

Εναέρια λήψη εικόνας : Μελέτη σύστασης/κατασκευής πλήρους συστήματος εναέριας λήψης εικόνας

Περίληψη

Με την αναφορά αυτή επιχειρείται να αποσαφηνιστεί το ίδιο το σύστημα της εναέριας λήψης εικόνας. Παρουσιάζονται και αναλύονται εις βάθος τα επί μέρους τμήματα του και εξετάζονται οι δυνατές επιλογές και οι επιβαλλόμενοι περιορισμοί από το ισχύον θεσμικό πλαίσιο.

Καφετζής Δημήτριος Ανδρέας
19 Σεπτεμβρίου 2012

Έκδοση κειμένου Πρώτη (1)
Τύπος κειμένου Τεχνική Έκθεση
Αριθμός κειμένου TEXN001-42012

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα	2
Κατάλογος Σχημάτων	4
Κατάλογος Πινάκων	5
1 Εισαγωγή	7
1.1 Σκοπός	7
1.2 Γενικές απαιτήσεις	7
2 Τεχνική ανάλυση	9
2.1 Εισαγωγή	9
2.2 Πτητική μηχανή	10
2.2.1 Πλατφόρμα πτήσης και προσγείωσης	10
2.2.2 Αυτόματος πιλότος και χειριστήριο εδάφους	22
2.2.3 Επίγειος σταθμός παρατήρησης και ελέγχου πτήσης	30
2.3 Σύστημα λήψης εικόνας	31
2.3.1 Πλατφόρμα της μηχανής	31
2.3.2 Αυτόματος πιλότος για την πλατφόρμα της μηχανής	35
2.3.3 Επίγειος σταθμός ελέγχου της πλατφόρμας της	
μηχανής	40
2.3.4 Μηχανή	40
2.3.5 Σταθμός ελέγχου της μηχανής	40
2.3.6 Εναέριος σταθμός μετάδοσης εικόνας	41
2.3.7 Επίγειος σταθμός λήψης σύγχρονης εικόνας	42
2.3.8 Επίγειος σταθμός καταγραφής σύγχρονης εικόνας .	42
2.4 Λοιπές παρατηρήσεις	42
3 Νομική ανάλυση	43
3.1 Νομικό πλαίσιο αερομοντέλων και μη επανδρωμένων αε-	
ροναυτικών οχημάτων	43

3.1.1	Κατηγορία πολυπτέρου	44
3.1.2	Περιορισμοί για το πολύπτερο	44
3.1.3	Περιορισμοί για τον χειριστή	45
3.1.4	Περιορισμοί για τις πτήσεις	45
3.1.5	Εκμετάλλευση πολυπτέρου	46
3.1.6	Παραβάσεις	47
3.2	Νομικό πλαίσιο τηλεπικοινωνιών	47
3.2.1	Ισχύον Θεσμικό πλαίσιο	47
3.2.2	Ορισμοί	49
3.2.3	Κατηγοριοποίηση συστήματος πολυπτέρου	51
3.2.4	Ανάλυση επιτρεπόμενων εφαρμογών σε εν δυνάμει χρησιμοποιήσιμες ζώνες συχνотήτων	52
3.2.5	Επιλογή ζωνών συχνотήτων	65

Βιβλιογραφία

69

Κατάλογος σχημάτων

2.1	DJI Spreading Wings S800 [πηγή]	12
2.2	Cinestar 6 [πηγή]	14
2.3	Droidworx AD-6HL [πηγή]	14
2.4	Droidworx SkyJib 6 [πηγή]	14
2.5	Cinestar 8 [πηγή]	17
2.6	AD8 V3 [πηγή]	18
2.7	SkyJib 8 [πηγή]	19

Κατάλογος πινάκων

2.1	Μοντέλα εξαπτέρων	15
2.2	Μοντέλα οχταπτέρων	20
2.3	Μοντέλα αυτόματων πιλότων	24
2.4	Μοντέλα gimbal	32
2.5	Μοντέλα αυτόματου πιλότου gimbal	36
3.1	Πίνακας κατανομής ελεύθερων ζωνών [9, 8]	54
3.2	Πίνακας κατανομής μη ελεύθερων ζωνών [9, 8]	59
3.3	Πίνακας κατανομής μη επιτρεπτών ζωνών [9, 8]	61
3.4	Περιορισμοί στις συσκευές	67

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Σκοπός

Σκοπός μας είναι η σύνθεση και κατασκευή ενός συστήματος ενεργειακής λήψης φωτογραφιών και βίντεο υψηλής ανάλυσης σε ποικίλες καιρικές συνθήκες. Τα συστήματα αυτά χαρακτηρίζονται ως αερομοντέλα ή μη επανδρωμένα αεροναυτικά οχήματα (Uav, Unmanned aerial vehicle) ανάλογα με το πεδίο χρήσης τους¹.

1.2 Γενικές απαιτήσεις

Η κατασκευή και η λειτουργία του συστήματος θα πρέπει να γίνει λαμβάνοντας υπόψιν τους παρακάτω παραμέτρους :

- Ασφάλεια - εξοπλισμού και περιβάλλοντος
- Ευχρηστία – πτήσης και λήψης εικόνας
- Λειτουργικότητα – πτήσης και λήψης εικόνας
- Ποιότητα – εξοπλισμού, πτήσης και λαμβανόμενης εικόνας
- Διάρκεια – πτήσης και λαμβανόμενης εικόνας Κόστος

Ασφάλεια Το σύστημα θα πρέπει να είναι ασφαλές, αφενός για τον εαυτό του με σκοπό την προστασία του εξοπλισμού και την αποφυγή καταπόνησης του και αφετέρου για τους χρήστες και το ευρύτερο περιβάλλον στο οποίο θα λειτουργεί.

¹Τα μη επανδρωμένα αεροναυτικά οχήματα χρησιμοποιούνται μόνο σε στρατιωτικές, επιστημονικές και ερευνητικές εφαρμογές

Ευχρηστία Το σύστημα όντας εύχρηστο θα μας απαλλάξει από δυσάρεστες καταστάσεις. Απαιτούμενος σκοπός είναι η πτήση και η λήψη εικόνας να γίνονται όσο το δυνατόν ομαλά και ευχάριστα για τους χειριστές. Η εμπλεκόμενες διαδικασίες θα πρέπει να είναι αυτοματοποιημένες σε μεγάλο βαθμό δίνοντας τη δυνατότητα στους χειριστές να επικεντρωθούν στην ποιότητα του τελικού αποτελέσματος.

Λειτουργικότητα Θα πρέπει να παρέχονται οι κατάλληλες προϋποθέσεις στους χειριστές του συστήματος για την παραγωγή υψηλής ποιότητας εικόνας και μεγάλου αισθητικού ενδιαφέροντος.

Ποιότητα Ο παράγοντας αυτός αφορά τόσο τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του εξοπλισμού, όσο και την ποιότητα της πτήσης και της καταγραφόμενης εικόνας. Ο εξοπλισμός οφείλεται να αντέξει στο χρόνο με εμφάνιση ελαχίστων προβληματικών εξαρτημάτων ή υποσυστημάτων και με διακριτική συντήρηση τους. Επιπλέον, η πτήση αναμένεται να είναι τόσο ομαλή και ανεπηρέαστη από τις διάφορες καιρικές συνθήκες (αέρας, βροχή, χιόνι) ώστε να αποτελεί αιτία για λήψη χαμηλής ποιότητας φωτογραφιών και βίντεο. Αναφορικά με την ίδια την ποιότητα της λαμβανόμενης εικόνας επιθυμείτε να είναι η μέγιστη δυνατή αν όχι υψηλής ανάλυσης (high definition).

Διάρκεια Το σύστημα θα πρέπει να επιτρέπει την αδιάλειπτη καταγραφή εικόνας για μεγάλο χρονικό διάστημα. Ως ενδεικτικός χρόνος συνεχόμενης πτήσης αναφέρονται τα σαράντα (40) λεπτά, ενώ για το χρόνο καταγραφής οι δύο (2) με δυόμισι (2 και 1/2) ώρες.

Κόστος Το κόστος απαιτείται να κυμανθεί στο χαμηλότερο δυνατό επίπεδο. Η σύσταση του συστήματος οφείλεται να γίνει λαμβάνοντας υπόψιν τον υπάρχων εξοπλισμό.

Κεφάλαιο 2

Τεχνική ανάλυση

2.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουμε τα μέρη από τα οποία θα αποτελείται το σύστημα. Θα καταγραφούν τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει το κάθε τμήμα του ώστε να πληρούνται οι απαιτήσεις που τέθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Ας ξεκαθαρίσουμε από τι μέρη θα αποτελείται το εν λόγω σύστημα.

- πλατφόρμα πτήσης
- πλατφόρμα προσγείωσης
- αυτόματος πιλότος
- χειροκίνητη πτήση
- επίγειος σταθμός ελέγχου πτήσης
- πλατφόρμα της μηχανής
- αυτόματος πιλότος για την πλατφόρμα της μηχανής
- επίγειος σταθμός ελέγχου της πλατφόρμας της μηχανής
- μηχανή
- σταθμός ελέγχου της μηχανής
- εναέριος σταθμός μετάδοσης εικόνας

- επίγειος σταθμός λήψης σύγχρονης εικόνας
- επίγειος σταθμός καταγραφής της εικόνας

2.2 Πτητική μηχανή

2.2.1 Πλατφόρμα πτήσης και προσγείωσης

πλατφόρμα πτήσης Αναφέρεται στην πτητική συσκευή. Για λόγους ευστάθειας, ασφάλειας, ευχρηστίας, συντήρησης οδηγούμαστε στην επιλογή ενός ηλεκτρικού μέσου και συγκεκριμένα ενός πολυπτέρου. Το πλήθος των κινητήρων δεν έχει αποσαφηνιστεί. Επιλογές αποτελούν τα εξάπτερα και τα οχτάπτερα.

Κάθε πολύπτερο απαρτίζεται από τον σκελετό, τους κινητήρες, τους ελεγκτές των κινητήρων και τους έλικες καθώς και τη τροφοδοσία του όλου συστήματος. Στην αγορά διατίθενται μοντέλα που περιλαμβάνουν όλα αυτά τα υποσυστήματα και μοντέλα που αποτελούνται μόνο από το σκελετό δίνοντας την ευελιξία για την χρήση κινητήρων της επιλογής μας. Για τα τελευταία μοντέλα θα χρειαστεί η συμβουλή και η πιθανότητα η συναρμολόγηση τους από ειδικό πάνω στον αερομοντελισμό.

Η πλατφόρμα αυτή μαζί με τη βάση για τη μηχανή αποτελούν τα κυριότερα υποσυστήματα αφού θα καθορίσουν και την επιλογή των υπολοίπων. Στα βασικά χαρακτηριστικά της πτητικής πλατφόρμας πρέπει να περιλαμβάνονται η εύκολη και γρήγορη συναρμολόγηση της, η ανύψωση όσο το δυνατόν μεγαλύτερου φορτίου, η προστασία του περιβάλλοντος της από τους περιστρεφόμενους έλικες. Επιπλέον, η μεγαλύτερη δυνατή παρουσία στον αέρα και αντιμετώπιση διαφορετικών καιρικών συνθηκών αποτελούν σημαντικοί παράγοντες.

πλατφόρμα προσγείωσης Αναφέρεται στα "πόδια" του συστήματος. Συνήθως αποτελούν ενιαίο τμήμα με την πλατφόρμα πτήσης.

Οι εταιρίες που δραστηριοποιούνται στο χώρο των πολυπτέρων διαθέτουν όλες τους μοντέλα που ικανοποιούν επί το πλείστον τις απαιτήσεις μας. Έχουν ικανοποιητική δύναμη για να ανυψώσουν το βάρος όλου του συστήματος, συναρμολογούνται μέσα σε 5 με 10 λεπτά και

μπορούν να συντηρηθούν εύκολα και γρήγορα. Επιπλέον, τα προτεινόμενα συστήματα υποστηρίζονται συνεχώς από τις κατασκευάστριες εταιρίες με αποτέλεσμα να διορθώνονται τυχόν δυσλειτουργίες, να παρουσιάζονται αναβαθμίσεις παρουσιάζονται και να μην υπάρχει έλλειψη ανταλλακτικών.

