



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΑΕΡΟΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ, ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΩΝ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ENGLISH TITLE:

Conceptual Design of a UAV for Fire Suppression

GREEK TITLE:

Εννοιολογικός Σχεδιασμός Μη Επανδρωμένου Αεροσκάφους για την Καταστολή Πυρκαγιών.

Griseld Gjini

1080555

Supervisor Professors:

Vasilios Kostopoulos, University of Patras

Vaios Lappas, University of Patras

Διπλωματική εργασία υποβληθείσα στο Τμήμα Μηχανολόγων και Αεροναυπηγών του
Πανεπιστημίου Πατρών

ΠΑΤΡΑ, Φεβρουάριος 2025

Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Μηχανολόγων και Αεροναυπηγών Μηχανικών
Γκρίσελντ Γκίνη

© 2024 – Με την επιφύλαξη παντός δικαιώματος

Τμήμα Μηχανολόγων και Αεροναυπηγών Μηχανικών – Τομέας Εφαρμοσμένης Μηχανικής,
Τεχνολογίας Υλικών και Εμβιομηχανικής [2]

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

A	Λόγος διατάματος (Aspect ratio).
A_c (m²)	Επιφάνεια του ομοαξονικού στροφείου.
A_s (m²)	Επιφάνεια του μονού στροφείου.
C (mg/Ws)	Ειδική κατανάλωση καυσίμου.
D (m)	Διάμετρος του στροφείου ή της έλικας.
d (s)	Διάρκεια του τμήματος πτήσης.
D_{eff} (m)	Αποτελεσματική διάμετρος του στροφείου σε συνεπίπεδη διάταξη.
D_o (N)	Παρασιτική οπισθέλκουσα.
e	Συντελεστής απόδοσης Oswald.
E (s)	Αυτονομία.
E_{sb} (Wh/kg)	Ειδική ενέργεια της μπαταρίας.
FM	Συντελεστής Απόδοσης σε αιώρηση.
n_c	Αριθμός ομοαξονικών στροφένων.
n_s	Αριθμός μονών στροφένων.
n_{mech}	Μηχανική απόδοση του συστήματος μετάδοσης.
n_p	Απόδοση της έλικας.
P (kW)	Απαίτηση ισχύος.
P_{max} (kW)	Μέγιστη δυνατή ισχύς του συστήματος.
P_{used} (kW)	Ισχύς που χρησιμοποιείται κατά τη λειτουργία.
P_{total} (kW)	Συνολική απαίτηση ισχύος του ελικοπτέρου.
P_{hover}(kW)	Ισχύς που απαιτείται για αιώρηση.
P_{climb}(kW)	Ισχύς που απαιτείται για ανάβαση.
P_{ff} (kW)	Ισχύς που απαιτείται για οριζόντια πτήση.
P_{MR,hover} (kW)	Ισχύς που απαιτείται από το κύριο στροφείο σε συνθήκες αιώρησης.
P_{TR,hover} (kW)	Ισχύς που απαιτείται από το ουραίο στροφείο σε συνθήκες αιώρησης.
q (N/m²)	Δυναμική πίεση.
R (m)	Ακτίνα του στροφείου.

