



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΗ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΩΝ

ΕΝΑΕΡΙΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ (UAV)

Αθανασίου Απόστολος (Α.Μ. 1587)

Επιβλέπων Καθηγητής:

Νικόλαος Γιαννακέας, Αναπληρωτής Καθηγητής

Άρτα, Μάρτιος 2026

***Applications and Modern Technologies of Unmanned Aerial Vehicles
(UAV)***

Εγκρίθηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή

Άρτα, 01/04/2026

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Επιβλέπων καθηγητής
Νικόλαος Γιαννακέας,
Αναπληρωτής Καθηγητής

2. Μέλος επιτροπής
Αλέξανδρος Τζάλλας,
Αναπληρωτής Καθηγητής

3. Μέλος επιτροπής
Δημήτριος Δημόπουλος,
Ακαδημαϊκός Υπότροφος

© Αθανασίου, Απόστολος , 2026.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνω υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία είναι εξ ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μου ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν (κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) για τη συγγραφή της περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία.

Αθανασίου, Απόστολος

Υπογραφή

Περίληψη

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι να εξετάσουμε εφαρμογές και τεχνολογίες που σχετίζονται με τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα(UAV),την ραγδαία αύξηση που παρατηρείται σε αυτήν την ταχέως αναπτυσσόμενη τεχνολογία. Αρχικά θα αναλυθεί η δημιουργία και η εξέλιξη των UAV τα τεχνικά χαρακτηριστικά που έχουν καθώς και τα συστήματα ανάπτυξης και βελτίωσης που παρατηρούνται σε αυτά. Στην συνέχεια θα παραθέσουμε τον σκοπό χρήσης του σήμερα και τεχνολογίες που θα τα βοηθήσουν στην βελτίωση τους όπως είναι η τεχνητή νοημοσύνη και τα συστήματα αισθητήρων. Τέλος θα συζητήσουμε για προκλήσεις που παραμένουν αρνητικές πτυχές αυτών και για την προστασία προσωπικών δεδομένων.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Εναέρια οχήματα, πρόοδος, τεχνητή νοημοσύνη, κίνδυνοι.

Abstract

The purpose of this thesis is to examine applications and technologies related to Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), as well as the rapid growth observed in this fast-developing field. Initially, the study analyzes the creation and evolution of UAVs, their technical characteristics, and the systems used for their development and improvement. It then presents their current uses and explores technologies that can enhance their performance, such as artificial intelligence and sensor systems. Finally, the thesis discusses the challenges that remain, the negative aspects of UAVs, and issues related to personal data protection.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicles, progress, artificial intelligence, risks.

Περιεχόμενα

Δήλωση μη λογοκλοπής	5
Περίληψη	6
Abstract	7
Περιεχόμενα.....	8
Πίνακας Εικόνων	10
1. Εισαγωγή.....	11
1.1 Ορισμός της έννοιας μη επανδρωμένο εναέριο όχημα	11
1.2 Δημιουργία των πρώτων μοντέλων.....	11
1.3 Πρώτα μη επανδρωμένα οχήματα με τηλεκατεύθυνση	12
1.4 Εξέλιξη της τεχνολογίας και των λειτουργιών των UAV	13
1.5 Εμφάνιση των πρώτων εμπορικών UAV	14
2.Κατηγορίες και τύποι UAV.....	15
2.1 Ταξινόμηση UAV βάση μεγέθους.....	15
2.2 Κατηγοριοποίηση ανά τύπο πτήσης.....	16
2.3 Πολυκόπτερα σταθερής πτέρυγας και υβριδικά UAV	17
2.4 Βασικά υποσυστήματα (πλαίσιο, κινητήρες , μπαταρία, ελεγκτής πτήσης).....	19
3. Τεχνολογίες, Αισθητήρες και Συστήματα Ελέγχου	21
3.1 Συστήματα πλοήγησης (GPS, GLONASS, RTK)	21
3.2 Αισθητήρες (IMU, LIDAR, κάμερες υπερήχων).....	22
3.3 Αλγόριθμοι σταθεροποίησης και αυτόνομης πτήσης	24
3.4 Τηλεπικοινωνίες και συστήματα μετάδοσης δεδομένων	25
3.5 Τεχνητή νοημοσύνη και αυτοματισμοί στα UAV	26
4. Εφαρμογές των UAV.	28
4.1 Επιτήρηση, ασφάλεια και έρευνα διάσωση.	28
4.2 Γεωργία ακριβείας	29
4.3 Χαρτογράφηση και φωτογραμμετρία	30
4.4 Επιθεώρηση Υποδομών	31
4.5 Παράδοση προϊόντων (delivery drones)	32
4.6 Ψυχαγωγία και κινηματογράφηση.	33
4.7 Πολιτική προστασία και έκτακτες ανάγκες.	34
5. Κανονιστικό πλαίσιο και νομοθεσία.....	36

5.1 Ευρωπαϊκοί κανονισμοί EASA.....	36
5.2 Ελληνικό νομικό πλαίσιο (ΥΠΑ/CAA).....	37
5.3 Κατηγορίες Open-Specific-Certified	38
5.4 Κανόνες ασφαλούς πτήσης και περιορισμοί χρήσης.....	39
5.5 Αδειοδότηση και εκπαίδευση χειριστών UAV.....	40
6. Μελλοντικές τάσεις και προκλήσεις.....	41
6.1 Ενσωμάτωση τεχνητής νοημοσύνης στα UAV	41
6.2 Ανάπτυξη delivery drones και αστικών εφαρμογών	43
6.3 Διαχείριση εναέριας κυκλοφορίας UAV	44
6.4 Προκλήσεις ασφάλειας και ιδιωτικότητας.....	46
7. Συμπεράσματα.....	48
Βιβλιογραφία	50

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1 Το πρώτο quadcopter drone	16
Εικόνα 2.Fixed-wing UAV από την εταιρεία JOUAV με σκοπό την χαρτογράφηση περιοχών.....	17
Εικόνα 3 Βενζινοκίνητος κινητήρας UAV 60cc με ισχύ 180Watt..	20
Εικόνα 4 UAV με RTK τεχνολογία από την εταιρεία GSS	22
Εικόνα 5.Σε εικονική αναπαράσταση πόσους αισθητήρες μπορεί να διαθέτει πάνω του ένα UAV	23
Εικόνα 6. Ένα drone με τεχνητή νοημοσύνη από τον καθηγητή Σπαρκ Κογγινκτον. 27	
Εικόνα 7 Ένα UAV που μεταφέρει κουτί πρώτων βοηθειών.....	29
Εικόνα 8 Χρήση UAV για αγροτική εργασία και συγκεκριμένα για φυτοπροστασία σε δυσπρόσιτα σημεία	30
Εικόνα 9 Το μοντέλο M-Eagle A2 VTOL που χρησιμοποιείται αποκλειστικά για χαρτογράφηση περιοχών.....	31
Εικόνα 10 UAV κατασκευασμένο από τον Αμερικανικό στρατό που χρησιμοποιείται για πολιτική προστασία.....	35
Εικόνα 11 Σχολή στο Ηράκλειο για εκπαίδευση χειριστών drone βασισμένη στα Ευρωπαϊκά πλαίσια.....	40
Εικόνα 12 Το μοντέλο DJI Fly Cart 30 για την διανομή φαγητού που είναι διαθέσιμο και στην Ελλάδα	44
Εικόνα 13 Η Σιγκαπούρη έγινε η πρώτη χώρα που προχώρησε σε air traffic control System για UAV.....	45
Εικόνα 14 Πινακίδα που απαγορεύει την πτήση UAV στην περιοχή.	47
Εικόνα 15 Η αναφορά του Bill Gates στα Drones.....	49

Κεφάλαιο 1ο

1. Εισαγωγή

1.1 Ορισμός της έννοιας μη επανδρωμένο εναέριο όχημα

Ως μη επανδρωμένο εναέριο όχημα ή αλλιώς UAV ορίζουμε έναν τύπο αεροσκάφους το οποίο δεν έχει πλήρωμα ή επιβάτες (ICAO, 2011). Έχει δυνατότητα να πραγματοποιεί ελεγχόμενες εναέριας πτήσεις κάτι το οποίο το διαχωρίζει και από τους πυραύλους καθώς μπορεί να ανακτηθεί μετά την αποστολή του (Austin, 2010). Τα κοινού τύπου μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα χρησιμοποιούν κυρίως ηλεκτρικούς κινητήρες σε ποιο μικρά και μεσαία μήκη, ενώ σε μεγαλύτερα θερμικούς με βενζίνη ή πετρέλαιο σαν καύσιμο για την μεγαλύτερη αυτονομία τους (Austin, 2010). Με την άνοδο της τεχνολογίας έχουν παρουσιαστεί και αρκετά με υβριδικού τύπου κινητήρα που έχουν ως στόχο την μεγαλύτερη αυτονομία και ισχύ (Valavanis & Vachtsevanos, 2015).

Τα στρατιωτικά από την άλλη UAV παρατηρούνται ότι φορούν κινητήρα τζετ με σκοπό να κινούνται σε μεγαλύτερες ταχύτητες και να γίνονται πιο άτρωτα. Ουσιαστικά η μεγαλύτερη διαφορά που υπάρχει σε αυτά είναι ο κινητήρας (Clarke, 2014).

1.2 Δημιουργία των πρώτων μοντέλων

Η πρώτη ιδέα των μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων φαίνεται να προκύπτει στις αρχές του 18^{ου} αιώνα που έχει να κάνει με την κάλυψη των στρατιωτικών αναγκών (Clarke, 2014). Η ιδέα αυτή φαίνεται πως είχε βάση στις δοκιμές που γίνονταν το 1783 από τους αδερφούς Μονγκολφιέ που πραγματοποιούσαν πτήσεις με μη επανδρωμένα αερόστατα θερμού αέρα (Valavanis & Vachtsevanos, 2015). Η πρώτη επίσημη καταγεγραμμένη χρήση μη επανδρωμένου αεροσκάφους έρχεται στις 22 Αυγούστου του 1949 στην μάχη των Αυστριακών που επιτέθηκαν στην Βενετία. Οι

Αυστριακοί με σκοπό τον βομβαρδισμό της Βενετίας τότε χρησιμοποίησαν αερόστατα με εκρηκτικά τα οποία εκτοξεύτηκαν από πλοίο και έδωσαν κατεύθυνση μέσω του ανέμου προς την πόλη της αυτής.

Το σχέδιο αυτό περιλάμβανε τα αερόστατα να φτάσουν όσο πιο κοντά στην πόλη με την βοήθεια του ευνοϊκού ανέμου και με την βοήθεια του ηλεκτρομαγνητισμού να πυροκροτηθούν τα εκρηκτικά που είχαν τοποθετηθεί μέσα, με την χρήση ενός σύρματος χαλκού που βρίσκεται πάνω σε ένα κτήριο. Απο την πρώτη απόπειρα πολλά αερόστατα βρήκαν τον στόχο τους και πέτυχαν τον βομβαρδισμό, μερικά όμως επέστρεψαν λόγω της φοράς του ανέμου που ήταν και αστάθμητος παράγοντας της αποστολής (Clarke, 2014).

1.3 Πρώτα μη επανδρωμένα οχήματα με τηλεκατεύθυνση

Τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα άρχισαν στα τέλη του 18^{ου} αιώνα να κάνουν αισθητά την εμφάνιση τους χωρίς όμως να υπάρχουν σταθερά αποτελέσματα καθώς οι επιδώσεις τους επηρεάζονταν από αστάθμητους παράγοντες, όπως είναι η φορά του ανέμου και η σωστή χαρτογράφηση του στόχου. Για να σταθεροποιηθεί κάπως η απόδοση των UAV θα χρειαστεί να φτάσουμε στο 1916 όταν ένας στρατιωτικός μηχανικός ο Archibald Low θα πραγματοποιήσει μια μεγάλη ανακάλυψη για την εποχή. Θα δημιουργήσει ένα τηλεκατευθυνόμενο αεροσκάφος με όνομα Aerial Target το οποίο ήταν ένα μη επανδρωμένο αεροσκάφος το οποίο θα μπορούσε να κινηθεί μέσω ραδιοκυμάτων που θα του επέτρεπαν την τηλεκατεύθυνση επιστήμη προηγμένη αρκετά για την εποχή (Valavanis & Vachtsevanos, 2015).

Παρόλο που ήταν η πρώτη χρονικά ανακάλυψη και πραγματοποιήθηκαν και αρκετές δοκιμές πάνω σε αυτή το Aerial target δεν κατάφερε ποτέ να μπει σε ενεργή στρατιωτική υπηρεσία που ήταν και ο στόχος λόγω της μη εμπιστοσύνης στην ραδιοτεχνολογία που ήταν πολύ πρωτόγνωρη για την εποχή. Θα χρειαστεί να περάσουν περίπου 20 χρόνια ακόμη για να φτάσουμε στο πρώτο μοντέλο με ραδιοέλεγχο που χρησιμοποιήθηκε κανονικά.

Το 1935 η εταιρία De Havilland θα προχωρήσει στην κατασκευή του Queen Bee, ενός τηλεκατευθυνόμενου αεροσκάφους που είχε ως στόχο την εκπαίδευση του αντιαεροπορικού πυροβολικού, γίνονταν δηλαδή ρεαλιστικός στόχος χωρίς να κινδυνεύει κάποιος. Ήταν ασφαλές και φθινό και χρησιμοποιήθηκε αρκετά κατά την εκπαίδευση των Βρετανικών στρατιωτικών μονάδων (Clarke, 2014).