Από τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά κανένα από τα προτεινόμενα μοντέλα δεν διαθέτει σύστημα προστασίας από τους περιστρεφόμενους έλικες. Γενικά η αγορά υπολείπεται στον τομέα αυτό. Έχουν υπάρξει κάποιες προσπάθειες αλλά δεν αποτελούν αξιόπιστη λύση. Η μόνη εν αναμονή λύση προέρχεται από την εταιρία Safeflight Copters¹. Δυστυχώς όμως δεν έχει φτάσει ακόμα στο στάδιο της διάθεσης.

Τέλος, μόνο η εταιρία Droidwork προσφέρει σύστημα προστασίας του εξοπλισμού. Συγκεκριμένα στο πάνω μέρος της πλατφόρμας τοποθετούνται προστατευτικές μπάρες ή προστατευτικό κάλυμμα, το οποίο κάλυμμα προφυλάσσει και από βροχή.

Εξάπτερα μοντέλα

Στον πίνακα 2.1 παρουσιάζονται τα προτεινόμενα μοντέλα.

DJI Spreading Wings S800 Εξάπτερο της εταιρίας DJI που ενσωματώνει και το σύστημα προσγείωσης. Κεντρικό εξάρτημα αποτελεί η κεντρική πλατφόρμα στην οποία ενσωματώνονται τα υπόλοιπα συστήματα. Διαθέτει και ειδικό χώρο για την IMU μονάδα του αυτόματου πιλότου της ίδιας της εταιρίας. Επιπλέον, οι βραχίονες έχουν ενσωματωμένους τα κυκλώματα οδήγησης των κινητήρων και τα απαραίτητα καλώδια. Γενικά, αποτελεί μία στιβαρή κατασκευή, με αρκετά προσεγμένο σχεδιασμό και οργανωμένη διάταξη των εξαρτημάτων.

Παρατίθενται δείγματα δουλειάς του συγκεκριμένου εξαπτέρου :

- DJI video 1
- DJI S800- quick installation video
- DJI S800 - stationary flight
- DJI Z15 carrying a Sony Nex 5n mounted on a DJI S800

¹ιστοσελίδα : <http://safeflightcopters.com/>

- dji s800 hexacopter with zenmuse head and sony nex-5n



Σχήμα 2.1: DJI Spreading Wings S800 [πηγή]

FreeFly Cinestar 6 Εξάπτερο της Freefly Systems με χαρακτηριστικά την εύκολη συναρμολόγηση και την προσοχή που έχει δοθεί στη σταθερότητα του, δηλαδή στη μείωση της δόνησης που δέχεται το σύστημα της φωτογραφικής μηχανής.

Παρατίθενται δείγματα δουλειάς του συγκεκριμένου εξαπτέρου :

- DJI video 1
- Payload test
- Cinestar 6 and Cinestar gimbal
- Cinestar 6
- Cinestar 6 above Nab2012
- FreeFly Radian Stabiliser/Cinestar 6/Photohigher Av130/Panasonic GH2

Droidworx AD-6HL Εξάπτερο της Droidworx φτιαγμένο από ανθρακονήματα και σχεδιασμένο για ανύψωση αυξημένου φορτίου. Συνδυάζεται με αρκετά συστήματα αυτόματων πιλότων και παρέχει τη δυνατότητα για 360 μοίρες θέαση με το να υποστηρίζει πλατφόρμες φωτογραφικής μηχανής που ενσωματώνουν το σύστημα προσγείωσης. Όσον αφορά τις υποστηριζόμενες μηχανές αυτές είναι οι Samsung HMX-Q10, Panasonic GH2 και Canon 550d.

Droidworx Skyjib 6 Εξάπτερο της Droidworx όπως και το προηγούμενο, αλλά αποτελεί το μεγαλύτερο πολύπτερο της εταιρίας. Είναι κατασκευασμένο για να σηκώνει μέχρι και 10 κιλά (π.χ. τη μηχανή Red Epic) διατηρώντας τα υπόλοιπα πλεονεκτήματα του προηγούμενου μοντέλου.

Ένα βασικό πλεονέκτημα των δυο παραπάνω μοντέλων αποτελεί το προστατευτικό κάλυμμα το οποίο μπορεί να τοποθετηθεί στο πάνω μέρος της πλατφόρμας πτήσης.

Παρατίθενται δείγματα δουλειάς των συγκεκριμένων εξαπτέρων :

- Droidworx AD-6HLE - Hexaprod Promo Video
- Panasonic GH2 on Droidworx AD-6 Hexakopter
- FPV flight with AD6 and Panny GH2 over Steamboat Lake
- SkyJib 6X flying Red
- Droidworx CS series - flight testing



Σχήμα 2.2: Cinestar 6 [πηγή]



Σχήμα 2.3: Droidworx AD-6HL [πηγή]



Σχήμα 2.4: Droidworx SkyJib 6 [πηγή]

Πίνακας 2.1: Μοντέλα εξαπτέρων

Μοντέλο	DJI Spreading Wings S800	Cinestar 6	AD-6HL	SkyJib 6
Κατασκευαστής Ιστοσελίδα	DJI Innovations dji-innovations	FreeFly Systems FreeFly Systems	Droidworx Droidworx	Droidworx Droidworx
Χαρακτηριστικά				
βάρος απογεί- ωσης (κιλά)	5-7	5,8 (μέγιστο)	4,2	6,6
βάρος φορτίου -πλατφόρμας και gimbal (κιλά)	0-2,5	2,6	1,75	3
μπαταρίες	LiPo (6S, 10000mAh 15000mAh, 15C(Min))			
μέγιστη κατα- νάλωση (watt)	2100W			

ο πίνακας συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα

συνέχεια του πίνακα 2.1

κατανάλωση αιώρησης (watt)	720W (με 6 κιλά βάρος)			
μέγιστος χρό- νος αιώρησης (λεπτά)	16 λεπτά (@10000mAh & 6κιλά βάρος)			
προτεινόμενοι κινητήρες	περιλαμβάνονται	AXi 2814/22	AXi 2826/12 - (4120/20) ή ισοδύναμοι	
τάση τροφοδο- σίας κινητήρων	6S LiPo			
προτεινόμενα gimbal	Zenmuse Z15	Cinestar 3-axis	AV-200/360 - AV130/360	AV200
υποστηριζόμενες μηχανές	Nex5-7, Panasonic GH2	a GoPro to a Red Epic	Samsung HMX- Q10, Panasonic GH2, Canon 550d	Up to Red Scarlet class camera

ολοκληρώθηκε ο πίνακας 2.1

Οχτάπτερα

Στον πίνακα 2.2 παρουσιάζονται τα προτεινόμενα μοντέλα.

FreeFly Cinestar 8 Αποτελεί το μεγαλύτερο μοντέλο της FreeFly ενσωματώνοντας τις τα χαρακτηριστικά και τις καινοτομίες της εταιρίας αυτής. Παρατίθενται δείγματα δουλειάς του συγκεκριμένου οχταπτέρου :

- CineStar 8 flies the RED EPIC
- Sony FS100 on Cinestar 8



Σχήμα 2.5: Cinestar 8 [πηγή]

DroidWorx AD8 V3 Η εταιρία αυτή προσφέρει οχτάπτερα μοντέλα για διάφορες εφαρμογές. Κατηγοροποιούνται ανάλογα με το βάρος που δύναται να σηκώσουν -Heavy Lift (HL), Standard Lift (SL)- και με τη δυνατότητα να περιστρέφονται γύρω από τον εαυτό τους κατά 360 μοίρες -αν έχουν τη δυνατότητα αυτή τότε το σύστημα προσγείωσης ενσωματώνεται στο gimbal. Επιλέγεται το μοντέλο AD-8HL-360.

Παρατίθενται δείγματα δουλειάς του συγκεκριμένου οχταπτέρου :

- Octocopter in Africa
- Droidworx AD-8HLE

- Droidworx - AD8 HL, AV200, GoPro Hero 720p, and minus 7 Celsius
- AD-8 heavy lift test



Σχήμα 2.6: AD8 V3 [πηγή]

DroidWorx SkyJib 8 Αποτελεί το μεγαλύτερο μοντέλο του στόλου που διαθέτει η συγκεκριμένη εταιρία. Παρατίθενται δείγματα δουλειάς του συγκεκριμένου οχταπτέρου :

- SkyJib 8 & Canon EOS T2i Test
- Cliffs | Skyjib 8 Aerial Video
- Droidworx SkyJib 8 with Wookong FC
- SKYJIB 8



Σχήμα 2.7: SkyJib 8 [πηγή]

Πίνακας 2.2: Μοντέλα οχταπτέρων

Μοντέλο	Cinestar 8	AD8 V3	SkyJib 8
Κατασκευαστής	FreeFly	DroidWorx	DroidWorx
Ιστοσελίδα	FreeFly	DroidWorx	DroidWorx
Χαρακτηριστικά			
βάρος απογεί- ωσης (κιλά)	6,2	5,7	8,8
βάρος φορτίου -πλατφόρμας και gimbal (κιλά)	3,05	2,1	4-5
μπαταρίες			
μέγιστη κατα- νάλωση (watt)			
κατανάλωση αιώρησης (watt)			

ο πίνακας συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα

συνέχεια του πίνακα 2.2

μέγιστος χρό-
νος αιώρησης
(λεπτά)

προτεινόμενοι
κινητήρες

AXi- 2814/22

AX i2826/12
- (4120/20) ή
ισοδύναμοι

τάση τροφοδο-
σίας κινητήρων
προτεινόμενα
gimbal

Cinestar 3-axis

AV-200/360,
AV130/360

AV200

υποστηριζόμενες
μηχανές

a GoPro to a Red
Epic (GH2, FS100,
T2i)

Samsung HMX-
Q10, Panasonic
GH2, Canon 5/7D

Up tp Red Epic
class video
camera

ολοκληρώθηκε ο πίνακας 2.2

2.2.2 Αυτόματος πιλότος και χειριστήριο εδάφους

Αυτόματος πιλότος

Για την εξασφάλιση τόσο της ασφάλειας πολυπτερου και περιβάλλοντος, όσο και της ποιότητας του αποτελέσματος κρίνεται απαραίτητος. Διαθέτοντας αυτόν, το πολύπτερο μπορεί να αιωρείται μόνο του χωρίς την παρέμβαση του ανθρώπου από το έδαφος, ελαχιστοποιώντας με αυτόν τον τρόπο τις αναταράξεις που μπορεί να επιφέρει η χειροκίνητη καθοδήγηση. Επίσης, σημαντικό αποτελεί το γεγονός ότι χάνοντας το σήμα δεν καταρρίπτεται αλλά διατηρεί το ύψος ή/και την πορεία του. Επιπλέον, δύναται να προγραμματιστεί ώστε να επιστρέφει αυτόματα ύστερα από κάποια δεύτερα. Τέλος, στο ίδιο μοτίβο, σε περίπτωση που οι μπαταρίες αδειάσουν, επιστρέφει σε προκαθορισμένο σημείο προσγείωσης με ασφάλεια.

Υπάρχουν εταιρίες που προσφέρουν ολοκληρωμένα συστήματα αυτόματου πιλότου τα οποία διαφοροποιούνται στην ποιότητα τους -στο πόσο σταθερό είναι το πολύπτερο στον αέρα- και στις λειτουργίες που ενσωματώνουν δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στην αυτόματες διαδικασίες ασφάλειας.

Στον πίνακα 2.3 παρουσιάζονται τα προτεινόμενα μοντέλα.

Zero YS-X6 Παρατίθενται δείγματα δουλειάς του συγκεκριμένου πιλότου :

- Zero YS-X6 10km/h test
- Zero YS-X6

DJI Wookong-M Αποτελεί ένα πλήρες σύστημα αυτοματοποιημένης πτήσης. Διαθέτει τρία mode πτήσης. Το Gps-Atti όντας απόλυτα αυτόματο από την απογείωση μέχρι και την προσγείωση ή το Atti το οποίο αφορά χειροκίνητο χειρισμό με ενεργοποιημένο το σταθεροποιητή πτήσης και τέλος την πλήρως χειροκίνητη πτήση χωρίς καμία βοήθεια.

