



Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
Πολυτεχνική Σχολή
πρώην Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών και Βιομηχανικού Σχεδιασμού
(Εισαγωγική Κατεύθυνση Βιομηχανικού Σχεδιασμού)

Πτυχιακή Εργασία με τίτλο:

“Ανάλυση και σχεδίαση εξακοπτέρου”

Του: Δημητρίου Ιωάννη

Επιβλέπων Καθηγητής: Γαύρος Κωνσταντίνος

Κοζάνη 2022

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα Εικόνων.....	3
Περιεχόμενα Πινάκων	4
Περίληψη.....	5
Κεφάλαιο 1 – Η κατάκτηση των αιθέρων	6
1.1 Ιστορική αναδρομή.....	6
1.1.1 Η πρώτη πτητική μηχανική	6
1.1.2 Ανάγκη για αλλαγή στον τρόπο χειρισμού.....	8
Κεφάλαιο 2 – Μη επανδρωμένα αεροσκάφη	9
2.1 Ιστορική εξέλιξη των Drone.....	9
2.2 Αρχή λειτουργίας ενός Drone.....	11
2.2.1 Τρόπος λειτουργίας Drone με πολλαπλά στροφεία	12
2.2.2 Τα βασικά μέρη ενός Drone	14
Κεφάλαιο 3 – Ανάλυση και σχεδιασμός του Drone	16
3.1 Εκλογή κατηγορίας UAV	16
3.2 Σχεδιασμός 3D μοντέλου	18
3.2.1 Λίγα λόγια για το λογισμικό	18
3.2.2 Μοντελοποίηση του Drone.....	19
Κεφάλαιο 4 – Επιλογή υλικών και ανάλυση μοντέλου	22
4.1 Εκλογή κατάλληλου υλικού	22
4.2 Ανάλυση απόδοσης Drone	31
Συμπεράσματα.....	40
Βιβλιογραφία.....	40

Περιεχόμενα Εικόνων

Εικόνα 1. FlyerIII	7
Εικόνα 2. Το Heinkel He 178	8
Εικόνα 3. Η κάψουλα BOCTOK-1 του Γιούρι Γκαγκάριν στο μουσείο RKK Energiva	8
Εικόνα 4. Το πρώτο drone από τα αδέρφια Jacques και Louis Bréguet.	10
Εικόνα 5. Το drone του Kettering.....	11
Εικόνα 6. Το AQM-34 των US AIR FORCE	11
Εικόνα 7. Διαχωρισμός μορφής πτητικών μέσων.....	11
Εικόνα 8. Convertawings Model “A”	12
Εικόνα 9. Διάταξη ισχύος κινητήρων ανάλογα την κίνηση του τετρακόπτερου	13
Εικόνα 10. Διάταξη ηλεκτρονικών ενός flight controller	13
Εικόνα 11. Διάγραμμα μορφής ενός drone.....	14
Εικόνα 12. (α) Κινητήρες (β) κορμός (γ) μπαταρία (δ) flight controller	15
Εικόνα 13. Πίνακας κατηγοριοποίησης μεγέθους Drone	16
Εικόνα 14. NASA's Global Hawk, ένα πραγματικά μεγάλο UAV	17
Εικόνα 15. Διάγραμμα τύπων στήριξης κινητήρων.....	18
Εικόνα 16. Μορφολογία ενός εξακόπτερου	20
Εικόνα 17. Μοντελοποίηση της βάσης του Drone	21
Εικόνα 18. Μοντελοποίηση κεντρικού κορμού του Drone	21
Εικόνα 19. Μοντελοποίηση των μπράτσων στήριξης των κινητήρων	21
Εικόνα 20. Τελικό render του 3D μοντέλου	21
Εικόνα 21. Πολυαμίδιο.....	22
Εικόνα 22. ABS	23
Εικόνα 23. Κεραμικά.....	23
Εικόνα 24. Αλουμίνιο	24
Εικόνα 25.Ορείχαλκος.....	25
Εικόνα 26. Ανοξείδωτος Χάλυβας	26
Εικόνα 27. Καουτσούκ	27
Εικόνα 28. Τιτάνιο.....	27
Εικόνα 29. Χρυσός	28
Εικόνα 30. PLA	29
Εικόνα 31. Χαλκός	29
Εικόνα 32. PrimeGray	30
Εικόνα 33. Διαχωρισμός μοντέλου.....	33

Περιεχόμενα Πινάκων

Πίνακας 1. Συνθήκες μελέτης.....	34
Πίνακας 2. Μονάδες μέτρησης μελέτης	34
Πίνακας 3. Ιδιότητες υλικού μελέτης	35
Πίνακας 4. Ιδιότητες mesh μελέτης.....	35
Πίνακας 5. Προσθήκη δυνάμεων της μελέτης.....	36
Πίνακας 6. Αποτέλεσμα μελέτης κάμψης	37
Πίνακας 7. Αποτέλεσμα μελέτης μετατόπισης.....	38

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η ανάλυση, σχεδίαση και δημιουργία ενός τηλεχειριζόμενου, μικρής κλίμακας, μη επανδρωμένου αεροσκάφους (Drone) από την σκοπιά του κατασκευαστή – σχεδιαστή μηχανικού.