R_{eq} (m)	Ισοδύναμη ακτίνα του στροφείου.
T_c (kW)	Άνωση που παρέχεται από το ομοαξονικό σύστημα στροφέων.
T_s (kW)	Άνωση που παρέχεται από το μονό στροφείο.
V_{max} (m/s)	Μέγιστη ταχύτητα.
W_{ob} (kg)	Αρχικό βάρος της ατράκτου του αεροσκάφους.
W_{of} (kg)	Αρχικό βάρος του καυσίμου ή του συστήματος καυσίμου.
W_b (kg)	Βάρος της μπαταρίας.
W_{blades} (kg)	Βάρος των πτερυγίων του στροφείου ή της έλικας.
$W_{controls}$ (kg)	Βάρος των συστημάτων ελέγχου.
$W_{electrical}$ (kg)	Βάρος των ηλεκτρικών συστημάτων.
W_{empty} (kg)	Κενό βάρος.
W_{fixed} (kg)	Βάρος των σταθερών εξαρτημάτων.
W_{fuel} (kg)	Βάρος του καυσίμου.
$W_{(fuel,coaxial)}$ (kg)	Βάρος καυσίμου για διαμόρφωση με συνεπίπεδους στροφείς.
$W_{(fuel,conventional)}$ (kg)	Βάρος καυσίμου για διαμόρφωση με συμβατικό στροφείο.
W_{hub} (kg)	Βάρος του κεντρικού κόμβου του στροφείου.
$W_{(o,coaxial)}$ (kg)	Συνολικό βάρος του UAV με σύστημα συνεπίπεδων στροφέων.
$W_{payload}$ (kg)	Βάρος του ωφέλιμου φορτίου.
$W_{propulsion}$ (kg)	Βάρος του συστήματος πρόωσης.
W/P (kg/kW)	Φορτίο ισχύος.
δA (m²)	Πρόσθετη δισκοειδής επιφάνεια από τον δεύτερο στροφέα.
ρ (kg/m³)	Πυκνότητα αέρα.
σ	Λόγος κάλυψης του δίσκου του στροφείου .

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ ΚΑΙ ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

BVLOS	Πέρα από την Οπτική Επαφή.
ISA	Διεθνής Τυπική Ατμόσφαιρα.
ISR	Πληροφορίες, Επιτήρηση και Αναγνώριση.
MAFFS	Μοναδιακό Σύστημα Αερομεταφερόμενης Πυρόσβεσης.
NCM	Λίθιο-Νικέλιο-Κοβάλτιο-Μαγγάνιο (σύνθεση μπαταρίας).
SDK	Κιτ Ανάπτυξης Λογισμικού.
SWAT	Ειδικές Όπλες και Τακτικές.
UAS	Μη Επανδρωμένο Αεροπορικό Σύστημα.
UAV	Μη Επανδρωμένο Αεροσκάφος.
VTOL	Κάθετη Απογείωση και Προσγείωση.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Εννοιολογικός Σχεδιασμός Μη Επανδρωμένου Αεροσκάφους για την Καταστολή Πυρκαγιών

Εισαγωγή

Αυτή η εργασία σχεδιάζει ένα μη επανδρωμένο αεροσκάφος (ΜΕΑ) για πυρόσβεση, ικανό να μεταφέρει 1 τόνο. Μελετήθηκαν ελικόπτερα με συμβατικούς και ομοαξονικούς ρότορες, συγκρίθηκαν κινητήρες και αναλύθηκαν οι επιδόσεις των ομοαξονικών συστημάτων (+13% αιώρηση, +10% συνολικά). Το τελικό σχέδιο (Model C, παρόμοιο με το Combo) προβλέπει πτήση 3,4 ωρών, με έμφαση στη βελτιστοποίηση βάρους και απόδοσης.

Κεφάλαιο 1

Αυτό το κεφάλαιο εξετάζει τα αεροσκάφη κάθετης απογείωσης και προσγείωσης (ΚΑΠ) και τα συστήματα ρότορα, εστιάζοντας στο σχεδιασμό, τις επιχειρησιακές εφαρμογές και τους τύπους τους (tail-sitter, συμβατικοί και ομοαξονικοί ρότορες). Αναλύονται τα πλεονεκτήματα και οι περιορισμοί τους, με έμφαση στα ΜΕΑ και τα ελικόπτερα.

Αεροσκάφη VTOL

Τα αεροσκάφη ΚΑΠ απογειώνονται και προσγειώνονται κάθετα, επιτρέποντας τη λειτουργία τους σε περιορισμένους χώρους, γεγονός που τα καθιστά ιδανικά για αστικές, απομακρυσμένες ή στρατιωτικές περιοχές. Παραδείγματα περιλαμβάνουν το Harrier Jump Jet και τα tail-sitters, τα οποία μεταβαίνουν από κάθετη σε οριζόντια πτήση αλλά απαιτούν προηγμένα συστήματα ελέγχου.