Παρατίθενται δείγματα δουλειάς του συγκεκριμένου πιλότου :

- DJI Wookong-M
- Droidworx ADX3 HL, DJI Wookong

- DJI Wookong 4S Test 1

Feiyu Tech FY-91Q Ο συγκεκριμένος πιλότος έχει ως μεγάλο πλεονέκτημα την τιμή του, αλλά δυστυχώς δεν διαθέτει αρκετές λειτουργίες καθώς και μονάδα τροφοδοσίας. Παρατίθενται δείγματα δουλειάς του συγκεκριμένου πιλότου :

- FY91Q Kiso river
- FY-91Q GoPro

HoverflyPRO Παρατίθενται δείγματα δουλειάς του συγκεκριμένου πιλότου :

- Guam helicopter aerals
- Aerial Video - Aspen Trees
- Got Aerial and Aerial Exposure

Πίνακας 2.3: Μοντέλα αυτόματων πιλότων

Μοντέλο	Zero INS	YS-X6	GU-	DJI Wookong-M	Feiyu 91Q	Tech	FY-	HoverflyPRO
Κατασκευαστής Ιστοσελίδα	Zero Zero			DJI Innovations dji-innovations	Feiyu Feiyu	Tech Tech		Hoverfly Hoverfly
Χαρακτηριστικά								
Υποστηριζόμενα πολύπτερα	4, 6, 8			4, 6, 8	4, 6			4, 6, 8
Τύπος υπο- στηριζόμενου δέκτη	Normal, Sbus	Futaba,		JR, Futaba, Hitec, S-Bus, PPM				Typical Receiver RC

ο πίνακας συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα

συνέχεια του πίνακα 2.3

Τύπος υποστη- ριζόμενου πο- μπού	PCM, 2.4GHz, S- Bus	PCM or 2.4GHz with minimum 7 channels and Failsafe function available on all channels	Robbe-Futaba (PPM, PCM 1024, PCM G3 mode, 2.4 GHz systems), Graupner-JR (PPM 8, PPM 12, SPCM mode), MPX (PPM8, PPM 12 with UNI mode)	HiTec, Spektrum, JR, Futaba (it needs 5 channels)
Διαστάσεις				
Πρωτεύων ελεγκτής (μμ)	60x90	51,2x38x15,3	55x33x20	70x70x12.7
IMU (μμ)	40x45	41,4x31,1x27,8	ενσωματώνεται στον ελεγκτή	ενσωματώνεται στον ελεγκτή
GPS-Compass (μμ)	55x12	50x9	55x33x20	70x70x12.7
Wifi 2.4ghz (μμ)	42x67		δεν διαθέτει	δεν διαθέτει

ο πίνακας συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα

συνέχεια του πίνακα 2.3

Led (μμ)		25x25x7	δεν διαθέτει	δεν διαθέτει
Power unit (μμ)		39,5x27,5x9,7	δεν διαθέτει	δεν διαθέτει
Βάρος (γραμμά- ρια)	180	<= 118	40	70
Συχνότητα	400MHz	400MHz	400MHz	
Θερμοκρασία λειτουργίας (celsius)		-5 to 60	-25 to 70	
Mode λειτουργίας	Manual, Attitude, GPS attitude	Manual, Attitude, GPS attitude	Stabilized Mode, Automated Hover Hold, Automated Return to Home Mode	Auto-Leveling, Altitude Hold
Μέγιστη γω- νιακή ταχύτητα (deg/s)	300			

Ακρίβεια αιώρησης
ο πίνακας συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα

συνέχεια του πίνακα 2.3

κάθετα (μ)	0,5	0,5	
οριζόντια (μ)	2	2	1,5
Μέγιστη γωνιακή ταχύτητα (deg/s)	180	150	
Μέγιστη γωνία tilt (μοίρες)	25	35	
Μέγιστη οριζόντια ταχύτητα			
Μέγιστη κάθετη ταχύτητα (m/s)	4	6	

ο πίνακας συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα

Λειτουργίες ασφαλείας	Auto Hover mode, Auto Navigation mode, Auto Go Home, Low voltage alarm via phone/tablet	2 level Low Voltage Protection, Hover, Go-home, Altitude Go-home, Attitude controllable when one power output failed	Return-to-Home
Επιτρεπτές συνθήκες ανέμου	- 8m/s(28.2km/h)	< 8m/s (17.9mph/28.8km/h)	
Επιπλέον λειτουργίες	Follow me (with a phone having gps), Auto take off-landing, Waypoint navigation (limit 4 points, within 200m diameter), Point of interest	Auto take off-landing, Point of interest	Data Logging

ο πίνακας συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα

συνέχεια του πίνακα 2.3				
Μπαταρίες	3-6s lipo	2S 6S LiPo	5Volt είσοδος	2S 5S LiPo
Κατανάλωση		MAX 5W (0.9A@5V, 0.7A@5.8V,0.5A@7.4V,0.4A@8V)		
ολοκληρώθηκε ο πίνακας 2.3				

Χειροκίνητη πτήση

Συνήθως αποτελείται από ένα χειριστήριο και ένα δέκτη τοποθετούμενο στην πλατφόρμα πτήσης. Ο χειριστής θα μπορεί να καθορίζει σε πραγματικό χρόνο την πορεία του πολυπτερού και να το κατευθύνει κατά την επιθυμία του.

Υπάρχουν ποικίλα μοντέλα που ικανοποιούν τις απαιτήσεις μας. Συγκεκριμένα χρειαζόμαστε ένα από τα JR, Futaba, Hitec, S-Bus ή PPM στα 2,4 GHz με 7 κανάλια τουλάχιστον και κάθε κανάλι να προσφέρει λειτουργίες ασφαλείας. Αυτά λειτουργούν σε ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων -72 MHz, FM, PCM, G3 και 2,4 GHz.

2.2.3 Επίγειος σταθμός παρατήρησης και ελέγχου πτήσης

Αποτελεί συσκευή που ενσωματώνει επιπλέον δυνατότητες παρακολούθησης της πτήσης και επέμβασης σε αυτήν. Μπορεί να διαθέτει ειδικό λογισμικό με το οποίο να αποτυπώνεται η πορεία του σε χάρτη (π.χ. google maps) και με το οποίο μπορούν να δοθούν κρίσιμες εντολές όπως άμεση προσεδάφιση, επιστροφή στο σπίτι κ.λ.π.. Επιπλέον μπορεί να διαθέτει λειτουργία OSD -on screen data, δεδομένα στην οθόνη. Δηλαδή, λαμβάνεται βίντεο της πτήσης από την οπτική του πολυπτερού και επιπλέον απεικονίζονται και διάφορα σημαντικά δεδομένα, όπως υψόμετρο, ταχύτητα ανέμου, ταχύτητα πολυπτερού κ.λ.π..

Το σύστημα αυτό δεν θα αναλυθεί στην έκδοση αυτή του κειμένου. Απλώς αναφέρεται ότι από τους προαναφερθέντες αυτόματους πιλότους ο DJI Wookong-M διαθέτει έξτρα κεραία και λογισμικό για την καθοδήγηση και την OSD παρατήρηση του πολυπτερού από το σταθμό αυτό. Ο Zero YS-X6 GU-INS διαθέτει μέσα στο αρχικό πακέτο την κεραία και το αντίστοιχο λογισμικό. Ο Feiyu Tech FY-91Q απαιτεί ξεχωριστό εξάρτημα για την OSD παρέχοντας και το λογισμικό παρατήρησης και καθοδήγησης. Τέλος, ο HoverFly ενσωματώνει τη λειτουργία OSD αλλά δεν παρέχει αντίστοιχο λογισμικό. Επιτρέπει απλώς την παρατήρηση της πτήσης μέσω της παράθεσης των δεδομένων (ύψος, ταχύτητα, κ.λ.π.) με το βίντεο που καταγράφει η κάμερα.

2.3 Σύστημα λήψης εικόνας

2.3.1 Πλατφόρμα της μηχανής

Στα αγγλικά χρησιμοποιείται ο όρος "gimbal". Αποτελεί το σημείο στήριξης της μηχανής πάνω στην πλατφόρμα πτήσης. Είναι υπεύθυνο για το είδος και μέγεθος της μηχανής, τις επιτρεπτές κινήσεις που μπορεί να εκτελέσει η μηχανή καθώς και για τις δυνατές γωνίες λήψης. Οι δυνατές κινήσεις είναι η περιστροφή στον κάθετο άξονα -tilt, κίνηση πάνω κάτω- η περιστροφή στον οριζόντιο άξονα -pan, κίνηση δεξιά αριστερά- και η περιστροφή γύρω από τον εαυτό της -roll. Όσο μεγαλύτερο το εύρος των κινήσεων αυτών, τόσο το καλύτερο.

Πίνακας 2.4: Μοντέλα gimbal

Μοντέλο	DJI Zenmuse Z15	Cinestar 3 Axis	AV200 + 360 pan V3
Κατασκευαστής Ιστοσελίδα	DJI Innovations dji-innovations	Freefly Systems Cinestar	PhotoHigher PhotoHigher
Χαρακτηριστικά			
Τύπος υπο- στηριζόμενου δέκτη	S-Bus	δεν διαθέτει στα- θεροποιητή	δεν διαθέτει στα- θεροποιητή
Τύπος υποστη- ριζόμενου πο- μπού	Four spare receiver channels	δεν διαθέτει στα- θεροποιητή	δεν διαθέτει στα- θεροποιητή
Mode λειτουρ- γίας	Orientation- locked control, Non orientation- locked control, FPV mode (Reset)	δεν διαθέτει στα- θεροποιητή	δεν διαθέτει στα- θεροποιητή
Μέγιστη ταχύ- τητα περιστρο- φής			
Pan axis (deg/s)	±130		
Tilt axis (deg/s)	±130		

ο πίνακας συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα

συνέχεια του πίνακα 2.4

Roll axis (deg/s)	± 30			
Εύρος περι- στροφής				
Pan axis control (μοίρες)	± 360 continuous rotation			360
Tilt axis control (μοίρες)	± 360 continuous rotation ± 40 (± 360)			180
Roll axis control (μοίρες)	mechanic continuous rotation)			± 35
Ασύρματος χει- ρισμός μηχανής	Camera shutter control support	δεν διαθέτει στα- θεροποιητή	δεν διαθέτει στα- θεροποιητή	
Υποστηριζόμενες μηχανές	SONY Nex- 5N/Nex-7, Panasonic GH-2	a GoPro to a Red Epic	Canon 5Dmk2 or 7D	
Υποστηριζόμενοι αυτόματοι πι- λότοι	διαθέτει ενσωμα- τωμένο	δεν διαθέτει	δεν διαθέτει	

ο πίνακας συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα

συνέχεια του πίνακα 2.4

Επιπλέον λειτουργίες	λειτουργίες	HDMI-AV module, Wireless video transmission support	δεν διαθέτει	δεν διαθέτει
Σύστημα σγείωσης	προ-σγείωσης	δεν διαθέτει	προαιρετικό	προαιρετικό
Θερμοκρασία λειτουργίας (Celsius)		-10-50		

ολοκληρώθηκε ο πίνακας 2.4

2.3.2 Αυτόματος πιλότος για την πλατφόρμα της μηχανής

Αποτελεί απαραίτητο υποσύστημα εφόσον αναλαμβάνει το ρόλο του σταθεροποιητή του gimbal ενάντια στις διάφορες αναταράξεις που δέχεται η κάμερα. Φροντίζει, λοιπόν, να παραμένει η κάμερα στο επιθυμητό σημείο ανεξάρτητα από την κίνηση του πολυπτερου. Εν παραδείγματι, έστω ότι χρησιμοποιούμε τη λειτουργία που μας επιτρέπει η κάμερα να κρατάει σταθερή θέση σε σχέση με το πολύπτερο. Ο σταθεροποιητής φροντίζει για αυτό -να μην αλλάζει η σχετική θέση πολυπτερου - κάμερας. Επιπλέον, φροντίζει κάθε μετάβαση της κάμερας, αυτόματα ή μη, να γίνεται με τον πλέον ομαλό τρόπο. Χρησιμοποιώντας τον αυτόματο πιλότο του gimbal λαμβάνουμε εξαιρετικής ποιότητας λήψεις χωρίς κουνήματα ή "δόντι" στην εικόνα.

