



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΛΕΧΕΙΡΙΣΤΗΡΙΟΥ ΓΙΑ ΕΛΕΓΧΟ ΜΗ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΟΥ ΑΕΡΟΣΚΑΦΟΥΣ**

**ΜΠΑΛΛΑ ΣΕΝΤΙΚΕ ΑΓΓΕΛΙΚΗ**  
**A.M.:6587**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΑΡΕΛΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ**  
**ΠΑΤΡΑ 2023**

<b>Περίληψη εργασίας</b>	2
<b>1 - Εισαγωγή</b>	2
1.1. Βασικές έννοιες	2
1.2. Λίγα λόγια για τα UAV	4
1.2.1. Ιστορική Αναδρομή	4
1.2.2. Κατηγορίες	6
1.2.2.1. Σταθερής Πτέρυγας	7
1.2.2.2. Μονής Έλικας	7
1.2.2.3. Πολλαπλών Ελίκων	8
1.2.3. Αρχή λειτουργίας και Τηλεχειρισμός των Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών	10
1.2.3.1 Συχνότητες λειτουργίας	10
1.2.3.2 Τηλεχειρισμός των μη επανδρωμένων αεροσκαφών	11
1.2.3.3 Μέρη τηλεχειριστηρίου ενός μη επανδρωμένου αεροσκάφους	12
1.2.3.4 Βασικές κινήσεις ενός μη επανδρωμένου αεροσκάφους	12
1.2.3.5 Επικοινωνία του τηλεχειριστηρίου με το μη επανδρωμένο αεροσκάφος	13
1.3 Κανονισμοί Πτήσης Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών	14
<b>2 - Θεωρητική περιγραφή της λειτουργίας ενός Μη Επανδρωμένου Αεροσκάφους</b>	16
2.1. Εισαγωγικά στοιχεία για το DJI Mavic Air	16
2.2. Διαγράμματα του DJI Mavic Air	18
2.2.1. Διαγράμματα του αεροσκάφους του DJI Mavic Air	18
2.2.2. Διαγράμματα του τηλεχειριστηρίου του DJI Mavic Air	20
2.3. Προδιαγραφές του DJI Mavic Air	23
2.4. Λειτουργίες του DJI Mavic Air	29
2.4.1 Λειτουργίες πτήσης του DJI Mavic Air	29
2.4.2 Λειτουργία επιστροφής στο σπίτι του DJI Mavic Air	30
2.4.3 Αποφυγή εμποδίων κατά τη διάρκεια του RTH	30
2.4.4 Προστασία προσγείωσης του DJI Mavic Air	31

2.4.5 Ακριβής προσγείωση του DJI Mavic Air	31
2.5 Αισθητήρες αποφυγής εμποδίων του DJI Mavic Air	32
<b>3 - Χρήσεις και πεδία εφαρμογής των μη επανδρωμένων αεροσκαφών</b>	<b>32</b>
3.1. Χρήση των Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών στη βιομηχανία	33
3.2. Χρήση των Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών στην περιβαλλοντική παρακολούθηση	34
3.3. Χρήση των Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών στον τομέα της Γεωργίας	36
3.4. Χρήση των Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών στον τομέα της υγείας και σε έκτακτες καταστάσεις	37
<b>4 - Επέκταση της χρήσης των Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών</b>	<b>39</b>
4.1. Πιθανοί Κίνδυνοι από την χρήση των Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών	39
4.2. Μελλοντική επέκταση	39
<b>5 - Βιβλιογραφία</b>	<b>40</b>

## **Περίληψη εργασίας**

Στην παρούσα εργασία, γίνεται μία προσπάθεια για ενδελεχή ανάλυση της λειτουργίας των μη επανδρωμένων αεροσκαφών και των τηλεχειριστηρίων τους. Στην αρχή, μετά από την εισαγωγή κάποιων βασικών εννοιών της αυτόνομης πλοήγησης και ιστορικής αναδρομής, αναλύονται τα είδη των UAV και η δομή τους. Δίνεται βάση στην αρχή λειτουργίας των συγκεκριμένων αεροσκαφών αλλά και των τηλεχειριστηρίων τους και αναφέρονται οι κανονισμοί πτήσης των μη επανδρωμένων αεροσκαφών. Στη συνέχεια, γίνεται μία αναλυτική αναφορά ενός συγκεκριμένου μοντέλου UAV, του DJI Mavic Air UAV. Συγκεκριμένα, γίνεται παρουσίαση των διαγραμμάτων τόσο του αεροσκάφους όσο και του τηλεχειριστηρίου, γίνεται λόγος για τις προδιαγραφές του εξοπλισμού του, καθώς και αναλύονται εκτενώς οι πιο σημαντικές λειτουργίες του Mavic Air αλλά και οι αισθητήρες του. Στο επόμενο κεφάλαιο, γίνεται αναφορά στις χρήσεις και τα πεδία εφαρμογής των μη επανδρωμένων αεροσκαφών και συγκεκριμένα στους τομείς της βιομηχανίας, της περιβαλλοντικής παρακολούθησης, της γεωργίας και της υγείας. Η εργασία τελειώνει με μία αναφορά σε πιθανούς κινδύνους που ελλοχεύουν από τις άσκοπες χρήσεις των UAV αλλά και με μία μελλοντική επέκταση των ενδεχόμενων εξελίξεων της χρήσης τους.

## **1 - Εισαγωγή**

### **1.1. Βασικές έννοιες**

Ως μη επανδρωμένα αεροσκάφη ή στα αγγλικά “UAV” (Unmanned Aerial Vehicle) ονομάζονται τα ιπτάμενα οχήματα κάθε είδους τα οποία δεν έχουν ανθρώπινο πιλότο - χειριστή επί του σκάφους. Η πτήση τους δύνανται να λειτουργήσει με διάφορους βαθμούς αυτονομίας: είτε με τηλεχειρισμό από έναν χειριστή (τηλεκατευθυνόμενα) είτε μέσω του προγραμματισμού της πορείας τους πριν από την πτήση ώστε να κινούνται αυτόματα, ακολουθώντας προδιαγεγραμμένη πορεία στον αέρα (αυτοκατευθυνόμενα - προγραμματισμένα). Υπάρχουν, επίσης και UAV τα οποία πλοηγούνται και με τις 2 μεθόδους, τηλεκατευθυνόμενα και αυτοκατευθυνόμενα. Τα UAV αποτελούν το βασικό μέρος του συστήματος μη επανδρωμένων αεροσκαφών (UAS), τα οποία περιλαμβάνουν: ένα UAV, έναν επίγειο ελεγκτή και ένα σύστημα επικοινωνίας μεταξύ των δύο [1].

Μία εναλλακτική ονομασία, για τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη είναι η ονομασία drone, η οποία είναι ανεπίσημη. Η λέξη αυτή προήλθε από έναν χαρακτηριστικό θόρυβο που έκαναν τα πρώτα εν λόγω οχήματα και έμοιαζε με τον θόρυβο που έκαναν οι αρσενικές μέλισσες. Η χρήση της λέξης drone έχει αφετηρία πριν αρκετά χρόνια στον Αμερικανικό Στρατό [1]. Στη συνέχεια της εργασίας θα αναφέρεται και αυτή η λέξη για ευκολία κατανόησης.



**Εικόνα 1.1:** Μη επανδρωμένο αεροσκάφος [2]

Η αρχική κατασκευή των UAV πραγματοποιήθηκε με σκοπό την χρήση τους για στρατιωτικές επιχειρήσεις. Σήμερα, η χρήση τους δεν περιορίζεται πλέον μόνο σε στρατιωτικές εφαρμογές, αλλά έχει επεκταθεί και σε άλλες εφαρμογές όπως η καταγραφή της κίνησης στους δρόμους, ο έλεγχος δύσβατων για τον άνθρωπο, περιοχών, η μεταφορά αντικειμένων όπως φαρμάκων, η γεωργία, η βιομηχανία, η φωτογράφιση εκδηλώσεων. Χρησιμοποιούνται επίσης και στον τομέα της εκπαίδευσης. Εκτός αυτού, πλέον, τα drones έχουν και εμπορική - ιδιωτική χρήση, εφόσον ο κάθε απλός πολίτης μπορεί τόσο να αγοράσει εύκολα μία τέτοια μηχανή αλλά και να την φτιάξει συναρμολογώντας την μόνος του, με σκοπό την προσωπική ψυχαγωγία όπως λήψεις φωτογραφιών και βίντεο από ψηλά. Περισσότερη ανάλυση για τις χρήσεις και εφαρμογές των UAV θα πραγματοποιηθεί στη συνέχεια.

## 1.2. Λίγα λόγια για τα UAV

### 1.2.1. Ιστορική Αναδρομή

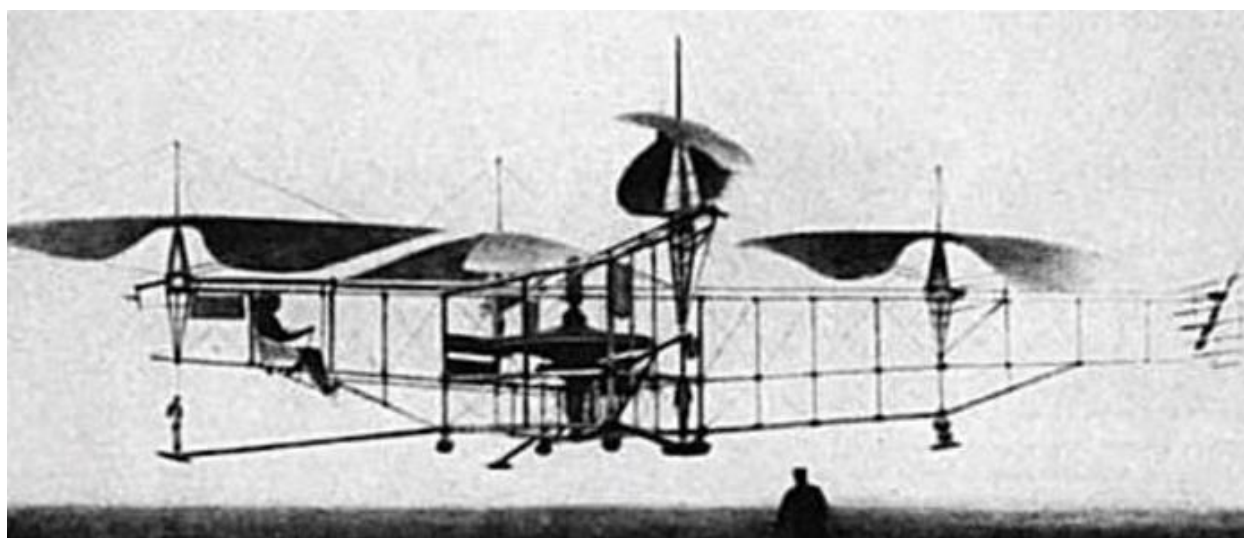
Η πρώτη κατασκευή drone έγινε σχεδόν 115 χρόνια πριν. Συγκεκριμένα, το 1907 οι αδελφοί Breguet ήταν οι πρώτοι κατασκευαστές του πρώτου τετρακόπτερου το οποίο ήταν γνωστό ως “Gyroplane No. 1” και είχε βάρος 577kg. Ήταν το πρώτο αεροσκάφος με περιστροφικά φτερά που σηκώθηκε από το έδαφος, αν και μόνο σε ύψος λίγων ποδιών. Παρότι, δεν ήταν ξεκάθαρο πώς θα γινόταν ο έλεγχος του αεροσκάφους τουλάχιστον θα πετούσε [3].



**Εικόνα 1.2:** Το τετρακόπτερο “Gyroplane No. 1” των αδελφών Breguet [3]

Τα πρώτα μη επανδρωμένα αεροσκάφη κατασκευάστηκαν κατά την διάρκεια ή λίγο μετά τον Α΄ Παγκόσμιο Πόλεμο, κυρίως από τον Αμερικανικό Στρατό οι οποίοι δούλευαν πάνω σε εναέριες

τορπίλες. Το 1920 δημιουργήθηκαν τα πρώτα σταθερά τετρακόπτερα τα οποία ήταν τα πρώτα οχήματα που μπορούσαν να απογειωθούν και να προσγειωθούν κάθετα. Το πρώτο όχημα ήταν το Oehmichen No.2 το οποίο εφηύρε ο Etienne Oehmichen. Κατάφερε να πραγματοποιήσει περισσότερες από 1000 πτήσεις και να παραμείνει στον αέρα για μερικά λεπτά, το οποίο θεωρούνταν αδύνατο δεδομένης της εποχής που έγινε το εγχείρημα λόγω της περίπλοκης μηχανικής του σε συνδυασμό με την υποανάπτυκτη επιστήμη [4].



**Εικόνα 1.3:** Το όχημα Oehmichen No.2 [4]

Έκτοτε, η μεγαλύτερη χρήση των μη επανδρωμένων αεροσκαφών ήταν κυρίως η πολεμική, συγκεκριμένα στον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο, τον Ψυχρό Πόλεμο, σε μυστικά προγράμματα της ΕΣΣΔ, στον Πόλεμο του Βιετνάμ. Συγκεκριμένα, το 1939, στην αρχή του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, κατασκευάστηκε από τον Reginald Denny στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής το πρώτο τηλεκατευθυνόμενο αεροσκάφος με όνομα "Radioplane OQ-2". Το συγκεκριμένο αεροσκάφος διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο και κατά τη διάρκεια του Ψυχρού Πολέμου. Το συνολικό μήκος ήταν 8 πόδια και το βάρος του OQ-2 ήταν 105 λίβρες.