Τα ΚΑΠ διαθέτουν διάφορους τύπους ρότορων. Ο κύριος ρότορας (single main rotor) είναι ο πιο κοινός, ενώ οι ομοαξονικοί ρότορες προσφέρουν σταθερότητα χωρίς ουραίο ρότορα. Οι ρότορες σε διάταξη tandem κατανέμουν την ανύψωση για βαριά φορτία, οι διαπλεκόμενοι ρότορες (intermeshed rotors) μειώνουν την αεροδυναμική αλληλεπίδραση, και τα πολυκόπτερα (π.χ. quadcopters) παρέχουν εξαιρετική σταθερότητα για μικρές αποστολές. Κάθε σχεδιασμός προσφέρει συγκεκριμένα πλεονεκτήματα ανάλογα με την εφαρμογή του.

UAVs

Τα ΜΕΑ (drones) είναι μη επανδρωμένα αεροσκάφη που ελέγχονται απομακρυσμένα ή λειτουργούν αυτόνομα. Χρησιμοποιούνται σε στρατιωτικές και πολιτικές εφαρμογές, όπως επιτήρηση, χαρτογράφηση, γεωργία και μεταφορές. Ποικίλλουν σε μέγεθος και σχεδιάζονται βάσει αποστολής, εμβέλειας και αυτονομίας.

Συμβατικοί Ρότορες

Τα συστήματα συμβατικών ρότορων έχουν έναν κύριο ρότορα για ανύψωση και έναν ουραίο ρότορα που εξουδετερώνει τη ροπή του κύριου ρότορα, σταθεροποιώντας το αεροσκάφος και επιτρέποντας τον κατευθυντικό έλεγχο. Αυτός ο σχεδιασμός χρησιμοποιείται κυρίως σε ελικόπτερα και ορισμένα ΜΕΑ.

Ομοαξονικοί Ρότορες

Τα συστήματα ομοαξονικών ρότορων χρησιμοποιούν δύο ρότορες που περιστρέφονται αντίθετα στον ίδιο άξονα, εξαλείφοντας την ανάγκη για ουραίο ρότορα. Αυτό προσφέρει μεγαλύτερη σταθερότητα και ανύψωση, ενώ οι ομοαξονικοί σχεδιασμοί είναι συμπαγείς και ιδανικοί για περιορισμένους χώρους.

Κεφάλαιο 2

Έρευνα βιβλιογραφίας για ελικόπτερα και ΜΕΑ με συμβατικούς ρότορες

Το κεφάλαιο εξετάζει την ικανότητα των ελικοπτέρων και ΜΕΑ με συμβατικούς ρότορες να μεταφέρουν φορτία και να συμμετέχουν σε αποστολές πυρόσβεσης. Ελικόπτερα όπως τα Airbus H215 Super Puma, Sikorsky S-64 Skycrane και Mil Mi-8 προσφέρουν δυνατότητες μεταφοράς φορτίου από 1.275 έως 9.100 κιλά και είναι αποτελεσματικά σε απομακρυσμένες περιοχές. Για παράδειγμα, το Sikorsky S-64 μπορεί να μεταφέρει 10.000 λίτρα νερού, ενώ το Mil Mi-8 χρησιμοποιεί εξωτερικές δεξαμενές για γρήγορη επαναπλήρωση.

Στον τομέα των ΜΕΑ, συστήματα όπως τα UVH-500, MQ-8 Fire Scout και A-160 Hummingbird προσφέρουν δυνατότητες μεταφοράς φορτίου από 120 έως 1.000 κιλά. Το SH-3000 υποστηρίζει βαριές μεταφορές σε απομακρυσμένες περιοχές, ενώ το A-160 Hummingbird ξεχωρίζει για την αυτονομία του, φτάνοντας τις 16 ώρες.

Και οι δύο πλατφόρμες, ελικόπτερα και ΜΕΑ, είναι αξιόπιστες και ευέλικτες, καλύπτοντας ανάγκες όπως η διαχείριση καταστροφών και η καταστολή πυρκαγιών. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας των ΜΕΑ, η ενσωμάτωσή τους με τα ελικόπτερα θα ενισχύσει τις δυνατότητες και θα επεκτείνει τις εφαρμογές των εναέριων αποστολών.