Στην αγορά δεν υπάρχουν πολλά έτοιμα συστήματα προς επιλογή. Είναι λιγότερα από δέκα (10) και από αυτά λίγα καλύπτουν τις απαιτήσεις που έχουν τεθεί. Ξεχωρίζουν τα συστήματα της DJI -είναι ενσωματωμένο στο αντίστοιχο gimbal και συνεργάζεται μόνο με αυτό της Freefly -ονομάζεται Radian και χρειάζεται μία μονάδα ανά άξονα της Hoverfly - ονομάζεται Hoverfly Gimbal και αποτελεί έναν αξιόλογο σταθεροποιητή.

Πίνακας 2.5: Μοντέλα αυτόματου πιλότου gimbal

Μοντέλο	DJI Z15	Zenmuse	Freefly Radian	Skyline RSGS	Gyro	Hoverfly Gimbal	PicLoc 3X Pro
Κατασκευαστής	DJI		Freefly Systems	Photohigher		HoverFly	RotorPics
Ιστοσελίδα	dji-innovations		dji-innovations	Photohigher		HoverFly	RotorPics
Χαρακτηριστικά							
Άξονες ελέγχου	Pan, Tilt, Roll		Pan, Tilt, Roll	Pan, Tilt, Roll (Υπάρχουν προβλήματα με την σταθεροποίηση του pan. Αναμένεται firmware)		Pan, Tilt, Roll	Pan, Tilt, Roll
Τύπος υποστηριζόμενου δέκτη	Futaba, JR	Hitec,	S.bus, PWM, spektrum	PPM, and	PPM, S.Bus or Spektrum	PWM, or	

ο πίνακας συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα

συνέχεια του πίνακα 2.5

Τύπος υποστη- ριζόμενου πο- μπού	Futaba, Hitec, JR (8 channels)	προτείνεται πομπός οχτώ καναλιών	τυπικός με τρία κανάλια (π.χ. Spektrum DX8)	Futaba or JR (or Compatible systems with 1500us center) (8/9 channel control with 3 sliders or rotary knobs)
Mode λειτουργ- γίας	Orientation- locked control, Non orientation- locked control, FPV mode (Reset)	Off, Fixed position stabilized, Stabilized slew	Autonomous mode, Guided mode	Slew or Proportional control mode

ο πίνακας συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα

Ασύρματος έλεγχος	roll, tilt and pan axis control, working Mode switch, camera shutter control, HDMI switch, Gimbal orientation (down or forward) switch in FPV Mode		Angle position, Angle velocity, Mode switch, Auto compensation,	Slew or Proportional mount control, Remote Mount Control, Remote Gain Control
Ασύρματος χειρισμός μηχανής	Camera shutter control support	δεν διαθέτει	δεν διαθέτει	δεν διαθέτει
Υποστηριζόμενες μηχανές	SONY Nex-5N/Nex-7, Panasonic GH-2	a GoPro to a Canon 5Dmk2 or 7D Red Epic	δεν συνδέεται με κάποια	δεν συνδέεται με κάποια
Υποστηριζόμενοι κινητήρες	ενσωματώνεται σε συγκεκριμένο gimbal	1520us, 760us		τυπικοί αναλογικοί και ψηφιακοί κινητήρες

ο πίνακας συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα

συνέχεια του πίνακα 2.5

Υποστηριζόμενη συχνότητα κι- νητήρων	ενσωματώνεται σε συγκεκρι- μένο gimbal	4 επίπεδα μέ- χρι 400Hz				4 διαφορετικές συχνότητες, μέ- χρι 560Hz
Τρόπος ενσω- μάτωσης	μία μονάδα στο σύνολο	μία μονάδα ανά άξονα	μία μονάδα ανά άξονα	μία μονάδα στο σύνολο	μία μονάδα ανά άξονα	
Επιπλέον λει- τουργίες	HDMI-AV module, Wireless video transmission support	δεν διαθέτει	δεν διαθέτει	δεν διαθέτει		AutoPanorama mode
Βάρος (γραμμά- ρια)						40
Διαστάσεις (μμ)				45x45x15		36x28x19
Θερμοκρασία λειτουργίας (Celsius)	-10-50					0-40

ολοκληρώθηκε ο πίνακας 2.5

2.3.3 Επίγειος σταθμός ελέγχου της πλατφόρμας της μηχανής

Αποτελείται από ένα πομπό τοποθετούμενο στο έδαφος και ένα δέκτη τοποθετούμενο στο πολύπτερο. Ο πομπός συνήθως είναι ένα χειριστήριο που ενσωματώνει τις απαραίτητες λειτουργίες, δηλαδή την περιστροφή της πλατφόρμας της μηχανής, συνεπώς την αλλαγή των γωνιών θέασης.

Υπάρχουν ποικίλα μοντέλα που ικανοποιούν τις απαιτήσεις μας. Συγκεκριμένα χρειαζόμαστε ένα από τα JR, Futaba, Hitec, S-Bus ή PPM στα 2,4Ghz με 4 έως 9 κανάλια ανάλογα με τον επιλεχθέντα σταθεροποιητή.

2.3.4 Μηχανή

Η μηχανή λήψης εικόνας. Για μεγαλύτερη ποιότητα είναι απαραίτητο να τραβάει υψηλής ανάλυσης εικόνα και βίντεο (hd) καθώς και να διαθέτει μεγάλη χωρητικότητα για μεγαλύτερης διάρκειας γύρισμα.

Διαθέτουμε ήδη μία Canon 550D, μία Panasonic AG-HPX200 και μία GoPro. Επιπλέον, αποδεκτές λύσεις αποτελούν και οι Sony nex7 και Panasonic GH2 οι οποίες απαιτούνται από το gimbal της Dji.

2.3.5 Σταθμός ελέγχου της μηχανής

Επιπλέον, απαραίτητο είναι και το σύστημα με το οποίο θα ελέγχουμε τις λειτουργίες της μηχανής από το έδαφος. Συγκεκριμένα, είναι επιθυμητό να μπορούμε να εναλλάσσουμε τις λειτουργίες φωτογραφικής μηχανής και κινηματογράφησης, να ενεργοποιούμε το φλας, να επιλέγουμε την αρχή και το τέλος της κινηματογράφησης και τέλος την λειτουργία του zoom.

Οι φωτογραφικές μηχανές που έχουν αναφερθεί παραπάνω υλοποιούν βασικές λειτουργίες απομακρυσμένης διαχείρισης -ενσύρματη ή ασύρματη. Ενδεικτικά η sony nex7 ελέγχεται μέσω υπερύθρου αισθητήρα. Αντίθετα η panasonic GH-2 ελέγχεται μέσω καλωδίου. Τέλος η canon 550D υποστηρίζει και τις δύο μεθόδους. Όμως τα ασύρματα χειριστήρια των μηχανών αυτών δεν έχουν σχεδιαστεί με σκοπό την εναέρια λήψη. Συνεπώς, πρέπει να κατασκευαστεί ένα σύστημα που

θα αποτελείται από έναν ασύρματο ελεγκτή τοποθετημένο μαζί με τη μηχανή και έναν επίγειο πομπό. Με σκοπό την μικρότερη επιβάρυνση του υπόλοιπου συστήματος, σκοπεύεται να ενσωματωθεί το εν λόγω σύστημα στο σύστημα ασύρματου ελέγχου της πλατφόρμας της μηχανής, δηλαδή το ο επίγειος έλεγχος να πραγματοποιείται διαμέσου του χειριστηρίου για την περιστροφή της μηχανής και ο ελεγκτής που θα βρίσκεται στο πολύπτερο να συνδεθεί με τον αντίστοιχο δέκτη. Υπάρχουν διάφορα εξαρτήματα αυτού του σκοπού, με τα πιο ενδιαφέροντα που ανακαλύψαμε να είναι τα δύο ακόλουθα.

StratoSnapper Όπως αναφέρεται στην ιστοσελίδα του, μπορεί να ελέγξει μία μηχανή μέσω υπερύθρων ή μέσω καλωδίου στο οποίο όμως πρέπει να συνδέσουμε την υποδοχή που ταιριάζει στη μηχανή μας. Επιπλέον, διαθέτει δύο εισόδους ελέγχου κινητήρων στις οποίες συνδέεται ο ασύρματος δέκτης (π.χ. spectrum receiver). Από τις αναφερθείσες φωτογραφικές μηχανές υποστηρίζει τον έλεγχο του φλας και του βίντεο για τη canon (in live view mode) 550D και τις sony nex 5 και 7². Για τις λειτουργίες αυτές αφιερώνει δύο κανάλια. Με το πρώτο ελέγχεται το φλας και με το δεύτερο η λειτουργία του βίντεο. Επισημαίνεται ότι το βάρος είναι μόλις 6 γραμμάρια και το μέγεθός του 26x34μμ.

CAMremote-2A Κατασκευάζεται από την VP-Systems (ιστοσελίδα) και μπορεί αν ελέγξει το φλας, το zoom, την ταχύτητα του κλείστρου κ.ά. Επιπλέον, διαθέτει χρονόμετρο για την λειτουργία της μηχανής με καθυστέρηση. Ελέγχει φωτογραφικές μηχανές οι οποίες υποστηρίζουν απομακρυσμένο έλεγχο μέσω usb θύρας, υπέρυθρων ακτίνων ή καλωδίου. Από την άλλη συνδέεται με όλους τους τυπικούς ασύρματους δέκτες όπως οι JR, Futaba και Hitech. Απαιτεί δύο με τρία κανάλια για τις υποστηριζόμενες λειτουργίες. Αναφορικά με τις προαναφερθείσες μηχανές (canon, sony και panasonic) μπορεί να συνεργαστεί με όλες. Τέλος, αξιοσημείωτα είναι το μέγεθός του (31x21μμ), το βάρος του (3 γραμμάρια) και η κατανάλωση ρεύματος (1-25 mA).

2.3.6 Εναέριος σταθμός μετάδοσης εικόνας

Αποτελεί τη συσκευή που μεταδίδει την εικόνα που "βλέπει" η μηχανή με σκοπό να τη λήψη της από επίγειες συσκευές. Θα πρέπει η μετάδοση να είναι ομαλή και απρόσκοπτη και εφικτή για μεγάλες

²Για την πλήρη λίστα των υποστηριζόμενων μηχανών ανατρέξατε στην ιστοσελίδα

αποστάσεις, χωρίς να είναι απαραίτητη η ορατή ζεύξη. Θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τους περιορισμούς μετάδοσης σήματος σε ανοιχτούς χώρους.

2.3.7 Επίγειος σταθμός λήψης σύγχρονης εικόνας

Αποτελεί τη συσκευή με την οποία λαμβάνεται η εικόνα που βλέπει η μηχανή στον αέρα και σύμφωνα με την οποία δρα αναλόγως ο χρήστης της μηχανής. Δηλαδή τραβάει ή όχι φωτογραφίες και βίντεο και τροποποιεί κατά βούληση τη γωνία θέασης.

Το σύστημα αυτό δεν θα αναλυθεί στην παρούσα έκδοση του κειμένου.

2.3.8 Επίγειος σταθμός καταγραφής σύγχρονης εικόνας

Αποτελεί τη συσκευή η οποία επιτρέπει την καταγραφή εικόνας σε υψηλή ανάλυση (hd). Η μονάδα αποθήκευσης θα πρέπει να εξυπηρετεί τις ανάγκες των γυρισμάτων για μεγάλος πλήθος φωτογραφιών και πολύωρου βίντεο.

Το σύστημα αυτό δεν θα αναλυθεί στην παρούσα έκδοση του κειμένου.

2.4 Λοιπές παρατηρήσεις

Δεν πρέπει να λησμονείται ότι για την προστασία του εξοπλισμού από τις καιρικές συνθήκες και για την ασφάλειά του κατά την μεταφορά, πρέπει να τοποθετείται σε κατάλληλες θήκες, βαλίτσες μεταφοράς. Οι βαλίτσες αυτές πρέπει να είναι αδιάβροχες, αντικραδασμικές και να μην επιτρέπουν την εισχώρηση σκόνης και χρώματος στο εσωτερικό τους όντας κλειστές.