Αρχικά κρίνεται απαραίτητη η γνωριμία με το προς μελέτη αντικείμενο σε καθαρά βιβλιογραφικό επίπεδο με στόχο την κατανόηση των όσων ακολουθούν τόσο για την σχεδίαση όσο και για την κατασκευή του. Έπειτα, γίνεται μια αναφορά στον τρόπο σχεδίασης ενός Drone, τους τύπους και κατηγορίες που το διέπουν, από τις οποίες στην συνέχεια θα γίνει επιλογή με βασικό παράγοντα τις ανάγκες της κατασκευής.

Με την εκλογή της κατάλληλης μορφής που θα πρέπει να έχει το Drone και της κατηγορίας που αυτό ανήκει, γίνεται σχεδίαση του με την βοήθεια 3D CAD λογισμικού, το Solidworks. Στην συνέχεια, γίνεται διαλογή ανάμεσα σε διάφορα διαθέσιμα υλικά κατασκευής ενώ βελτιώνονται τυχόν ατέλειες του Drone που μπορεί να προκύπτουν εξαιτίας της επιλογής αυτής.

Σημαντική κρίνεται επίσης η προσομοίωση της απόδοσης του εν λόγω Drone, ως μέρος της βελτίωσης του σχεδίου αλλά και για την επίλυση προβλημάτων που παρουσιάστηκαν κατά την δημιουργία του.

Κεφάλαιο 1 – Η κατάκτηση των αιθέρων

298.2 Ιστορική αναδρομή

Ανατρέχοντας σε ιστορικές αναφορές, το πρώτο είδος πτήσης για τους ανθρώπους μπορεί να θεωρηθεί η χρήση του αερόστατου – μπαλονιού. Οι αρχές αεροδυναμικής του πρώτου αερόστατου βασίζονται στον χαρταετό, μια εφεύρεση που συναντάται σε αρκετές χώρες στις αρχές του 5^{ου} αιώνα. Με βάση τον νόμο των θερμών αέριων μαζών της φυσικής αποδεικνύεται πως τα θερμά σωματίδια του αέρα έχουν μικρότερη μάζα συνεπώς και βάρος από τα ψυχρά, επιτρέποντας το αερόστατο να ίπταται. Έτσι, το 1783 ο αδερφοί Μονγκολφιέ δημιούργησαν ένα αερόστατο θερμού αέρα και εκτέλεσαν μια πτήση επανδρωμένη από τρία ζώα.

298.2.2 Η πρώτη πτητική μηχανική

Στις αρχές του 19^{ου} αιώνα, οι αδερφοί Ράιτ ήταν αυτοί που έφεραν την επανάσταση στον χώρο των εναέριων πτήσεων με την δημιουργία του επαναστατικού για την εποχή μηχανοκίνητου αεροσκάφους με όνομα «Wright Flyer». Με αρκετή αφοσίωση στο στόχο τους, αρκετούς πειραματισμούς και μέσα σε λίγα χρόνια κατασκεύασαν το «Flyer III»[1].

Ιστορικής σημασίας ημέρα κρίνεται η 23 Ιουνίου 1905 όπου το «Flyer III» πετάει για πρώτη φορά. Η κατασκευή του ήταν από ερυθρελάτη, ένα είδος έλατου με ερυθρές άκρες, είχε μήκος 8.54m, πλάτος 12.29m και ύψος 2.44m, με αρχική χωρητικότητα έναν πιλότο και μέσω βελτιώσεων, έναν συνεπιβάτη.