1.4 Εξέλιξη της τεχνολογίας και των λειτουργιών των UAV

Λαμβάνοντας υπόψιν την ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας που επικράτησε στον κόσμο δεν θα μπορούσε να μην επηρεάσει και την εξέλιξη των UAV. Αφού η τηλεκατεύθυνση μπήκε για τα καλά στην εφαρμογή των μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων άρχισαν να εξελίσσονται και σε νέους τομείς όπως ή αυτόματη πλοήγηση και στην μη στρατιωτική χρήση αυτών.

Ήδη από την δεκαετία του 60 ξεκίνησαν να γίνονται τα πρώτα πειράματα για την αυτοματοποίηση χωρίς συνεχή ανθρώπινη παρέμβαση. Στην αρχή ξεκίνησαν με διάφορους γεωγραφικούς αλγορίθμους να προσπαθήσουν να επιτύχουν την σχετική αυτονομία.

Τα πειράματα αυτά θα τελειοποιηθούν στις αρχές του 1980 όταν θα κάνουν την εμφάνιση τους οι πρώτοι μικροεπεξεργαστές που θα μπορέσουν μέσω προγραμματισμού να επιτευχθεί ο σκοπός της εξέλιξης και η ανθρώπινη παρέμβαση να είναι αισθητά λιγότερη. Μαζί με την αυτονομία και την αλλαγή του τρόπου πλοήγησης των UAV είχε αρχίσει να αλλάζει και η χρήση αυτών καθώς μετά την σχετική αυτονομία τους έδωσαν χώρο στην βοήθεια και άλλων εφαρμογών μη στρατιωτικού πλαισίου.

Στις αρχές του 1990 εμφανίστηκαν τα πρώτα πολιτικά UAV με σκοπό στην βοήθεια της χαρτογράφησης, φωτογράφησης και έλεγχο διάφορων υποδομών, δεν άργησαν να κάνουν την εμφάνιση τους και στον χώρο της βιομηχανίας καθώς είχαν αρχίσει να χρησιμοποιούνται στην επιθεώρηση κτιρίων στην έρευνα και στην εκπαίδευση (Valavanis & Vachtsevanos, 2015).

Εξέλιξη που χρησιμοποιείται και επηρεάζει μέχρι και σήμερα καθώς τα UAV έχουν γίνει αναπόσπαστο εργαλείο στην ζωή του ανθρώπου (Clarke, 2014).

1.5 Εμφάνιση των πρώτων εμπορικών UAV

Το 2006 ήταν η χρονιά που έφερε ένα άλλο σημαντικό σημείο σταθμό στην ιστορία των UAV. Η ομοσπονδιακή αρχή των Ηνωμένων Πολιτειών τις αεροπορίας που είναι και υπεύθυνη για την ασφάλεια των αερομεταφορών γνωστή και ως FAA, εκδίδει τις πρώτες άδειες για όσους θέλουν να πετάξουν drones κυρίως για επαγγελματική χρήση (FAA, 2006). Οι πρώτες αυτές άδειες ενώ έθεταν αρκετούς περιορισμούς στους καταναλωτές άνοιξαν το δρόμο για να μπουν τα UAV για τα καλά στην ζωή του ανθρώπου. Η χρήση τους σταδιακά αυξήθηκε και δεν θα αργούσε η στιγμή που θα βγει το πρώτο UAV διαθέσιμο στην αγορά.

Η γαλλική εταιρεία Parrot προχωρά στην δημιουργία του AR.Drone πρόκειται για ένα τετρακόπτερο, δηλαδή μια κατασκευή με 4 έλικες και έγινε αμέσως γνωστός καθώς μπορούσε να το ελέγξεις με ένα smartphone μέσω Wi-Fi. Η τιμή του AR.Drone στην τότε εποχή ήταν περίπου στα 300 δολάρια και αυτό που το έκανε αμέσως ανάρπαστο ήταν ότι ενσωμάτωνε σύστημα σταθεροποιητή πτήσης πράγμα που άλλαξε για τα καλά την χρήση του αφού μπορούσε να προηγηθεί και απο άτομο χωρίς ειδικές γνώσεις. Χρειάστηκαν περίπου τρία χρόνια για να έρθει το σημείο καμπής, η λεγόμενη επανάστασή στα UAV καθώς μια κινεζική εταιρεία τεχνολογίας η DJI με έδρα το Σενζεν εμφανίζει ένα μοντέλο το Phantom 1 παρέχοντας πολλά προνόμια στους καταναλωτές. Αρχικά ήταν το πρώτο UAV που ήταν αμέσως έτοιμο για χρήση καθώς δεν χρειάζονταν συναρμολόγηση.

Το Phantom ενσωμάτωνε GPS το οποίο σου παρείχε με ακρίβεια που κινείται στον αέρα και ένα άλλο σημαντικό κομμάτι, είναι ότι για αν κάποιο λόγο χάνονταν το σήμα του αυτό επέστρεφε στο σημείο εκκίνησης πράγμα που έκανε τις πτήσεις ασφαλείς και προβλέψιμες. Ήταν το πρώτο drone που έκανε προσβάσιμη στον κόσμο την αεροφωτογράφιση καθώς ενώ αρχικά δεν είχε κάμερα πάνω του έδινε την δυνατότητα στους χρήστες να ενσωματώσουν μια GoPro κάμερα (Clarke, 2014).

Κεφάλαιο 2^ο

2.Κατηγορίες και τύποι UAV.

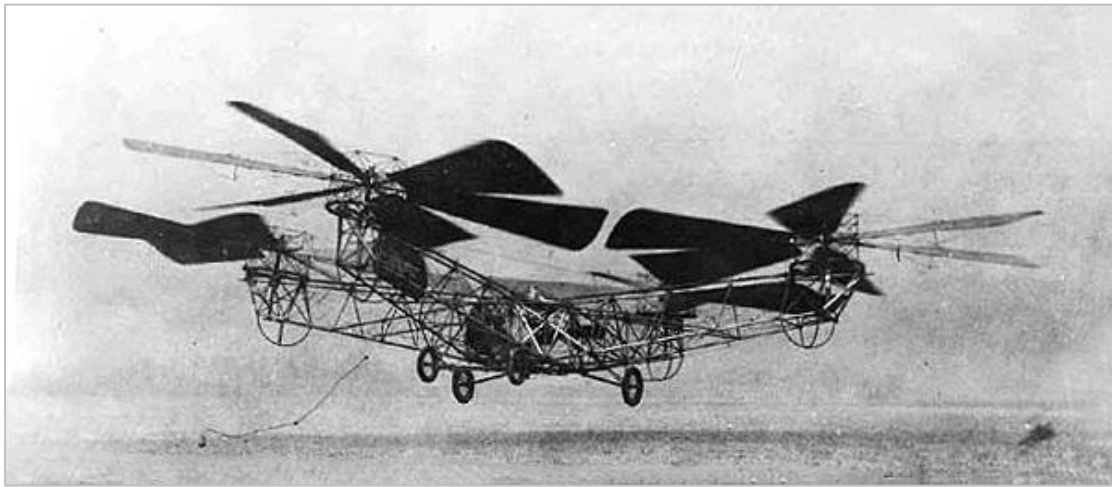
2.1 Ταξινόμηση UAV βάση μεγέθους

Το πρώτο και σημαντικότερο πράγμα για να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή επιτυχία των UAV στον σκοπό χρήσης τους ήταν η κατηγοριοποίηση τους. Έτσι ξεκίνησε να δίνει απαντήσεις για την χρήση τους το μέγεθος κατασκευής αυτών. Υπάρχει η κατηγορία nano που αναφέρεται σε UAV πολύ μικρά όπου ο σκοπός χρήσης είναι καθαρά για εσωτερικό χώρο κυρίως για εκπαίδευση στην λειτουργία τους και το βάρος τους δεν ξεπερνάει τα 250 γραμμάρια, δεν είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά (ICAO, 2011).

Έπειτα συνεχίζουμε στην πιο γνωστή κατηγορία για τον καταναλωτή που αφορά τα micro UAV που είναι τα πιο κοινά στην εμπορική χρήση με βάρος έως 2 κιλά που αποτελούν τα πιο μικρά συστήματα μη επανδρωμένου αεροσκάφους, είναι ιδιαίτερα γνωστά γιατί καλύπτουν τα χόμπι και κάποιες ερασιτεχνικές λήψεις που ανήκουν κυρίως στα ψυχαγωγικά πλαίσια κατασκευής με σχετικά καλή ανθεκτικότητα.

Η επόμενη κατηγορία αφορά τα επαγγελματικά drone που έχουν ως βάρος τα 25 κιλά, τα λεγόμενα mini που αφορά κυρίως τις επιχειρήσεις, συνήθως ο σκοπός χρήσης αυτών είναι για χαρτογράφηση περιοχών και μικρές επιθεωρήσεις επιχειρήσεων. Τα small UAV έπειτα αποτελούν μια κατηγορία που εξελίχθηκε από την mini που αφορά επίσης επαγγελματική χρήση με την δυνατότητα να παρέχουν μεγαλύτερη

αυτονομία, ανθεκτικότητα και έχοντας ακόμη την δυνατότητα μεταφοράς και κάποιου φορτίου με βάρος κατασκευής από 25 έως 150 κιλά.



Εικόνα 1 Το πρώτο quadcopter drone

Τελευταία κατηγορία είναι τα πιο σκληροπυρηνικά UAV που αφορούν κυρίως την στρατιωτική χρήση και σε πολύ σπάνιες περιπτώσεις καλύπτουν και κάποιες μεγάλες εμπορικές εφαρμογές. Το βάρος τους ξεπερνά συνήθως τα 150 κιλά είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά και παρέχουν τεράστια αυτονομία (ICAO, 2011).

2.2 Κατηγοριοποίηση ανά τύπο πτήσης

Τα UAV διακρίνονται με βάση τον τρόπο πτήσης τους και τον τύπο κατασκευής. Η κατηγοριοποίηση αυτή σχετίζεται άμεσα με την αυτονομία, την εφαρμογή και την αποδοτικότητα που παρέχουν τα UAV. Υπάρχουν τα λεγόμενα σταθερής πτέρυγας (Fixed-Wing) τα οποία έχουν πολλές ομοιότητες με μικρά αεροπλάνα (Austin, 2010). Έχουν ιδιαίτερα μεγάλη αυτονομία και ταχύτητα αλλά απαιτούν διάδρομο προσγείωσης και απογείωσης. Χρησιμοποιούνται σε χαρτογράφηση, επιτήρηση περιοχών αλλά και σε στρατιωτικές επιχειρήσεις.

Επόμενη κατηγορία είναι τα πολυκόπτερα (Multirotor) τα οποία διαθέτουν πολλαπλούς έλικες, μπορούν να κάνουν περιφερειακή κίνηση, απογειώνονται και προσγειώνονται κάθετα. Είναι ιδιαίτερα ευέλικτα και είναι κατάλληλα για φωτογράφιση, βιντεογράφιση αλλά και επιθεωρήσεις υποδομών. Τέλος συναντάμε

τα Υβριδικά (Vertical Take-Off and Landing) τα οποία συνδυάζουν τα δυο παραπάνω πλεονεκτήματα που έχουν αυτά της σταθερής πτέρυγας και τα πολυκόπτερα. Μπορούν να απογειώνονται κάθετα έχουν τεράστια εμβέλεια και χρησιμοποιούνται για στρατιωτική και πιο απαιτητική εμπορική χρήση. Είναι ικανά να καλύψουν μεγάλες αποστάσεις μπορούν να μεταφέρουν φορτίο και είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για εμπορικές αποστολές (Valavanis & Vachtsevanos, 2015).

2.3 Πολυκόπτερα σταθερής πτέρυγας και υβριδικά UAV

Η κατηγοριοποίηση των μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων (UAV) βάσει του τύπου πτήσης αποτελεί βασικό κριτήριο σχεδιασμού και επιλογής τους, καθώς επηρεάζει άμεσα την αυτονομία, την ευελιξία, την κατανάλωση ενέργειας και το επιχειρησιακό τους πεδίο (Austin, 2010· Valavanis & Vachtsevanos, 2015).

Οι τρεις βασικές κατηγορίες είναι τα πολυκόπτερα (multirotor), τα σταθερής πτέρυγας (fixed-wing) και τα υβριδικά συστήματα κάθετης απογείωσης και προσγείωσης (VTOL). Τα πολυκόπτερα (multirotor UAV) διαθέτουν πολλαπλούς έλικες (συνήθως 4, 6 ή 8) και βασίζονται στην κατακόρυφη ώση για την απογείωση, αιώρηση και προσγείωση.



Εικόνα 2. Fixed-wing UAV από την εταιρεία JOUAV με σκοπό την χαρτογράφηση περιοχών

Το βασικό τους πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα κάθετης απογείωσης και προσγείωσης (Vertical Take-Off and Landing – VTOL), καθώς και η υψηλή ευελιξία και ακρίβεια θέσης, γεγονός που τα καθιστά ιδανικά για αεροφωτογράφιση, επιθεώρηση υποδομών και εφαρμογές σε αστικό περιβάλλον (Valavanis & Vachtsevanos, 2015). Ωστόσο, παρουσιάζουν περιορισμένη αυτονομία και μικρότερη ενεργειακή απόδοση σε σύγκριση με τα σταθερής πτέρυγας, καθώς η άντωση παράγεται αποκλειστικά από τους έλικες και όχι από αεροδυναμικές επιφάνειες (Austin, 2010).