Κεφάλαιο 3

Νομική ανάλυση

Για να ολοκληρώσουμε την κατασκευή του συστήματος εναέριας φωτογράφισης και κινηματογράφησης θα πρέπει να γνωρίζουμε τους περιορισμούς που θέτει ο νομοθέτης αφενός για τη χρήση των μη επανδρωμένων αεροναυτικών οχημάτων και αφετέρου για τα συστήματα από τα οποία αποτελείται το πολύπτερο. Συγκεκριμένα, το πεδίο το οποίο οφείλεται να διερευνηθεί είναι η τηλεπικοινωνιακή ζεύξη του πολυπτέρου με τους επίγειους σταθμούς.

3.1 Νομικό πλαίσιο αερομοντέλων και μη επανδρωμένων αεροναυτικών οχημάτων

Ο κυριότερος κανονισμός που διέπει την πτήση των αερομοντέλων έχει συνταχθεί από τον διοικητή της ΥΠΑ (υπηρεσία πολιτικής αεροπορίας) και έχει δημοσιευτεί στην εφημερίδα της κυβέρνησης τον Ιανουάριο του 2010 - ΦΕΚ 2010Β9 [2].

Σύμφωνα με αυτόν διακρίνουμε τους εξής τύπους ιπτάμενων μοντέλων :

Αερομοντέλο ή Μοντέλο Αεροσκάφους (Model Aircraft)
είναι μία ιπτάμενη συσκευή περιορισμένων διαστάσεων, που φέρει ή όχι προωθητικό σύστημα, που δεν έχει τη δυνατότητα να μεταφέρει άνθρωπο, και το οποίο χρησιμοποιείται για αεραθλητισμό ή ψυχαγωγία. Τα αερομοντέλα μπορεί να έχουν τη μορφή αεροπλάνου, ανεμοπτερού, ελικοπτερού, αυτόγυρου, υδροπλάνου, αμφίβιου, αλεξίπτωτου, αερόστατου, αερόπλοιου, ή άλλης μορφής. Τα αερομοντέλα μπο-

ρεί να είναι τηλεχειριζόμενα, ελεύθερης πτήσης, ή κυκλικής πτήσης.

Μη επανδρωμένο αεροναυτικό όχημα (UAV - Unmanned Aeronautical Vehicle) είναι μία ιπτάμενη συσκευή που δεν μεταφέρει άνθρωπο, και το οποίο έχει αναπτυχθεί και χρησιμοποιείται για επιστημονικούς, ερευνητικούς ή στρατιωτικούς σκοπούς. Τα UAV δεν θεωρούνται αερομοντέλα, και τα αερομοντέλα δεν θεωρούνται UAV.

Επιπλέον ο εν λόγω κανονισμός χωρίζει τα αερομοντέλα και τα UAV σε δύο κατηγορίες λαμβάνοντας με κριτήριο το βάρος τους.

Κατηγορία Α': Περιλαμβάνει τα αερομοντέλα με συνολική μάζα απογείωσης μικρότερη ή ίση των 7.000 γραμμαρίων (7kg).

Κατηγορία Β': Περιλαμβάνει τα αερομοντέλα με συνολική μάζα απογείωσης μεγαλύτερη των 7.000 γραμμαρίων (7kg) και μέχρι 25.000 γραμμαρίων (25kg). Για πτήσεις αερομοντέλων με συνολική μάζα μεγαλύτερη των 25.000 γραμμαρίων (25kg), απαιτείται ειδική και κατά περίπτωση άδεια από την ΥΠΑ.

3.1.1 Κατηγορία πολυπτέρου

Συνάγουμε λοιπόν ότι το εν κατασκευή σύστημα μας αποτελεί ΑΕΡΟΜΟΝΤΕΛΟ και συνεπώς διέπεται από τους περιορισμούς που εισάγει ο κανονισμός. Παραθέτουμε τους περιορισμούς που μας αφορούν με τη σειρά που αναγράφονται στο δημοσιευθέν κανονισμό.

3.1.2 Περιορισμοί για το πολύπτερο

- Η μέγιστη επιφάνεια όλων των πτερύγων ορίζεται στις 500 τετραγωνικές παλάμες.
- Ο μέγιστος πτερυγικός φόρτος ορίζεται στα 250 γραμμάρια ανά τετραγωνική παλάμη.
- Η μέγιστη τάση ηλεκτρικής πηγής εν πρεμία ορίζεται στα 72V (Βόλτς).
- Η μέγιστη συνολική ώση κινητήρων αντίδρασης (τουρμπίνα) ορίζεται σε 250 Newtons (25kg).

- Δεν επιτρέπεται σε αερομοντέλο η χρήση μεταλλικής έλικας ή μεταλλικού ρότορα.
- Κάθε πρόσθετη συσκευή που φέρει το μοντέλο πρέπει να είναι σταθερά προσαρτημένη με τρόπο που να μην μπορεί να μετακινηθεί ή να αποσπασθεί από το μοντέλο.
- Απαγορεύεται η απόρριψη οποιουδήποτε αντικειμένου ή υλικού κατά την διάρκεια της πτήσης, που μπορεί να προκαλέσει τραυματισμό ή ζημία.
- Δεν επιτρέπεται η πτήση αερομοντέλου παρουσία θεατών αν προηγουμένως δεν έχει δοκιμασθεί επαρκώς και κριθεί ασφαλές, από τον χειριστή και τον ιδιοκτήτη του.
- Πρέπει να είναι σύμφωνο με τις τεχνικές προδιαγραφές που έχουν καθοριστεί από την αρμόδια αρχή του κράτους.
- Πρέπει να εκπέμπει σε μία ή περισσότερες ραδιοσυχνότητες από αυτές που έχουν εκχωρηθεί για τον σκοπό αυτό, από τις αρμόδιες αρχές του κράτους.

3.1.3 Περιορισμοί για τον χειριστή

- έχει την πλήρη ευθύνη για να λάβει την απαραίτητη εκπαίδευση στον χειρισμό του συγκεκριμένου σε κάθε περίπτωση αερομοντέλου.
- έχει την πλήρη ευθύνη για τον τρόπο και την εξέλιξη της πτήσης,
- έχει την πλήρη ευθύνη να διατηρεί οπτική επαφή με το αερομοντέλο σε όλη της διάρκεια της πτήσης και να βασίζεται σε αυτή για τους απαραίτητους χειρισμούς ελέγχου του
- έχει την πλήρη ευθύνη να διακόπτει άμεσα τις πτήσεις, όταν οι συνθήκες γίνουν ακατάλληλες για την ασφαλή πτήση του συγκεκριμένου αερομοντέλου.

3.1.4 Περιορισμοί για τις πτήσεις

- Οι πτήσεις θα είναι περιορισμένες στον εναέριο χώρο που προσφέρεται για τον σκοπό αυτό και σε απόσταση ασφαλείας 50 μέτρων από ανθρώπους συμπεριλαμβανομένων των θεατών της

ίδιας της πτήσης, ζώα, οχήματα, εγκαταστάσεις κλπ., εξαιρουμένων του χειριστή, των συνεργατών του, των κριτών ή χρονομετρών και οχημάτων ή άλλων βοηθητικών συσκευών, που εξυπηρετούν την πτήση.

- Ο εναέριος χώρος πτήσεων πρέπει να περιορίζεται σε τέτοια απόσταση, ώστε να μη δημιουργεί νυχούπανση σε χώρους όπου η ησυχία είναι απαραίτητη (υπαίθριες συναθροίσεις ατόμων, νοσοκομεία, σχολεία, εκκλησίες κλπ).
- **Απαγορεύονται**
- οι πτήσεις σε απαγορευμένες, περιορισμένες, επικίνδυνες και δεσμευμένες περιοχές όπως αυτές αναφέρονται στις πάσης φύσεως αεροναυτικές εκδόσεις της ΥΠΑ.
- οι πτήσεις σε ύψος μεγαλύτερο των 400 ποδών από την επιφάνεια του εδάφους.
- οι πτήσεις άνωθεν, πλησίον ή εντός στρατιωτικών εγκαταστάσεων.
- άνωθεν ή πλησίον κατοικημένων περιοχών.
- οι πτήσεις άνωθεν η πλησίον εγκαταστάσεων κοινής ωφέλειας.
- οι πτήσεις άνωθεν η πλησίον αρχαιολογικών χώρων.
- οργανωμένες ή μη πτήσεις τηλεχειριζόμενων αερομοντέλων από οιονδήποτε, πλησιέστερα των 3 χιλιομέτρων από οργανωμένο μοντελοδρόμιο
- Όλες οι πτήσεις πρέπει να είναι ασφαλισμένες για υλικές ζημιές και σωματικές βλάβες προς τρίτους.

3.1.5 Εκμετάλλευση πολυπτέρου

- Αεροεφαρμογές (aerial works) με χρήση αερομοντέλων επιτρέπεται για μοντέλα κατηγορίας Α΄ χωρίς ειδική αδειοδότηση από την ΥΠΑ, εφόσον πληρούν τις προϋποθέσεις του παρόντος κανονισμού.

3.1.6 Παραβάσεις

- Σε περίπτωση παράβασης ο χειριστής καλείται από την ΥΠΑ να δώσει διευκρινήσεις. Ο διοικητής της ΥΠΑ δύναται να επιβάλει ποινή ύψους μέχρι 1000 ευρώ.

Συνοψίζοντας, τα βασικά στοιχεία του κανονισμού είναι ο περιορισμός των 7 κιλών, η μέγιστη εν ηρεμία τάση να είναι 72 volt, οι πτήσεις να γίνονται σε απόσταση 50 μέτρων από θεατές, σε ύψος το πολύ 400 ποδών και όχι σε κατοικημένες περιοχές. Τέλος, υποχρεούται κάθε πτήση να είναι ασφαλισμένη προς τρίτους.

Θα πρέπει επίσης να διευκρινιστεί εάν υπάρχει κάποια ειδική διαδικασία για την κινηματογράφηση σε κατοικημένες περιοχές με σκοπό την εκμετάλλευση του υλικού. Ο παρών κανονισμός το απαγορεύει ρητά.

Τέλος, θα πρέπει να εξεταστεί η δυνατότητα να εγγραφούν οι χειριστές σε κάποιο αεραθλητικό σωματείο με σκοπό να εξασφαλίσουν την απαιτούμενη ασφάλιση κάθε πτήσης. Τα σωματεία αυτά υπάγονται στην Επιτροπή Αερομοντελισμού της Ελληνικής Αεραθλητικής Ομοσπονδίας της ΥΠΑ.

3.2 Νομικό πλαίσιο τηλεπικοινωνιών

Αρχικά, επισημαίνεται ότι, λαμβάνοντας υπόψιν τα υποσυστήματα του πολυπτέρου, στο εν κατασκευή σύστημα θα απαιτηθούν μη μόνιμες, κινητές, ασύρματες ζεύξεις για το χειρισμό της ιπτάμενης πλατφόρμας, για το χειρισμό της πλατφόρμας της μηχανής και της ίδιας της μηχανής καθώς και ζεύξη για την αποστολή εικόνας σε επίγειο φορητό, κινητό σταθμό. Οι συχνότητες που χρησιμοποιούνται σε έτοιμα συστήματα του εμπορίου είναι αυτές των 72 MHz, FM (87,5-108 MHz), G3 (800-3000 MHz), 1,2 GHz, 1,5 GHz 2,4 GHz και 5,8 GHz.

3.2.1 Ισχύον Θεσμικό πλαίσιο

Το θεσμικό πλαίσιο για τις τηλεπικοινωνίες καθορίζεται στην Ευρώπη από το Cept (European Conference of Postal and Telecommunications

Administrations, Ευρωπαϊκή Συνδιάσκεψη Ταχυδρομείων και Τηλεπικοινωνιών) και συγκεκριμένα από την Επιτροπή Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών (ECC, Electronics Communication Committee) και αντίστοιχα στη Ελλάδα από την ΕΕΤΤ (Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων).