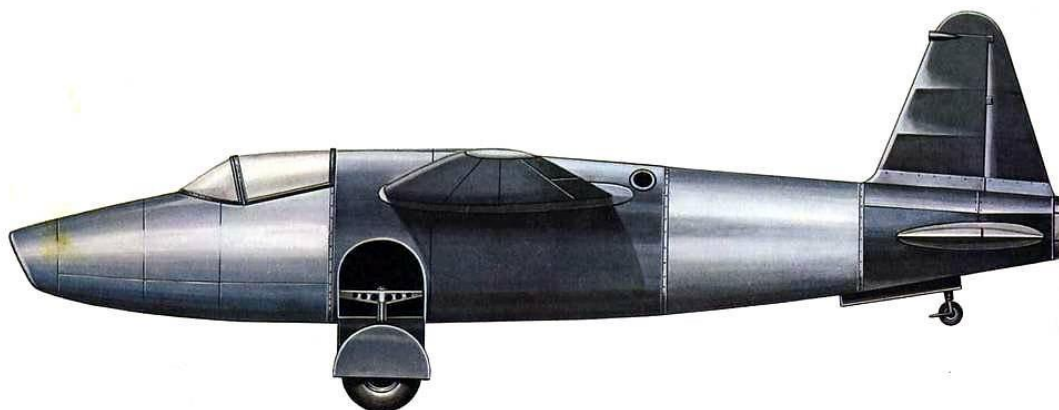


Εικόνα 1. FlyerIII

Μέσα στα επόμενα χρόνια αρκετές αλλαγές στο σχεδιασμό του αεροπλάνου προέκυψαν αλλά αυτό που αξίζει να σημειωθεί ήταν όταν το 1915 έγινε η πρώτη μεταβολή του σκελετού από ξύλο σε μια μεταλλική κατασκευή από τον Γερμανό

Ούγκο Γιούνκερς. Με την προσθήκη μετάλλου αυξήθηκε η αντοχή του αεροσκάφους τόσο κατά την πτήση του όσο και για το δύσκολο κομμάτι της προσγείωσης, ενώ ένας άλλος παράγοντας αυξήθηκε μοιραία ταυτόχρονα με την αντοχή, το βάρος.

Κατά την κατασκευή ενός αεροπλάνου, ο μεγαλύτερος ίσως παράγοντας που στέκεται εμπόδιο στην πτητική του ικανότητα είναι το ίδιο του το βάρος. Λύση σε αυτό το πρόβλημα είναι η αύξηση της ώθησης, μια λύση που προήλθε από τον Βον Οχαιν και τον Ερνστ Χεινκελ, όπου με την ευρεσιτεχνία για την εποχή εκείνη του ενός και την εταιρεία του δεύτερου πέτυχαν ένα αεριοθούμενο αεροσκάφος, ονόματι Heinkel He 178[2]. Σαφώς η τεχνολογία που εφάρμοσαν στο αεροσκάφος όχι μόνο κατάφερε να μειώσει την επίδραση του βάρους αλλά και να γίνει γρηγορότερο από τα συμβατικά της εποχής.



Εικόνα 2. Το Heinkel He 178

Αν και η κατάκτηση των αιθέρων ήταν ένας στόχος αρκετά δύσκολος για να επιτευχθεί, δεν εμπόδισε τους ανθρώπους να κυνηγήσουν έναν ακόμα μεγαλύτερο στόχο, το ταξίδι στο διάστημα. Ο πρώτος άνθρωπος που κατάφερε να το κάνει πραγματικότητα ήταν ο αστροναύτης Γιούρι Γκαγκάριν με το διαστημόπλοιο «ВОСТОК-1» το 1961.



Εικόνα 3. Η κάψουλα ΒΟΣΤΟΚ-1 του Γιούρι Γκαγκάριν στο μουσείο RKK Energia

1.1.2 Ανάγκη για αλλαγή στον τρόπο χειρισμού

Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας στον αιώνα της πληροφορίας, τα αεροπλάνα εξελίχθηκαν ραγδαία έως το επόμενο μεγάλο βήμα, αυτό των UAV. Οι πρώτοι που διαμόρφωσαν αυτή την ιδέα ήταν οι Αμερικάνοι επιστήμονες στην προσπάθειά τους να κατασκευάσουν αεροσκάφη μη επανδρωμένα για τις εμπόλεμες ζώνες μειώνοντας έτσι τις πιθανότητες ανθρώπινης απώλειας σε περίπτωση ρίψης τους.

Η ανάπτυξη των ραδιοσυχνοτήτων, η κατασκευή των πρώτων συσκευών λήψης και αποστολής σημάτων και εν συνεχεία η κατασκευή τηλεχειριζόμενων ηλεκτρικών συσκευών συντέλεσαν στην ανάπτυξη των μη επανδρωμένων αεροσκαφών (Drone), ως μια πιο ασφαλή για τον άνθρωπο, εναλλακτική. Αν και η αρχική κατασκευή των Drone βασίζονταν σε στρατιωτικούς σκοπούς, τα drones απέκτησαν ταχεία ανάπτυξη και μεγάλη πρόοδο με την είσοδο τους στην αγορά ως ηλεκτρονικά είδη ευρείας κατανάλωσης.