Τα UAV σταθερής πτέρυγας (fixed-wing) λειτουργούν με αεροδυναμική άντωση που παράγεται από τα φτερά τους, όπως στα συμβατικά αεροσκάφη. Το χαρακτηριστικό αυτό τους επιτρέπει να επιτυγχάνουν μεγαλύτερη αυτονομία πτήσης, υψηλότερες ταχύτητες και αυξημένη ενεργειακή αποδοτικότητα, καθιστώντας τα κατάλληλα για χαρτογράφηση μεγάλων εκτάσεων, επιτήρηση συνόρων και γεωργικές εφαρμογές ακριβείας (Austin, 2010). Παρά τα πλεονεκτήματα αυτά, απαιτούν διάδρομο ή ειδικό σύστημα εκτόξευσης για την απογείωση και δεν μπορούν να αιωρούνται σε σταθερό σημείο, γεγονός που περιορίζει τη χρήση τους σε πυκνοκατοικημένες ή περιορισμένες περιοχές (Valavanis & Vachtsevanos, 2015).

Τα υβριδικά UAV (VTOL fixed-wing) συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα των δύο προηγούμενων κατηγοριών. Διαθέτουν πτέρυγες για αεροδυναμική πτήση μεγάλης εμβέλειας και ταυτόχρονα σύστημα κάθετης απογείωσης και προσγείωσης, συνήθως μέσω πρόσθετων ελίκων ή ανακλινόμενων κινητήρων (Dalamagkidis, Valavanis, & PiegI, 2012). Τα συστήματα αυτά επιτρέπουν επιχειρησιακή ευελιξία, μεγάλη αυτονομία και δυνατότητα λειτουργίας σε περιοχές χωρίς υποδομές αεροδρομίου. Ωστόσο, ο σχεδιασμός τους είναι πιο σύνθετος και απαιτεί προηγμένα συστήματα ελέγχου πτήσης και μετάβασης μεταξύ των δύο τρόπων λειτουργίας (Valavanis & Vachtsevanos, 2015). Συνολικά, η επιλογή τύπου UAV εξαρτάται από το επιχειρησιακό περιβάλλον, την απαιτούμενη εμβέλεια, το φορτίο και τη διαθεσιμότητα υποδομών. Η τεχνολογική πρόοδος στους αισθητήρες, στα συστήματα πλοήγησης και στους αλγόριθμους ελέγχου συνεχίζει να βελτιώνει τις επιδόσεις και των τριών κατηγοριών, διευρύνοντας το πεδίο εφαρμογών τους σε στρατιωτικό και πολιτικό επίπεδο (Austin, 2010).

2.4 Βασικά υποσυστήματα (πλαίσιο, κινητήρες , μπαταρία, ελεγκτής πτήσης)

Τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα (UAV) αποτελούνται από βασικά υποσυστήματα που καθορίζουν τις επιδόσεις τους, την αυτονομία και την αξιοπιστία της πτήσης (Austin, 2010; Valavanis & Vachtsevanos, 2015). Αυτά περιλαμβάνουν το πλαίσιο, τους κινητήρες, την μπαταρία και τον ελεγκτή πτήσης.

- **Πλαίσιο (Frame):** Το πλαίσιο αποτελεί τη βασική δομή του UAV και υποστηρίζει όλα τα υπόλοιπα εξαρτήματα. Τα υλικά κατασκευής ποικίλουν ανάλογα με τον τύπο και τη χρήση του UAV. Τα μικρά καταναλωτικά UAV χρησιμοποιούν κυρίως πλαστικά υψηλής αντοχής, ενώ τα επαγγελματικά και στρατιωτικά UAV συχνά κατασκευάζονται από ανθρακονήματα ή κράματα αλουμινίου για υψηλή αντοχή και χαμηλό βάρος (Valavanis & Vachtsevanos, 2015). Το σχεδιαστικό σχήμα επηρεάζει επίσης την αεροδυναμική απόδοση, τη σταθερότητα και την ικανότητα μεταφοράς φορτίου.
- **Κινητήρες (Motors):** Οι κινητήρες παρέχουν την απαραίτητη ώση για την πτήση. Τα μικρότερα UAV συνήθως χρησιμοποιούν ηλεκτρικούς κινητήρες DC ή brushless, οι οποίοι προσφέρουν αθόρυβη λειτουργία και υψηλή αξιοπιστία (Austin, 2010). Τα μεγαλύτερα UAV μπορεί να χρησιμοποιούν κινητήρες εσωτερικής καύσης ή ακόμη και κινητήρες τύπου jet για μεγαλύτερη ισχύ και αυτονομία, όπως συναντάται κυρίως στα στρατιωτικά οχήματα.
- **Μπαταρία (Power System):** Η πηγή ενέργειας είναι κρίσιμη για την αυτονομία και την απόδοση του UAV. Τα περισσότερα πολυκόπτερα και μικρά UAV χρησιμοποιούν λιθίου πολυμερείς (LiPo) μπαταρίες λόγω υψηλής ενεργειακής πυκνότητας και μικρού βάρους (Valavanis & Vachtsevanos, 2015). Η σωστή διαχείριση της ενέργειας, μαζί με το βάρος και την κατανάλωση των κινητήρων, καθορίζει τη διάρκεια πτήσης και την ασφάλεια του συστήματος.
- **Ελεγκτής πτήσης (Flight Controller):** Ο ελεγκτής πτήσης είναι το “εγκέφαλο” του UAV. Συνδέει αισθητήρες όπως γυροσκόπιο, επιταχυνσιόμετρο και GPS με τους κινητήρες, επιτρέποντας τον έλεγχο της σταθερότητας, της κατεύθυνσης και της αυτόνομης πλοήγησης (Dalamatidis, Valavanis, & Piegel,

2012). Τα σύγχρονα συστήματα διαθέτουν δυνατότητες αυτόματης πτήσης, προγραμματισμένων διαδρομών και λειτουργία επιστροφής στο σημείο εκκίνησης σε περίπτωση απώλειας σήματος. Συνολικά, η αλληλεπίδραση των παραπάνω υποσυστημάτων καθορίζει τις επιδόσεις, την αξιοπιστία και την ασφάλεια του UAV, καθιστώντας τη σωστή επιλογή και σχεδίαση κάθε υποσυστήματος κρίσιμη για την επιτυχία της πτήσης (Austin, 2010).



Εικόνα 3 Βενζινοκίνητος κινητήρας UAV 60cc με ισχύ 180Watt..

Κεφάλαιο 3^ο

3. Τεχνολογίες, Αισθητήρες και Συστήματα Ελέγχου

3.1 Συστήματα πλοήγησης (GPS, GLONASS, RTK)

Η πλοήγηση αποτελεί θεμελιώδες στοιχείο λειτουργίας των μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων (UAV), καθώς καθορίζει την ακρίβεια θέσης, τη σταθερότητα και την ικανότητα αυτόνομης εκτέλεσης αποστολών.

Τα σύγχρονα UAV βασίζονται στα Παγκόσμια Δορυφορικά Συστήματα Πλοήγησης (GNSS), με κυριότερα το GPS και το GLONASS. Το Global Positioning System (GPS), το οποίο αναπτύχθηκε και διαχειρίζεται από το United States Department of Defense, αποτελεί το πιο διαδεδομένο σύστημα δορυφορικής πλοήγησης και παρέχει παγκόσμια κάλυψη μέσω αστερισμού δορυφόρων σε μεσαία γήινη τροχιά (Karlan & Hegarty, 2017).

Στα UAV, το GPS χρησιμοποιείται για προσδιορισμό θέσης, σταθεροποίηση αιώρησης και εκτέλεση προγραμματισμένων διαδρομών, με τυπική ακρίβεια λίγων μέτρων σε πολιτικές εφαρμογές (Misra & Enge, 2012). Παράλληλα, το ρωσικό σύστημα GLONASS, που λειτουργεί υπό την εποπτεία της Roscosmos, προσφέρει αντίστοιχη παγκόσμια κάλυψη και συχνά χρησιμοποιείται συνδυαστικά με το GPS. Η ταυτόχρονη αξιοποίηση πολλαπλών δορυφορικών συστημάτων αυξάνει τον αριθμό διαθέσιμων δορυφόρων και βελτιώνει την αξιοπιστία και την ακρίβεια του προσδιορισμού θέσης, ιδιαίτερα σε περιβάλλοντα με παρεμβολές ή φυσικά εμπόδια.



Εικόνα 4 UAV με RTK τεχνολογία από την εταιρεία GSS

Για εφαρμογές υψηλής ακρίβειας, όπως η τοπογραφία και η χαρτογράφηση, εφαρμόζεται η τεχνολογία RTK (Real-Time Kinematic), η οποία βασίζεται σε διαφορική διόρθωση σήματος μέσω επίγειου σταθμού αναφοράς. Η μέθοδος αυτή επιτρέπει τον περιορισμό σφαλμάτων που οφείλονται στην ατμόσφαιρα και στους δορυφόρους, επιτυγχάνοντας ακρίβεια σε επίπεδο εκατοστών (El-Rabbany, 2006). Στην πράξη, τα συστήματα GNSS συχνά συνδυάζονται με αδρανειακές μονάδες μέτρησης, ενισχύοντας τη σταθερότητα και τη συνέχεια της πλοήγησης (Groves, 2013).

3.2 Αισθητήρες (IMU, LIDAR, κάμερες υπερήχων)

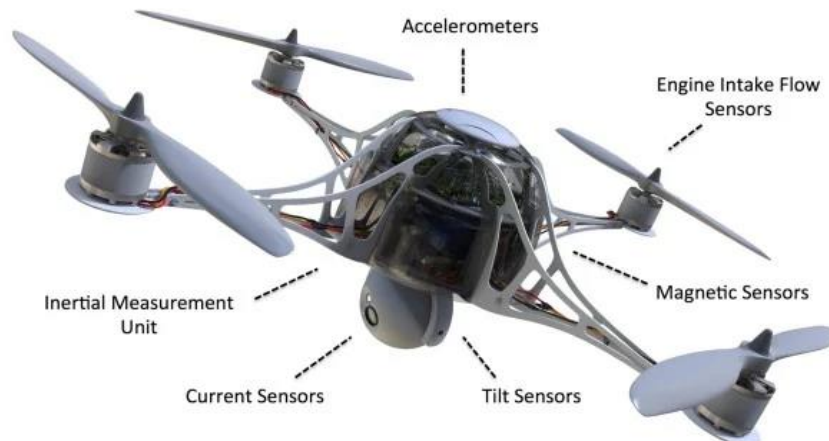
Οι αισθητήρες αποτελούν κρίσιμο στοιχείο των μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων (UAV), καθώς παρέχουν τα απαραίτητα δεδομένα για τη σταθεροποίηση, την πλοήγηση και την εκτέλεση εξειδικευμένων αποστολών. Η απόδοση ενός UAV εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ποιότητα και τον συνδυασμό των αισθητήρων που ενσωματώνει, ιδιαίτερα σε εφαρμογές χαρτογράφησης, επιτήρησης και αυτόνομης πτήσης (Valavanis & Vachtsevanos, 2015).

Η Μονάδα Αδρανειακής Μέτρησης (Inertial Measurement Unit – IMU) περιλαμβάνει γυροσκόπια και επιταχυνσιόμετρα, ενώ συχνά ενσωματώνει και μαγνητόμετρο. Η IMU επιτρέπει την εκτίμηση του προσανατολισμού και των επιταχύνσεων του UAV σε πραγματικό χρόνο, συμβάλλοντας στη σταθερότητα της πτήσης και στον έλεγχο στάσης. Σε συνδυασμό με συστήματα GNSS, σχηματίζει

ολοκληρωμένα συστήματα πλοήγησης GNSS/INS, τα οποία διατηρούν αξιόπιστη εκτίμηση θέσης ακόμη και σε περιπτώσεις προσωρινής απώλειας δορυφορικού σήματος (Groves, 2013).

Το LiDAR (Light Detection and Ranging) αποτελεί ενεργό αισθητήρα που χρησιμοποιεί παλμούς λέιζερ για τη μέτρηση αποστάσεων και τη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων εδάφους ή αντικειμένων. Η τεχνολογία αυτή επιτρέπει υψηλή χωρική ακρίβεια και χρησιμοποιείται ευρέως σε τοπογραφικές και δασολογικές εφαρμογές, καθώς και σε συστήματα αποφυγής εμποδίων (Shan & Toth, 2009). Οι κάμερες, είτε οπτικές (RGB) είτε πολυφασματικές και θερμικές, χρησιμοποιούνται για φωτογραμμετρία, παρακολούθηση καλλιεργειών και επιτήρηση περιοχών. Μέσω κατάλληλης επεξεργασίας εικόνας, είναι δυνατή η εξαγωγή γεωχωρικών δεδομένων υψηλής ανάλυσης (Colomina & Molina, 2014).

Τέλος, οι αισθητήρες υπερήχων αξιοποιούνται κυρίως για μέτρηση μικρών αποστάσεων και υποβοήθηση της σταθεροποίησης σε χαμηλό ύψος, ιδίως σε εσωτερικούς χώρους όπου η δορυφορική πλοήγηση είναι περιορισμένη. Ο συνδυασμός των παραπάνω αισθητήρων ενισχύει την αυτονομία και την αξιοπιστία των σύγχρονων UAV.



