4d.com/product/pix4dreact>
- [99] <https://www.pix4d.com/product/pix4dcapture>
- [100] <https://oscarliang.com/types-of-multicopter/>
- [101] <https://dronesgator.com/long-range-drones/>
- [102] <https://www.uasvision.com/2020/06/03/northrop-radioplane-rp-71-falconer-the-first-reconnaissance-drone/>
- [103] https://www.waymarking.com/waymarks/WMVH16_Insitu_Aerosonde_Laima_Seattle_WA

Εικόνες

[Εικόνα 1] <https://www.army-technology.com/projects/centaur-unmanned-ground-vehicle/>

[Εικόνα 2] <https://www.oceanalpha.com/application/tailings-dam-bathymetry-survey/>

[Εικόνα 3] <http://www.geocities.ws/robertfhess/jason.htm>

[Εικόνα 4] <https://www.historytoday.com/archive/bombs-over-venice>

[Εικόνα 5] <https://www.usni.org/magazines/naval-history-magazine/2019/august/early-pilotless-aircraft>

[Εικόνα 6] https://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.php?aircraft_id=213

[Εικόνα 7] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Northrop_Ventura_Radioplane_RP-71_%22Falconer%22_-_AN-USD-1B_-_MQM-57B.jpg

[Εικόνα 8] <https://slideplayer.com/slide/3853744/>

[Εικόνα 9] https://www.researchgate.net/figure/Figura-31-Configuratii-structurale-de-motorizare-drone_fig1_342707982

[Εικόνα 10] <https://www.electronicproducts.com/unmanned-aerial-vehicles-block-diagram/>

[Εικόνα 11] https://www.researchgate.net/figure/Classification-of-UAV-based-on-wings-and-rotors_fig2_344592031

[Εικόνα 12] <https://classnotes.ng/lesson/electromagnetic-waves-physics-sss3/>

[Εικόνα 13] <https://www.vanqled.com/how-to-choose-the-best-full-spectrum-led-grow-lights-for-your-crops/>

[Εικόνα 14] https://www.researchgate.net/figure/A-brief-schematic-of-a-digital-camera_fig5_343755508

[Εικόνα 15] [http://www.ijesi.org/papers/Vol\(5\)8/K0508069072.pdf](http://www.ijesi.org/papers/Vol(5)8/K0508069072.pdf)

[Εικόνα 16] <https://www.pulsar-nv.com/deu/en/support/night-vision-technologies/1636/>

[Εικόνα 17] <https://www.titech.ac.jp/english/news/2016/035368>

[Εικόνα 18] <https://www.indiamart.com/proddetail/infrared-cctv-camera-13592654162.html>

[Εικόνα 19] <https://www.cctvsg.net/how-infrared-camera-works/>

[Εικόνα 20] <https://www.bobvila.com/articles/best-thermal-camera/>

[Εικόνα 21] <https://phys.org/news/2010-07-infrared-camera-view.html>

[Εικόνα 22] <https://scitechdaily.com/gamma-rays-conclusions-based-on-fermi-data/>

[Εικόνα 23]

https://c.scdn.gr/images/sku_main_images/032221/32221577/20211109102353_dji_mavic_3_cp_ma_0000447_01.jpeg

[Εικόνα 24] <https://dji-official-fe.djicdn.com/dps/deb96ea49797d1e6c5ef24efc633bee4.jpg>

[Εικόνα 25] DJI Mini 2
https://a.scdn.gr/images/sku_main_images/025686/25686333/20210203162259_dji_mini_2.jpeg

[Εικόνα 26] DJI FPV Drone
<https://cdn.plaisio.gr/mms/Product-Images/PlaisioGr/3/6/6/2/6/3/2/3662632.jpg>

[Εικόνα 27] DJI Phantom 4 Pro
<https://www.electronet.gr/sites/default/files/sites/default/files/custom/e-1-c55885e9b95910920cb5caba54e042ca.png>

[Εικόνα 28] DJI Inspire 2
https://asset.conrad.com/media10/isa/160267/c1/-/en/1642275_LB_00_FB/image.jpg

[Εικόνα 29] DJI MATRICE 200 V2
<https://www.dronerds.com/media/product/d74/dji-matrice-200-v2-enterprise-quadcopter-m200v2combo-dji-40c.jpg>

[Εικόνα 30] DJI MATRICE 300 RTK
https://a.scdn.gr/images/sku_main_images/030394/30394065/20210809124353_dji_matrice_300_rtk_care_enterprise_basic.jpeg

[Εικόνα 31] DJI MATRICE 600 Pro
https://asset1.djicdn.com/images/360/m600-pro/s2v2/1_0.png

[Εικόνα 32] parrot ANAFI
https://b.scdn.gr/images/sku_main_images/018307/18307836/20190423121259_parrot_anafi.jpeg

[Εικόνα 33] parrot ANAFI Thermal
https://d37a7hdqkzcd8.cloudfront.net/products/12_19/Parrot_Anafi_Thermal-prev_2019-12-19_full

[Εικόνα 34] parrot ANAFI Ai
<https://caelusdrones.co.uk/wp-content/uploads/ANAFI-Ai.jpg>

[Εικόνα 35] Freeflysystems ASTRO
<https://www.drone.jp/wpdrone/news/wp-content/uploads/2020/10/Astro004.jpg>

[Εικόνα 36] Freeflysystems ALTA X
https://www.professional-multirotors.com/wp-content/uploads/sites/6/2019/11/freely_alta-x.jpg