Η πρώτη επίσημα καταγεγραμμένη εμπορική χρήση των drones έγινε το 2006 από εταιρείες για επιθεώρηση αγωγών και ψεκασμό φυτοφαρμάκων σε αγροκτήματα. Επίσης, στις 18 Μαΐου 2006, η Ομοσπονδιακή Υπηρεσία Αεροπορίας (FAA) εξέδωσε πιστοποιητικό εξουσιοδότησης που θα επιτρέπει στα αεροσκάφη M/RQ-1 και M/RQ-9 να χρησιμοποιούνται εντός του πολιτικού εναέριου χώρου των ΗΠΑ για την αναζήτηση επιζώντων από καταστροφές [3].

Στην Ελλάδα, το πρώτο drone κατασκευάστηκε το 2016. Ήταν το πολιτικό HCUAV RX-1 το οποίο κατασκευάστηκε με την συνεργασία μίας Τρικαλινής εταιρείας με το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης και το Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης. Με μήκος 4 μέτρων, ταχύτητα απογείωσης 2,8 μέτρα/δευτερόλεπτο και μέγιστη ταχύτητα πτήσης 190 χλμ/ώρα, η εμβέλειά του ανέρχεται στα 150 χιλιόμετρα, με αυτονομία χρήσης 11 ωρών και υψόμετρο 2 χιλιομέτρων. Μερικές από τις χρήσεις του είναι οι υπηρεσίες και τα έργα πολιτικής προστασίας και δημόσιας ασφάλειας, όπως η φύλαξη των συνόρων, η δασοπροστασία, η καταγραφή της ατμόσφαιρας και η αεροφωτογράφιση. Η πρώτη του πτήση έγινε στις 4 Αυγούστου 2016 και είχε διάρκεια 15 λεπτών [5], [6].



**Εικόνα 1.4:** Το πρώτο ελληνικό drone με όνομα HCUAV RX-1 [6]

### 1.2.2. Κατηγορίες

Υπάρχουν πολλά είδη drones ανάλογα με την χρησιμότητά τους και την εφαρμογή τους. Ονομαστικά είναι τα drones σταθερής πτέρυγας, μονής έλικας, πολλαπλών ελίκων, υβριδικό σταθερής πτέρυγας, drones για μικρές περιοχές (εμβαδά) και πολλά ακόμα τα οποία σχετίζονται περισσότερο με πολεμικές εφαρμογές, φωτογραφήσεις, GPS. Στη συνέχεια θα αναλυθούν κυρίως τα σταθερής πτέρυγας, μονής έλικας και πολλαπλών ελίκων που είναι και τα πιο συνήθη [7], [8].



### 1.2.2.1. Σταθερής Πτέρυγας

Τα συγκεκριμένα drones μοιάζουν με ένα τυπικό αεροπλάνο και όχι με ελικόπτερο όπως τα περισσότερα γνωστά είδη drones. Εδώ, τα φτερά τους απαιτούν ενέργεια ώστε να επιτύχουν την πρόσθια κίνηση ενώ μπορούν να αναπτύξουν μεγάλες ταχύτητες κάτι το οποίο συμβάλει στην επίτευξη μεγαλύτερης εμβέλειας κάλυψης περιοχών του drone. Με μία μόνο φόρτιση μπαταρίας μπορούν να παραμείνουν περισσότερο στον αέρα από τα drones που έχουν έλικες. Ωστόσο, δεν υπάρχει δυνατότητα απογείωσης με κάθετη ανύψωση, όπως τα τετρακόπτερα και τα drones μονής έλικας ούτε μπορούν να αιωρούνται στον αέρα (hover) εξαιτίας της δομής αυτής. Επίσης, η δομή τους λόγω του ότι δεν έχει ρότορα δεν τους επιτρέπει να κάνουν εύκολα στροφή ενώ η προσγείωσή τους, ως αρκετά δύσκολη, απαιτεί λεπτή προσοχή [9].

Συνεπώς, τα UAV σταθερής πτέρυγας λόγω του μεγάλου μεγέθους αλλά και της μεγάλης ταχύτητας που αναπτύσσουν δεν ενδείκνυνται για μικρές και αστικές περιοχές. Η δομή τους αυτή τα καθιστά τα πιο γρήγορα drones [9].



**Εικόνα 1.5:** Drone Σταθερής πτέρυγας [10]

### 1.2.2.2. Μονής Έλικας

Αυτά είναι τα πιο βασικά UAV. Έχουν το σχήμα ελικοπτέρου με έναν περιστρεφόμενο έλικα. Το πιο βασικό τους πλεονέκτημα είναι ότι λόγω της δομής τους δύνανται να εκτελέσουν κάθετη

απογείωση και προσγείωση σε αντίθεση με το προηγούμενο είδος που περιγράφηκε, κάτι το οποίο δίνει δυνατότητα στον χρήστη για εύκολο χειρισμό - έλεγχο ακόμα και σε μικρούς χώρους. Η μονή έλικα μπορεί να δώσει μεγαλύτερη ώθηση σε σχέση με τα πολλαπλής έλικας με συνέπεια αυτού του είδους τα UAV να είναι κατάλληλα για πτήσεις μεγαλύτερης διάρκειας. Το μέγεθός τους συνήθως είναι μεγαλύτερο από των άλλων ειδών και η δομή τους πιο περίπλοκη [7], [11].

Το σημαντικό πλεονέκτημα έναντι των υπολοίπων είναι ότι λόγω του ρότορα μπορεί να σταθεί στον αέρα (hover). Ο χειριστής ενός τέτοιου drone χρειάζεται να έχει άδεια ώστε να το πετάξει.



**Εικόνα 1.6:** UAV μονής έλικας [12]

Τα UAV μονής έλικας συνήθως χρησιμοποιούνται από επιθεωρητές και επαγγελματίες κατασκευών που θέλουν να σηκώσουν φορτία πιο βαριά από 40kg επειδή η μονή έλικα είναι πιο αποδοτική για την ανύψωση αλλά και καταναλώνει λιγότερη μπαταρία ή καύσιμο την ώρα της πτήσης. Επίσης, κάποιες φορές είναι και πιο γρήγορα από τα πολλαπλής έλικας [7], [11].

### **1.2.2.3. Πολλαπλών Ελίκων**

Η κατηγορία αυτή αφορά τα εμπορικά drones, δηλαδή τα UAV που χρησιμοποιούνται για εμπορική χρήση. Αποτελούνται από έλικες οι οποίοι είναι τοποθετημένοι περιμετρικά γύρω από το κύριο σώμα. Το σχήμα και το μέγεθός τους ποικίλλει. Αναλόγως τον αριθμό των ελίκων, τα drones πολλαπλών ελίκων κατηγοριοποιούνται σε περαιτέρω κατηγορίες. [11], [13]

- Dualcopter: 2 κινητήρες/έλικες
- Tricopter: 3 κινητήρες/έλικες
- Quadcopter: 4 κινητήρες/έλικες
- Penticopter: 5 κινητήρες/έλικες
- Hexicopter: 6 κινητήρες/έλικες
- Octocopter: 8 κινητήρες/έλικες

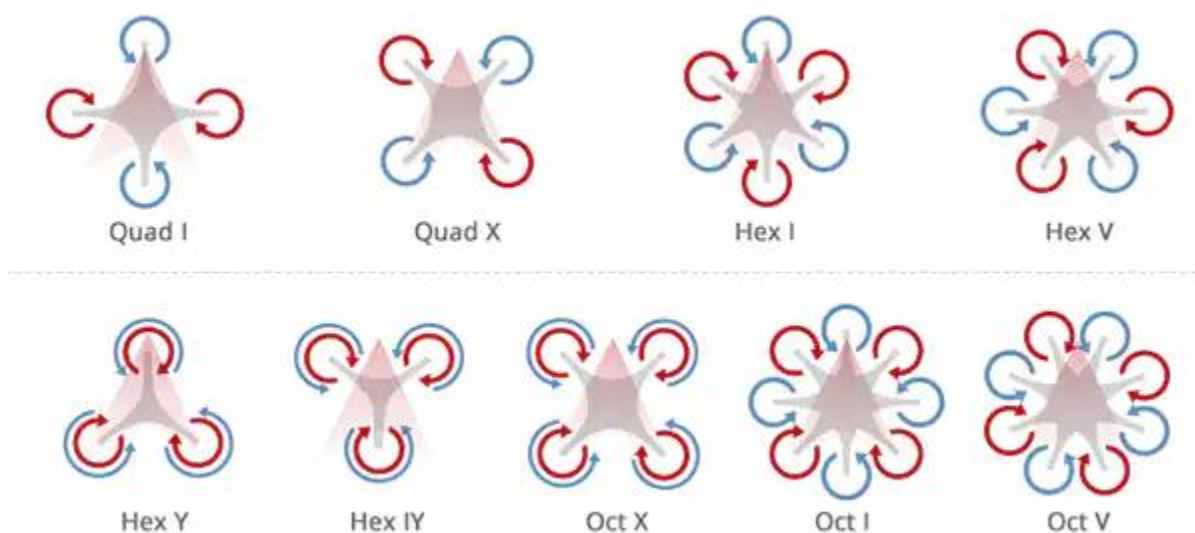
Τα πιο συνήθη είδη είναι τα τετρακόπτερα (στα Αγγλικά “Quadcopters”). Όσο περισσότερους έλικες έχει ένα τέτοιο σκάφος τόσο λιγότερο μπορεί να παραμείνει στον αέρα, και συγκεκριμένα μπορεί να παραμείνει περίπου μέχρι μισή ώρα. Ωστόσο, το γεγονός ότι έχει περισσότερους έλικες συμβάλει στην σταθερότητα του drone στον αέρα. Έχουν επίσης την δυνατότητα για κάθετη απογείωση και προσγείωση. Τα συγκεκριμένα είδη απαιτούν μεγάλη ενέργεια ώστε να παραμείνουν στον αέρα. Πριν απογειωθεί χρειάζεται μερικός χρόνος για να ξεκινήσουν οι έλικες να λειτουργούν (spinning), και όλος αυτός ο έλεγχος γίνεται από κονσόλα ελέγχου που μπορεί να είναι είτε μία κινητή συσκευή είτε ένα iPad το οποίο δίνει σήμα στο drone μέσω 4G ή WiFi δίκτυο [11], [13].

Συνήθως προτιμούνται για αεροφωτογραφήσεις με μία μικρή κάμερα τοποθετημένη πάνω στα συγκεκριμένα UAV επειδή είναι πιο τεχνολογικά εξελιγμένα σε σχέση με τα υπόλοιπα είδη παρότι η αυτονομία τους, όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, είναι μικρή.

Η προσγείωση των drones πολλαπλών ελίκων χρειάζεται προσοχή στην προσπάθεια αποφυγής οποιασδήποτε ζημιάς είτε στο ίδιο το αεροσκάφος είτε στην γύρω περιοχή. Συγκεκριμένα, η διαδικασία προσγείωσης περιλαμβάνει την χρήση του γκαζιού ώστε να παραμείνει (hover) στον αέρα περίπου ένα πόδι από το έδαφος και ύστερα την παύση χρήσης του ώστε σιγά σιγά να προσγειωθεί κάθετα.

Η διαδικασία προσγείωσης ενός drone με πολλαπλούς ρότορες περιλαμβάνει τη χρήση του γκαζιού για να κάνει το drone να αιωρείται περίπου ένα πόδι από το έδαφος και στη συνέχεια να κόβει αργά το γκάζι όταν είναι έτοιμο να προσγειωθεί κατακόρυφα.

Εάν μία από τις έλικες δεν λειτουργεί σωστά ή καθόλου, τότε γίνεται ασταθές το drone και μπορεί να συντριβεί ή να πέσει [11], [13].



**Εικόνα 1.7:** Είδη των drone πολλαπλών ελίκων, κατηγοριοποίηση αναλόγως του αριθμού των ελίκων [13]

### 1.2.3. Αρχή λειτουργίας και Τηλεχειρισμός των Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών

#### 1.2.3.1 Συχνότητες λειτουργίας

Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα η πτήση των Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών δύνανται να λειτουργήσει είτε με τηλεχειρισμό από έναν χειριστή (τηλεκατευθυνόμενα) είτε μέσω του προγραμματισμού της πορείας τους πριν από την πτήση ώστε να κινούνται αυτόματα, ακολουθώντας προδιαγεγραμμένη πορεία στον αέρα (αυτοκατευθυνόμενα - προγραμματισμένα). Όσον αφορά στον τηλεχειρισμό, όπως και με άλλες συσκευές που βασίζονται σε ηλεκτρονικές

επικοινωνίες, τα drones στέλνουν και λαμβάνουν σήμα μέσω μιας συγκεκριμένης ραδιοσυχνότητας. Ανάλογα με το πού λειτουργεί το drone, ένα εύρος συχνοτήτων μπορεί να παρέχει καλύτερη απόδοση σε σύγκριση με ένα άλλο [14].

### 1.2.3.2 Τηλεχειρισμός των μη επανδρωμένων αεροσκαφών

Ο τηλεχειρισμός λειτουργεί μέσω της αποστολής ραδιοσημάτων από έναν πομπό του τηλεχειριστηρίου σε έναν δέκτη στο drone. Ο ελεγκτής πτήσης και το ESC (στο αεροσκάφος) βοηθούν στην ερμηνεία και την εκτέλεση αυτών των σημάτων διατηρώντας παράλληλα μια σταθερή πτήση. Τα τηλεχειριστήρια (ή αλλιώς ελεγκτές drone ή απομακρυσμένοι ελεγκτές, στα αγγλικά “Remote Controllers - RC”) στέλνουν επίσης οδηγίες σχετικά με τις κάμερες, τους αισθητήρες και οποιοδήποτε άλλο εξοπλισμό μεταφέρει το drone [15].