Εικόνα 5. Σε εικονική αναπαράσταση πόσους αισθητήρες μπορεί να διαθέτει πάνω του ένα UAV

3.3 Αλγόριθμοι σταθεροποίησης και αυτόνομης πτήσης

Η σταθεροποίηση και η αυτόνομη πτήση των μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων (UAV) βασίζονται σε εξελιγμένους αλγορίθμους ελέγχου, οι οποίοι επεξεργάζονται δεδομένα από αισθητήρες της IMU, βαρόμετρο και GNSS, προκειμένου να διατηρείται ο έλεγχος της στάσης και της θέσης του οχήματος. Ο βασικός στόχος των αλγορίθμων αυτών είναι η διατήρηση της ισορροπίας και της επιθυμητής τροχιάς, παρά της εξωτερικές διαταραχές, της ο άνεμος ή οι μεταβολές φορτίου (Beard & McLain, 2012). Στα περισσότερα πολυκόπτερα εφαρμόζονται ελεγκτές τύπου PID (Proportional–Integral–Derivative), οι οποίοι ρυθμίζουν δυναμικά την ταχύτητα των κινητήρων ώστε να επιτυγχάνεται σταθεροποίηση ως της της άξονες κύλισης , πρόνευσης (pitch) και εκτροπής (yaw).

Η απλότητα και η αποτελεσματικότητα των PID της καθιστούν ευρέως διαδεδομένους σε εμπορικά και ερευνητικά UAV, αν και απαιτείται σωστή παραμετροποίηση για βέλτιστη απόδοση (Bouabdallah, Murrieri, & Siegwart, 2004). Σε πιο σύνθετες εφαρμογές, χρησιμοποιούνται προηγμένες μέθοδοι ελέγχου, της ο γραμμικοποιημένος έλεγχος κατάστασης (state-space control), ο προσαρμοστικός έλεγχος και ο έλεγχος ολίσθησης (sliding mode control), οι οποίοι προσφέρουν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα σε μη γραμμικότητες και αβεβαιότητες του συστήματος (Beard & McLain, 2012).

Παράλληλα, για την εκτίμηση της κατάστασης του UAV εφαρμόζονται φίλτρα της το Kalman Filter και το Extended Kalman Filter (EKF), τα οποία συνδυάζουν δεδομένα από πολλαπλούς αισθητήρες ώστε να παρέχουν ακριβέστερη εκτίμηση θέσης και προσανατολισμού. Η αυτόνομη πτήση επιτυγχάνεται μέσω αλγορίθμων σχεδιασμού τροχιάς και αποφυγής εμποδίων, οι οποίοι επιτρέπουν την εκτέλεση προκαθορισμένων διαδρομών ή τη δυναμική προσαρμογή της πορείας σε πραγματικό χρόνο.

Σύγχρονες προσεγγίσεις ενσωματώνουν τεχνικές υπολογιστικής όρασης και τεχνητής νοημοσύνης για αυξημένη αυτονομία και ακρίβεια (Siciliano & Khatib, 2016). Ο

συνδυασμός ελέγχου, εκτίμησης κατάστασης και σχεδιασμού διαδρομής αποτελεί τη βάση της ασφαλούς και αξιόπιστης αυτόνομης λειτουργίας των UAV.

3.4 Τηλεπικοινωνίες και συστήματα μετάδοσης δεδομένων

Οι τηλεπικοινωνίες αποτελούν βασικό παράγοντα για την ασφαλή και αξιόπιστη λειτουργία των μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων (UAV), καθώς επιτρέπουν τη μετάδοση εντολών ελέγχου και δεδομένων τηλεμετρίας μεταξύ του εναέριου οχήματος και του σταθμού εδάφους. Η επικοινωνία αυτή περιλαμβάνει συνήθως δύο διακριτά κανάλια: το κανάλι ελέγχου και εντολών (Command and Control – C2) και το κανάλι μετάδοσης ωφέλιμου φορτίου (payload data link), μέσω του οποίου μεταδίδονται εικόνες, βίντεο ή άλλα δεδομένα αισθητήρων (Valavanis & Vachtsevanos, 2015). Στα μικρού και μεσαίου μεγέθους UAV χρησιμοποιούνται συχνά ραδιοσυχνότητες στις ζώνες ISM (π.χ. 2.4 GHz και 5.8 GHz), οι οποίες επιτρέπουν αμφίδρομη επικοινωνία σε σχετικά μικρές αποστάσεις. Η αξιοπιστία της σύνδεσης εξαρτάται από την ισχύ εκπομπής, τον τύπο της κεραίας, τις παρεμβολές και τις περιβαλλοντικές συνθήκες.

Για μεγαλύτερες αποστάσεις και εφαρμογές πέραν του οπτικού πεδίου (Beyond Visual Line of Sight – BVLOS), αξιοποιούνται δίκτυα κινητής τηλεφωνίας 4G/5G ή δορυφορικές επικοινωνίες, προσφέροντας εκτεταμένη κάλυψη και αυξημένη χωρητικότητα δεδομένων (Clarke, 2014). Η ασφάλεια των επικοινωνιών αποτελεί επίσης κρίσιμο ζήτημα, καθώς τα UAV ενδέχεται να αποτελέσουν στόχο παρεμβολών (jamming) ή μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης. Για τον λόγο αυτό εφαρμόζονται τεχνικές κρυπτογράφησης και πιστοποίησης ταυτότητας, ενώ χρησιμοποιούνται μηχανισμοί εφεδρείας σε περίπτωση απώλειας σήματος, όπως η αυτόματη επιστροφή στο σημείο απογείωσης (Austin, 2010).

Η εξέλιξη των ασύρματων τεχνολογιών και των δικτύων υψηλής ταχύτητας συμβάλλει στη βελτίωση της αξιοπιστίας και της καθυστέρησης μετάδοσης (latency), ενισχύοντας τις δυνατότητες αυτόνομης λειτουργίας και απομακρυσμένου ελέγχου των σύγχρονων UAV.

3.5 Τεχνητή νοημοσύνη και αυτοματισμοί στα UAV

Η ενσωμάτωση τεχνητής νοημοσύνης (Artificial Intelligence – AI) στα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα (UAV) έχει επιφέρει σημαντικές εξελίξεις στον τομέα της αυτόνομης λειτουργίας και της λήψης αποφάσεων. Μέσω αλγορίθμων μηχανικής μάθησης και βαθιάς μάθησης (deep learning), τα σύγχρονα UAV είναι σε θέση να επεξεργάζονται δεδομένα από αισθητήρες και κάμερες σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας προηγμένες λειτουργίες όπως αναγνώριση αντικειμένων, παρακολούθηση στόχων και αποφυγή εμποδίων (Goodfellow, Bengio, & Courville, 2016)

Στον τομέα της υπολογιστικής όρασης, τα νευρωνικά δίκτυα συνελκτικού τύπου (Convolutional Neural Networks – CNNs) χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση και ταξινόμηση αντικειμένων σε εικόνες και βίντεο που συλλέγονται από το UAV. Οι τεχνικές αυτές βρίσκουν εφαρμογή σε αποστολές επιτήρησης, έρευνας και διάσωσης, καθώς και στη γεωργία ακριβείας, όπου απαιτείται αυτόματη αναγνώριση καλλιεργητικών προβλημάτων (Siciliano & Khatib, 2016). Παράλληλα, οι αλγόριθμοι ταυτόχρονης εντοπισμού και χαρτογράφησης (Simultaneous Localization and Mapping – SLAM) επιτρέπουν την αυτόνομη πλοήγηση σε άγνωστα περιβάλλοντα, αξιοποιώντας δεδομένα από αισθητήρες όπως LiDAR και κάμερες.

Η αυτοματοποίηση επεκτείνεται επίσης στον σχεδιασμό τροχιάς και στη λήψη αποφάσεων, μέσω τεχνικών ενισχυτικής μάθησης (reinforcement learning), όπου το σύστημα βελτιστοποιεί τη συμπεριφορά του με βάση την εμπειρία και την αλληλεπίδραση με το περιβάλλον (Beard & McLain, 2012). Με τον τρόπο αυτό, τα UAV μπορούν να προσαρμόζουν δυναμικά την πορεία τους και να ανταποκρίνονται σε απρόβλεπτες συνθήκες.

Η συνδυασμένη χρήση τεχνητής νοημοσύνης και αυτοματισμών ενισχύει την επιχειρησιακή αποτελεσματικότητα των UAV, μειώνοντας την ανάγκη ανθρώπινης παρέμβασης και αυξάνοντας το επίπεδο αυτονομίας. Ωστόσο, η αξιοπιστία των

αλγορίθμων και τα ζητήματα ηθικής και ασφάλειας παραμένουν αντικείμενο συνεχιζόμενης έρευνας.



Εικόνα 6. Ένα drone με τεχνητή νοημοσύνη από τον καθηγητή Σπαρκ Κονγινκτον.

Κεφάλαιο 4^ο

4. Εφαρμογές των UAV.

4.1 Επιτήρηση, ασφάλεια και έρευνα διάσωση.

Ένας από τους σημαντικότερους τομείς εφαρμογής των UAV είναι η επιτήρηση και η ασφάλεια. Οι δυνατότητες εναέριας παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο επιτρέπουν την επιτήρηση συνόρων, κρίσιμων υποδομών και μεγάλων δημόσιων εκδηλώσεων, με μειωμένο επιχειρησιακό κόστος σε σύγκριση με τα επανδρωμένα μέσα (Clarke, 2014). Οι θερμικές και πολυφασματικές κάμερες καθιστούν δυνατή την ανίχνευση κινήσεων ή πηγών θερμότητας ακόμη και σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού, ενισχύοντας τις επιχειρησιακές δυνατότητες των αρχών ασφαλείας.

Στον τομέα της έρευνας και διάσωσης (Search and Rescue – SAR), τα UAV συμβάλλουν στον ταχύ εντοπισμό αγνοουμένων σε φυσικές καταστροφές, ορεινές περιοχές ή θαλάσσιο περιβάλλον. Η δυνατότητα πτήσης σε επικίνδυνες ή δυσπρόσιτες περιοχές μειώνει τον κίνδυνο για τα διασωστικά συνεργεία και επιταχύνει τη συλλογή κρίσιμων πληροφοριών (Austin, 2010). Σε περιπτώσεις πυρκαγιών ή πλημμυρών, τα UAV χρησιμοποιούνται για αποτύπωση της έκτασης της καταστροφής και υποστήριξη του επιχειρησιακού σχεδιασμού.

Παράλληλα, διεθνείς οργανισμοί όπως η European Union Aviation Safety Agency (EASA) έχουν θεσπίσει κανονιστικά πλαίσια που ρυθμίζουν τη χρήση UAV για λόγους ασφάλειας και προστασίας προσωπικών δεδομένων, διασφαλίζοντας την ορθολογική και νόμιμη αξιοποίησή τους.



Εικόνα 7 Ένα UAV που μεταφέρει κουτί πρώτων βοηθειών

4.2 Γεωργία ακριβείας

Η γεωργία ακριβείας αποτελεί έναν από τους πλέον αναπτυσσόμενους τομείς εφαρμογής των UAV. Μέσω εναέριας χαρτογράφησης και ανάλυσης καλλιεργειών, οι παραγωγοί μπορούν να παρακολουθούν την υγεία των φυτών, την υγρασία του εδάφους και την ύπαρξη ασθενειών ή θρεπτικών ελλείψεων (Zhang & Kovacs, 2012). Οι πολυφασματικές και υπέρυθρες κάμερες επιτρέπουν τον υπολογισμό δεικτών βλάστησης, όπως ο NDVI, παρέχοντας ποσοτικά δεδομένα για τη λήψη καλλιεργητικών αποφάσεων.

Η χρήση UAV στη γεωργία μειώνει το κόστος επιτόπιων επιθεωρήσεων και επιτρέπει στοχευμένες παρεμβάσεις, όπως μεταβλητή λίπανση και ψεκασμό μόνο όπου απαιτείται. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται βελτιστοποίηση της παραγωγής, εξοικονόμηση πόρων και μείωση περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Colomina & Molina, 2014). Επιπλέον, η ενσωμάτωση τεχνητής νοημοσύνης επιτρέπει την αυτοματοποιημένη ανάλυση εικόνων και την πρόβλεψη αποδόσεων, ενισχύοντας τη βιωσιμότητα της σύγχρονης αγροτικής παραγωγής.

Συνολικά οι εφαρμογές των UAV στην επιτήρηση, τη διάσωση και τη γεωργία αποδεικνύουν τον πολυδιάστατο ρόλο τους ως τεχνολογικό εργαλείο με σημαντικές κοινωνικές και οικονομικές προεκτάσεις.



Εικόνα 8 Χρήση UAV για αγροτική εργασία και συγκεκριμένα για φυτοπροστασία σε δυσπρόσιτα σημεία

4.3 Χαρτογράφηση και φωτογραμμετρία

Η χαρτογράφηση και η φωτογραμμετρία αποτελούν από τις σημαντικότερες εφαρμογές των μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων (UAV). Μέσω της συλλογής αεροφωτογραφιών υψηλής ανάλυσης και της επεξεργασίας τους με ειδικό λογισμικό, είναι δυνατή η δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων εδάφους, ορθοφωτοχάρτων και ψηφιακών μοντέλων επιφάνειας. Η μέθοδος αυτή επιτρέπει την αποτύπωση μεγάλων περιοχών σε σύντομο χρονικό διάστημα και με σημαντικά χαμηλότερο κόστος σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μεθόδους αεροφωτογράφισης (Colomina & Molina, 2014).