[Εικόνα 37] Skydio 2+
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fc/Skydio_2_drone.webp

[Εικόνα 38] Skydio X2
<https://cdn.sanity.io/images/mgxz50fq/production/d92c9ea8bb1b74cee308973f2b0057512f83ca03-4244x1504.png?w=2560&h=907&fit=crop>

[Εικόνα 39] FLYBILITY Elios 2
<https://www.flyability.com/hs-fs/hubfs/flyability-2019/images/first-slide.png?width=706&height=675&name=first-slide.png>

[Εικόνα 40] Επεξηγηματικό σκίτσο απόσταση δείγματος εδάφους GSD
<https://ncsu-geoforall-lab.github.io/uav-lidar-analytics-course/lectures/img/plan/gsd.png>

[Εικόνα 41] Χρήση επίγειου δέκτη GNSS για την τοποθέτηση Σημείου Ελέγχου Εδάφους και Σήμανσή του
<https://laorizont.ro/wp-content/uploads/2020/04/Emlid-Reach-RS-Wheat-field-La-Orizont.jpg>

[Εικόνα 42] <https://www.vboxautomotive.co.uk/index.php/en/how-does-it-work-rtk>

[Εικόνα 43] <https://www.dronezon.com/learn-about-drones-quadcopters/drone-gimbal-design-components-parts-technology-overview/>

[Εικόνα 44]

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.skrouz.gr%2F%2F25003794%2FDJI-Phantom-4-Multispectral.html&psig=AOvVaw0aqJYIGt06jlxquaPS1uJO&ust=1642104412876000&source=images&cd=vfe&ved=0CAsQjRxqFwoTCJCawuaBrfUCFQAAAAAdAAAAABAq>

[Εικόνα 45] <https://www.headwallphotonics.com/products/hyperspectral-sensors>

[Εικόνα 46] <https://geo-matching.com/uas-lidar-systems/zenmuse-11>

[Εικόνα 47]

https://c1.neweggimages.com/ProductImageCompressAll1280/V1DS_1_20180509255202930.jpg

[Εικόνα 48] <https://cdn-shop.adafruit.com/970x728/4385-03.jpg>

[Εικόνα 49] <https://www.pny.eu/data/products/article-large/1552-20210630164917.png>

[Εικόνα 51] <https://www.youtube.com/watch?v=OfT7GW6gyoY>

[Εικόνα 52] <https://www.emergency-live.com/el/%CF%80%CF%85%CF%81%CE%BF%CF%83%CE%B2%CE%AD%CF%83%CF%84%CE%B5%CF%82/%CF%80%CF%85%CF%81%CE%BF%CF%83%CE%B2%CE%B5%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AC-drones-%CF%80%CF%85%CF%81%CE%BF%CF%83%CE%B2%CE%B5%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE-%CE%AC%CF%83%CE%BA%CE%B7%CF%83%CE%B7-%CF%83%CE%B5-%CF%80%CE%BF%CE%BB%CF%85%CF%8E%CF%81%CE%BF%CF%86%CE%BF-%CE%BA%CF%84%CE%AF%CF%81%CE%B9%CE%BF-%CF%84%CE%B7%CF%82-%CF%80%CF%85%CF%81%CE%BF%CF%83%CE%B2%CE%B5%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE%CF%82-%CF%85%CF%80%CE%B7%CF%81%CE%B5%CF%83%CE%AF%CE%B1%CF%82-laixi-%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BD-%CE%9A%CE%B9%CE%BD%CE%B3%CE%BA%CE%BD%CF%84%CE%AC%CE%BF-%CF%84%CE%B7%CF%82-%CE%9A%CE%AF%CE%BD%CE%B1%CF%82/>

[Εικόνα 53] https://drone.net.gr/drones-%CE%B5%CF%80%CE%B9%CF%87%CE%B5%CE%B9%CF%81%CE%AE%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82-%CE%AD%CF%81%CE%B5%CF%85%CE%BD%CE%B1%CF%82-%CE%B4%CE%B9%CE%AC%CF%83%CF%89%CF%83%CE%B7%CF%82-

[Εικόνα 54] https://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_combat_aerial_vehicle

[Εικόνα 55] <https://www.measure.com/hs-fs/hubfs/pillar/drones-in-td/fig-3-3.jpg?width=1040&name=fig-3-3.jpg>

[Εικόνα 56] <https://www.gim-international.com/cache/f/6/b/7/0/f6b706a03832c19e532cf74ec8ebd60090c44fd2.jpeg>

[Εικόνα 57] <https://www.pix4d.com/blog/documenting-large-complex-archaeological-environments-drone-mapping>

[Εικόνα 58] <https://www.pix4d.com/product/pix4dfields>

[Εικόνα 59] <https://www.ingeniovirtual.com/cro-como-optimizar-la-tasa-de-conversion/?p=5.59.6026704.5.17.58.ag+drone+sprayer>

[Εικόνα 60] <https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/202560109-How-to-import-and-mark-GCPs-in-the-rayCloud>

[Εικόνα 61] <https://www.pix4d.com/product/pix4dinspect-inspection-asset-management-software>

[Εικόνα 62] <https://www.pix4d.com/product/pix4dfields>

[Εικόνα 63] <https://www.pix4d.com/product/pix4dreact>

[Εικόνα 64] <https://www.pix4d.com/product/pix4dcapture>

Πίνακες

[Πίνακας 3] Korchenko and Ilyash, 2013