Πιο συγκεκριμένα, στο τηλεχειριστήριο βρίσκεται ο πομπός drone (drone transmitter) και είναι υπεύθυνος για τη μετατροπή των εντολών του ελεγκτή σε ραδιοσήματα, τα οποία στη συνέχεια αποστέλλονται στο drone. Στη συνέχεια, ο δέκτης από την πλευρά του αεροσκάφους, δηλαδή του drone, είναι κεραία που λαμβάνει τα σήματα από τον ελεγκτή (το τηλεχειριστήριο) και τα μετατρέπει σε ηλεκτρονικά δεδομένα στα οποία μπορεί να ενεργήσει ο ελεγκτής πτήσης. Ο ελεγκτής πτήσης με την σειρά του δρα ως ο “εγκέφαλος” του drone ή το κεντρικό νευρικό σύστημα. Αφού λάβει τις ερμηνευμένες πληροφορίες από τον δέκτη, καθορίζει την απαραίτητη ισχύ για την εκτέλεση των οδηγιών που αποστέλλονται από τον ελεγκτή. Ο ελεγκτής πτήσης συνδυάζει επίσης δεδομένα από αισθητήρες που κάνουν το drone να γνωρίζει το περιβάλλον του. Αυτά περιλαμβάνουν [15]:

- **Επιταχυνσιόμετρα** – Αυτοί οι αισθητήρες μετρούν τον ρυθμό περιστροφής και καθορίζουν τον προσανατολισμό του drone προσδιορίζοντας την κλίση και τη γωνιακή του ταχύτητα.
- **Μαγνητόμετρα** – Αυτοί οι αισθητήρες βοηθούν ένα drone να προσανατολιστεί σε σχέση με τον μαγνητικό βορρά.
- **Γυροσκόπια** – Τα γυροσκόπια μετρούν επίσης τον ρυθμό περιστροφής, επιτρέποντας σε ένα drone να παραμένει σταθερό όταν αιωρείται ή κατά την πτήση.

Στη συνέχεια, αφού ο ελεγκτής πτήσης έχει μετατρέψει τις οδηγίες σε τάση, τώρα εναπόκειται στο ESC (Ηλεκτρονικός ελεγκτής ταχύτητας) να εκτελέσει αυτές τις εντολές ελαχιστοποιώντας την

ισχύ σε ορισμένους κινητήρες και αυξάνοντας την ισχύ σε άλλους κινητήρες ανάλογα με την εργασία ή την κατεύθυνση που πρέπει να λάβει το drone. [15]

### 1.2.3.3 Μέρη τηλεχειριστηρίου ενός μη επανδρωμένου αεροσκάφους

Τα μέρη ενός τηλεχειριστηρίου είναι τα εξής [15]:

- **Δεξί stick** - Είναι υπεύθυνο για τις κινήσεις Roll and Pitch.
- **Αριστερό stick** - Ευθύνεται για το στρίψιμο και το γκάζι.
- **Κεραίες** - Είναι οι πομποί που στέλνουν τα ραδιοσήματα στο drone.
- Άλλα χαρακτηριστικά όπως:
  - **Κουμπιά Trim** – Αυτά τα κουμπιά βοηθούν στην ευθυγράμμιση του drone σε περίπτωση που αρχίσει να παρασύρεται προς τη μία πλευρά ή είναι ασταθές κατά την πτήση.
  - **RTH (Επιστροφή στο σπίτι)** – Αυτό το κουμπί χρησιμοποιείται για να «καλέσει» το drone πίσω στο σημείο απογείωσης ή σε άλλη προκαθορισμένη τοποθεσία εάν υπάρχει έκτακτη ανάγκη. Περισσότερα για αυτήν την λειτουργία θα αναφερθούν σε επόμενο κεφάλαιο.
  - **Κουμπιά κάμερας** – Για drones με κάμερες, μπορεί να γίνει εκκίνηση εγγραφής και να τραβηχτούν στατικές εικόνες.

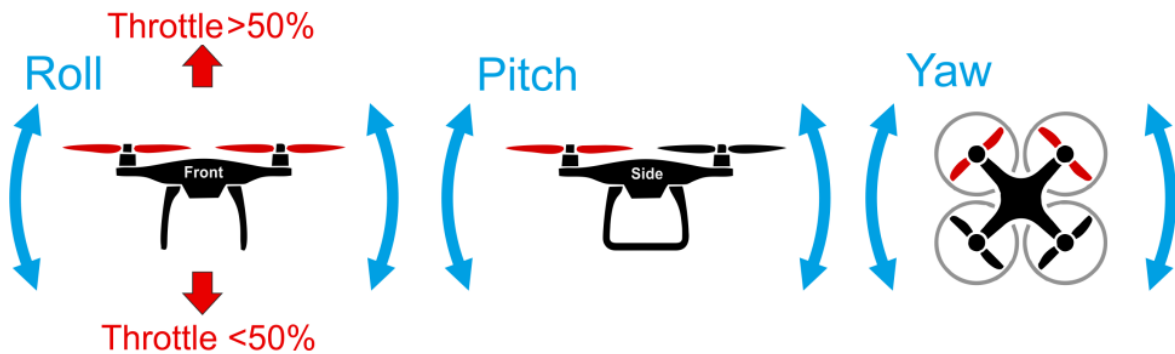
### 1.2.3.4 Βασικές κινήσεις ενός μη επανδρωμένου αεροσκάφους

Οι κύριες κινήσεις των drones πατώντας τα στικ του τηλεχειριστηρίου είναι οι εξής [15]:

- **Roll** – Αυτή είναι η κίνηση που επιτρέπει στο drone να κινηθεί προς τα δεξιά ή προς τα αριστερά κατά μήκος του άξονα του roll που εκτείνεται από το μπροστινό μέρος του drone στο πίσω μέρος του drone. Αυτό επιτυγχάνεται πιέζοντας το δεξί στικ αριστερά ή δεξιά. Για να κυλήσει ένα drone, το ESC πρέπει να μειώσει την ισχύ των κινητήρων στη μία πλευρά του drone (αριστερά ή δεξιά).
- **Pitch** – Αυτή η κίνηση επιτρέπει σε ένα drone να επιταχύνει προς τα εμπρός ή προς τα πίσω κατά μήκος του άξονα Pitch (X). Επιτυγχάνεται σπρώχνοντας το δεξί στικ προς τα εμπρός ή προς τα πίσω. Το ESC μειώνει την ισχύ των πίσω ελίκων και αυξάνει την ισχύ των μπροστινών κινητήρων για να τους κάνει να περιστρέφονται πιο γρήγορα. Γι' αυτό το

μπροστινό τμήμα του drone γέρνει προς τα κάτω όταν το drone κινείται με ταχύτητα προς τα εμπρός.

- **Yaw** – Εδώ το drone γυρίζει δεξιόστροφα κατά μήκος του άξονα Yaw που εκτείνεται από την κορυφή προς το κάτω μέρος του drone. Στο χειριστήριο, μπορεί κανείς να πιέσει το αριστερό μοχλό αριστερά ή δεξιά. Για να επιτευχθεί αυτό, το ESC ελαχιστοποιεί την ισχύ των κινητήρων σε διαγώνιο σχέδιο.
- **Throttle** – Εδώ το drone αυξάνεται ή μειώνεται σε υψόμετρο. Σε αυτή την περίπτωση, όλοι οι κινητήρες περιστρέφονται με την ίδια ταχύτητα. Όσο πιο γρήγορα περιστρέφονται, τόσο πιο ψηλά κινείται το drone.



**Εικόνα 1.8:** Οι βασικές κινήσεις των drone: throttle, roll, pitch και yaw.

#### 1.2.3.5 Επικοινωνία του τηλεχειριστηρίου με το μη επανδρωμένο αεροσκάφος

Παρακάτω είναι τα κύρια κανάλια επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται σε drones και ελεγκτές [15].

##### ➤ **Ραδιοσυχνότητες**

Αυτός είναι ένας από τους πιο συνηθισμένους τρόπους επικοινωνίας των drones με τους ελεγκτές. Οι ραδιοσυχνότητες είναι αόρατα κύματα που αποτελούν μέρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Για να λειτουργήσουν, πρέπει να υπάρχει ένας πομπός και ένας δέκτης, όπως περιγράφηκε παραπάνω.

Για να επικοινωνήσει ένα drone με έναν ελεγκτή, πρέπει όλα να είναι «συντονισμένα» στην ίδια συχνότητα. Εάν υπάρχει άλλη συσκευή στο ίδιο εύρος και χρησιμοποιεί την ίδια συχνότητα υπεισέρχεται το RFID.

Το RFID (Radio Frequency Identification) είναι ένας κωδικός αναγνώρισης που εκχωρείται στην επικοινωνία μεταξύ ενός drone και ενός ελεγκτή. Και το drone θα ανταποκρίνεται μόνο σε σήματα που περιέχουν το συγκεκριμένο RFID.

Οι επικοινωνίες με drone προτιμούν χαμηλότερες συχνότητες, καθώς μπορούν να λειτουργούν σε μεγαλύτερες εμβέλειες, επιτρέποντας σε ένα drone να απομακρυνθεί περισσότερο από τον ελεγκτή. Ωστόσο, εάν οι συχνότητες είναι πολύ χαμηλές, θα χρειαστούν πολύ μεγάλες κεραίες. Έτσι, για να επιτευχθεί μια καλή ισορροπία, τα περισσότερα drones λειτουργούν σε συχνότητες που κυμαίνονται από 800 έως 900 MHz.

#### ➤ **Wi-Fi**

Τα περισσότερα drones έχουν πλέον Wi-Fi, ειδικά αυτά με εφαρμογή και κάμερα. Το Wi-Fi καθιστά δυνατή τη ροή από πλάνα από ένα drone σε πραγματικό χρόνο, γεννώντας ένα από τα πιο περιζήτητα χόμπι στον κόσμο των drone, τους αγώνες FPV. Σε αντίθεση με τις ραδιοσυχνότητες, το Wi-Fi λειτουργεί σε συχνότητες που κυμαίνονται από 2,4 GHz έως 5,8 GHz οι οποίες είναι πολύ υψηλές. Γι' αυτό το Wi-Fi λειτουργεί καλύτερα σε μικρότερες αποστάσεις.

#### ➤ **Παγκόσμιο Σύστημα Θέσης (GPS)**

Το GPS έχει βελτιώσει σημαντικά την πλοήγηση με drone. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της βελτίωσης της σταθεροποίησης, της ενεργοποίησης της επιστροφής στο σπίτι και του προσδιορισμού των ζωνών απαγόρευσης πτήσεων. Τα drones επικοινωνούν με τους ελεγκτές μέσω GPS αποστέλλοντας απευθείας τις συντεταγμένες στο drone και έτσι το GPS του drone ακολουθεί αυτές τις συντεταγμένες.

### **1.3 Κανονισμοί Πτήσης Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών**

Δεδομένου ότι η χρήση ενός μη Επανδρωμένου Αεροσκάφους επηρεάζει δυνητικά την εναέρια κίνηση, προϋποθέτει ότι έχει λάβει κανείς υπόψη τους υπάρχοντες κανονισμούς που ισχύουν. Τόσο ο κατασκευαστής του οχήματος, όσο και ο χειριστής του, πρέπει να φροντίζουν να ακολουθούν κάποιους κανόνες, που αφορούν την ασφάλεια, την ιδιωτικότητα, το περιβάλλον και



τον θόρυβο. Ανάλογα, φυσικά, το όχημα και σε ποια χώρα βρίσκεται κανείς, πρέπει να ακολουθούνται οι ανάλογοι κανονισμοί.

Για παράδειγμα, στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, η Ομοσπονδιακή Διοίκηση Αεροπορίας (στα Αγγλικά “Federal Aviation Administration” - “FAA”) είναι υπεύθυνη για την θέσπιση των κανόνων πτήσης των UAV, στην χώρα [16]. Μέσα σε αυτούς τους κανόνες, εν έτει 2019, ορίζεται, ότι εάν η πτήση γίνεται για ψυχαγωγικούς σκοπούς υπάρχει μία επιείκεια στους κανόνες. Εάν, όμως, ο χειριστής σκοπεύει να κάνει χρήση για εμπορικούς σκοπούς, θα πρέπει να περάσει το ειδικό τεστ για να λάβει την πιστοποίηση “Part 107” [17]. Η τελευταία πιστοποίηση, δίνει την δυνατότητα στους κατόχους της να μπορούν να προβούν σε λήψη φωτογραφιών και στιγμιοτύπων (βίντεο) σε αντίτιμο της οικονομικής είσπραξης (κέρδος).

Εκτός αυτού, υπάρχουν κάποιοι βασικοί κανόνες τους οποίους πρέπει να ακολουθήσει οποιοσδήποτε έχει σκοπό να πετάξει ένα UAV.

Για παράδειγμα, στα ελληνικά πλαίσια ισχύουν τα κάτωθι σαν βασικοί κανόνες πτήσης ενός μη επανδρωμένου αεροσκάφους [18]:

- Μόνο τα άτομα που κατέχουν την πιστοποίηση μπορούν να πετάξουν UAV.
- Η πτήση να μην ξεπερνάει τα 400 πόδια πάνω από το έδαφος.
- Η πτήση να μην γίνεται κοντά σε αεροδρόμια ή ελικοδρόμια.
- Ο χειριστής να μην χάνει ποτέ από το οπτικό του πεδίο το όχημα.
- Η πτήση να πραγματοποιείται μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας σύμφωνα με τους κανόνες της Υπηρεσίας Πολιτικής Αεροπορίας (στα Αγγλικά “HCAA”).
- Η πτήση απαγορεύεται να πραγματοποιείται πάνω από ανθρώπους ή κατοικημένες περιοχές συμπεριλαμβανομένων χώρων στάθμευσης και δρόμων
- Η πτήση δεν θα πραγματοποιείται σε αντίξοες καιρικές συνθήκες.
- Απαιτείται άδεια χειριστή και πιστοποιητικό διεθνούς ασφάλισης.
- Ο πιλότος πρέπει να παραμένει προσβάσιμος μέσω κινητού τηλεφώνου τουλάχιστον 30 λεπτά πριν από την πτήση (και ανά πάσα στιγμή, αν είναι εφικτό).
- Το UAV θα πρέπει να προσγειωθεί πρώτα και στη συνέχεια να μετακινηθεί στη νέα τοποθεσία εάν χρησιμοποιούνται πολλαπλές περιοχές πτήσης.