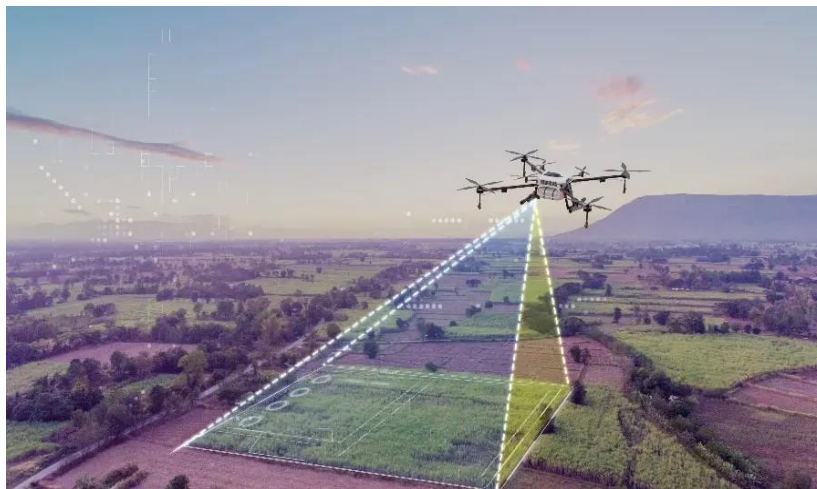
Τα UAV εξοπλισμένα με κάμερες υψηλής ανάλυσης και συστήματα πλοήγησης GNSS χρησιμοποιούνται ευρέως σε τοπογραφικές εφαρμογές, σε έργα πολιτικού μηχανικού, σε περιβαλλοντικές μελέτες αλλά και σε αστικές εφαρμογές, όπως η χαρτογράφηση δρόμων και κτιριακών υποδομών. Η δυνατότητα συλλογής δεδομένων σε πραγματικό χρόνο επιτρέπει την ταχεία ενημέρωση χαρτών και τη λήψη αποφάσεων για τη διαχείριση έργων ή φυσικών πόρων.

Η ακρίβεια των δεδομένων μπορεί να βελτιωθεί περαιτέρω μέσω τεχνολογιών όπως το RTK (Real-Time Kinematic), οι οποίες επιτρέπουν γεωαναφορά των εικόνων με ακρίβεια εκατοστών (Nex & Remondino, 2014). Επιπλέον, η χρήση πολυφασματικών

και υπέρυθρων αισθητήρων επεκτείνει τις δυνατότητες των UAV σε τομείς όπως η γεωργία ακριβείας, η παρακολούθηση της υγείας των φυτών και η ανάλυση υδάτινων πόρων.

Η φωτογραμμετρία με UAV συμβάλλει σημαντικά στη δημιουργία ψηφιακών χαρτών, στην παρακολούθηση περιβαλλοντικών αλλαγών, στην εκτίμηση κινδύνου φυσικών καταστροφών, αλλά και στην υποστήριξη αρχαιολογικών ή ιστορικών ερευνών. Η δυνατότητα συνδυασμού διαφορετικών τύπων αισθητήρων και η ευελιξία πτήσης καθιστούν τα UAV ιδανικό εργαλείο για τη λεπτομερή χαρτογράφηση μεγάλων και δυσπρόσιτων περιοχών, ενώ παράλληλα μειώνουν τον κίνδυνο για τους χειριστές και το κόστος των παραδοσιακών μεθόδων.

Συνολικά, η χρήση UAV στη χαρτογράφηση και φωτογραμμετρία αναδεικνύει τη σημασία τους ως τεχνολογικό εργαλείο ακριβείας, αποτελεσματικότητας και καινοτομίας στον χώρο των γεωεπιστημών και της διαχείρισης πόρων.



Εικόνα 9 Το μοντέλο M-Eagle A2 VTOL που χρησιμοποιείται αποκλειστικά για χαρτογράφηση περιοχών

4.4 Επιθεώρηση Υποδομών

Τα UAV χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο για την επιθεώρηση κρίσιμων υποδομών, όπως γέφυρες, γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, αγωγούς, ανεμογεννήτριες, φράγματα και βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Η χρήση τους επιτρέπει την πρόσβαση σε δύσκολα ή επικίνδυνα σημεία χωρίς την ανάγκη γερανών, σχοινιών

ή ειδικού εξοπλισμού, μειώνοντας τόσο το κόστος όσο και τον κίνδυνο για το ανθρώπινο προσωπικό (Floreano & Wood, 2015).

Τα UAV εξοπλίζονται με κάμερες υψηλής ανάλυσης, θερμικούς αισθητήρες, LiDAR και πολυφασματικούς αισθητήρες, οι οποίοι τους επιτρέπουν να εντοπίζουν φθορές, ρωγμές, διαρροές ή άλλες ανωμαλίες στις κατασκευές. Τα δεδομένα που συλλέγονται επεξεργάζονται μέσω ειδικού λογισμικού, επιτρέποντας τη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων, χαρτογραφήσεων και λεπτομερών αναφορών συντήρησης. Αυτό δίνει τη δυνατότητα προληπτικής συντήρησης, μειώνοντας την πιθανότητα σοβαρών βλαβών και αυξάνοντας τη διάρκεια ζωής των υποδομών.

Η δυνατότητα εκτέλεσης προγραμματισμένων πτήσεων με ακρίβεια επιτρέπει την τακτική επιθεώρηση σε σταθερά χρονικά διαστήματα, κάτι που δεν είναι πρακτικά εφικτό με παραδοσιακές μεθόδους. Επιπλέον, τα UAV μπορούν να λειτουργούν σε διαφορετικές καιρικές συνθήκες και σε περιοχές δύσβατες ή επικίνδυνες για τον άνθρωπο, αυξάνοντας την ασφάλεια των επιχειρήσεων επιθεώρησης.

Με την ενσωμάτωση τεχνητής νοημοσύνης, αλγορίθμων ανάλυσης εικόνας και υπολογιστικής όρασης, τα UAV μπορούν πλέον να αναγνωρίζουν αυτόματα φθορές, να ταξινομούν την έντασή τους και να προτείνουν προτεραιότητες συντήρησης. Αυτό οδηγεί σε ταχύτερη και ακριβέστερη αξιολόγηση της κατάστασης των υποδομών, εξοικονομώντας χρόνο και πόρους.

Συνολικά, η χρήση UAV στην επιθεώρηση υποδομών αποτελεί ένα σύγχρονο εργαλείο που συνδυάζει ασφάλεια, αποτελεσματικότητα και ακρίβεια, καθιστώντας δυνατή τη συνεχή παρακολούθηση κρίσιμων κατασκευών και την έγκαιρη πρόληψη προβλημάτων.

4.5 Παράδοση προϊόντων (delivery drones)

Τα UAV χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο για την επιθεώρηση κρίσιμων υποδομών, όπως γέφυρες, γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, αγωγούς, ανεμογεννήτριες, φράγματα και βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Η χρήση τους επιτρέπει

την πρόσβαση σε δύσκολα ή επικίνδυνα σημεία χωρίς την ανάγκη γερανών, σχοινιών ή ειδικού εξοπλισμού, μειώνοντας τόσο το κόστος όσο και τον κίνδυνο για το ανθρώπινο προσωπικό (Floreano & Wood, 2015).

Τα UAV εξοπλίζονται με κάμερες υψηλής ανάλυσης, θερμικούς αισθητήρες, LiDAR και πολυφασματικούς αισθητήρες, που τους επιτρέπουν να ανιχνεύουν φθορές, ρωγμές, διαρροές ή άλλες ανωμαλίες στις κατασκευές. Οι συλλεγόμενες πληροφορίες επεξεργάζονται μέσω λογισμικού που δημιουργεί τρισδιάστατα μοντέλα, χαρτογραφήσεις και λεπτομερείς αναφορές συντήρησης. Αυτό δίνει τη δυνατότητα για προληπτική συντήρηση, μειώνοντας την πιθανότητα σοβαρών βλαβών και αυξάνοντας τη διάρκεια ζωής των υποδομών.

Επιπλέον, τα UAV μπορούν να εκτελούν τακτικούς ελέγχους με μεγάλη συχνότητα, κάτι που δεν είναι πρακτικά δυνατό με παραδοσιακές μεθόδους. Η δυνατότητα αυτόνομης πτήσης επιτρέπει την εκτέλεση προγραμματισμένων αποστολών, την παρακολούθηση της κατάστασης των υποδομών σε πραγματικό χρόνο και τη συλλογή δεδομένων υπό διαφορετικές συνθήκες φωτισμού ή καιρικές συνθήκες.

Η χρήση UAV στην επιθεώρηση υποδομών συμβάλλει στη βελτίωση της ασφάλειας, στην εξοικονόμηση πόρων και χρόνου, αλλά και στη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων για αναβαθμίσεις και συντήρηση. Με την ενσωμάτωση τεχνητής νοημοσύνης και αυτοματοποιημένων αλγορίθμων, η διαδικασία επιθεώρησης αναμένεται να γίνει ακόμη πιο γρήγορη, ακριβής και αξιόπιστη στο μέλλον.

4.6 Ψυχαγωγία και κινηματογράφηση.

Ο τομέας της ψυχαγωγίας και της κινηματογράφησης αποτελεί έναν από τους πιο δημοφιλείς χώρους αξιοποίησης των UAV. Τα drones με ενσωματωμένες κάμερες υψηλής ανάλυσης επιτρέπουν τη λήψη εντυπωσιακών εναέριων πλάνων που στο παρελθόν απαιτούσαν τη χρήση ελικοπτέρων ή άλλων ακριβών μέσων παραγωγής (Floreano & Wood, 2015).

Στη βιομηχανία του κινηματογράφου, της τηλεόρασης και της διαφήμισης, τα UAV προσφέρουν μεγαλύτερη ευελιξία στη λήψη σκηνών, επιτρέποντας κινήσεις κάμερας που ήταν δύσκολο να επιτευχθούν με παραδοσιακές τεχνικές. Οι δυνατότητες ελέγχου της ταχύτητας, του ύψους και της γωνίας πτήσης επιτρέπουν στους σκηνοθέτες να

δημιουργούν δυναμικές και ελκυστικές λήψεις, δίνοντας έμφαση σε λεπτομέρειες και προοπτικές που προηγουμένως ήταν ανέφικτες.

Τα UAV χρησιμοποιούνται επίσης σε αθλητικά γεγονότα για τη μετάδοση ζωντανών πλάνων, σε τουριστικές προβολές για την ανάδειξη τοπίων και μνημείων, καθώς και σε ντοκιμαντέρ για την καταγραφή φυσικών ή αστικών περιοχών. Η ενσωμάτωση τεχνολογιών όπως η σταθεροποίηση εικόνας, τα gimbal και οι κάμερες 4K ή 8K συμβάλλουν στην παραγωγή υψηλής ποιότητας οπτικού υλικού, ακόμα και σε απαιτητικές συνθήκες φωτισμού ή κίνησης.

Επιπλέον, η εξέλιξη των αυτόνομων λειτουργιών και των προγραμματιζόμενων διαδρομών επιτρέπει την εκτέλεση πολύπλοκων λήψεων χωρίς την ανάγκη συνεχούς χειρισμού, μειώνοντας τον χρόνο παραγωγής και αυξάνοντας την ακρίβεια. Μελλοντικά, η ενσωμάτωση τεχνητής νοημοσύνης και υπολογιστικής όρασης αναμένεται να επιτρέψει στα UAV να αναγνωρίζουν αυτόνομα αντικείμενα και σκηνές, διευκολύνοντας ακόμη περισσότερο τη διαδικασία κινηματογράφησης και δημιουργίας οπτικού περιεχομένου.

Συνολικά, τα UAV έχουν αλλάξει ριζικά τον τρόπο με τον οποίο παράγεται ο οπτικοακουστικός υλικό, καθιστώντας δυνατή τη λήψη πλάνων υψηλής αισθητικής ποιότητας με μικρότερο κόστος και μεγαλύτερη ευελιξία.

4.7 Πολιτική προστασία και έκτακτες ανάγκες.

Τα UAV έχουν αποδειχθεί ιδιαίτερα χρήσιμα σε τομείς που αφορούν την πολιτική προστασία και την αντιμετώπιση έκτακτων αναγκών. Χάρη στην ευελιξία, την ταχύτητα και την ικανότητά τους να φτάνουν σε δυσπρόσιτες ή επικίνδυνες περιοχές, τα drones μπορούν να υποστηρίξουν σημαντικά τις αρχές διάσωσης και ασφάλειας.

Ένα από τα κύρια πεδία εφαρμογής είναι η αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών. Σε περιπτώσεις πυρκαγιών, πλημμυρών ή σεισμών, τα UAV χρησιμοποιούνται για την άμεση χαρτογράφηση της περιοχής, τον εντοπισμό εγκλωβισμένων ατόμων και την αξιολόγηση της ζημιάς. Οι ζωντανές εικόνες που παρέχουν οι κάμερες υψηλής ανάλυσης και οι θερμικές κάμερες επιτρέπουν στους διασώστες να λαμβάνουν γρήγορες και τεκμηριωμένες αποφάσεις.

Επιπλέον, τα drones χρησιμοποιούνται σε επιχειρήσεις επιτήρησης κατά τη διάρκεια ατυχημάτων ή κρίσεων, όπως διαρροές χημικών ουσιών ή ατυχήματα σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Η δυνατότητα αυτόνομης πτήσης και η ενσωμάτωση αισθητήρων αερομετρίας και αερίων επιτρέπει την αξιολόγηση κινδύνου χωρίς να τίθεται σε κίνδυνο η ζωή των ανθρώπων.