Έρευνα βιβλιογραφίας για ελικόπτερα και ΜΕΑ με ομοαξονικούς ρότορες

Τα συστήματα ομοαξονικών ρότορων προσφέρουν πλεονεκτήματα για κάθετη πτήση και βαρέα φορτία. Χρησιμοποιούν δύο αντίθετα περιστρεφόμενους ρότορες στον ίδιο άξονα, εξαλείφοντας την ανάγκη για ουραίο ρότορα, βελτιώνοντας την απόδοση και την ευελιξία, ειδικά σε περιορισμένους χώρους. Αυτά τα χαρακτηριστικά τα καθιστούν ιδανικά για πυρόσβεση, μεταφορά φορτίων και στρατιωτικές επιχειρήσεις.

Ελικόπτερα με ομοαξονικούς ρότορες περιλαμβάνουν τα Kamov Ka-32A11M, Ka-226T, Ka-26 και VRT500. Το Ka-32A11M είναι ιδανικό για πυρόσβεση, το Ka-226T για μεταφορά φορτίων (έως 1.200 kg) και το Ka-31 για επιτήρηση. Το VRT500 είναι ελαφρύ και χρησιμοποιείται για έρευνα και διάσωση.

Τα ΜΕΑ με ομοαξονικούς ρότορες, όπως τα Ultra 2XL, VRT-300, Combo, SY-450H και Bi-Rotor, δείχνουν τη μεγάλη ευελιξία του συστήματος. Το Ultra 2XL ειδικεύεται στη μεταφορά φορτίων, ενώ τα VRT-300 και Combo εστιάζουν σε ευέλικτα φορτία και αρθρωτά σχέδια για διάφορες αποστολές.

Κεφάλαιο 3

Επιλογή κινητήρα

Η διαδικασία σχεδιασμού ξεκίνησε με την επιλογή του κινητήρα, συγκρίνοντας κινητήρες εσωτερικής καύσης και ηλεκτροκινητήρες μέσω της εξίσωσης του Breguet. Αυτή επέτρεψε τον υπολογισμό του κλάσματος βάρους καυσίμου για ένα VTOL που χρησιμοποιεί υδρογονάνθρακες, αν και η ακρίβειά της μειώνεται λόγω παραγόντων όπως η αεροδυναμική αντίσταση και η σταδιακή μείωση του βάρους. Για τα UAV VTOL, η ακρίβεια βελτιώνεται μέσω προσομοιώσεων που ενσωματώνουν αυτές τις παραμέτρους.

Οι βασικές παραδοχές περιλάμβαναν ρυθμό κατανάλωσης καυσίμου 0.09 mg/Ws, λόγο ισχύος προς βάρος 4.5 kW/kg, περιθώριο ισχύος 5% και εφεδρικό καύσιμο 10% για ασφάλεια. Για τα ηλεκτρικά αεροσκάφη, χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση BWF, τροποποιημένη για να λαμβάνει υπόψη την εμβέλεια, με ειδική ενέργεια μπαταρίας 500 Wh/kg.

Τμήμα Μηχανολόγων και Αεροναυπηγών Μηχανικών – Τομέας Εφαρμοσμένης Μηχανικής, Τεχνολογίας Υλικών και Εμβιομηχανικής [9]

Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι η αύξηση του ωφέλιμου φορτίου οδηγεί σε γραμμική αύξηση του συνολικού βάρους του UAV, ανεξαρτήτως τύπου κινητήρα. Ωστόσο, η αύξηση της εμβέλειας προκαλεί εκθετική αύξηση του βάρους, πιο έντονη στην περίπτωση του ηλεκτροκινητήρα, λόγω της ανάγκης για περισσότερες ή μεγαλύτερες μπαταρίες, οι οποίες δεν καταναλώνονται κατά την πτήση. Αντίθετα, στους κινητήρες εσωτερικής καύσης, το καύσιμο καταναλώνεται σταδιακά, μειώνοντας το βάρος κατά την αποστολή.

Η σύγκριση έδειξε ότι οι κινητήρες εσωτερικής καύσης είναι πιο κατάλληλοι για την εφαρμογή μας, καθώς επιτρέπουν τη μεταφορά μεγαλύτερου φορτίου για την ίδια εμβέλεια. Σε επιχειρήσεις πυρόσβεσης, όπου απαιτείται μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων νερού ή επιβραδυντικού υγρού, αυτό είναι κρίσιμο. Η χρήση μπαταριών αυξάνει το συνολικό βάρος του UAV κατά 83.86% σε σχέση με το καύσιμο, ενώ το βάρος της μπαταρίας είναι 1011.36% μεγαλύτερο από το αντίστοιχο βάρος του καυσίμου, περιορίζοντας τη μεταφορική ικανότητα και τη διάρκεια της αποστολής.