Ευρωπαϊκό ρυθμιστικό πλαίσιο Το πλαίσιο καθορίζεται μέσω ευρωπαϊκών αποφάσεων (DECisions) και συστάσεων (RECommendations) τις οποίες εισηγείται η Επιτροπή Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών. Οι αποφάσεις της επιτροπής αυτής μπορούν να αναζητηθούν στη δικτυακή βάση δεδομένων της στην ιστοσελίδα Europea Communications Office - Documentation Database. Επί παραδείγματι η απόφαση ERC Decision 01/07 αφορά τις συχνότητες 2.400-2.483 GHz, ενώ αντίστοιχα η ERC Decision 99/23 αναφέρεται στις 5.150-5.350 GHz. Επί το πλείστον οι αποφάσεις αυτές έχουν ενσωματωθεί στο εσωτερικό δίκαιο της Ελλάδος, όπως διαπιστώνεται από τους παρακάτω αναφερθέντες νόμους ή αποφάσεις της ΕΕΤΤ. Αν ισχύει διαφορετικά αυτό θα αναφέρεται στην ακολουθημένη ανάλυση.

Ελληνικό ρυθμιστικό πλαίσιο Το πεδίο των τηλεπικοινωνιών καθορίζεται αρχικά από το νόμο 2867 [4], το νόμο 3431/2006 -"Περί Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών και άλλες διατάξεις"- [1] με τις τροποποιήσεις μεταγενέστερων νόμων (Ν.3592/2007 στο ΦΕΚ2007Α161 [3]), και από το νόμο 4070/2012 -"Ρυθμίσεις Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών, Μεταφορών, Δημοσίων Έργων και άλλες διατάξεις"- [6].

Επιπλέον, περιορισμοί τίθενται και από τις αποφάσεις : "Κανονισμός Όρων Χρήσης Μεμονωμένων Ραδιοσυχνοτήτων ή Ζωνών Ραδιοσυχνοτήτων" (Αριθμ. 624/216) [8], "Εθνικός Κανονισμός Κατανομής Ζωνών Συχνοτήτων (ΕΚΚΖΣ)" [9] και "Αναθεώρηση του Εθνικού Κανονισμού Κατανομής Ζωνών Συχνοτήτων (ΕΚΚΖΣ)" (Αριθμ. 38960/1619) [7], "Κανονισμός Χρήσης και Χορήγησης Δικαιωμάτων Χρήσης Ραδιοσυχνοτήτων υπό Καθεστώς Γενικής Άδειας για την Παροχή Δικτύων ή/και Υπηρεσιών Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών" [10] και "Κανονισμός Χρήσης και Χορήγησης Δικαιωμάτων Χρήσης Ραδιοσυχνοτήτων υπό καθεστώς Γενικής Άδειας για την παροχή Δικτύων ή / και Υπηρεσιών Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών." [10].

Τέλος, λαμβάνονται υπόψιν και οι νόμοι και κανονισμοί οι αναφερόμενοι στον ίδιο τον τηλεπικοινωνιακό εξοπλισμό. Πιο συγκεκριμένα

αναφέρονται το ΦΕΚ2002Α44 "Ραδιοεξοπλισμός και τηλεπικοινωνιακός τερματικός εξοπλισμός και αμοιβαία αναγνώριση της συμμόρφωσης των εξοπλισμών αυτών - Προσαρμογή της ελληνικής νομοθεσίας στην οδηγία 99/5/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 9 Μαρτίου 1999" [5] και οι δημοσιοποιημένες ραδιοεπαφές από την ΕΕΤΤ¹.

3.2.2 Ορισμοί

Παραθέτουμε τους παρακάτω ορισμούς από το ισχύον θεσμικό πλαίσιο, οι οποίοι θα χρησιμοποιηθούν παρακάτω :

"ειδικό Ραδιοδίκτυο" : κάθε δίκτυο της κινητής υπηρεσίας, μέσω του οποίου παρέχονται υπηρεσίες ηλεκτρονικών επικοινωνιών, από νομικό ή φυσικό πρόσωπο, προς αποκλειστική εξυπηρέτηση των ιδίων επαγγελματικών αναγκών του ή των επιδιωκόμενων από αυτό σκοπών. Τα δίκτυα αυτά εγκαθίστανται, λειτουργούν, τελούν υπό τη διαχείριση των κατόχων τους και χρησιμοποιούνται από κλειστό αριθμό χρηστών. [1, Κεφάλαιο Α, Άρθρο 2 Ορισμοί]

"υπηρεσία ραδιοεπικοινωνίας" : Μία υπηρεσία που περιλαμβάνει τη μεταβίβαση, την εκπομπή και/ή τη λήψη ραδιοκυμάτων για ειδικούς σκοπούς τηλεπικοινωνίας.

"σταθερή υπηρεσία" : Υπηρεσία ραδιοεπικοινωνίας μεταξύ καθορισμένων σταθερών σημείων.

"κινητή υπηρεσία" : Υπηρεσία ραδιοεπικοινωνίας μεταξύ κινητών σταθμών και σταθμών ξηράς, ή μεταξύ κινητών σταθμών.

"κινητή υπηρεσία ξηράς" : Κινητή υπηρεσία μεταξύ σταθμών βάσης και κινητών σταθμών ξηράς, ή μεταξύ κινητών σταθμών ξηράς.

"υπηρεσία ευρυεκπομπής" : Υπηρεσία ραδιοεπικοινωνίας στην οποία οι εκπομπές προορίζονται για απευθείας λήψη από το γενικό κοινό. Η υπηρεσία αυτή μπορεί να περιλαμβάνει εκπομπές ήχου, εκπομπές τηλεόρασης ή άλλους τύπους εκπομπής.

"ερασιτεχνική υπηρεσία" : Υπηρεσία ραδιοεπικοινωνίας που

¹Ραδιοεπαφή είναι οι τεχνικές προδιαγραφές που πρέπει να πληροί ο ραδιοεξοπλισμός για τη χρήση διαφόρων ζωνών του φάσματος και δημοσιεύονται στην ιστοσελίδα.

έχει ως σκοπό την αυτοδιδασκαλία, την αλληλοεπικοινωνία και τις τεχνικές διερευνήσεις που διεξάγονται από ερασιτέχνες, δηλαδή από πρόσωπα κατάλληλα εξουσιοδοτημένα που ενδιαφέρονται για τη ραδιοηλεκτρική τεχνική αποκλειστικά για προσωπικό σκοπό και χωρίς οικονομικό ενδιαφέρον.

"σταθμός" : Ένας ή περισσότεροι πομποί ή δέκτες ή συνδυασμός πομπών και δεκτών μετά των πρόσθετων συσκευών, που είναι αναγκαίοι σε ορισμένη θέση για τη διεξαγωγή (διενέργεια) μιας υπηρεσίας ραδιοεπικοινωνίας, ή της υπηρεσίας ραδιοαστρονομίας.

"κινητός σταθμός" : Σταθμός της κινητής υπηρεσίας που προορίζεται να χρησιμοποιείται όταν βρίσκεται σε κίνηση ή κατά τη στάση σε ακαθόριστα σημεία.

"σταθμός ξηράς" : Σταθμός της κινητής υπηρεσίας που δεν προορίζεται να χρησιμοποιείται όταν βρίσκεται σε κίνηση.

"κινητός σταθμός ξηράς" : Κινητός σταθμός της κινητής υπηρεσίας ξηράς που μπορεί να κινείται επιφανειακά μέσα στα γεωγραφικά όρια μιας χώρας ή ηπείρου. [9, σελ. 4879]

"Συστήματα ασύρματης πρόσβασης συμπεριλαμβανομένων των τοπικών δικτύων ραδιοεπικοινωνιών (WAS / RLAN)": Ευρυζωνικά συστήματα ραδιοεπικοινωνιών που παρέχουν τη δυνατότητα ασύρματης πρόσβασης για δημόσιες και ιδιωτικές εφαρμογές, ανεξάρτητα από την τοπολογία του δικτύου.

"Δισημειακή ραδιοζεύξη" (point-to-point radio link): Ραδιοηλεκτρική ζεύξη μεταξύ δύο σταθμών της Σταθερής Υπηρεσίας.

"Σημείο-Πολυσημειακή ραδιοζεύξη" (point-to-multipoint radio link): Ραδιοηλεκτρική ζεύξη μεταξύ ενός κεντρικού Σταθμού και δύο ή περισσότερων τερματικών Σταθμών της Σταθερής Υπηρεσίας.

"Τηλεμετρία" (telemetry): Η χρήση τηλεπικοινωνιών για την αυτόματη ένδειξη ή καταγραφή μετρήσεων η οποία γίνεται από απόσταση από το όργανο μετρήσεως.

"Τηλεχειρισμός" (telecommand): Η χρήση τηλεπικοινωνιών για τη μετάδοση σημάτων με σκοπό τη θέση σε λειτουργία, την τροποποίηση ή τον τερματισμό.

"Ιδιωτικές κινητές ραδιοεπικοινωνίες" (private mobile radio): Τμήμα της Κινητής Υπηρεσίας Ξηράς όπου οι παρεχόμε-

νες τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες αφορούν σε μία κλειστή ομάδα χρηστών. [8, Άρθρο 2, Ορισμοί]

3.2.3 Κατηγοριοποίηση συστήματος πολυπτέρου

Τα υποσυστήματα του πολυπτέρου κατηγοριοποιούνται σε παραπάνω από μία κατηγορίες λόγω της σύνθετης κατασκευής αυτού. Γενικά, το όλο σύστημα στηρίζεται στη ραδιοεπικοινωνία του πολυπτέρου με τους επίγειους, κινητούς σταθμούς -τηλεχειριστήρια, σταθμοί παρακολούθησης. Αποτελεί, λοιπόν, κινητή υπηρεσία ραδιοεπικοινωνίας η οποία συντελείται μεταξύ κινητών σταθμών και κινητών σταθμών ξηράς. Εντάσσεται, λοιπόν, στις κινητές υπηρεσίες.

Συνεπώς, δεν αποτελεί σύστημα κινητής υπηρεσίας ξηράς αφού οι σταθμοί του δεν κινούνται όλοι στην επιφάνεια του εδάφους. Επίσης, δεν αποτελεί ούτε υπηρεσία ευρυεκπομπής καθώς δεν αποσκοπεί στην μετάδοση δεδομένων στο ευρύ κοινό και ούτε ιδιωτικής κινητής ραδιοεπικοινωνίας.

Επιπλέον, δεν γίνεται λόγος για point-to-point και point-to-multipoint ραδιοζεύξεις καθώς οι όροι αυτοί αναφέρονται σε σταθμούς της σταθερής υπηρεσίας. Παράλληλα δεν αποτελεί ερασιτεχνική εφαρμογή αφού το σύστημα θα χρησιμοποιηθεί σε επαγγελματική κερδοσκοπική εκμετάλλευση.

Τέλος, με μια αρκετά ευρεία θέαση του συστήματος μπορεί να θεωρηθεί ειδικό ραδιοδίκτυο αφού σκοπεύει στην εξυπηρέτηση των επαγγελματικών αναγκών του χρήστη του πολυπτέρου. Αποτελεί, λοιπόν, ειδικό ραδιοδίκτυο κατηγορίας Β αν η ακτίνα λειτουργίας δεν υπερβαίνει τα 2 χιλιόμετρα. Αν υπερβαίνει τα 2 χιλιόμετρα, όμως, υπάγεται στην κατηγορία Α. [10].

Αναλυτικότερα, το σύστημα πλοήγησης του πολυπτέρου (τηλεχειριστήριο και δέκτης αυτού) εντάσσεται στα συστήματα τηλεχειρισμού αερομοντέλων και δει των ιπταμένων. Στην ίδια κατηγορία εντάσσεται και το σύστημα απομακρυσμένου ελέγχου της πλατφόρμας της μηχανής (τηλεχειριστήριο και δέκτης αυτού). Ο δέκτης αποτελεί κινητό σταθμό και ο πομπός, το τηλεχειριστήριο δηλαδή, κινητό σταθμό ξηράς.

Αναφορικά με το χειρισμό της ίδιας της φωτογραφικής μηχανής υπάρχουν δύο περιπτώσεις. Σύμφωνα με την πρώτη, κατατάσσεται στον τηλεχειρισμό του πολυπτέρου. Με τη δεύτερη, θεωρούμενη ως ασύρματη κάμερα, μπορεί να καταταχθεί στις εφαρμογές ασύρματων καμερών και στη γενικότερη κατηγορία των SAP² και SAB³

Το σύστημα επίγειου ελέγχου και παρατήρησης του πολυπτέρου αποτελεί κινητό σταθμό ξηράς και εντάσσεται στην κατηγορία της τηλεμετρίας αν αυτό δεν ενσωματώνει το σύστημα μετάδοσης εικόνας.