Η χρήση των UAV στη πολιτική προστασία συνδέεται άμεσα με την ανάπτυξη ειδικών πρωτοκόλλων πτήσης, διαχείρισης εναέριας κυκλοφορίας και συντονισμού με άλλες υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης. Μελλοντικές εφαρμογές περιλαμβάνουν τη διασύνδεση με συστήματα τεχνητής νοημοσύνης για αυτόματη αναγνώριση κινδύνων και την ενσωμάτωση σε «έξυπνες πόλεις», ενισχύοντας την ταχύτητα και αποτελεσματικότητα των επιχειρήσεων διάσωσης.

Συνολικά, τα UAV αποτελούν ένα πολύτιμο εργαλείο για την πολιτική προστασία, μειώνοντας τους κινδύνους για ανθρώπους και περιουσία, ενώ βελτιώνουν την αποτελεσματικότητα των επιχειρήσεων έκτακτης ανάγκης.



Εικόνα 10 UAV κατασκευασμένο από τον Αμερικανικό στρατό που χρησιμοποιείται για πολιτική προστασία.

Κεφάλαιο 5^ο

5. Κανονιστικό πλαίσιο και νομοθεσία

5.1 Ευρωπαϊκοί κανονισμοί EASA

Η ευρωπαϊκή νομοθεσία για τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα (UAV) βασίζεται στους κανονισμούς που έχουν θεσπιστεί από την European Union Aviation Safety Agency (EASA), η οποία είναι υπεύθυνη για τη διαμόρφωση ενιαίων κανόνων αεροπορικής ασφάλειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η ανάγκη για ένα κοινό κανονιστικό πλαίσιο προέκυψε λόγω της ταχείας εξάπλωσης των UAV και της ανάγκης διασφάλισης της ασφαλούς χρήσης τους σε όλα τα κράτη-μέλη.

Το 2019 θεσπίστηκαν δύο βασικοί κανονισμοί που ρυθμίζουν τη λειτουργία των UAV στην Ευρώπη: ο Κανονισμός (EU) 2019/947, ο οποίος αφορά τους κανόνες λειτουργίας και τις διαδικασίες πτήσης, και ο Κανονισμός (EU) 2019/945, που σχετίζεται με τις τεχνικές προδιαγραφές, την πιστοποίηση και τη σήμανση των UAV. Οι κανονισμοί αυτοί αποτέλεσαν τη βάση για τη δημιουργία ενός ενιαίου ευρωπαϊκού συστήματος διαχείρισης των drones.

Σύμφωνα με το ισχύον πλαίσιο, οι επιχειρήσεις UAV χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες: την «ανοικτή» (open), την «ειδική» (specific) και την «πιστοποιημένη» (certified), ανάλογα με το επίπεδο κινδύνου που συνεπάγεται κάθε πτήση. Παράλληλα, καθορίζονται συγκεκριμένες απαιτήσεις για την εκπαίδευση και την πιστοποίηση των χειριστών, καθώς και για την καταχώρηση τόσο των UAV όσο και των χειριστών σε επίσημα μητρώα.

Επιπλέον, οι κανονισμοί θέτουν σαφείς περιορισμούς σχετικά με τα ύψη πτήσης, τις αποστάσεις από ανθρώπους και υποδομές, καθώς και τις επιτρεπόμενες ζώνες πτήσης. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται επίσης στην προστασία της ιδιωτικότητας και των προσωπικών δεδομένων, καθώς και στην ασφάλεια του εναέριου χώρου.

Συνολικά, το κανονιστικό πλαίσιο της EASA στοχεύει στη δημιουργία ενός εναρμονισμένου και ασφαλούς περιβάλλοντος λειτουργίας των UAV, επιτρέποντας ταυτόχρονα την ανάπτυξη καινοτόμων εφαρμογών και υπηρεσιών στον ευρωπαϊκό χώρο.

5.2 Ελληνικό νομικό πλαίσιο (ΥΠΑ/CAA)

Στην Ελλάδα, η εφαρμογή των ευρωπαϊκών κανονισμών για τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα (UAV) πραγματοποιείται από την Hellenic Civil Aviation Authority (HCAA) και την Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας (ΥΠΑ), οι οποίες είναι υπεύθυνες για την εποπτεία της πολιτικής αεροπορίας στη χώρα. Οι αρχές αυτές διασφαλίζουν την ορθή εφαρμογή των κανονισμών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και προσαρμόζουν το θεσμικό πλαίσιο στις εθνικές ανάγκες.

Οι αρμόδιοι φορείς διαχειρίζονται την καταγραφή των UAV και των χειριστών σε ειδικά μητρώα, καθώς και τη διαδικασία αδειοδότησης για επαγγελματικές και εμπορικές δραστηριότητες. Η καταχώρηση είναι υποχρεωτική για συγκεκριμένες κατηγορίες UAV, ιδιαίτερα όταν αυτά διαθέτουν κάμερα ή χρησιμοποιούνται για επαγγελματικούς σκοπούς.

Οι χειριστές drones στην Ελλάδα οφείλουν να τηρούν συγκεκριμένους κανόνες που σχετίζονται με την ασφάλεια των πτήσεων, την προστασία της ιδιωτικότητας και τη χρήση του εναέριου χώρου. Μεταξύ άλλων, υπάρχουν περιορισμοί ως προς το μέγιστο ύψος πτήσης, τις αποστάσεις από ανθρώπους και κατοικημένες περιοχές, καθώς και απαγορεύσεις πτήσης σε ευαίσθητες περιοχές, όπως αεροδρόμια και στρατιωτικές εγκαταστάσεις.

Επιπλέον, για ορισμένες κατηγορίες πτήσεων απαιτείται εκπαίδευση και πιστοποίηση του χειριστή, σύμφωνα με τις οδηγίες της EASA. Η συμμόρφωση με το ισχύον νομικό πλαίσιο είναι απαραίτητη για την ασφαλή και νόμιμη λειτουργία των UAV στη χώρα.

Συνολικά, το ελληνικό νομικό πλαίσιο, σε συνδυασμό με τους ευρωπαϊκούς κανονισμούς, στοχεύει στη διασφάλιση της ασφαλούς χρήσης των UAV και στην ομαλή ενσωμάτωσή τους στον εναέριο χώρο.

5.3 Κατηγορίες Open-Specific-Certified

Η ευρωπαϊκή νομοθεσία διαχωρίζει τις πτήσεις UAV σε τρεις βασικές κατηγορίες λειτουργίας, με βάση το επίπεδο κινδύνου της αποστολής, ώστε να διασφαλίζεται η ασφάλεια των ανθρώπων και η προστασία του εναέριου χώρου.

Η κατηγορία Open αφορά πτήσεις χαμηλού κινδύνου και περιλαμβάνει κυρίως ψυχαγωγικές δραστηριότητες και απλές επαγγελματικές χρήσεις. Οι πτήσεις αυτές περιορίζονται σε μικρό ύψος, συνήθως έως 120 μέτρα, και πρέπει να διατηρείται οπτική επαφή με το UAV καθ' όλη τη διάρκεια της πτήσης. Αν και δεν απαιτείται ειδική επιχειρησιακή άδεια, οι χειριστές οφείλουν να τηρούν κανόνες σχετικά με την απόσταση από ανθρώπους, κτίρια και ευαίσθητες περιοχές, όπως αεροδρόμια και στρατιωτικές ζώνες.

Η κατηγορία Specific αφορά επιχειρήσεις με αυξημένο επίπεδο κινδύνου, όπως πτήσεις σε αστικές περιοχές, πάνω από συγκεντρώσεις ανθρώπων ή εκτός οπτικής επαφής (BVLOS – Beyond Visual Line of Sight). Για αυτές τις αποστολές απαιτείται ειδική άδεια από την αρμόδια αεροπορική αρχή, η οποία βασίζεται σε αξιολόγηση κινδύνου και τεκμηρίωση των μέτρων ασφαλείας. Οι χειριστές πρέπει να αποδείξουν ότι έχουν εκτιμήσει πιθανούς κινδύνους και έχουν εφαρμόσει διαδικασίες για την αποφυγή ατυχημάτων ή ζημιών.

Η κατηγορία Certified αφορά τις πιο απαιτητικές επιχειρήσεις, όπως η μεταφορά επιβατών, η μεταφορά μεγάλων φορτίων ή η πτήση πάνω από ευαίσθητες περιοχές με υψηλή συγκέντρωση ανθρώπων. Οι αποστολές αυτές απαιτούν πιστοποίηση UAV, χειριστών και διαδικασιών, παρόμοιες με αυτές της επανδρωμένης αεροπορίας. Η διαδικασία περιλαμβάνει έλεγχο τεχνικής αξιοπιστίας, δοκιμές ασφαλείας και συμμόρφωση με αυστηρά πρότυπα λειτουργίας.

Η διαχωριστική αυτή κατηγοριοποίηση είναι κρίσιμη για την ασφαλή και υπεύθυνη χρήση των UAV, καθώς επιτρέπει στις αρχές να εφαρμόζουν διαφορετικά επίπεδα ελέγχου ανάλογα με τον κίνδυνο, ενώ ταυτόχρονα δίνει τη δυνατότητα στις επιχειρήσεις και τους χομπίστες να λειτουργούν μέσα σε ένα σαφές και ελεγχόμενο πλαίσιο. Επιπλέον, η ύπαρξη αυτών των κατηγοριών διευκολύνει την ενσωμάτωση

των UAV στον αστικό και επαγγελματικό εναέριο χώρο με ασφάλεια και υπευθυνότητα.

5.4 Κανόνες ασφαλούς πτήσης και περιορισμοί χρήσης

Η ασφαλής λειτουργία των μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων (UAV) προϋποθέτει την τήρηση συγκεκριμένων κανόνων πτήσης, οι οποίοι έχουν θεσπιστεί από τις αρμόδιες αεροπορικές αρχές, όπως η European Union Aviation Safety Agency (EASA) και οι εθνικές αρχές πολιτικής αεροπορίας. Οι κανόνες αυτοί αποσκοπούν στη διασφάλιση της ασφάλειας τόσο των χειριστών όσο και των πολιτών, καθώς και στην ομαλή συνύπαρξη UAV και επανδρωμένων αεροσκαφών.

Μεταξύ των βασικών κανόνων περιλαμβάνεται η διατήρηση οπτικής επαφής (Visual Line of Sight – VLOS) με το UAV καθ' όλη τη διάρκεια της πτήσης, η αποφυγή πτήσεων πάνω από συγκεντρώσεις ανθρώπων και η τήρηση του μέγιστου επιτρεπόμενου ύψους πτήσης, το οποίο συνήθως ορίζεται στα 120 μέτρα από το έδαφος. Επιπλέον, οι χειριστές οφείλουν να διατηρούν ασφαλή απόσταση από άλλα αεροσκάφη και εμπόδια, προκειμένου να αποφεύγονται συγκρούσεις.

Ιδιαίτερη σημασία έχει και ο γεωγραφικός περιορισμός των πτήσεων. Απαγορεύεται η χρήση UAV κοντά σε αεροδρόμια, στρατιωτικές εγκαταστάσεις, κυβερνητικά κτίρια ή άλλες ευαίσθητες περιοχές χωρίς ειδική άδεια. Σε πολλές περιπτώσεις, εφαρμόζονται και ζώνες απαγόρευσης πτήσεων (no-fly zones), οι οποίες καθορίζονται από τις αρμόδιες αρχές.

Παράλληλα, οι χειριστές πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τις καιρικές συνθήκες, την τεχνική κατάσταση του εξοπλισμού και τις πιθανές επιπτώσεις της πτήσης στην ασφάλεια ανθρώπων και περιουσίας. Η προληπτική συντήρηση του UAV και ο σωστός προγραμματισμός της πτήσης αποτελούν βασικά στοιχεία για την αποφυγή ατυχημάτων.

Συνολικά, η τήρηση των κανόνων αυτών είναι απαραίτητη για την ασφαλή ενσωμάτωση των UAV στον εναέριο χώρο και για την υπεύθυνη αξιοποίησή τους τόσο σε επαγγελματικές όσο και σε ψυχαγωγικές δραστηριότητες.

5.5 Αδειοδότηση και εκπαίδευση χειριστών UAV

Η ασφαλής και νόμιμη χρήση των UAV προϋποθέτει την κατάλληλη εκπαίδευση και αδειοδότηση των χειριστών. Στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η EASA έχει καθορίσει συγκεκριμένες απαιτήσεις για τους χειριστές, ανάλογα με την κατηγορία και τον τύπο των UAV, όπως αυτές ορίζονται στους κανονισμούς Open, Specific και Certified. Οι χειριστές πρέπει να διαθέτουν την απαιτούμενη γνώση για τη λειτουργία του UAV, την ασφάλεια πτήσης και τη συμμόρφωση με το νομοθετικό πλαίσιο.

Στην Ελλάδα, η ευθύνη για την εκπαίδευση και αδειοδότηση των χειριστών ανήκει στην Hellenic Civil Aviation Authority (HCAA) και την ΥΠΑ. Οι χειριστές υποχρεούνται να εγγραφούν σε επίσημα μητρώα και να αποκτήσουν πιστοποίηση, η οποία μπορεί να προϋποθέτει θεωρητική εκπαίδευση, πρακτική εξάσκηση και εξετάσεις. Ειδικά για επαγγελματικές πτήσεις ή UAV μεγαλύτερης κατηγορίας, η εκπαίδευση γίνεται υποχρεωτικά σε αναγνωρισμένα εκπαιδευτικά κέντρα.