Παρόλα αυτά, η ηλεκτρική πρόωση έχει πλεονεκτήματα, όπως μικρότερο περιβαλλοντικό αντίκτυπο, χαμηλότερο θόρυβο και καταλληλότητα για αποστολές μικρής εμβέλειας, όπως πυρόσβεση σε αστικές περιοχές. Αντίθετα, οι κινητήρες εσωτερικής καύσης υπερέχουν σε μεταφορική ικανότητα και εμβέλεια, καθιστώντας τους πιο αποδοτικούς για επιχειρήσεις μεγάλης κλίμακας, όπως η καταπολέμηση δασικών πυρκαγιών.

Κεφάλαιο 4

Διαστασιολόγηση UAV και δύο προσεγγίσεις σχεδιασμού

Στη συνέχεια, υπολογίστηκαν οι διαστάσεις ενός UAV με προδιαγραφές παρόμοιες με το Bell UH-1H Huey, το οποίο είχε ικανότητα ανύψωσης 1.760 kg και διάρκεια πτήσης 2 ώρες. Για τον υπολογισμό του βάρους καυσίμου, χρησιμοποιήθηκαν οι εξισώσεις του Κεφαλαίου 3. Σύμφωνα με τον Raymer, το Κλάσμα Κενού Βάρους (EWF) πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στον προκαταρκτικό σχεδιασμό, με τιμές 0.45 - 0.55 για μεταφορικά ελικόπτερα.

Οι υπολογισμοί έδωσαν συνολικό βάρος πολύ κοντά στο πραγματικό του Huey, με διαφορά στο Συνολικό Βάρος Απογείωσης (W_o) μόλις 6.29%. Για να καλυφθούν οι απαιτήσεις της μελέτης, επιλέχθηκε ο κινητήρας Makila A2, με μέγιστη συνεχόμενη ισχύ 1.236 kW, καθιστώντας τον κατάλληλο για μεταφορές και αποστολές πυρόσβεσης.

Οι βασικές παράμετροι σχεδίασης του ελικοπτέρου υπολογίστηκαν με στατιστικές εξισώσεις από το βιβλίο *Helicopter Sizing by Statistics* των Omri Rand και Vladimir Khromov. Για τον προσδιορισμό του μήκους του UAV με ομοαξονικό ρότορα, χρησιμοποιήθηκε μια καμπύλη τάσης που προέκυψε από την ανάλυση των ελικοπτέρων στο Κεφάλαιο 2, βασισμένη στη σχέση μεταξύ διαμέτρου ρότορα και μήκους ελικοπτέρου.

Ως αποτέλεσμα, αναπτύχθηκαν δύο διαμορφώσεις UAV: μία με συμβατικό ρότορα και μία με ομοαξονικό ρότορα. Και οι δύο διαθέτουν εξωτερικό φορέα φορτίου και σύστημα σωλήνα αναρρόφησης, επιτρέποντας συγκριτική αξιολόγηση για επιχειρήσεις πυρόσβεσης.

Κεφάλαιο 5

Σύγκριση μεταξύ συμβατικού και ομοαξονικού ρότορα

Η ανάλυση βασίζεται στο άρθρο "*Coaxial Helicopter Rotor Design & Aeromechanics*" των Boris N. Bourtsev, Sergey V. Selemeney και Victor P. Vagis, το οποίο μελετά τον σχεδιασμό, την αεροδυναμική και την αεροελαστική συμπεριφορά των ομοαξονικών ρότορων.

Το άρθρο περιλαμβάνει θεωρητικές προσομοιώσεις, δοκιμές σε αεροσήραγγες και πειράματα σε ελικόπτερα KAMOV (Ka-50, Ka-32, Ka-226), εστιάζοντας στα πλεονεκτήματα των ομοαξονικών ρότορων έναντι των συμβατικών. Τα ευρήματα δείχνουν 13% υψηλότερο Figure of Merit στην αιώρηση, λόγω μεγαλύτερης ενεργής επιφάνειας του δίσκου και βελτιωμένης αεροδυναμικής.