Τέλος, το σύστημα μετάδοσης εικόνας από το πολύπτερο στον κινητό, επίγειο σταθμό αποτελεί ξεχωριστή κατηγορία και με την μέχρι τώρα διεξαχθείσα έρευνα μπορούμε υποδεικνύεται ότι η κατηγορία κατάταξής του εξαρτάται από τον τρόπο κατασκευής του. Μπορεί, λοιπόν, να θεωρηθεί ως ένα σύστημα ασύρματης πρόσβασης WAS/RLAN ή ως ένα σύστημα κινητής ραδιοζεύξης για μεταφορά σήματος video ή απλά ως ένα ειδικό ραδιοδίκτυο.

3.2.4 Ανάλυση επιτρεπόμενων εφαρμογών σε εν δυνάμει χρησιμοποιούμενες ζώνες συχνοτήτων

Σύμφωνα με το ισχύον νομικό πλαίσιο και κυρίως με το νόμο Εθνικό Κανονισμό Κατανομής Ζωνών Συχνοτήτων [9] και την αναθεώρησή του [7], υπάρχουν καθορισμένες συχνότητες για τον τηλεχειρισμό αερομοντέλων, για τα ασύρματα δίκτυα -τοπικά και ευρείας περιοχής-, για τις συσκευές μικρής εμβέλειας, για τις ασύρματες κάμερες κ.ά.. Υπάρχουν ζώνες συχνοτήτων η λογική και συνετή χρήση των οποίων είναι ελεύθερη, χωρίς να απαιτεί κάποια συγκεκριμένη άδεια. Υπάρχουν, όμως, και ζώνες για τις οποίες απαιτείται ατομικό δικαίωμα χρήσης το οποίο χορηγεί η ΕΕΤΤ ύστερα από αίτηση. Προτιμάται, να χρησιμοποιηθούν ελεύθερες συχνότητες που δεν απαιτούν έκδοση αδείας.

²SAP : Services Ancillary to Program - Υπηρεσίες βοηθητικές στην κινηματογράφηση. Αναφέρεται σε υποστηρικτικές λειτουργίες για ταινίες, διαφημίσεις, εταιρικά βίντεο, συναυλίες, θέατρο και παρεμφερείς δραστηριότητες μη απευθυνόμενες στο ευρύ κοινό.

³SAB : Services Ancillary to Broadcasting - Υπηρεσίες βοηθητικές στη μετάδοση. Αναφέρεται σε υποστηρικτικές λειτουργίες μετάδοσης κατά την παραγωγή του κινηματογραφικού υλικού.

Κάθε ζώνη συχνοτήτων σύμφωνα με τον προαναφερθέν κανονισμό δύναται να χρησιμοποιηθεί από αρκετές υπηρεσίες (σταθερή, δορυφορική, ερασιτεχνική κ.λ.π.). Από τον κανονισμό ορίζεται ποιες από αυτές τις υπηρεσίες χρησιμοποιούν τις συχνότητες σε πρωτεύοντα βάση και ποιες σε δευτερεύοντα. Το γεγονός αυτό αναφέρεται επειδή οι πρώτες υπηρεσίες έχουν δικαίωμα προστασίας από τις παρεμβολές που εισάγουν οι δεύτερες. Συνεπώς, δεν συμφέρει να χρησιμοποιηθεί ζώνη συχνοτήτων την οποία η κινητή υπηρεσία χρησιμοποιεί σε δευτερεύοντα βάση.

Επιπλέον, υπάρχουν συχνότητες οι οποίες έχουν εκχωρηθεί αποκλειστικά σε συγκεκριμένους οργανισμούς όπως οι ένοπλες δυνάμεις και η υπηρεσία πολιτικής αεροπορίας. Συνεπώς αποκλείονται και αυτές οι ζώνες.

Στον πίνακα 3.1 αναφέρονται οι ελεύθερες συχνότητες οι οποίες δύναται να χρησιμοποιηθούν από το σύστημα του πολυπτέρου. Αντίθετα, στον πίνακα 3.2 αναφέρονται οι συχνότητες για τις οποίες απαιτείται άδεια από την ΕΕΤΤ ώστε να είναι προσβάσιμες. Τέλος, στον πίνακα 3.3 βλέπουμε κάποιες ζώνες συχνοτήτων οι οποίες δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν από την κινητή υπηρεσία και συνεπώς από το σύστημα του πολυπτέρου.

Πίνακας 3.1: Πίνακας κατανομής ελεύθερων ζωνών

Τύπος Εξοπλισμού	Ζώνες Ραδιοσυχνοτήτων	Κατανομή στις Υπηρεσίες	Διεπαφές Πρότυπο	Σημειώσεις - Πρόσθετες απαιτήσεις
Συσκευές που χρησιμοποιούνται για συστήματα ασύρματης πρόσβασης συμπεριλαμβανομένων των τοπικών δικτύων ραδιοεπικοινωνιών (WAS / RLAN)	2400 έως 2483,5 MHz	Κινητή ως πρωτεύουσα	διεπαφή EN 300 2011	ERC/DEC/(01)07, ERC REC 70-03
	5470 έως 5725 MHz	Κινητή ως πρωτεύουσα (εκτός αεροναυτικής κινητής)	διεπαφή EN 301 2012	ECC/DEC/(04)08, ERC REC 70-03. Η χρήση των συστημάτων αυτών επιτρέπεται σε εσωτερικούς ή /και εξωτερικούς χώρους.
	17,1 έως 17,3 GHz	Κινητή ως δευτερεύουσα (εκτός αεροναυτικής κινητής)	διεπαφή 2012	ERC REC 70-03

ο πίνακας συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα

συνέχεια του πίνακα 3.1

Τύπος Εξοπλισμού	Ζώνες Ραδιοσυχνοτήτων	Κατανομή στις Υπηρεσίες	Διεπαφές Πρότυπο	Σημειώσεις - Πρόσθετες απαιτήσεις
	57 έως 58,2 GHz και 63-66 GHz	Κινητή ως πρωτεύουσα	διεπαφή 2012 EN 567	302 ERC REC 70-03. Δεν επιτρέπεται η χρήση σε σταθερές εγκαταστάσεις εξωτερικών χώρων
Συσκευές τηλεχειρισμού μοντέλων	26,995, 27,045, 27,095, 27,145, 27,195, 40,665, 40,675, 40,685, 40,695 MHz	Κινητή ως δευτερεύουσα (εκτός αεροναυτικής κινητής)	διεπαφή 204 EN 220	300 ERC REC 70-03

ο πίνακας συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα

συνέχεια του πίνακα 3.1

Τύπος Εξοπλισμού	Ζώνες Ραδιοσυχνοτήτων	Κατανομή στις Υπηρεσίες	Διεπαφές Πρότυπο	Σημειώσεις - Πρόσθετες απαιτήσεις
Συσκευές τηλεχειρισμού ιπτάμενων μοντέλων	34,995 έως 35,225 MHz	Κινητή ως πρωτεύουσα	διεπαφή 204 EN 220	300 ERC REC 70-03
Συσκευές Υπέρ-Ευρείας Ζώνης (Ultra-Wideband)	έως 10,6 GHz	ποικίλει	EN 065	302 Σύμφωνα με την Απόφαση της Επιτροπής των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων 2007/131/EK, της 21ης Φεβρουαρίου 2007
	13,553 έως 13,567 MHz	Κινητή ως πρωτεύουσα (εκτός αεροναυτικής κινητής)	διεπαφή 101	

ο πίνακας συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα

συνέχεια του πίνακα 3.1

Τύπος Εξοπλισμού	Ζώνες Ραδιοσυ- χνοτήτων	Κατανομή στις Υπη- ρεσίες	Διεπαφές Πρότυπο			Σημειώσεις - Πρό- σθετες απαιτήσεις
Μη καθορισμέ- νες συσκευές μικρής εμβέ- λειας	26,957 έως 27,283 MHz	Κινητή ως πρωτεύ- ουσα (εκτός αερο- ναυτικής κινητής)	διεπαφή 102	EN 330	300	ERC REC 70-03
	40,66 έως 40,7 MHz	Κινητή ως πρωτεύ- ουσα	διεπαφή 103	EN 330, 300 220	300 EN	ERC REC 70-03, ERC DEC (01)02
	433,05 έως 434,79 MHz	Κινητή ως πρωτεύ- ουσα (εκτός αερο- ναυτικής κινητής)	διεπαφή 104	EN 220	300	ERC REC 70-03
	2400 έως 2483,5 MHz	Κινητή ως πρωτεύ- ουσα	διεπαφή 106	EN 2200	300	ERC REC 70-03
	5725 έως 5875 MHz	Κινητή ως πρωτεύ- ουσα	διεπαφή 107	EN 220	300	ERC REC 70-03

ο πίνακας συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα

συνέχεια του πίνακα 3.1

Τύπος Εξοπλισμού	Ζώνες Ραδιοσυ- χνοτήτων	Κατανομή στις Υπηρεσίες	Διεπαφές Πρότυπο	Σημειώσεις - Πρόσθετες απαιτήσεις
	24 έως 24,25, 61,0 έως 61,5, 122,25 έως 123, 244 έως 246 GHz	Κινητή ως πρωτεύουσα	διεπαφή EN 300 108 440	ERC REC 70-03
ολοκληρώθηκε ο πίνακας 3.1				

Πίνακας 3.2: Πίνακας κατανομής μη ελεύθερων ζωνών

Τύπος Εξοπλισμού	Ζώνες τήτων	Ραδιοσυχνότητες	Κατανομή στις Υπηρεσίες	Άδεια	Σημειώσεις - Πρόσθετες απαιτήσεις
SAP/SAB Ασύρματες Κάμερες	2025 έως 2110 MHz			απαιτείται	ERC REC 38. Η ζώνη συχνοτήτων 2087,5–2108,5 MHz χρησιμοποιείται αποκλειστικά από τις Ε.Δ.
	2200 έως 2290 MHz		Κινητή ως πρωτεύουσα	απαιτείται	ERC REC 38. Η ζώνη συχνοτήτων 2262,5–2283,5 MHz χρησιμοποιείται αποκλειστικά από τις Ε.Δ.
	2300 10000 21200 22600 24250 47200 MHz	έως έως έως έως έως έως	2400, 10600, 21400, 23600, 24500, 50200	Κινητή ως πρωτεύουσα απαιτείται	ERC REC 38

ο πίνακας συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα

Τύπος Εξοπλισμού	Ζώνες	Ραδιοσυχνότητες	Κατανομή στις Υπηρεσίες	Άδεια	Σημειώσεις - Πρόσθετες απαιτήσεις
SAP/SAB Κινητές ραδιοξεύξεις για μεταφορά βίντεο	2025 έως 2110 MHz	Κινητή ως πρωτεύουσα	ως πρωτεύουσα	απαιτείται	ERC REC 38. Η ζώνη συχνοτήτων 2087,5–2108,5 MHz χρησιμοποιείται αποκλειστικά από τις Ε.Δ.
	2200 έως 2290 MHz	Κινητή ως πρωτεύουσα	ως πρωτεύουσα	απαιτείται	ERC REC 38. Η ζώνη συχνοτήτων 2262,5–2283,5 MHz χρησιμοποιείται αποκλειστικά από τις Ε.Δ.
	2300 έως 2400 MHz	Κινητή ως πρωτεύουσα	ως πρωτεύουσα	απαιτείται	ERC REC 38
Κινητή Υπηρεσία (συμπεριλαμβανομένων των Ειδικών Ραδιοδικτύων)	ποικίλει		ποικίλει	απαιτείται	