Η εκπαίδευση περιλαμβάνει γνώσεις σχετικά με τους κανόνες ασφαλείας, τη διαχείριση έκτακτων περιστατικών, τη λειτουργία των αισθητήρων και συστημάτων του UAV, καθώς και την πλοήγηση στον εναέριο χώρο. Επιπλέον, οι χειριστές πρέπει να ενημερώνονται συνεχώς για αλλαγές στη νομοθεσία και τις τεχνολογικές εξελίξεις.

Συνολικά, η αδειοδότηση και η εκπαίδευση αποτελούν θεμελιώδη στοιχεία για την ασφαλή, υπεύθυνη και νόμιμη λειτουργία των UAV, διασφαλίζοντας παράλληλα τη συμμόρφωση με τους ευρωπαϊκούς και εθνικούς κανονισμούς.



Εικόνα 11 Σχολή στο Ηράκλειο για εκπαίδευση χειριστών drone βασισμένη στα Ευρωπαϊκά πλαίσια

Κεφάλαιο 6^ο

6. Μελλοντικές τάσεις και προκλήσεις

Η συνεχής εξέλιξη της τεχνολογίας επηρεάζει σημαντικά την ανάπτυξη των μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων (UAV), οδηγώντας σε νέες εφαρμογές και δυνατότητες.

Τα UAV εξελίσσονται ραγδαία τόσο σε τεχνολογικό επίπεδο όσο και σε επίπεδο εφαρμογών, επηρεάζοντας τομείς όπως οι μεταφορές, η γεωργία, η ασφάλεια και οι τηλεπικοινωνίες. Παράλληλα όμως με τις νέες δυνατότητες προκύπτουν και σημαντικές προκλήσεις που σχετίζονται με την ασφάλεια, τη νομοθεσία, την ιδιωτικότητα και τη διαχείριση του εναέριου χώρου (Floreano & Wood, 2015).

6.1 Ενσωμάτωση τεχνητής νοημοσύνης στα UAV

Μία από τις σημαντικότερες μελλοντικές τάσεις στον τομέα των μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων (UAV) είναι η ενσωμάτωση τεχνητής νοημοσύνης (Artificial Intelligence – AI) και προηγμένων αλγορίθμων μηχανικής μάθησης (Machine Learning – ML). Οι τεχνολογίες αυτές επιτρέπουν στα UAV να λειτουργούν με αυξημένο βαθμό αυτονομίας, μειώνοντας την ανάγκη συνεχούς ανθρώπινης παρέμβασης και βελτιώνοντας σημαντικά την αποδοτικότητα των αποστολών τους.

Η τεχνητή νοημοσύνη δίνει τη δυνατότητα στα UAV να επεξεργάζονται δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, αξιοποιώντας πληροφορίες από αισθητήρες, κάμερες, συστήματα GPS και άλλες μονάδες μέτρησης, όπως οι IMU (Inertial Measurement Units). Μέσω αυτής της επεξεργασίας, τα UAV μπορούν να λαμβάνουν αποφάσεις αυτόνομα, προσαρμόζοντας τη συμπεριφορά τους ανάλογα με το περιβάλλον στο οποίο επιχειρούν. Αυτό περιλαμβάνει λειτουργίες όπως η δυναμική αλλαγή πορείας, η αποφυγή εμποδίων και η βελτιστοποίηση της διαδρομής πτήσης.

Ένα από τα πιο σημαντικά πεδία εφαρμογής της τεχνητής νοημοσύνης στα UAV είναι η υπολογιστική όραση (Computer Vision). Μέσω αλγορίθμων ανάλυσης εικόνας και αναγνώρισης προτύπων, τα UAV μπορούν να εντοπίζουν και να αναγνωρίζουν αντικείμενα, πρόσωπα ή περιοχές ενδιαφέροντος. Για παράδειγμα, σε αποστολές επιτήρησης, τα UAV μπορούν να εντοπίζουν ύποπτες κινήσεις ή μη φυσιολογικές δραστηριότητες, ενώ σε εφαρμογές γεωργίας ακριβείας μπορούν να αναγνωρίζουν προβλήματα στις καλλιέργειες, όπως ασθένειες ή έλλειψη νερού.

Επιπλέον, η χρήση τεχνητής νοημοσύνης επιτρέπει τη συνεργασία πολλαπλών UAV σε μορφή «σμήνους» (swarm drones). Σε τέτοιες περιπτώσεις, τα UAV μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους και να λαμβάνουν συλλογικές αποφάσεις, εκτελώντας πολύπλοκες αποστολές με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα. Η τεχνολογία αυτή έχει εφαρμογές τόσο σε στρατιωτικά σενάρια όσο και σε πολιτικές χρήσεις, όπως επιχειρήσεις έρευνας και διάσωσης.

Η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης συμβάλλει επίσης στη βελτίωση της ασφάλειας των UAV. Μέσω αλγορίθμων πρόβλεψης και ανάλυσης κινδύνου, τα συστήματα μπορούν να εντοπίζουν πιθανούς κινδύνους πριν αυτοί εξελιχθούν σε προβλήματα, μειώνοντας την πιθανότητα ατυχημάτων. Παράλληλα, τα UAV μπορούν να προσαρμόζονται σε απρόβλεπτες συνθήκες, όπως αλλαγές καιρού ή απώλεια σήματος.

Τέλος, η χρήση τεχνητής νοημοσύνης καθιστά τα UAV ιδιαίτερα χρήσιμα σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, όπως η επιτήρηση περιοχών, η γεωργία ακριβείας, η περιβαλλοντική παρακολούθηση και η διαχείριση καταστροφών. Η δυνατότητα αυτόματης ανάλυσης μεγάλου όγκου δεδομένων επιτρέπει την εξαγωγή πολύτιμων συμπερασμάτων σε σύντομο χρονικό διάστημα, ενισχύοντας τον ρόλο των UAV ως εργαλείων λήψης αποφάσεων (Siciliano & Khatib, 2016).

Συνοψίζοντας, η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στα UAV αποτελεί έναν από τους βασικούς πυλώνες της μελλοντικής τους εξέλιξης, μετατρέποντάς τα από απλά τηλεκατευθυνόμενα οχήματα σε ευφυή αυτόνομα συστήματα με αυξημένες δυνατότητες και εφαρμογές.

6.2 Ανάπτυξη delivery drones και αστικών εφαρμογών

Μία από τις πιο δυναμικά αναπτυσσόμενες τάσεις στον τομέα των μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων (UAV) είναι η χρήση τους σε υπηρεσίες μεταφοράς αγαθών, γνωστές ως delivery drones, καθώς και σε ευρύτερες αστικές εφαρμογές. Η ραγδαία εξέλιξη των τεχνολογιών πλοήγησης, αυτονομίας και επικοινωνίας έχει καταστήσει δυνατή την αξιοποίηση των UAV σε περιβάλλοντα πόλης, όπου οι απαιτήσεις είναι ιδιαίτερα αυξημένες.

Τα delivery drones έχουν σχεδιαστεί ώστε να μεταφέρουν μικρά φορτία, όπως δέματα, τρόφιμα ή ιατρικό εξοπλισμό, με ταχύτητα και ακρίβεια. Η χρήση τους προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα παραδοσιακά μέσα μεταφοράς, όπως η μείωση του χρόνου παράδοσης, η αποσυμφόρηση της κυκλοφορίας και η μείωση των εκπομπών ρύπων. Ειδικά σε πυκνοκατοικημένες περιοχές, όπου η κυκλοφοριακή συμφόρηση αποτελεί σημαντικό πρόβλημα, τα UAV μπορούν να αποτελέσουν μια αποτελεσματική εναλλακτική λύση.

Σημαντικές εταιρείες τεχνολογίας και μεταφορών έχουν ήδη επενδύσει στην ανάπτυξη delivery drones, επιδιώκοντας την εμπορική τους αξιοποίηση. Οι υπηρεσίες αυτές βρίσκονται ακόμη σε πιλοτικό στάδιο σε πολλές χώρες, ωστόσο παρουσιάζουν μεγάλη δυναμική για το μέλλον. Ενδεικτικά, χρησιμοποιούνται ήδη σε απομακρυσμένες ή δυσπρόσιτες περιοχές για τη μεταφορά φαρμάκων, εμβολίων και άλλων απαραίτητων προμηθειών, συμβάλλοντας σημαντικά στην υγειονομική υποστήριξη.

Παράλληλα, τα UAV βρίσκουν εφαρμογή και σε άλλους τομείς της αστικής ζωής. Χρησιμοποιούνται για την επιτήρηση της κυκλοφορίας, την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα, την επιθεώρηση υποδομών, όπως γέφυρες και κτίρια, καθώς και για την υποστήριξη υπηρεσιών πολιτικής προστασίας. Σε περιπτώσεις φυσικών καταστροφών, τα UAV μπορούν να παρέχουν άμεση εικόνα της κατάστασης, διευκολύνοντας τον συντονισμό των σωστικών συνεργείων.

Ωστόσο, η ευρεία χρήση των UAV σε αστικά περιβάλλοντα συνοδεύεται από σημαντικές προκλήσεις. Ζητήματα όπως η ασφάλεια πτήσεων, η προστασία της ιδιωτικότητας και η διαχείριση του εναέριου χώρου αποτελούν βασικά θέματα που

πρέπει να αντιμετωπιστούν. Για τον λόγο αυτό, διεθνείς οργανισμοί και ρυθμιστικές αρχές, όπως η Ευρωπαϊκή Ένωση και η Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας, αναπτύσσουν κανονιστικά πλαίσια για τη σωστή και ασφαλή ενσωμάτωση των UAV στις αστικές περιοχές.

Συνοψίζοντας, η ανάπτυξη των delivery drones και των αστικών εφαρμογών UAV αναμένεται να διαμορφώσει σημαντικά το μέλλον των μεταφορών και των υπηρεσιών στις πόλεις. Παρά τις προκλήσεις που υπάρχουν, οι τεχνολογικές εξελίξεις και η αυξανόμενη ζήτηση δείχνουν ότι τα UAV θα αποτελέσουν βασικό στοιχείο των «έξυπνων πόλεων» του μέλλοντος.



Εικόνα 12 Το μοντέλο DJI Fly Cart 30 για την διανομή φαγητού που είναι διαθέσιμο και στην Ελλάδα

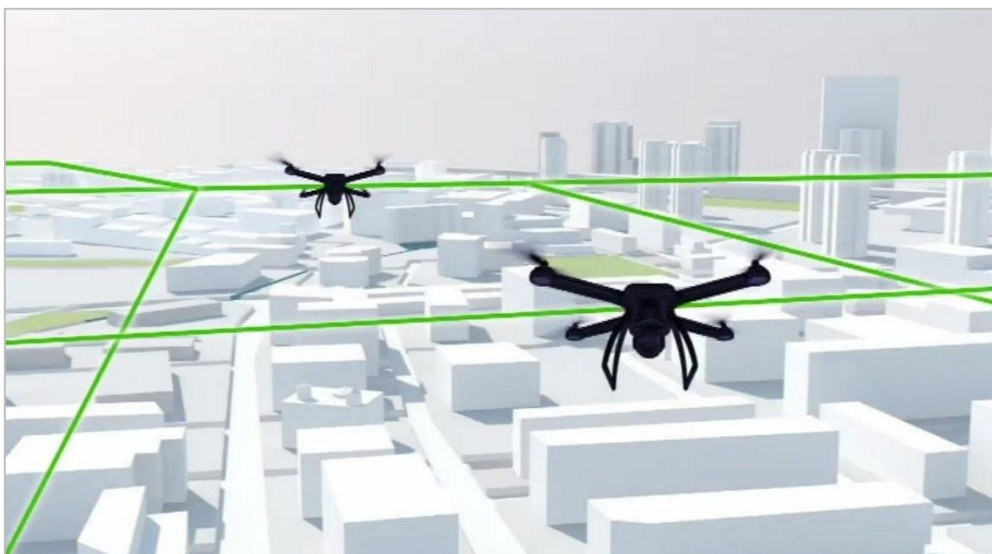
6.3 Διαχείριση εναέριας κυκλοφορίας UAV

Η αυξανόμενη χρήση των μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων (UAV) δημιουργεί την ανάγκη για αποτελεσματική και ασφαλή διαχείριση του εναέριου χώρου. Καθώς όλο και περισσότερα UAV επιχειρούν ταυτόχρονα, ιδιαίτερα σε αστικά περιβάλλοντα, αυξάνεται ο κίνδυνος συγκρούσεων και παρεμβολών με επανδρωμένα αεροσκάφη. Για τον σκοπό αυτό αναπτύσσονται συστήματα διαχείρισης εναέριας κυκλοφορίας drones, γνωστά ως UTM (Unmanned Traffic Management).

Τα συστήματα UTM αποτελούν ένα σύνολο τεχνολογιών και διαδικασιών που επιτρέπουν τον συντονισμό πολλαπλών UAV στον ίδιο εναέριο χώρο. Μέσω αυτών, γίνεται δυνατή η παρακολούθηση της θέσης των UAV σε πραγματικό χρόνο, η διαχείριση των διαδρομών πτήσης και η αποφυγή συγκρούσεων. Επιπλέον, τα UTM συστήματα μπορούν να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με περιορισμένες ζώνες πτήσης, καιρικές συνθήκες και πιθανούς κινδύνους, ενισχύοντας την ασφάλεια των επιχειρήσεων.