- Για πολίτες χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης γίνεται αποδεκτή η εθνική κρατική εγγραφή (Αριθμός Μητρώου UAV στη χώρα προέλευσης του αιτούντος). Για πολίτες εκτός της Ευρωπαϊκής Ένωσης, θα ληφθεί υπόψη η πολιτική έγκρισης και εγγραφής της Αρχής Πολιτικής Αεροπορίας (στα Αγγλικά “Civil Aviation Authority” - “CAA”).
- Πρέπει να τηρείται όλη η εθνική και κοινοτική νομοθεσία περί απορρήτου δεδομένων.

## **2 - Θεωρητική περιγραφή της λειτουργίας ενός Μη Επανδρωμένου Αεροσκάφους**

Στην παρούσα εργασία, η μελέτη και η έρευνα διεξάγεται πάνω σε ένα συγκεκριμένο είδος μη επανδρωμένου αεροσκάφους με εμπορική ονομασία Mavic Air. Η σειρά Mavic είναι μία σειρά από τηλεχειριζόμενα συμπαγή τετρακόπτερα drone για προσωπική και εμπορική χρήση αεροφωτογράφισης και βιντεοσκόπησης, που κυκλοφόρησε η κινεζική εταιρεία τεχνολογίας “DJI” [19]. Όταν κυκλοφόρησε πρώτη φορά στην αγορά αποτελούσε την βέλτιστη ισορροπία μεταξύ επαγγελματικών προδιαγραφών, υψηλής απόδοσης, μεγέθους και χαμηλής τιμής σε σχέση με τα υπόλοιπα “selfie drones” που κυκλοφορούσαν [20]. Θα ακολουθήσει αναλυτική περιγραφή της δομής, της λειτουργίας του καθώς και του τηλεχειριστηρίου του του drone Mavic Air της DJI.

### **2.1. Εισαγωγικά στοιχεία για το DJI Mavic Air**

Το drone Mavic Air το οποίο κυκλοφόρησε στις αρχές του 2018, είναι ένα τετρακόπτερο το οποίο μπορεί να τραβήξει βίντεο 4K στα 30 FPS. Διαθέτει σταθεροποιητή 3 αξόνων και φακό 24 mm [21], [22]. Επίσης, εκτός από την λειτουργία SmartCapture, η οποία θα αναλυθεί και στη συνέχεια πιο διεξοδικά, διαθέτει σύστημα ανίχνευσης περιβάλλοντος τριών κατευθύνσεων [22].



**Εικόνα 2.1:** Το Mavic Air drone της εταιρείας DJI [22]

Διαθέτει κάμερα 4K HDR 12 MP, τοποθετημένη στον σταθεροποιητή 3 αξόνων και έχει μια λειτουργία πανοράματος, η οποία συρράπτει 25 φωτογραφίες σε οκτώ δευτερόλεπτα για να δημιουργήσει ένα "Σφαιρικό Πανόραμα". Λόγω των κεραιών που είναι τοποθετημένες στο σύστημα προσγείωσης, το drone έχει μέγιστη διάρκεια πτήσης 21 λεπτών και εμβέλεια 2,5 μιλίων. Διαθέτει επίσης τεχνολογία αποφυγής εμποδίων και λοιπές έξυπνες λειτουργίες πτήσης όπως η SmartCapture, στην οποία το drone μπορεί να ελεγχθεί με χειρονομίες, το Panorama 8K που αναφέρθηκε και προηγουμένως, κάποια εξελιγμένα συστήματα υποβοήθησης πιλότου, το ActiveTrack, το QuickShot για καλύτερη λήψη πλάνων [22], [23]. Στη συνέχεια θα ακολουθήσει εκτενής ανάλυση.

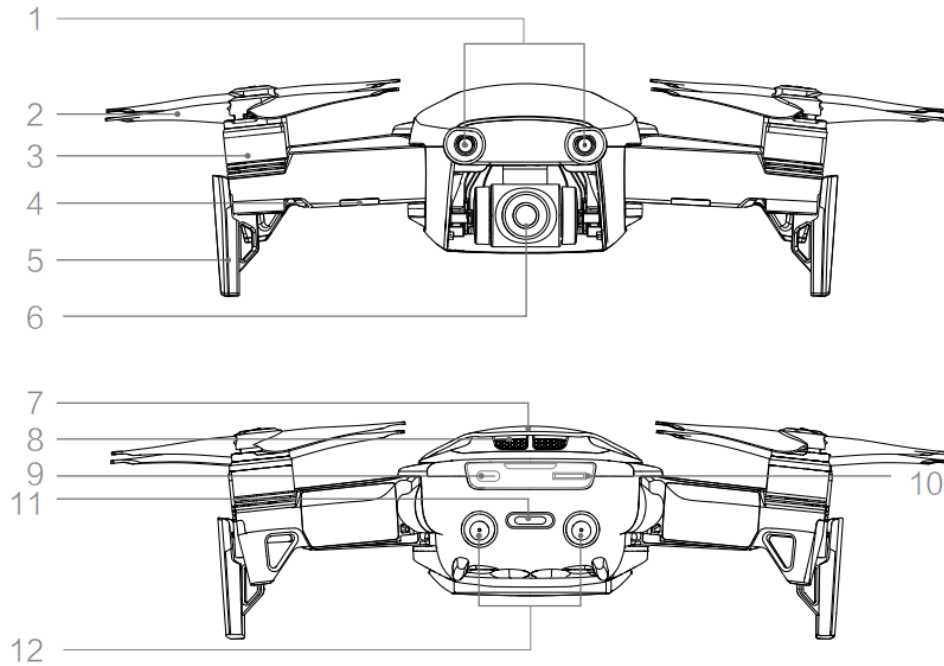


**Εικόνα 2.2:** Το DJI Mavic Air εν ώρα πτήσης [20]

## **2.2. Διαγράμματα του DJI Mavic Air**

Παρακάτω εμφανίζονται τα διαγράμματα τόσο του αεροσκάφους όσο και του τηλεχειριστηρίου του DJI Mavic Air με αριθμημένα τα χαρακτηριστικά τους για πλήρη επεξήγηση του εξοπλισμού που γίνεται λόγος σε αυτήν την εργασία. Οι παρακάτω εικόνες προέρχονται από το User Manual του Mavic Air.

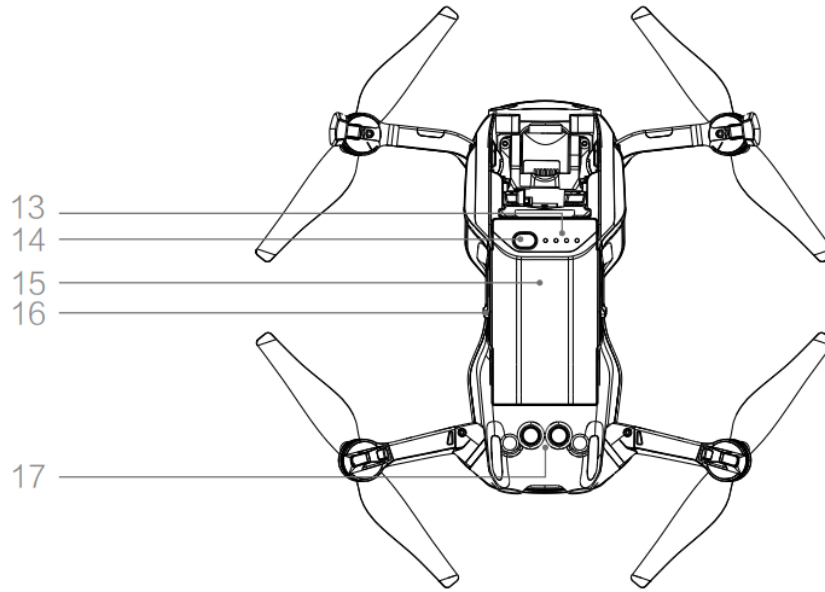
### **2.2.1. Διαγράμματα του αεροσκάφους του DJI Mavic Air**



**Εικόνα 2.3:** Χαρακτηριστικά του αεροσκάφους του DJI Mavic Air (αρίθμηση 1-12)

Στην παραπάνω εικόνα παρουσιάζονται με τη σειρά:

1. Σύστημα εμπρόσθιας όρασης
2. Έλικες
3. Κινητήρες
4. Μπροστινά LEDs
5. Εξοπλισμός προσγείωσης (με ενσωματωμένες κεραίες)
6. Σταθεροποιητής και Κάμερα
7. Κεραίες GPS
8. Αεραγωγοί
9. Θύρα USB-C
10. Θύρα κάρτας microSD
11. Ενδεικτικό κατάστασης αεροσκάφους/ κατάσταση λειτουργίας
12. Σύστημα οπίσθιας όρασης

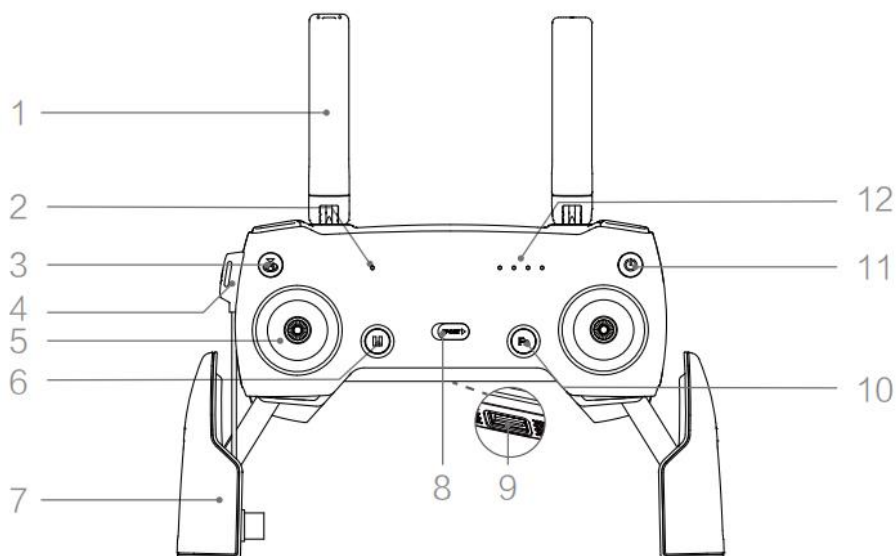


**Εικόνα 2.4:** Χαρακτηριστικά του αεροσκάφους του DJI Mavic Air (αρίθμηση 13-17)

Στην παραπάνω εικόνα παρουσιάζονται με τη σειρά:

- 13. LEDs στάθμης μπαταρίας**
- 14. Πλήκτρο ενεργοποίησης**
- 15. Έξυπνη μπαταρία πτήσης**
- 16. Κλείστρα μπαταρίας**
- 17. Σύστημα ορατότητας προς τα κάτω**

### **2.2.2. Διαγράμματα του τηλεχειριστηρίου του DJI Mavic Air**



**Εικόνα 2.5:** Χαρακτηριστικά του τηλεχειριστηρίου του DJI Mavic Air (αρίθμηση 1-12)

Στην παραπάνω εικόνα παρουσιάζονται με τη σειρά:

**1. Κεραίες**

Με την βοήθειά τους γίνεται ο έλεγχος της αναμετάδοσης του σήματος χειρισμού εικόνας και βίντεο.

**2. Status LED**

Εμφανίζει την κατάσταση του συστήματος του τηλεχειριστηρίου.

**3. Return to Home (RTH) Button**

Πλήκτρο για την ενεργοποίηση της επιστροφής του αεροσκάφους στη βάση. Με το παρατεταμένο πάτημα ενεργοποιείται η λειτουργία RTH, ενώ για την ακύρωσή της χρειάζεται το πάτημα μία φορά.

**4. Θύρα φόρτισης/ σύνδεση βίντεο (Micro USB)**

Εδώ γίνεται η σύνδεση του φορτιστή για να φορτίσει το τηλεχειριστήριο.

**5. Μοχλοί Ελέγχου**

Εδώ γίνεται ο έλεγχος του προσανατολισμού και της κίνησης του αεροσκάφους.

**6. Κουμπί παύσης πτήσης**

Με το πάτημα μία φορά γίνεται στάση έκτακτης ανάγκης (όταν είναι διαθέσιμο το σύστημα GPS ή Vision).

**7. Βραχίονες στήριξης κινητής συσκευής**

### 8. Διακόπτης λειτουργίας πτήσης

Εναλλαγή μεταξύ λειτουργίας P και λειτουργίας S. Θα αναλυθούν στην συνέχεια οι εν λόγω λειτουργίες.

### 9. Βοηθητική θύρα σύνδεσης video

Εδώ μπορεί να συνδεθεί μία κινητή συσκευή, μέσω τυπικού καλωδίου USB, για downlink βίντεο.