ολοκληρώθηκε ο πίνακας 3.2

Πίνακας 3.3: Πίνακας κατανομής μη επιτρεπτών ζωνών

Τύπος Εξοπλισμού	Ζώνες τήτων	Ραδιοσυχνότητες	Κατανομή στις Υπηρεσίες	Άδεια	Σημειώσεις - Πρόσθετες απαιτήσεις
	68 έως 74,8 MHz		Κινητή Ήρα	Ε.Δ.	Εναρμονισμένη στρατιωτική ζώνη 73,3 – 74,1 GHz
	470 έως 790 MHz		Ευρυεκπομπή		Ραδιομικρόφωνα
	790 έως 838 MHz		Ευρυεκπομπή, Κινητή ως πρωτεύουσα		Ραδιομικρόφωνα, SAP / SAB
	838 έως 885 MHz		Σταθερή, Κινητή ως πρωτεύουσα	Ε.Δ.	Αμυντικά συστήματα
	885 έως 890 MHz		Σταθερή, Κινητή ως πρωτεύουσα		EGSM
	890 έως 915 MHz		Κινητή ως πρωτεύουσα		GSM, CT1, ασύρματα τηλέφωνα

ο πίνακας συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα

Τύπος Εξοπλισμού	Ζώνες	Ραδιοσυχνότητες	Κατανομή στις Υπηρεσίες	Άδεια	Σημειώσεις - Πρόσθετες απαιτήσεις
	915 έως 921 MHz		Σταθερή, Κινητή ως πρωτεύουσα	Ε.Δ.	Αμυντικά συστήματα
	921 έως 925 MHz		Σταθερή, Κινητή ως πρωτεύουσα		Αμυντικά συστήματα, συστήματα επικοινωνιών σιδηροδρόμων
	1215 έως 1240 MHz		Δορυφορική εξερεύνηση της γης, ραδιοεντοπισμός, ραδιοπλοήγηση, διαστημική έρευνα	απαιτείται	GPS
	1240 έως 1260 MHz		Δορυφορική εξερεύνηση της γης, ραδιοεντοπισμός, ραδιοπλοήγηση, διαστημική έρευνα, εργασιακή τεχνική	απαιτείται	

ο πίνακας συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα

συνέχεια του πίνακα 3.3

Τύπος Εξοπλισμού	Ζώνες	Ραδιοσυχνότητες	Κατανομή στις Υπηρεσίες	Άδεια	Σημειώσεις - Πρόσθετες απαιτήσεις
		1260 έως 1300 MHz	Δορυφορική εξερεύνηση της γης, ραδιοεντοπισμός, ραδιοπλοήγηση, διαστημική έρευνα, εργασιατεχνική, εργασιατεχνική δορυφορική	απαιτείται	Η εργασιατεχνική δορυφορική μόνο μετά από εφαρμογή των διαδικασιών συντονισμού από το ΥΜΕ
		1300 έως 1350 MHz	Αεροναυτική ραδιοπλοήγηση, ραδιοεντοπισμός	ΥΠΑ	πρωτεύοντα ραντάρ
		1350 έως 1437,5 MHz	Κινητή ως πρωτεύουσα (εκτός αεροναυτικής κινητής)	Ε.Δ.	Αμυντικά συστήματα
		1437,5 έως 1465,5 MHz	Όχι κινητή		

ο πίνακας συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα

συνέχεια του πίνακα 3.3

Τύπος σμού	Εξοπλι-	Ζώνες τήτων	Ραδιοσυχνο-	Κατανομή στις Υπν- ρεσίες	Άδεια	Σημειώσεις - Πρόσθετες απαιτήσεις
		1465,5 MHz	έως 1486,5	Κινητή Ήνράς ως πρωτεύουσα (εκτός αεροναυτικής κινη- τής)	Ε.Δ.	Αμυντικά συστήματα
1486,5 έως 1518 MHz				Όχι κινητή		

ολοκληρώθηκε ο πίνακας 3.2

3.2.5 Επιλογή ζωνών συχνοτήτων

Στην αρχή της ενότητας αυτής, αναφέρθηκαν οι συχνότητες που απαντώνται συχνότερα στις έτοιμες λύσεις σύμφωνα με διεξαχθείσα έρευνα αγοράς. Αυτές ήταν οι : 72 MHz, FM (87,5-108 MHz), G3 (800-3000 MHz), 1,2 GHz, 1,5 GHz, 2,4 GHz και 5,8 GHz.

Πρωταρχικά, αποκλείονται οι ζώνες συχνοτήτων FM και 1,2 GHz καθώς χρησιμοποιούνται στη ραδιοφωνία και στην ευρυεκπομπή, συνεπώς απαιτείται ειδική άδεια η οποία δύσκολα αποκτάται. Οι συχνότητες G3 αποκλείονται και αυτές επειδή έχουν εφαρμογή στη κινητή τηλεφωνία. Τέλος, επειδή το φάσμα συχνοτήτων με κεντρική συχνότητα 72 MHz, καθώς και το αντίστοιχο των 1,5 GHz χρησιμοποιούνται από το στρατό αποκλείονται και τα δύο.

Συνεπώς, οι διαθέσιμες συχνότητες είναι αυτές των 2,4 GHz (2400 – 2483,5 MHz) και 5,8 GHz (5470 – 5725 MHz). Και οι δύο αποτελούν ελεύθερες ζώνες για την αξιοποίησή τους από συσκευές μικρής εμβέλειας και δίκτυα WAS / RLAN. Στην αγορά υπάρχουν πληθώρα συσκευών με αρκετά αξιόπιστα χαρακτηριστικά. Συγκρίνοντας τις δύο ζώνες συχνοτήτων, πρέπει να αναφερθεί ότι αυτή των 2,4 GHz χρησιμοποιείται κατά κόρον από όλες τις εφαρμογές των πολιτών και των εταιριών. Αυτό συνεπάγεται ότι αποτελεί ένα αρκετά επιβαρυνμένο κανάλι με αρκετό θόρυβο. Προτιμάται λοιπόν η επιλογή των 5,8 GHz.

Τέλος, παρατηρούμε από τους πίνακες της προηγούμενης ενότητας ότι αναφέρονται και άλλες, αρκετά υψηλές συχνότητες. Π.χ. 17,1 και 57 GHz για WAS / RLAN. Οι συχνότητες αυτές δεν αποκλείονται. Απλώς, δεν έχουν υποπέσει στην αντίληψή μας έτοιμα και αξιόπιστα συστήματα τηλεχειρισμού, τηλεμετρίας και μεταφοράς εικόνας τα οποία να αξιοποιούν τέτοιες συχνότητες.

Οι συσκευές που αξιοποιούν τις παραπάνω συχνότητες εμβέλειας καθορίζονται με το Προεδρικό Διάταγμα "Ραδιοεξοπλισμός και τηλεπικοινωνιακός τερματικός εξοπλισμός και αμοιβαία αναγνώριση της συμμόρφωσης των εξοπλισμών αυτών - Προσαρμογή της ελληνικής νομοθεσίας στην οδηγία 99/5/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 9 Μαρτίου 1999" [ΦΕΚ202Α44], τον Εθνικό Κανονισμό Κατανομής Ζωνών Συχνοτήτων [9] και τις αντίστοιχες Ραδιοδιεπα-

φές που εκδίδονται από την ΕΕΤΤ. Παραθέτουμε τον πίνακα 3.4 με τους αντίστοιχους περιορισμούς.

Πίνακας 3.4: Περιορισμοί στις συσκευές

Εφαρμογή (παράρ- τημα ERC/REC/70- 03)	Ζώνη συχνοτή- των	Ισχύς μπής	εκπο- Duty cycle	Βήμα κανα- λιού	Ενδεικτικά Σχόλια, Αντίστοιχη πα- ράγραφος ΕΚΚΖΣ
Μη καθορισμένες συσκευές μικρής εμβέλειας (1)	2400-2483.5 MHz	10 mW e.i.r.p.	Όχι	Όχι	EN 300 440 - E12
	5725 - 5875 MHz	25 mW e.i.r.p.	Όχι	Όχι	EN 300 440 - E47
WAS / RLAN (3)	2400 - 2483.5 MHz	100 mW e.i..r.p.	Όχι	Όχι	EN 300 328 - E44
	5470-5725MHz	1W max mean	Όχι	-	EN 301 893- E46

ολοκληρώθηκε ο πίνακας 3.4

Βιβλιογραφία

- [1] Ελληνική Βουλή. *ΦΕΚ Α 13 - 03.02.2006*. ΝΟΜΟΣ ΥΠ' ΑΡΙΘ. 3431 - Περί Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών και άλλες διατάξεις., Σύνδεσμος Εθνικού Τυπογραφείου. 02/2006 (cit. on pp. 48, 49).
- [2] Ελληνική Βουλή. *ΦΕΚ Β 9 - 13.01.2010*. Απόφαση 2 : Κανονισμός Πτήσεων Αερομοντέλων, Σύνδεσμος Εθνικού Τυπογραφείου. 01/2010 (cit. on p. 43).
- [3] Ελληνική Βουλή. *ΦΕΚ Α 161 - 19.07.2007*. ΝΟΜΟΣ ΥΠ' ΑΡΙΘ. 3592 - Συγκέντρωση και αδειοδότηση Επιχειρήσεων Μέσων Ενημέρωσης και άλλες διατάξεις., Σύνδεσμος Εθνικού Τυπογραφείου. 07/2007 (cit. on p. 48).
- [4] Ελληνική Βουλή. *ΦΕΚ Α 273 - 19.12.2000*. ΝΟΜΟΣ ΥΠ' ΑΡΙΘ. 2867 - Οργάνωση και λειτουργία των Τηλεπικοινωνιών και άλλες διατάξεις., Σύνδεσμος Εθνικού Τυπογραφείου. 12/2000 (cit. on p. 48).
- [5] Ελληνική Βουλή. *ΦΕΚ Α 44 - 07.03.2002*. Προεδρικό διάταγμα υπ' αριθμ.44 - Ραδιοεξοπλισμός και τηλεπικοινωνιακός τερματικός εξοπλισμός και αμοιβαία αναγνώριση της συμμόρφωσης των εξοπλισμών αυτών. προσαρμογή της ελληνικής νομοθεσίας στη οδηγία 99/5/Εκ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και Συμβουλίου της 9 Μαρτίου του 1999., Σύνδεσμος Εθνικού Τυπογραφείου. 03/2002 (cit. on p. 49).
- [6] Ελληνική Βουλή. *ΦΕΚ Α 82 - 10.04.2012*. ΝΟΜΟΣ ΥΠ' ΑΡΙΘ. 4070 - Ρυθμίσεις Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών, Μεταφορών, Δημοσίων Έργων και άλλες διατάξεις., Σύνδεσμος Εθνικού Τυπογραφείου. 04/2012 (cit. on p. 48).
- [7] Ελληνική Βουλή. *ΦΕΚ Β 1979 - 24.09.2008*. Αναθέωση του Εθνικού Κανονισμού Κατανομής Ζωνών Συχνοτήτων (ΕΚΚΖΣ). (Τροποποίηση της υπ' αριθμ. 17225/655/2006 (Β'399/3.4.2006) κοινής υπουργικής απόφασης σχετικά με την "Έγκριση Εθνικού Κα-

- νοτισμού Κατανομής Ζωνών Συχνοτήτων (ΕΚΚΖΣ)”), Σύνδεσμος Εθνικού Τυπογραφείου. 09/2008 (cit. on pp. 48, 52).
- [8] Ελληνική Βουλή. *ΦΕΚ Β 2512 - 07.11.2011*. Κανονισμός Όρων Χρήσης Μεμονωμένων Ραδιοσυχνοτήτων ή Ζωνών Ραδιοσυχνοτήτων, Σύνδεσμος Εθνικού Τυπογραφείου. 11/2011 (cit. on pp. 48, 51).
- [9] Ελληνική Βουλή. *ΦΕΚ Β 399 - 03.04.2006*. Έγκριση Εθνικού Κανονισμού Κατανομής Ζωνών Συχνοτήτων (ΕΚΚΖΣ), Σύνδεσμος Εθνικού Τυπογραφείου. 04/2006 (cit. on pp. 48, 50, 52, 65).
- [10] Ελληνική Βουλή. *ΦΕΚ Β 750 - 21.06.2006*. Κανονισμός Χρήσης και Χορήγησης Δικαιωμάτων Χρήσης Ραδιοσυχνοτήτων υπό Καθεστώς Γενικής Άδειας για την Παροχή Δικτύων ή/και Υπηρεσιών Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών, Σύνδεσμος Εθνικού Τυπογραφείου. 06/2006 (cit. on pp. 48, 51).