Επιπλέον, η απουσία ουραίου ρότορα βελτιώνει την απόδοση κατά 10% σε όλες τις φάσεις πτήσης, καθώς όλη η ισχύς του κινητήρα διατίθεται για άνοση και πρόωση, αντί να καταναλώνεται για αντιστάθμιση της ροπής, όπως στα συμβατικά ελικόπτερα.

Κεφάλαιο 6

Μοντέλο Ισχύος Ανά Φάση Πτήσης

Το μοντέλο ισχύος ανά φάση πτήσης παρέχει πιο ακριβή εκτίμηση του συνολικού βάρους και της κατανάλωσης καυσίμου, λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις ισχύος σε αιώρηση, άνοδο και οριζόντια πτήση. Σε αντίθεση με το απλοποιημένο μοντέλο σταθερής ισχύος, που υποθέτει σταθερή μέγιστη ισχύ, η νέα προσέγγιση κατανέμει την ισχύ ρεαλιστικά, βελτιώνοντας την ακρίβεια.

Στην αιώρηση, κυριαρχεί η επαγόμενη ισχύς, ενώ στην άνοδο απαιτείται επιπλέον ισχύς για άνοση. Στην οριζόντια πτήση, η παρασιτική οπισθέλκουσα επηρεάζει την κατανάλωση καυσίμου.

Το βάρος απογείωσης (W_0) αυξάνεται γραμμικά με το ωφέλιμο φορτίο αλλά εκθετικά με την αυτονομία, καθώς απαιτείται περισσότερη καύσιμη ύλη. Η αύξηση του **Figure of Merit** μειώνει το W_0 έως 5%, υπογραμμίζοντας τη σημασία της αεροδυναμικής απόδοσης.

Ο ρυθμός ανόδου επηρεάζει το W_0 , καθώς υψηλότερη ταχύτητα απαιτεί περισσότερη ισχύ. Η πυκνότητα του αέρα επίσης παίζει ρόλο: σε υψηλή πυκνότητα, η αεροδυναμική απόδοση βελτιώνεται, ενώ σε χαμηλή (μεγάλα υψόμετρα), η άνωση μειώνεται, αυξάνοντας το W_0 . Η σχέση **Disk Loading - W_0** δείχνει ότι τα βαρύτερα ελικόπτερα απαιτούν υψηλότερο W/S , ενώ τα ελαφρύτερα UAVs διατηρούν χαμηλό W/S για μεγαλύτερη αποδοτικότητα.

Η απουσία ουραίου ρότορα βελτιώνει την αποδοτικότητα του UAV, αφού όλη η ισχύς αξιοποιείται για άνωση και προώθηση. Η ταχύτητα πτήσης επηρεάζει το W_0 , με χαμηλές ταχύτητες να αυξάνουν την ισχύ λόγω αιώρησης, ενώ σε υψηλές ταχύτητες, η αεροδυναμική αντίσταση οδηγεί σε αυξημένη κατανάλωση. Η βελτίωση της απόδοσης του έλικα μειώνει το W_0 , αλλά πέρα από ένα όριο, η επίδραση μειώνεται λόγω άλλων παραγόντων.

Η νέα μεθοδολογία μείωσε τα σφάλματα υπολογισμών από 6.3% σε κάτω από 1%, βελτιώνοντας την ακρίβεια της πρόβλεψης κατανάλωσης καυσίμου και αυτονομίας. Παρέχει μια πιο ρεαλιστική εκτίμηση της απόδοσης του ελικοπτέρου, καθιστώντας την αποτελεσματικότερη στη διαχείριση βάρους και τον σχεδιασμό αποστολών.

Κεφάλαιο 7

Τελικό Μοντέλο

Στο Κεφάλαιο 5, εξετάστηκε εκ νέου η μεθοδολογία διαστασιολόγησης, συγκρίνοντας το προτεινόμενο μοντέλο με τρία ελικόπτερα ομοαξονικών ρότορων από το Κεφάλαιο 2. Η σύγκριση αυτή οδήγησε στον καθορισμό τριών μοντέλων: A, B και C, τα οποία αντιστοιχούν στα Birotor Coaxial High Capacity Helicopter, Ultra 2XL Heavy Lifting Drone και Combo.