### 10. Κουμπί λειτουργίας

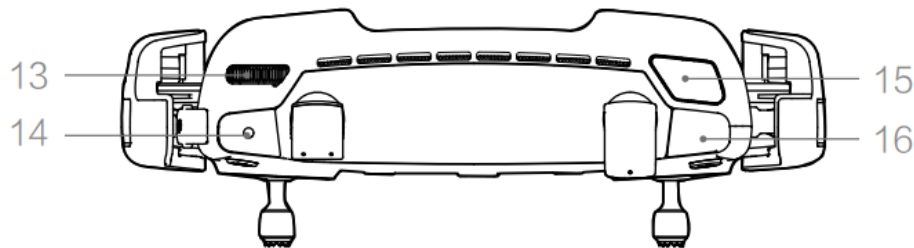
Εκτελεί διάφορες λειτουργίες με βάση τις ρυθμίσεις της εφαρμογής “DJI GO 4”.

### 11. Κουμπί ενεργοποίησης / απενεργοποίησης

Πατώντας μία φορά το πλήκτρο μπορεί κανείς να ελέγξει την τρέχουσα στάθμη της μπαταρίας. Πατώντας άλλη μία φορά το πλήκτρο και ξανά πατώντας το παρατεταμένα μπορεί να γίνει η ενεργοποίηση/ απενεργοποίηση του τηλεχειριστηρίου.

### 12. LED στάθμης μπαταρίας

Εδώ εμφανίζεται η στάθμη της μπαταρίας του τηλεχειριστηρίου.



**Εικόνα 2.6:** Χαρακτηριστικά του τηλεχειριστηρίου του DJI Mavic Air (διπλωμένο - αριθμηση 13-16)

Στην παραπάνω εικόνα παρουσιάζονται με τη σειρά:

### 13. Gimbal dial

Εδώ γίνεται ο έλεγχος της κλίσης της κάμερας

### 14. Κουμπί εγγραφής βίντεο

Πατώντας μία φορά το πλήκτρο ξεκινά η εγγραφή του βίντεο. Πατώντας άλλη μία φορά σταματά η εγγραφή.

### 15. Προγραμματιζόμενο πλήκτρο

Εκτελεί διάφορες λειτουργίες με βάση τις ρυθμίσεις στην εφαρμογή “DJI GO 4”



## 16. Κουμπί φωτογραφίας

Πατώντας μία φορά το πλήκτρο γίνεται λήψη της φωτογραφίας. Εάν έχει επιλεγεί η λειτουργία λήψης Burst, θα ληφθεί ο προκαθορισμένος αριθμός φωτογραφιών.

### 2.3. Προδιαγραφές του DJI Mavic Air

Οι προδιαγραφές του DJI Mavic Air φαίνονται παρακάτω στους κάτωθι πίνακες [22]:

**Πίνακας 1:** Προδιαγραφές Αεροσκάφους του DJI Mavic Air [22]

Αεροσκάφος	
<b>Βάρος</b>	430g
<b>Διαστάσεις</b>	Διπλωμένο: 168x83x49 mm (LxWxH) Ξεδιπλωμένο: 168x184x64 mm (LxWxH)
<b>Διαγώνια Απόσταση</b>	213 mm
<b>Μέγιστη ταχύτητα ανάβασης</b>	4 m/s (S - mode) 2 m/s (P - mode) 2 m/s (Wi-Fi mode)
<b>Μέγιστη ταχύτητα κατάβασης</b>	3 m/s (S - mode) 1.5 m/s (P - mode) 1 m/s (Wi-Fi mode)
<b>Μέγιστη ταχύτητα (κοντά στη θάλασσα, χωρίς άνεμο)</b>	68.4 kph (S - mode[1]) 28.8 kph (P - mode) 28.8 kph (Wi-Fi mode)
<b>Μέγιστο υψόμετρο απογείωσης</b>	5000 m

<b>Μέγιστη διάρκεια πτήσης (χωρίς άνεμο)</b>	21 min και με σταθερή ταχύτητα 25 kph
<b>Μέγιστος χρόνος αιώρησης (χωρίς άνεμο)</b>	20 min
<b>Μέγιστη απόσταση πτήσης (χωρίς αέρα)</b>	10 km
<b>Αντίσταση μέγιστης ταχύτητας ανέμου</b>	29 - 38 kph
<b>Μέγιστη γωνία κλίσης</b>	35° (S - mode) 15° (P - mode)
<b>Μέγιστη γωνιακή ταχύτητα</b>	250°/s (S - mode[1]) 250°/s (P - mode)
<b>Εύρος θερμοκρασίας λειτουργίας</b>	0°C - 40°C
<b>Συχνότητα λειτουργίας</b>	2.400 - 2.4835 GHz 5.725 - 5.850 GHz
<b>Ισχύς μετάδοσης (EIRP)</b>	2.400 - 2.4835 GHz FCC: ≤28 dBm CE: ≤19 dBm SRRC: ≤19 dBm MIC: ≤19 dBm  5.725 - 5.850 GHz FCC: ≤31 dBm CE: ≤14 dBm SRRC: ≤27 dBm
<b>GNSS</b>	GPS + GLONASS
<b>Εύρος ακρίβειας αιώρησης</b>	Κάθετο: ±0.1 m (με Vision Positioning) ±0.5 m (με GPS Positioning)  Οριζόντιο:

	±0.1 m (με Vision Positioning) ±1.5 m (με GPS Positioning)
<b>Εσωτερική αποθήκευση</b>	8 GB

**Πίνακας 2:** Προδιαγραφές του σταθεροποιητή του DJI Mavic Air [22]

<b>Σταθεροποιητής</b>	
<b>Μηχανική εμβέλεια</b>	Tilt: -100° έως 22° Roll: -30° έως 30° Pan: -12° έως 12°
<b>Ελεγχόμενη εμβέλεια</b>	Tilt: -90° έως 0° (προεπιλεγμένη ρύθμιση) -90° έως +17° (εκτεταμένη)
<b>Σταθεροποίηση</b>	3-axis (tilt, roll, pan)
<b>Μέγιστη ταχύτητα ελέγχου (κλίση)</b>	120°/s
<b>Εύρος γωνιακής δόνησης</b>	±0.005°

**Πίνακας 3:** Προδιαγραφές της κάμερας του DJI Mavic Air [22]

<b>Κάμερα</b>	
<b>Αισθητήρας</b>	1/2.3" CMOS Αποτελεσματικά εικονοστοιχεία: 12 MP
<b>Φακοί</b>	FOV: 85° 35 mm Format Equivalent: 24 mm Aperture: f/2.8 Shooting Range: 0.5 m to ∞
<b>Εύρος ISO</b>	Βίντεο: 100 - 3200 (auto)

	100 - 3200 (manual)  Φωτογραφία: 100 - 1600 (auto) 100 - 3200 (manual)
<b>Ταχύτητα διαφράγματος</b>	Electronic Shutter: 8 - 1/8000s
<b>Μέγεθος στατικής εικόνας</b>	4:3: 4056x3040 16:9: 4056x2280
<b>Λειτουργίες στατικής φωτογραφίας</b>	Single shot HDR Burst shooting: 3/5/7 frames Auto Exposure Bracketing (AEB): 3/5 bracketed frames at 0.7EV Bias Interval: 2/3/5/7/10/15/20/30/60 s Pano: 3x1: 42°x78°, 2048x3712 (WxH) 3x3: 119°x78°, 4096x2688 (WxH) 180°: 251°x88°, 6144x2048 (WxH) Sphere (3x8+1): 8192x4096 (WxH)
<b>Ανάλυση βίντεο</b>	4K Ultra HD: 3840x2160 24/25/30p 2.7K: 2720x1530 24/25/30/48/50/60p FHD: 1920x1080 24/25/30/48/50/60/120p HD: 1280x720 24/25/30/48/50/60/120p
<b>Μέγιστος ρυθμός μετάδοσης bit βίντεο</b>	100Mbps
<b>Υποστηριζόμενο σύστημα αρχείων</b>	FAT32
<b>Τύπος φωτογραφίας</b>	JPEG/DNG (RAW)
<b>Τύπος Βίντεο</b>	MP4/MOV (H.264/MPEG-4 AVC)

**Πίνακας 4:** Προδιαγραφές του τηλεχειριστηρίου του DJI Mavic Air [22]

<b>Τηλεχειριστήριο</b>	
<b>Συχνότητα λειτουργίας</b>	2.400 - 2.4835 GHz 5.725 - 5.850 GHz
<b>Μέγιστη απόσταση μετάδοσης (ανεμπόδιστη, χωρίς παρεμβολές)</b>	2.400 - 2.4835 GHz: FCC: 4000 m CE: 2000 m SRRC: 2000 m MIC: 2000 m  5.725 - 5.850 GHz: FCC: 4000 m CE: 500 m SRRC: 2500 m
<b>Εύρος θερμοκρασίας λειτουργίας</b>	0°C - 40°C
<b>Ισχύς μετάδοσης (EIRP)</b>	2.400 - 2.4835 GHz: FCC : ≤26 dBm CE: ≤18 dBm SRRC: ≤18 dBm MIC: ≤18 dBm  5.725 - 5.850 GHz: FCC: ≤30 dBm CE: ≤14 dBm SRRC: ≤26 dBm
<b>Μπαταρία</b>	2970 mAh
<b>Ρεύμα/Τάση λειτουργίας</b>	1400 mA = 3.7 V (Android) 750 mA = 3.7 V (iOS)
<b>Υποστηριζόμενο μέγεθος φορητής συσκευής</b>	Μέγιστο μήκος: 160 mm Υποστηριζόμενο πάχος: 6.5-8.5 mm

<b>Υποστηριζόμενοι τύποι θύρας USB</b>	Lightning, Micro USB (Type-B), USB-C
--	--------------------------------------

**Πίνακας 5:** Προδιαγραφές του τροφοδοτικού του DJI Mavic Air [22]

<b>Τροφοδοτικό</b>	
<b>Είσοδος</b>	100 - 240 V, 50/60 Hz, 1.4 A
<b>Έξοδος</b>	Κύρια: 13.2 V = 3.79 A USB: 5 V = 2 A
<b>Τάση</b>	13.2 V
<b>Ονομαστική ισχύς</b>	50 W

**Πίνακας 6:** Προδιαγραφές του ελεγκτή φορητής συσκευής του DJI Mavic Air [22]

<b>Ελεγκτής Φορητής Συσκευής</b>	
<b>Συχνότητα λειτουργίας</b>	2.400 - 2.4835 GHz 5.725 - 5.850 GHz
<b>Μέγιστη απόσταση μετάδοσης (ανεμπόδιστη, χωρίς παρεμβολές)</b>	Απόσταση: 80 m Ύψος: 50 m

**Πίνακας 7:** Προδιαγραφές της έξυπνης μπαταρίας πτήσης του DJI Mavic Air [22]

<b>Έξυπνη Μπαταρία Πτήσης</b>	
<b>Χωρητικότητα</b>	2375 mAh
<b>Τάση</b>	11.55 V
<b>Μέγιστη τάση φόρτισης</b>	13.2 V

<b>Τύπος μπαταρίας</b>	LiPo 3S
<b>Ενέργεια</b>	27.43 Wh
<b>Καθαρό βάρος</b>	140 g
<b>Εύρος θερμοκρασίας φόρτισης</b>	5°C - 40°C
<b>Μέγιστη ισχύς φόρτισης</b>	60 W

## 2.4. Λειτουργίες του DJI Mavic Air

### 2.4.1 Λειτουργίες πτήσης του DJI Mavic Air

Το Mavic Air διαθέτει δύο λειτουργίες πτήσης που δύνανται να επιλέξει ο χρήστης αλλά και έναν τρίτο τρόπο πτήσης ο οποίος ενεργοποιείται σε ορισμένες περιπτώσεις όπου επιστρέφει το αεροσκάφος στη βάση του. Οι λειτουργίες είναι οι εξής :

- **Λειτουργία P (Position):** Η λειτουργία αυτή λειτουργεί καλύτερα όταν το σήμα GPS είναι δυνατό. Το αεροσκάφος χρησιμοποιεί το GPS και τα συστήματα Vision για τον εντοπισμό της θέσης του στο χώρο, για την σταθεροποίηση και την αποφυγή εμποδίων. Οι έξυπνες λειτουργίες πτήσης, όπως η QuickShots, SmartCapture, ActiveTrack και TapFly είναι ενσωματωμένες σε αυτήν την λειτουργία. Η λειτουργία P απαιτεί μεγαλύτερες κινήσεις των μοχλών ελέγχου για την επίτευξη υψηλών ταχυτήτων.
- **Λειτουργία S (Sport):** Στην λειτουργία αυτή, το αεροσκάφος χρησιμοποιεί το GPS μόνο για τον προσανατολισμό του στο χώρο. Τα συστήματα εμπρόσθιας και οπίσθιας κίνησης είναι απενεργοποιημένα. Έτσι, το αεροσκάφος δεν είναι σε θέση για ανίχνευση και αποφυγή εμποδίων ούτε είναι ενσωματωμένες οι έξυπνες λειτουργίες πτήσης. Στην λειτουργία αυτή, το αεροσκάφος είναι ευαίσθητο στις κινήσεις των μοχλών ελέγχου.
- **Λειτουργία ATTI:** Όταν τα συστήματα όρασης δεν είναι διαθέσιμα και το GPS είναι αδύναμο ή η πυξίδα αντιμετωπίζει παρεμβολές, το αεροσκάφος αλλάζει αυτόματα στη λειτουργία Attitude. Όταν τα συστήματα Vision δεν είναι διαθέσιμα, το αεροσκάφος δεν είναι σε θέση να τοποθετηθεί στο χώρο ή να φρενάρει αυτόματα, επηρεάζεται εύκολα από το περιβάλλον του, με αποτέλεσμα να υπάρχουν πιθανοί κίνδυνοι πτήσης όταν κινείται με

την συγκεκριμένη λειτουργία όπως να οδηγηθεί το αεροσκάφος σε οριζόντια μετατόπιση εάν έχει άνεμο.