Ένα σημαντικό στοιχείο των συστημάτων αυτών είναι η δυνατότητα επικοινωνίας μεταξύ UAV και κέντρων ελέγχου, καθώς και η ενσωμάτωσή τους με τα υπάρχοντα συστήματα διαχείρισης εναέριας κυκλοφορίας (ATM). Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η ομαλή συνύπαρξη επανδρωμένων και μη επανδρωμένων αεροσκαφών στον ίδιο εναέριο χώρο.

Η ανάπτυξη των UTM θεωρείται κρίσιμη για την ευρεία εφαρμογή των UAV σε τομείς όπως οι αστικές μεταφορές, τα delivery drones και οι υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης. Ωστόσο, η υλοποίηση αυτών των συστημάτων συνοδεύεται από προκλήσεις, όπως η ανάγκη για διεθνή πρότυπα, η προστασία των δεδομένων και η διασφάλιση της κυβερνοασφάλειας. Συνεπώς, η συνεχής εξέλιξη των τεχνολογιών UTM αποτελεί βασικό παράγοντα για την ασφαλή ενσωμάτωση των UAV στο σύγχρονο εναέριο περιβάλλον (Clarke, 2014).



Εικόνα 13 Η Σιγκαπούρη έγινε η πρώτη χώρα που προχώρησε σε air traffic control System για UAV

6.4 Προκλήσεις ασφάλειας και ιδιωτικότητας

Παρά τις σημαντικές δυνατότητες που προσφέρουν τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα (UAV), η αυξανόμενη χρήση τους δημιουργεί και μια σειρά από προκλήσεις που σχετίζονται με την ασφάλεια και την προστασία της ιδιωτικότητας. Ένα από τα βασικά ζητήματα αφορά την καταγραφή και επεξεργασία δεδομένων, καθώς τα UAV είναι εξοπλισμένα με κάμερες υψηλής ανάλυσης και άλλους αισθητήρες που μπορούν να συλλέγουν πληροφορίες από το περιβάλλον, συχνά χωρίς τη συγκατάθεση των πολιτών. Αυτό δημιουργεί ανησυχίες σχετικά με την παραβίαση προσωπικών δεδομένων και την ανεξέλεγκτη επιτήρηση.

Επιπλέον, σημαντικά ζητήματα προκύπτουν και στον τομέα της ασφάλειας των πτήσεων. Η πιθανότητα συγκρούσεων με άλλα UAV ή επανδρωμένα αεροσκάφη αποτελεί σοβαρό κίνδυνο, ιδιαίτερα σε περιοχές με αυξημένη εναέρια κυκλοφορία. Παράλληλα, η ευπάθεια των συστημάτων επικοινωνίας σε παρεμβολές ή κυβερνοεπιθέσεις μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια ελέγχου του UAV, με πιθανές επικίνδυνες συνέπειες.

Ένα ακόμη κρίσιμο ζήτημα είναι η κακόβουλη χρήση των UAV, όπως για παράνομη παρακολούθηση, μεταφορά απαγορευμένων αντικειμένων ή ακόμη και για επιθέσεις. Οι δυνατότητες αυτές καθιστούν απαραίτητη την ανάπτυξη μηχανισμών ανίχνευσης και αντιμετώπισης μη εξουσιοδοτημένων UAV.

Για την αντιμετώπιση των παραπάνω προκλήσεων, διεθνείς οργανισμοί όπως η European Union Aviation Safety Agency (EASA) αναπτύσσουν κανονιστικά πλαίσια και πρότυπα λειτουργίας που στοχεύουν στη διασφάλιση της ασφαλούς και υπεύθυνης χρήσης των UAV. Τα πλαίσια αυτά περιλαμβάνουν κανόνες για την καταγραφή, την αδειοδότηση χειριστών, τους περιορισμούς πτήσης και την προστασία προσωπικών δεδομένων.

Συνολικά, η αντιμετώπιση των ζητημάτων ασφάλειας και ιδιωτικότητας αποτελεί βασική προϋπόθεση για τη βιώσιμη και ευρεία ενσωμάτωση των UAV στη σύγχρονη κοινωνία.



Εικόνα.14 Πινακίδα που απαγορεύει την πτήση UAV στην περιοχή.

Κεφάλαιο 7^ο

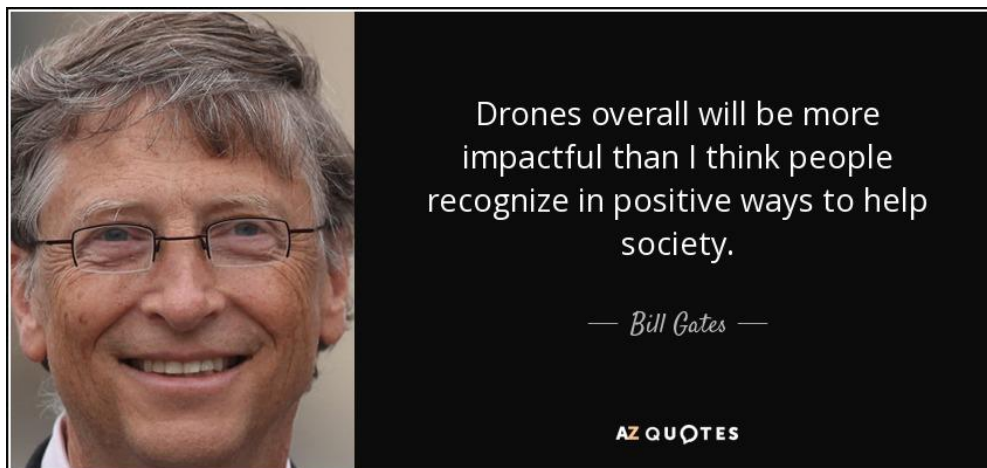
7. Συμπεράσματα

Η ανάπτυξη των μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων (UAV) τα τελευταία χρόνια έχει επηρεάσει σημαντικά πολλούς τομείς της τεχνολογίας και της οικονομίας. Από τις πρώτες στρατιωτικές εφαρμογές μέχρι τη σύγχρονη εμπορική και επιστημονική χρήση τους, τα UAV έχουν εξελιχθεί σε ένα ιδιαίτερα σημαντικό εργαλείο που προσφέρει νέες δυνατότητες σε πλήθος δραστηριοτήτων.

Η συνεχής βελτίωση των αισθητήρων, των συστημάτων πλοήγησης και των αλγορίθμων ελέγχου έχει συμβάλει στην αύξηση της αυτονομίας, της ακρίβειας και της αξιοπιστίας των συστημάτων αυτών. Στην παρούσα εργασία παρουσιάστηκαν αρχικά οι βασικές έννοιες και η ιστορική εξέλιξη των UAV, καθώς και η σταδιακή ανάπτυξή τους από απλές στρατιωτικές εφαρμογές σε ευρέως χρησιμοποιούμενα τεχνολογικά εργαλεία. Στη συνέχεια αναλύθηκαν οι βασικές κατηγορίες και τύποι UAV, καθώς και τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά που καθορίζουν τη λειτουργία τους, όπως τα συστήματα πλοήγησης, οι αισθητήρες και οι αλγόριθμοι ελέγχου πτήσης. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε επίσης στις τηλεπικοινωνίες και στα συστήματα μετάδοσης δεδομένων, τα οποία επιτρέπουν τη συνεχή επικοινωνία μεταξύ του UAV και του σταθμού εδάφους.

Παράλληλα, εξετάστηκαν οι σημαντικότερες εφαρμογές των UAV σε διάφορους τομείς, όπως η επιτήρηση και η ασφάλεια, η γεωργία ακριβείας, η χαρτογράφηση, η επιθεώρηση υποδομών και η κινηματογράφηση. Οι εφαρμογές αυτές αποδεικνύουν ότι τα UAV μπορούν να προσφέρουν αποτελεσματικές και οικονομικές λύσεις σε πολλές δραστηριότητες, μειώνοντας το κόστος και αυξάνοντας την ταχύτητα συλλογής και ανάλυσης δεδομένων. Επιπλέον, παρουσιάστηκε το κανονιστικό πλαίσιο που διέπει τη χρήση των UAV σε ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο. Ο ρόλος της European Union Aviation Safety Agency είναι ιδιαίτερα σημαντικός, καθώς μέσω των κανονισμών που έχει θεσπίσει διασφαλίζεται η ασφαλής ενσωμάτωση των UAV στον ευρωπαϊκό

εναέριο χώρο. Η ύπαρξη σαφών κανόνων λειτουργίας είναι απαραίτητη για την αποφυγή κινδύνων και για την ορθή χρήση της τεχνολογίας αυτής. Τέλος, εξετάστηκαν οι μελλοντικές τάσεις και οι προκλήσεις που σχετίζονται με την περαιτέρω ανάπτυξη των UAV. Η ενσωμάτωση τεχνητής νοημοσύνης, η ανάπτυξη συστημάτων αυτόνομης πτήσης και η αξιοποίηση των UAV σε νέους τομείς, όπως η μεταφορά προϊόντων, αναμένεται να επηρεάσουν σημαντικά τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούνται στο μέλλον. Παράλληλα όμως, ζητήματα όπως η προστασία της ιδιωτικότητας, η ασφάλεια των πτήσεων και η αποτελεσματική διαχείριση του εναέριου χώρου αποτελούν σημαντικές προκλήσεις που απαιτούν συνεχή έρευνα και κατάλληλη ρύθμιση. Συνολικά, τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα αποτελούν μια από τις πιο δυναμικά αναπτυσσόμενες τεχνολογίες της σύγχρονης εποχής. Η περαιτέρω εξέλιξή τους αναμένεται να συμβάλει σημαντικά στην ανάπτυξη νέων εφαρμογών και υπηρεσιών, επηρεάζοντας θετικά πολλούς τομείς της κοινωνίας και της οικονομίας.



Εικόνα 15 Η αναφορά του Bill Gates στα Drones.

Βιβλιογραφία

Austin, R. (2010). *Unmanned Aircraft Systems: UAV Design, Development and Deployment*. Wiley.

Clarke, R. (2014). Understanding the drone epidemic. *Computer Law & Security Review*, 30(3), 230–246. <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2014.03.002>

Valavanis, K. P., & Vachtsevanos, G. J. (Eds.). (2015). *Handbook of Unmanned Aerial Vehicles*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-90-481-9707-1>

International Civil Aviation Organization. (2011). *Circular 328: Unmanned Aircraft Systems (UAS)*. Montreal: ICAO.

Federal Aviation Administration. (2006). *Unmanned Aircraft Operations in the National Airspace System*. Washington, DC: FAA.

Federal Aviation Administration. (2023). *Unmanned Aircraft Systems (UAS) Regulations & Policies*. Retrieved from <https://www.faa.gov/uas>

European Union Aviation Safety Agency. (2023). *Easy Access Rules for Unmanned Aircraft Systems (Regulations (EU) 2019/947 & 2019/945)*. Cologne: EASA.

Dalamagkidis, K., Valavanis, K. P., & Piegler, L. A. (2012). *On Integrating Unmanned Aircraft Systems into the National Airspace System*. Springer.

Newcome, L. R. (2004). *Unmanned Aviation: A Brief History of Unmanned Aerial Vehicles*. AIAA.

Austin, R. (2010). *Unmanned Aircraft Systems: UAV Design, Development and Deployment*. Wiley.

El-Rabbany, A. (2006). *Introduction to GPS: The Global Positioning System*. Artech House.

Groves, P. D. (2013). *Principles of GNSS, Inertial, and Multisensor Integrated Navigation Systems*. Artech House.

- Kaplan, E. D., & Hegarty, C. J. (2017). *Understanding GPS/GNSS: Principles and Applications* (3rd ed.). Artech House.
- Misra, P., & Enge, P. (2012). *Global Positioning System: Signals, Measurements, and Performance*. Ganga-Jamuna Press.
- Colomina, I., & Molina, P. (2014). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92, 79–97.
- Zhang, C., & Kovacs, J. M. (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture. *Precision Agriculture*, 13(6), 693–712.
- Beard, R. W., & McLain, T. W. (2012). *Small Unmanned Aircraft: Theory and Practice*. Princeton University Press.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.
- Siciliano, B., & Khatib, O. (Eds.). (2016). *Springer Handbook of Robotics*. Springer.
- Bouabdallah, S., Murrieri, P., & Siegwart, R. (2004). Design and control of an indoor micro quadrotor. *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*.
- Shan, J., & Toth, C. K. (2009). *Topographic Laser Ranging and Scanning: Principles and Processing*. CRC Press.
- Floreano, D., & Wood, R. (2015). Science, technology and the future of small autonomous drones. *Nature*, 521, 460–466.
- Nex, F., & Remondino, F. (2014). UAV for 3D mapping applications. *Applied Geomatics*, 6(1), 1–15.
- European Union Aviation Safety Agency. (2019). *Regulation (EU) 2019/947 on the rules and procedures for the operation of unmanned aircraft*.
- European Union Aviation Safety Agency. (2019). *Regulation (EU) 2019/945 on unmanned aircraft systems and third-country operators*.
- Hellenic Civil Aviation Authority. (2023). *National regulations for unmanned aircraft systems*.

Clarke, R. (2014). Understanding the drone epidemic. *Computer Law & Security Review*, 30(3), 230–246.

Siciliano, B., & Khatib, O. (2016). *Springer Handbook of Robotics*. Springer.