Η εκτίμηση του κλάσματος κενού βάρους έγινε με τη μέθοδο Raymer, χρησιμοποιώντας εξατομικευμένη καμπύλη τάσης βασισμένη σε δεδομένα από ελικόπτερα με ομοαξονικούς ρότορες. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα Μοντέλα A και C παρουσίασαν σφάλμα μικρότερο από 1%, ενώ το Μοντέλο B εμφάνισε απόκλιση 11%, επιβεβαιώνοντας την ακρίβεια της μεθοδολογίας.

Βάσει αυτών των αποτελεσμάτων, σχεδιάστηκε ένα τελικό UAV με ομοαξονικό ρότορα, εξοπλισμένο με εξωτερικό φορέα φορτίου για μεταφορά πυροσβεστικού υλικού. Διαθέτει επίσης σύστημα σωλήνα αναρρόφησης, επιτρέποντας την άντληση νερού από φυσικές ή τεχνητές δεξαμενές, βελτιστοποιώντας την απόδοσή του στις επιχειρήσεις πυρόσβεσης.

Για το τελικό μοντέλο, υπολογίστηκε το βάρος των επιμέρους στοιχείων και καθορίστηκε το προφίλ πτήσης. Αρχικά, το UAV εκτελεί άνοδο διάρκειας 10 λεπτών για να φτάσει στο επιχειρησιακό του ύψος. Στη συνέχεια, ακολουθεί οριζόντια πτήση διάρκειας 30 λεπτών προς την περιοχή της φωτιάς.

Η φάση κατάσβεσης διαρκεί συνολικά 132 λεπτά, κατά τα οποία το UAV πραγματοποιεί ρίψεις 1100 λίτρων νερού. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει 50 λεπτά για την πλήρωση της δεξαμενής και 50 λεπτά για τη ρίψη του νερού στην πυρκαγιά. Κάθε κύκλος επαναπλήρωσης και ρίψης διαρκεί 10 λεπτά και επαναλαμβάνεται πέντε φορές.

Ακολουθεί η φάση επαναπλήρωσης και μετάβασης, η οποία περιλαμβάνει συνολικά 10 λεπτά ανόδου και 22 λεπτά πτήσης κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ανεφοδιασμού.

Μετά την ολοκλήρωση της αποστολής, το UAV επιστρέφει στη βάση του, εκτελώντας οριζόντια πτήση διάρκειας 30 λεπτών για ανεφοδιασμό.

Κεφάλαιο 8

Μελλοντικές Βελτιώσεις

Η μελέτη μπορεί να βελτιωθεί περαιτέρω μέσω πιο ακριβών αεροδυναμικών και δομικών αναλύσεων, επιτρέποντας τη βελτιστοποίηση της απόδοσης του UAV. Η χρήση υπολογιστικών εργαλείων όπως οι Υπολογιστικές Ρευστοδυναμικές (CFD) θα μπορούσε να βελτιώσει την κατανόηση της ροής αέρα και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των ρότορων και της ατράκτου.

Επιπλέον, η δυναμική ανάλυση θα συμβάλει στην αξιολόγηση της συμπεριφοράς του UAV σε πραγματικές επιχειρησιακές συνθήκες. Η ενσωμάτωση κρίσιμων υποσυστημάτων, όπως ένα αποδοτικό σύστημα μετάδοσης και προηγμένα συστήματα ελέγχου πτήσης, θα ενισχύσουν την αυτονομία και την ακρίβεια των χειρισμών του UAV.

Τέλος, η χρήση προηγμένων σύνθετων υλικών μπορεί να μειώσει το βάρος και να βελτιώσει την αντοχή του UAV. Με αυτές τις βελτιώσεις, το UAV μπορεί να προχωρήσει από τον προκαταρκτικό σχεδιασμό στη λεπτομερή ανάπτυξη, οδηγώντας σε μια πιο αποδοτική και πλήρως λειτουργική πλατφόρμα.