## **2.4.2 Λειτουργία επιστροφής στο σπίτι του DJI Mavic Air**

Η λειτουργία επιστροφής στο σπίτι (στα Αγγλικά “Return to Home - RTH”) φέρνει το αεροσκάφος πίσω στο τελευταίο καταγεγραμμένο αρχικό σημείο. Υπάρχουν τρεις τύποι RTH: Smart RTH, RTH χαμηλής μπαταρίας και RTH Failsafe

### **1. Smart RTH**

Αν το σήμα GPS είναι ισχυρό, το Smart RTH μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να φέρει το αεροσκάφος πίσω στο Home Point.

### **2. RTH χαμηλής μπαταρίας**

Το RTH λόγω χαμηλής μπαταρίας ενεργοποιείται όταν η μπαταρία εξαντληθεί σε σημείο που μπορεί να επηρεάσει την ασφαλή επιστροφή του αεροσκάφους. Το RTH λόγω χαμηλής μπαταρίας, ενεργοποιείται μόνο μία φορά κατά τη διάρκεια κάθε πτήσης.

### **3. RTH Failsafe**

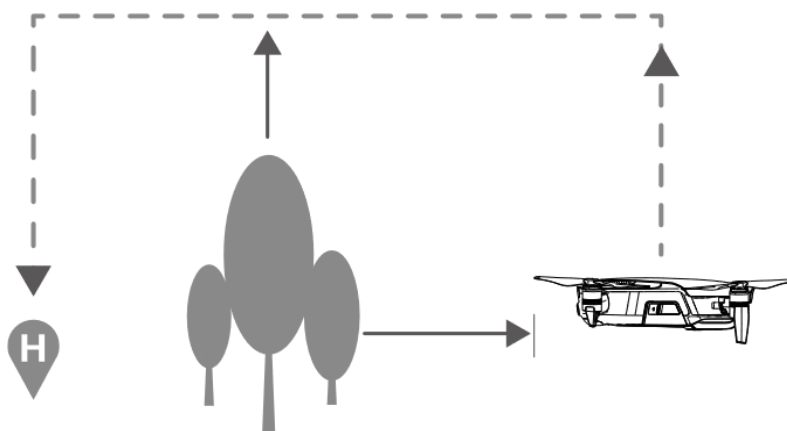
Το σύστημα Forward Vision επιτρέπει στο αεροσκάφος να δημιουργεί σε πραγματικό χρόνο το χάρτη της διαδρομής πτήσης του καθώς πετάει. Εάν το Home Point καταγραφεί με επιτυχία και η πυξίδα λειτουργεί κανονικά, το Failsafe RTH ενεργοποιείται αυτόματα αν το σήμα του τηλεχειριστηρίου χαθεί για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Όταν ενεργοποιηθεί το Failsafe RTH, το αεροσκάφος θα ακολουθήσει την αρχική διαδρομή της πτήσης στη βάση. Εάν αποκατασταθεί το σήμα ασύρματου ελέγχου κατά τη διαδικασία Failsafe RTH, το αεροσκάφος θα σταματήσει την επιστροφή και θα αιωρηθεί στο τρέχον σημείο για 10 δευτερόλεπτα και θα περιμένει εντολές από το χειριστή. Ο χρήστης μπορεί να κινήσει τους μοχλούς ελέγχου για να ακυρώσει το Failsafe RTH και να αναλάβει τον έλεγχο. Εάν δεν δοθεί εντολή από τον χειριστή για 10”, το αεροσκάφος θα συνεχίσει την πτήση επιστροφής.

## **2.4.3 Αποφυγή εμποδίων κατά τη διάρκεια του RTH**



Το Mavic Air αισθάνεται και προσπαθεί ενεργά να αποφύγει τα εμπόδια κατά τη διάρκεια του RTH, υπό την προϋπόθεση ότι οι συνθήκες φωτισμού είναι αρκετές για να λειτουργήσουν τα συστήματα Forward και Backward Vision. Η διαδικασία αποφυγής εμποδίων είναι η εξής:

1. Το αεροσκάφος επιβραδύνει όταν ανιχνεύεται ένα εμπόδιο.
2. Το αεροσκάφος σταματά, αρχίζει να κινείται προς τα πίσω και ανεβαίνει κάθετα μέχρις ότου δεν ανιχνευθεί κανένα εμπόδιο.
3. Συνεχίζει τη διαδικασία RTH. Το αεροσκάφος πετάει στο Home Point στο νέο υψόμετρο.



**Εικόνα 2.7:** Η λειτουργία αποφυγής εμποδίων του DJI Mavic Air

#### **2.4.4 Προστασία προσγείωσης του DJI Mavic Air**

Η προστασία προσγείωσης θα ενεργοποιηθεί κατά τη διάρκεια του Smart RTH.

1. Όταν η προστασία προσγείωσης καθορίσει ότι το έδαφος είναι κατάλληλο για προσγείωση, το Mavic Air θα προσγειωθεί ομαλά.
2. Εάν η Προστασία Προσγείωσης καθορίζει ότι το έδαφος δεν είναι κατάλληλο για προσγείωση, το Mavic Air θα αιωρηθεί πάνω από αυτό και θα περιμένει για επιβεβαίωση.
3. Εάν η προστασία προσγείωσης δεν είναι διαθέσιμη, η εφαρμογή DJI GO 4 θα εμφανίσει προτροπή προσγείωσης όταν το Mavic Air κατέβει κάτω από τα 50 εκατοστά.

#### **2.4.5 Ακριβής προσγείωση του DJI Mavic Air**

Το Mavic Air τη στιγμή της απογείωσης πραγματοποιεί αυτόματη σάρωση και αποθηκεύει τα χαρακτηριστικά του εδάφους που βρίσκονται από κάτω του. Κατά τη λειτουργία Return to Home,

όταν το τρέχον έδαφος αντιστοιχεί στο έδαφος που αποθηκεύτηκε κατά την απογείωση, το Mavic Air θα ξεκινήσει την προσγείωση. Η εφαρμογή DJI GO 4 θα ζητήσει παρέμβαση του χειριστή, αν η αντιστοίχιση αποτύχει.

## 2.5 Αισθητήρες αποφυγής εμποδίων του DJI Mavic Air

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, το Mavic Air έχει ενσωματωμένα συστήματα όρασης προς τα εμπρός, προς τα πίσω και προς τα κάτω, τα οποία ανιχνεύουν συνεχώς για εμπόδια μπροστά και πίσω από το αεροσκάφος, επιτρέποντάς του να αποφεύγει τις συγκρούσεις κατά την πορεία, ή το κατέβασμα, εάν οι συνθήκες φωτισμού επαρκούν. Τα κύρια συστατικά του συστήματος Forward and Backward Vision είναι τέσσερις κάμερες τοποθετημένες στη μύτη και στην πίσω πλευρά του αεροσκάφους. Το σύστημα Downward Vision βοηθά το αεροσκάφος να διατηρήσει την τρέχουσα θέση του. Με τη βοήθεια του συστήματος Downward Vision, το Mavic Air μπορεί να τοποθετηθεί με περισσότερη ακρίβεια στο χώρο και να πετάξει σε εσωτερικούς χώρους, ή σε άλλα περιβάλλοντα όπου δεν υπάρχει διαθέσιμο σήμα GPS. Τα κύρια στοιχεία του συστήματος Downward Vision είναι δύο κάμερες και μία μονάδα 3D υπέρυθρων που βρίσκεται στην κάτω πλευρά του αεροσκάφους.



**Εικόνα 2.8:** Αισθητήρες αποφυγής εμποδίων του DJI Mavic Air

## 3 - Χρήσεις και πεδία εφαρμογής των μη επανδρωμένων αεροσκαφών

Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, είναι ποικίλες οι χρήσεις των μη επανδρωμένων αεροσκαφών. Τα drones έχουν αρκετά πλεονεκτήματα, όπως το γεγονός ότι διαθέτουν μικρό μέγεθος, είναι

εύκολος σχετικά ο έλεγχος και λειτουργία τους, έχουν οικονομική συντήρηση, είναι ιδανικά για επικίνδυνα μέρη, μέρη που δεν θα μπορούσαν να πάνε άμεσα και εύκολα τα συμβατικά αεροσκάφη αλλά ούτε και οι άνθρωποι [24]. Έτσι, προσδίδεται μία ασφάλεια στον ανθρώπινο παράγοντα, εφόσον η συλλογή δεδομένων γίνεται απομακρυσμένα, αποφεύγοντας το υψόμετρο, την μείωση της χρήσης ειδικού εξοπλισμού ή ικριωμάτων. Συν τοις άλλοις, τα UAV μπορούν να ελαχιστοποιήσουν τον χρόνο της συλλογής τέτοιων πληροφοριών και δεδομένων [24].

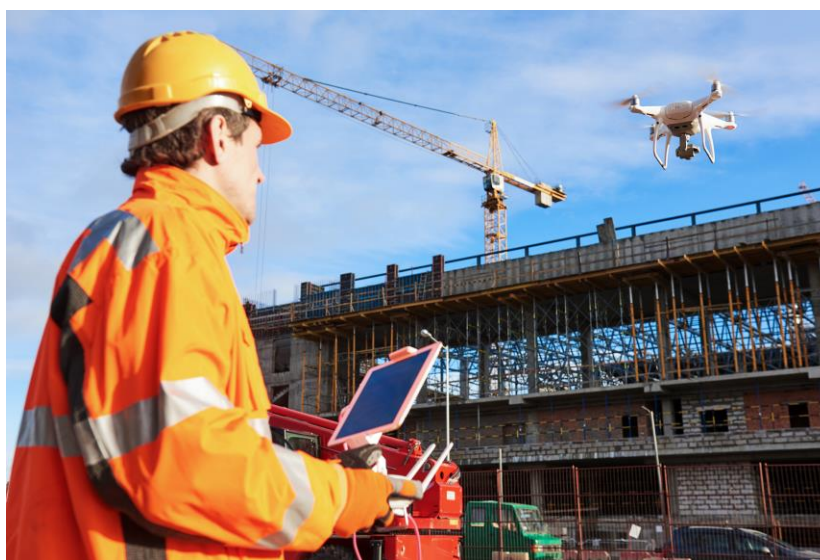
Πιο συγκεκριμένα, πλέον με την σύγχρονη τεχνολογία που συνεχώς αναπτύσσεται για τα UAV, οι θερμικές κάμερες υψηλής ποιότητας, η υπέρυθρη λειτουργία στο σκοτάδι, η τεχνολογία αποφυγής εμποδίων, και η εύκολη προσαρμογή τους στο περιβάλλον, επιτρέπουν στον ελεγκτή του drone μία ασφαλή και αποδοτική περιήγηση παράλληλα με την συλλογή απαραίτητων δεδομένων σε πλαίσια έρευνας. Αυτά τα πρακτικά πλεονεκτήματα των UAV δίνουν την δυνατότητα για μία ομαλή εναέρια παρακολούθηση και επιθεώρηση μίας περιοχής [25]. Μία άλλη δυνατότητα είναι η ζωντανή μετάδοση δεδομένων, μία αρκετά σημαντική προσθήκη ειδικά σε πλαίσια έκτακτης ανάγκης αλλά και για ψυχαγωγικούς σκοπούς [26]. Εκτός αυτού, η δυνατότητα δημιουργίας τρισδιάστατων μοντέλων και χαρτών για μελλοντική επεξεργασία μέσα από συλλογή υψομετρικών και ογκομετρικών δεδομένων μπορεί να βοηθήσει στην πιο γρήγορη βελτίωση τοπογραφικού σχεδιασμού κάποιας τοποθεσίας προς αποφυγήν παραδείγματος χάριν πλημμύρων [27].

Μερικές από τις χρήσεις που θα αναλυθούν και στη συνέχεια αφορούν στον κλάδο της βιομηχανίας, το περιβάλλον, την ποιότητα του αέρα, την γεωργία και την υγεία.

### **3.1. Χρήση των Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών στη βιομηχανία**

Με την βοήθεια των UAV, μπορεί πλέον να αποκτήσει κάποιος πρόσβαση σε χώρους που πριν δεν ήταν εφικτό ή ανθρωπίνως δυνατό. Υπάρχουν τοποθεσίες που μπορεί ένας άνθρωπος να διακινδυνεύσει τη ζωή του, αν πλησιάσει, ενώ με ένα UAV δεν τίθεται τέτοιο θέμα. Για παράδειγμα, οι επιθεωρήσεις και οι έλεγχοι κτιρίων και γεφυρών, ή η πρόσβαση σε μέρη όπου υπάρχουν διαρροές χημικής φύσεως, ραδιενεργές περιοχές. Το ίδιο το drone μπορεί να ενημερώνει για την ύπαρξη κάποιου κινδύνου και κατά πόσο είναι εύκολη η πρόσβαση σε έναν απομακρυσμένο τόπο [28].

Τα UAV δίνουν την δυνατότητα στους διαχειριστές εργοταξίων να βλέπουν από ψηλά το έργο και να παρακολουθούν την πορεία του. Σε αντίθεση με τις αεροφωτογραφίες, χρησιμοποιώντας τα drones, οι υπεύθυνοι κατασκευής έχουν πρόσβαση σε περισσότερες φωτογραφίες, συχνά σε υψηλότερη ποιότητα και χαμηλότερο κόστος. Η δυνατότητα παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο βοηθά στην εξοικονόμηση του χρόνου εργασίας αλλά και παρέχει και οπτική καταγραφή του έργου. Συν τοις άλλοις, δεδομένου ότι οι εικόνες drone μπορούν εύκολα να ανέβουν στο cloud, όλοι οι εργολάβοι μπορούν να έχουν πρόσβαση για να παραμένουν ενημερωμένοι για την κατάσταση του έργου και να λαμβάνουν αποφάσεις σε λιγότερο χρόνο. Αξίζει να σημειωθεί ότι η μείωση των ατυχημάτων στα εργοτάξια είναι σημαντική [29].



**Εικόνα 3.1:** Χρήση του drone για επιθεώρηση κτιρίων [29]

Τα τετρακόπτερα είναι τα πιο σταθερά και έχουν την ικανότητα να αναπτύξουν μεγάλες ταχύτητες και να πάρουν απότομες στροφές γρήγορα και για αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται σχεδόν σε κάθε βιομηχανία [30].

### **3.2. Χρήση των Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών στην περιβαλλοντική παρακολούθηση**

Ένας ακόμα βασικός λόγος δημιουργίας των drone είναι και η περιβαλλοντική παρακολούθηση. Με την χρήση των UAV, δύνανται να εκτιμηθούν κάποιες κλιματικές αλλαγές όπως το λιώσιμο των παγετώνων, η ροή των κομματιών των πάγων και η διαθεσιμότητα του νερού. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να διεξαχθεί η έρευνα σε απομακρυσμένες για τον άνθρωπο περιοχές [31], [32]

Αξίζει να σημειωθεί πως η γρήγορη και εύκολη μετακίνηση στον αέρα των UAV είναι πολύ χρήσιμη και στην περίπτωση ελέγχου δασικών περιοχών για την πρόληψη ή έγκαιρη ενημέρωση για φαινόμενα πυρκαγιάς, είτε γενικότερος έλεγχος περιοχών για θεομηνίες - άσχημα καιρικά φαινόμενα όπως πλημμύρες ή σεισμοί [33].

Έχουν γίνει απόπειρες με UAV για τον έλεγχο του αέρα αναφορικά με την καταμέτρηση της σύνθεσης του ατμοσφαιρικού αέρα και των ρύπων στα πλαίσια της κλιματικής αλλαγής. Επίσης, κλάδοι όπως η μετεωρολογία ή η πρόγνωση του καιρού μέσα από την συλλογή δεδομένων για την υγρασία, την πίεση, την θερμοκρασία, το διοξείδιο του άνθρακα ή ακόμα και ηφαιστειολογία [34]–[36].



**Εικόνα 3.2:** Αισθητήρας καιρού ενσωματωμένος σε κατασκευή UAV εν όψει ατμοσφαιρικών και μετεωρολογικών μελετών [37]

Ενδεχομένως ένα πρόβλημα που καλούνται να αντιμετωπίσουν όσοι χρειάζονται τα drones για τέτοιες εργασίες είναι το μέγεθος των αισθητήρων που θα ανιχνεύσουν και θα καταμετρήσουν χαρακτηριστικά όπως την θερμοκρασία που αναφέρθηκε νωρίτερα. Συνήθως, οι αισθητήρες αυτοί διαθέτουν μεγάλο μέγεθος (χρησιμοποιούνται κυρίως τα τετρακόπτερα). Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ένα drone με ενσωματωμένους υπερηχητικούς αισθητήρες καιρού για ατμοσφαιρικές και μετεωρολογικές μελέτες [37].

Εκτός από τους αισθητήρες, ενσωματωμένες είναι συνήθως και κάμερες στα UAV, ώστε να δώσουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο για τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά μίας περιοχής όπως η οριοθέτηση - έκταση μιας λίμνης, ενός ποταμού, η χλωρίδα και η πανίδα της και κατά πόσο μεταβάλλεται με το πέρασμα των χρόνων. Η συλλογή τέτοιων πληροφοριών είναι πολύ σημαντική και ιδιαίτερα χρήσιμη για την παρακολούθηση της κλιματικής αλλαγής, ειδικά όταν η έρευνα αυτή διεξάγεται από περιβαλλοντικούς οργανισμούς ή κρατικούς φορείς [34]–[36].

### **3.3. Χρήση των Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών στον τομέα της Γεωργίας**

Ο τομέας της αγροτικής παραγωγής και της γεωργίας ίσως είναι ο πιο υποβοηθούμενος κλάδος από την χρήση των drones. Είναι ένας κλάδος που όσο περνάει ο καιρός, τόσο θα απαιτείται η αυτοματοποίηση των διαδικασιών που απαιτούνται ώστε να γίνεται άμεσα και εύκολα η πρωτογενής παραγωγή και κυρίως σε μαζικές ποσότητες. Στην συγκεκριμένη περίπτωση τα drones έχουν πολλές δυνατότητες για ταυτόχρονες δραστηριότητες όπως η συλλογή πληροφοριών μέσω των καμερών (οπτικό υλικό) και των αισθητήρων (δεδομένα από αισθητήρες θερμοκρασίας, υγρασίας) αλλά και για δραστηριότητες όπως η διασπορά λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων πάνω από τα φυτά ή την γεωργική καλλιέργεια ώστε να βελτιστοποιηθεί η διαχείριση των αγροτικών περιοχών. Τα αποτελέσματα περιλαμβάνουν μειωμένο κόστος λειτουργίας, βελτιωμένη ποιότητα καλλιέργειας και αυξημένο ποσοστό απόδοσης σχετικά με την έως πρότινος χειρωνακτική εργασία σε ατομικό επίπεδο [38]–[40].

Πιο αναλυτικά, όσον αφορά την οπτικοποίηση των καλλιεργειών και των αγροτικών περιοχών, είναι δυνατή η τακτική παρακολούθηση των φυτών, εάν ευδοκιμούν ή εάν υπάρχει φανερά κάποια ασθένεια που ενδεχομένως να χρειαζόταν περισσότερες μέρες να το καταλάβει ένας αγρότης με γυμνό μάτι, δεδομένου ότι οι εκτάσεις είναι μεγάλες. Επίσης, γίνεται να παρακολουθηθεί το σύστημα άρδευσης και εάν λειτουργούν όλες οι πηγές νερού που ποτίζουν το χωράφι [40].



**Εικόνα 3.3:** Χρήση των drones για το ψεκασμό λιπασμάτων και θρεπτικών συστατικών [41]

Με τα UAV, είναι εφικτό πλέον το ψέκασμα των χωραφιών με φυτοφάρμακα ή με άλλα θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη των φυτών ή γενικότερα καλλιέργειας τις κατάλληλες στιγμές, σε πολύ μικρότερο χρονικό διάστημα, εν αντιθέσει με τους παραδοσιακούς τρόπους ψεκασμού, όπως με τα τρακτέρ ή με ανθρώπινη παρουσία. Εκτός αυτού, εκτός από το ψέκασμα γίνεται και η φύτευση σπόρων από ψηλά με σκοπό την ελαχιστοποίηση του κόστους και του χρόνου [41], [42].

### **3.4. Χρήση των Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών στον τομέα της υγείας και σε έκτακτες καταστάσεις**

Τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη μπορούν να διαδραματίσουν κρίσιμο ρόλο στην παροχή υγειονομικής περίθαλψης [43]. Χρησιμοποιούνται επιγραμματικά για μεταφορές φαρμάκων, εμβολίων, αίματος και άλλων ιατρικών ειδών. Ειδικά κατά την περίοδο της πανδημίας COVID-19, κατά την υποχρεωτική καραντίνα τα drones φάνηκαν ιδιαίτερα χρήσιμα εφόσον χρησιμοποιήθηκαν για την ανέπαφη παράδοση ατομικού προστατευτικού εξοπλισμού, τεστ COVID-19, εργαστηριακά δείγματα και εμβόλια. Το πρώτο μη επανδρωμένο αεροσκάφος παράδοσης που εγκρίθηκε από την Ομοσπονδιακή Υπηρεσία Αεροπορίας (FAA) στις Ηνωμένες Πολιτείες (ΗΠΑ) έφερε ιατρικές προμήθειες σε μια αγροτική κλινική της Βιρτζίνια το 2016. Έκτοτε, η χρήση των ιατρικών drones επεκτάθηκε σε μεγάλο βαθμό [33].

Κάποια νοσοκομεία, σε περιπτώσεις εκτάκτων αναγκών, έχουν καθιερώσει το σύστημα μεταφοράς φαρμάκων ή δειγμάτων αίματος ή εμβολίων μεταξύ των νοσοκομείων είτε προς απομακρυσμένες περιοχές όπως στην επαρχία. Έτσι, μειώνεται το κόστος παροχής ιατρικών εφοδίων και ο χρόνος παράδοσης, ειδικά σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης ή φυσικής καταστροφής όπου τα drones έχουν την ευκολία μετακίνησης χωρίς φυσικά εμπόδια στο έδαφος [43].



**Εικόνα 3.4:** Μη επανδρωμένο αεροσκάφος υπεύθυνο για την μεταφορά προμηθειών ιατρικού περιεχομένου [44]

Δύο νοσοκομεία στην Ελβετία άρχισαν να χρησιμοποιούν drones για την παράδοση δειγμάτων αίματος και άλλα ιατρικά υλικά. Αυτή είναι η πρώτη περίπτωση εμπορικής εφαρμογής UAV για ιατρικούς σκοπούς, δίνοντας ελπίδες για σωτηρία ζώων ανθρώπων πιο γρήγορα από ό,τι στις μέρες μας. Αυτά τα drones μπορούν να μεταφέρουν ελαφρά φορτία, μικρότερα από 2 κιλά και να κινούνται με ταχύτητες έως και 36 χλμ/ώρα. Η μέγιστη εμβέλειά τους είναι 20 χλμ. Σε περίπτωση βλάβης, τα μηχανήματα είναι επίσης εξοπλισμένα με αλεξίπτωτα ώστε να μπορούν να πέσουν με ασφάλεια στην επιφάνεια του εδάφους χωρίς να καταστρέψουν το ευαίσθητο φορτίο [45].

Αξίζει να τονιστεί, πως η χρήση των drones έχει επιτυχημένη εφαρμογή και στην αναζήτηση αγνοούμενων ανθρώπων. Όταν ένα άτομο δηλώνεται ως αγνοούμενο που είναι είτε πολύ ηλικιωμένο είτε πολύ νέο και επομένως αβοήθητο, κάθε λεπτό μετράει για τις υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης. Συνήθως, ένα ελικόπτερο της αστυνομίας ή της διάσωσης υποστηρίζει τις υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης στο έδαφος και τους παρέχει πολύτιμες πληροφορίες από τον αέρα. Συχνά,



ωστόσο, ένα ελικόπτερο δεν είναι άμεσα έτοιμο για δράση ή καλείται σε άλλες καταστάσεις έκτακτης ανάγκης. Αυτός είναι ο λόγος που η αστυνομία, η πυροσβεστική και άλλες οργανώσεις αρωγής χρησιμοποιούν όλο και περισσότερο drones στις επιχειρήσεις τους. Είναι μικρά, ευκίνητα και μπορούν γρήγορα και αποτελεσματικά να αναζητήσουν μεγάλες περιοχές. Εξοπλισμένα με κάμερα θερμικής απεικόνισης, μπορούν επίσης να βρουν άτομα τη νύχτα ή σε περιοχές με πυκνή βλάστηση. Το κύριο μειονέκτημά τους βέβαια είναι ότι δεν είναι ορατά σε άλλα επανδρωμένα και μη επανδρωμένα αεροσκάφη. Μια συνδυασμένη επιχείρηση με ελικόπτερα ή με drones άλλων οργανισμών όπως η THW ή η Bundeswehr είναι επομένως δύσκολη και μερικές φορές επικίνδυνη. [46]

## **4 - Επέκταση της χρήσης των Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών**

### **4.1. Πιθανοί Κίνδυνοι από την χρήση των Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών**

Είναι γεγονός, πως κάθε μία τεχνολογική αλλαγή, εξέλιξη, επανάσταση, έρχεται με σκοπό την βελτίωση της ζωής των ανθρώπων και την προσπάθεια απαλλαγής τους από ενδεχόμενα εμπόδια και δυσκολίες. Ωστόσο, είναι λογικό να εγκυμονούν και να караδοκούν κίνδυνοι ή να προκύπτουν άλλου είδους προβλήματα από την λανθασμένη χρήση τους. Ένα από τα γνωστότερα προβλήματα είναι η παρεμβολή στις συχνότητες που λειτουργούν και ελέγχονται από μακριά τα drones με τις συχνότητες στις οποίες λειτουργεί για παράδειγμα το WiFi, ή άλλες επικοινωνίες, με αποτέλεσμα να χάνεται ο έλεγχος του UAV και να συμβαίνουν ατυχήματα ακόμα και θανατηφόρα. Ένα άλλο πρόβλημα, για το οποίο γίνεται πολύς λόγος τον τελευταίο καιρό είναι το πρόβλημα της ιδιωτικότητας. Δεδομένου ότι τα drones δύνανται να συλλέξουν σημαντική ποσότητα ανεπιθύμητων δεδομένων, αποτελούν μία σύγχρονη απειλή στην προστασία προσωπικών δεδομένων, εγείροντας ζητήματα τόσο ηθικά όσο και νομικά. Εξάλλου, πρέπει να τονιστεί πως δεν υπάρχει μία διεθνής νομοθεσία σχετικά με την ασφαλή πτήση ενός UAV, παρά μόνο οι τοπικοί κανονισμοί κάθε χώρας ή κάθε ηπείρου, γεγονός που μπορεί να προκαλεί σύγχυση σε ταξιδιώτες [24], [47]. Το ίδιο ισχύει και για τους κανόνες προστασίας προσωπικών δεδομένων.

### **4.2. Μελλοντική επέκταση**

Τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη θεωρούνται μία μεγάλη επανάσταση στο χώρο της τεχνολογίας καθώς έχει εφαρμογές σε πάρα πολλές πτυχές και τομείς όπως έγινε αναφορά και νωρίτερα.

Ωστόσο, υπάρχουν προσδοκίες και μελλοντικοί στόχοι που δεν θα φανταζόταν ποτέ κανείς ότι θα τίθονταν σε συζήτηση, όταν είχαν πρωτοκατασκευαστεί.

Μία από τους μελλοντικούς στόχους στον τομέα της υγείας θα ήταν η δυνατότητα παροχής κατ οίκον βοήθειας στους ασθενείς ή τους ηλικιωμένους. Μικρού μεγέθους drone θα μπορούσαν να μεταφέρουν φάρμακα ενός ασθενούς από το φαρμακείο μέχρι το κρεβάτι του εξυπηρετώντας άμεσα και χωρίς πόνο τον ασθενή. Εκτός από φάρμακα, αντιβιώσεις και άλλες θεραπείες θα μπορούσαν να μεταφέρουν και δείγματα αίματος εφόσον κάποιος κατ οίκον νοσηλευτής τα λάβει από τον ασθενή. Αυτό σημαίνει ότι στο μέλλον η φροντίδα εκτός νοσοκομείου θα είναι ένα συχνό φαινόμενο, καθώς η κατ οίκον περίθαλψη θα εξυπηρετείται εύκολα από τα drones με αποτέλεσμα να απαιτούνται λιγότερες κλίνες των νοσοκομείων του συστήματος υγείας μίας χώρας, μίας περιοχής. Το σύστημα αυτό βέβαια, θα μπορούσε να εφαρμοστεί και εντός του χώρου του νοσοκομείου, όπου ένα drone θα μπορούσε να είναι υποβοηθούμενο του νοσηλευτή αναφορικά με την μεταφορά φαρμάκων μέχρι το κρεβάτι του ασθενούς προς διευκόλυνσή του [48], [49].

## 5 - Βιβλιογραφία

- [1] J. C. Price and J. S. Forrest, "Chapter 9 - General aviation and unmanned aerial vehicle security," in *Practical Aviation Security (Third Edition)*, J. C. Price and J. S. Forrest, Eds. Boston: Butterworth-Heinemann, 2016, pp. 393–435. doi: 10.1016/B978-0-12-804293-9.00009-6.
- [2] "Consumer drones in conflict: where do they fit into IHL?," *Humanitarian Law & Policy Blog*, Mar. 15, 2022. <https://blogs.icrc.org/law-and-policy/2022/03/15/consumer-drones-conflict-ihl/> (accessed May 14, 2022).
- [3] Mario, "The History Of Drones (Timeline From 1907 To 2021)," *Drone Tech Planet*. <https://www.dronetechplanet.com/the-history-of-drones-timeline-from-1907-to-2019/> (accessed May 21, 2022).
- [4] A. Sigalos, M. Papoutsidakis, A. Chatzopoulos, and D. Piromalis, "DESIGN OF A FLIGHT CONTROLLER AND PERIPHERALS FOR A QUADCOPTER," *Int. J. Eng. Appl. Sci. Technol.*, vol. 4, pp. 463–470, Sep. 2019, doi: 10.33564/IJEAST.2019.v04i05.067.
- [5] "Το πρώτο made in Greece drone που κατασκεύασε το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης." <https://www.eduguide.gr/nea2019/hcuav-rx-1-einai-prwto-made-greece-drone-poy-kataskeyase-aristot/> (accessed May 21, 2022).
- [6] sam, "Ελληνικά drones HCUAV RX-1 - Ανεξάντλητο πεδίο εφαρμογών \* dronesworld,"

- dronesworld*, May 09, 2018. <https://dronesworld.gr/ελληνικά-drones-hcuav-rx-1-ανεξάντλητο-πεδίο-εφαρμ/> (accessed May 21, 2022).
- [7] “Different Types Of Drones 2022: Top Full Guide - LucidCam,” Sep. 11, 2021. <https://lucidcam.com/different-types-of-drones/> (accessed May 21, 2022).
- [8] D. V. Brovchenko, “Application features of UAVs different types,” in *2015 IEEE International Conference Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments (APUAVD)*, Oct. 2015, pp. 26–29. doi: 10.1109/APUAVD.2015.7346548.
- [9] “Fixed-Wing & VTOL Drones vs Quadcopters for Surveying: How to Decide,” *Propeller*, May 11, 2021. <https://www.propelleraero.com/blog/fixed-wing-vtol-drones-vs-quadcopters-for-surveying-how-to-decide/> (accessed May 21, 2022).
- [10] “X8 Flying Wing - Professional UAV by Airelectronics | AeroExpo.” <https://www.aeroexpo.online/prod/airelectronics/product-185532-28782.html> (accessed May 21, 2022).
- [11] “Types of Drones For Survey and How they Take Off, Fly and Land,” *Position Partners*, Oct. 14, 2020. <https://www.positionpartners.com.au/position-partners/survey-drones/> (accessed May 21, 2022).
- [12] “Velos UAV: World Class UAV Helicopter, Fly with The Best.” <https://www.velosuav.com/> (accessed May 21, 2022).
- [13] “Types of Drones.” <https://filmora.wondershare.com/drones/types-of-drones.html> (accessed May 21, 2022).
- [14] “What Frequency Do Drones Use?,” *Aero Corner*, Oct. 17, 2020. <https://aerocorner.com/blog/what-frequency-drones-use/> (accessed May 24, 2022).
- [15] A. P. Karanja, “How Drone Controllers Work (Explained for Beginners),” *Droneblog*, Feb. 08, 2022. <https://www.droneblog.com/drone-controller/> (accessed May 24, 2022).
- [16] “FAADroneZone.” <https://faadronezone.faa.gov/#/> (accessed May 22, 2022).
- [17] “Certificated Remote Pilots including Commercial Operators.” [https://www.faa.gov/uas/commercial\\_operators/](https://www.faa.gov/uas/commercial_operators/) (accessed May 22, 2022).
- [18] “Drone Laws in Greece [Updated May 6, 2022],” <https://drone-laws.com/>. <https://drone-laws.com/drone-laws-in-greece/> (accessed May 22, 2022).
- [19] “Mavic Pro - DJI,” *DJI Official*. <https://www.dji.com/gr/mavic> (accessed May 22, 2022).
- [20] K. Shores, “Mavic Air In-depth Review: the Perfect Balance,” *DJI Guides*, Jan. 25, 2018. <https://store.dji.com/guides/mavic-air-review/> (accessed May 22, 2022).
- [21] C. Martin, “The new DJI Mavic Air is a pocket-sized drone packed with features,” *Tech Advisor*. <https://www.techadvisor.com/news/gadget/dji-mavic-air-release-date-price-specs->

3670842/ (accessed May 22, 2022).

- [22]“Mavic Air - Product Information - DJI,” *DJI Official*. <https://www.dji.com/gr/mavic-air/info> (accessed May 22, 2022).
- [23]“DJI’s \$799 ‘smartphone-size’ Mavic Air drone starts shipping January 28,” *TechCrunch*. <https://social.techcrunch.com/2018/01/23/dji-unveils-the-mavic-air-portable-folding-drone/> (accessed May 22, 2022).
- [24]“Drones Offer Risks, Underwriting Challenges,” *Risk & Insurance*, Jan. 05, 2015. <https://riskandinsurance.com/drones-offer-risks-underwriting-challenges/> (accessed May 14, 2022).
- [25]V. A. M. F. Torres *et al.*, “Combined weightless neural network FPGA architecture for deforestation surveillance and visual navigation of UAVs,” *Eng. Appl. Artif. Intell.*, vol. 87, p. 103227, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.engappai.2019.08.021.
- [26]N. Farmani, L. Sun, and D. Pack, “Optimal UAV Sensor Management and Path Planning for Tracking Multiple Mobile Targets,” Oct. 2014, vol. 2. doi: 10.1115/DSCC2014-6232.
- [27]J. R. Escobar Villanueva, L. Iglesias Martínez, and J. I. Pérez Montiel, “DEM Generation from Fixed-Wing UAV Imaging and LiDAR-Derived Ground Control Points for Flood Estimations,” *Sensors*, vol. 19, no. 14, p. E3205, Jul. 2019, doi: 10.3390/s19143205.
- [28]C. Lee and H. R. Kim, “Optimizing UAV-based radiation sensor systems for aerial surveys,” *J. Environ. Radioact.*, vol. 204, pp. 76–85, Aug. 2019, doi: 10.1016/j.jenvrad.2019.04.002.
- [29]C. T. U. 11301 S. R. Laurel and Md 20708 800.950.1992, “Drone use in the construction industry.” <https://www.capttechu.edu/blog/drone-use-in-construction-industry> (accessed May 20, 2022).
- [30]C. Paz, E. Suárez, C. Gil, and C. Baker, “CFD analysis of the aerodynamic effects on the stability of the flight of a quadcopter UAV in the proximity of walls and ground,” *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, vol. 206, p. 104378, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.jweia.2020.104378.
- [31]“How Scientists Are Using Drone Technology to Monitor IceCaps | DroneDeploy.” <https://www.dronedeploy.com/blog/how-scientists-are-using-drone-technology-to-monitor-icecaps> (accessed May 20, 2022).
- [32]E. Alvarez-Vanhard, T. Corpetti, and T. Houet, “UAV & satellite synergies for optical remote sensing applications: A literature review,” *Sci. Remote Sens.*, vol. 3, p. 100019, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.srs.2021.100019.
- [33]“Impact of using drones in emergency medicine | OAEM.” <https://www.dovepress.com/impact-of-using-drones-in-emergency-medicine-what-does-the-future-hold-peer-reviewed-fulltext-article-OAEM> (accessed May 21, 2022).

- [34]J. Ruiz-Jimenez, N. Zanca, H. Lan, M. Jussila, K. Hartonen, and M.-L. Riekkola, "Aerial drone as a carrier for miniaturized air sampling systems," *J. Chromatogr. A*, vol. 1597, Apr. 2019, doi: 10.1016/j.chroma.2019.04.009.
- [35]T. F. Villa, F. Gonzalez, B. Miljevic, Z. D. Ristovski, and L. Morawska, "An Overview of Small Unmanned Aerial Vehicles for Air Quality Measurements: Present Applications and Future Perspectives," *Sensors*, vol. 16, no. 7, p. 1072, Jul. 2016, doi: 10.3390/s16071072.
- [36]B. Romano, F. Zullo, A. Marucci, L. Fiorini, and S. Ciabò, "New techniques for land surveying, monitoring and environmental diagnosis: a comparative analysis," Jun. 2016.
- [37]"Weather Sensors Aid Drone-Based Atmospheric Studies," *Unmanned Systems Technology*, Jul. 04, 2020.  
<https://www.unmannedsystemstechnology.com/2020/07/atmospheric-research-sensor-packages-for-uavs/> (accessed May 21, 2022).
- [38]G. IPATE, G. Voicu, and I. Dinu, "Research on the use of drones in precision agriculture," vol. 77, pp. 263–274, Jan. 2015.
- [39]G. Dutta and P. Goswami, "Application of drone in agriculture: A review," *Int. J. Chem. Stud.*, vol. 8, pp. 181–187, Oct. 2020, doi: 10.22271/chemi.2020.v8.i5d.10529.
- [40]Z. Yingkun, "Flight path planning of agriculture UAV based on improved artificial potential field method," in *2018 Chinese Control And Decision Conference (CCDC)*, Jun. 2018, pp. 1526–1530. doi: 10.1109/CCDC.2018.8407369.
- [41]"How Drones Are Used in Agriculture," *UAV Training Australia*, Apr. 08, 2021.  
<https://www.uavtrainingaustralia.com.au/how-drones-are-used-in-agriculture/> (accessed May 21, 2022).
- [42]"The crop-spraying drones that go where tractors can't," *BBC News*, Aug. 02, 2018.  
 Accessed: May 21, 2022. [Online]. Available: <https://www.bbc.com/news/business-45020853>
- [43]A. A. Nyaaba and M. Ayamga, "Intricacies of medical drones in healthcare delivery: Implications for Africa," *Technol. Soc.*, vol. 66, p. 101624, Aug. 2021, doi: 10.1016/j.techsoc.2021.101624.
- [44]"Why Drones Are The Future Of Healthcare Industry," Apr. 01, 2019.  
<https://opportunityindia.franchiseindia.com/article/why-drones-are-the-future-of-healthcare-industry-13048> (accessed May 21, 2022).
- [45]A. Konert, J. Smereka, and L. Szarpak, "The Use of Drones in Emergency Medicine: Practical and Legal Aspects," *Emerg. Med. Int.*, vol. 2019, p. e3589792, Dec. 2019, doi: 10.1155/2019/3589792.

- [46]“Missing persons search - How drones can find missing people!,” *Droniq GmbH*.  
<https://droniq.de/pages/vermisstensuche> (accessed May 21, 2022).
- [47]“Your Guide to International Drone Rules & Regulations,” *dronegenuity*, Jan. 26, 2020.  
<https://www.dronegenuity.com/international-drone-laws-requirements/> (accessed May 14, 2022).
- [48]P. Van de Voorde, S. Gautama, A. Momont, C. M. Ionescu, P. De Paepe, and N. Fraeyman,  
“The drone ambulance [A-UAS]: golden bullet or just a blank?,” *Resuscitation*, vol. 116, pp.  
46–48, Jul. 2017, doi: 10.1016/j.resuscitation.2017.04.037.
- [49]“Drones in HealthCare,” *dronesinhealthcare*. <https://www.dronesinhealthcare.com>  
(accessed May 21, 2022).