Τα Drones ή αλλιώς μη επανδρωμένα αεροσκάφη, ονομάζονται τα ιπτάμενα οχήματα που μπορούν να πετάνε αυτόνομα, κάνοντας χρήση προεπιλεγμένης από χειριστή διαδρομής, είτε τηλεκατευθυνόμενα από έναν χειριστή που μπορεί ανάλογα με το drone να βρίσκεται οπουδήποτε στον κόσμο. Ο όρος drone είναι αγγλικός και σημαίνει βόμβο ή βούισμα, το βασικό χαρακτηριστικό των drones. Ο επίσημος όρος τους στα ελληνικά είναι ΣμηΕΑ (Συστήματα μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών) ενώ στα αγγλικά UAV (unmanned aerial vehicles, δηλαδή μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα).

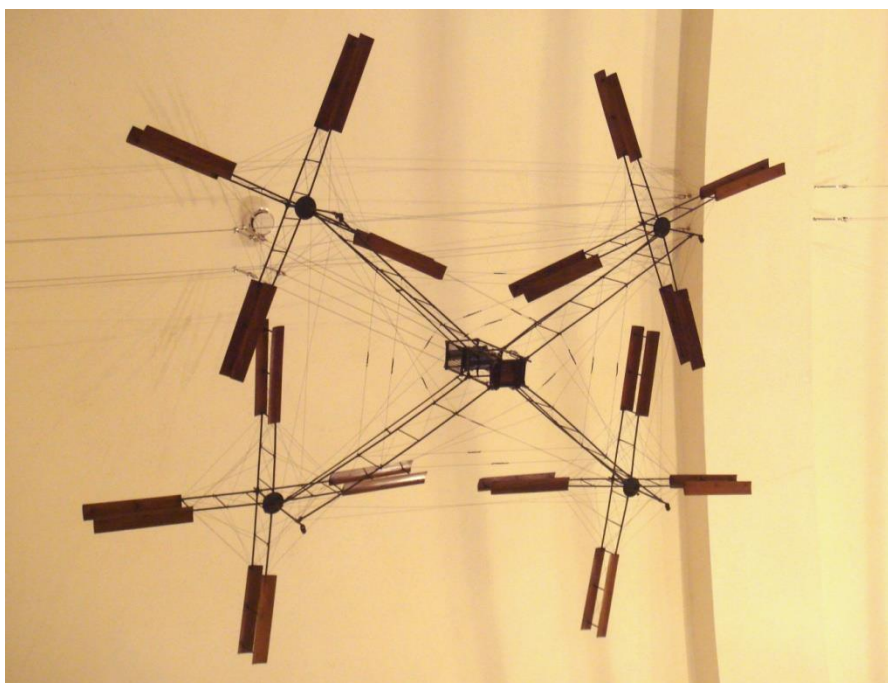
Αυτό σημαίνει ότι η τεχνολογία είναι πολύ πιο σύνθετη και εξελιγμένη από απλά ένα τηλεκατευθυνόμενο αεροσκάφος. Τα συγκεκριμένα αεροσκάφη είναι εφοδιασμένα με αισθητήρες και GPS, όπου μπορούν να πετάζουν αυτόνομα χωρίς τον χειρισμό κάποιου.

Κεφάλαιο 2 – Μη επανδρωμένα αεροσκάφη

2.1 Ιστορική εξέλιξη των Drone

Παρόλο που τα drone αρχικά εφευρέθηκαν για στρατιωτικές επιχειρήσεις, υπό τη μορφή τηλεκατευθυνόμενων εναέριων πυραύλων, πλέον έχουν βρει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών πέραν αυτής, ειδικά με τη μορφή μικρών τετρακοπτέρων, εξακοπτέρων και οκτοκοπτέρων.

Η απόκτηση τους είναι εύκολη και οι χρήσεις τους ποικίλουν ανάλογα τον διαθέσιμο εξοπλισμό που μπορεί να εμπεριέχουν, παρέχοντας την δυνατότητα για προσωπική χρήση ως χόμπι για την λήψη φωτογραφιών και την μαγνητοσκόπηση διάφορων γεγονότων, καθώς και για επαγγελματική χρήση όπως η καταγραφή της κίνησης στους δρόμους, μεταφορά αντικειμένων – παράδοση αγαθών, για την παρακολούθηση της κλιματικής αλλαγής αλλά και παρέχοντας βοήθεια σε επιχειρήσεις αναζήτησης και διάσωσης.



Εικόνα 4. Το πρώτο drone από τα αδέρφια Jacques και Louis Bréguet.

Ιστορικά, η ιδέα των μη επανδρωμένων χρονολογείται από το 1849, όταν ο Αυστριακός στρατός έκανε χρήση μη επανδρωμένων, γεμάτα εκρηκτικό υλικό αερόστατα για να επιτεθούν στην γαλλοκρατούμενη τότε Βενετία, με αρκετά από αυτά να απελευθερώνονται από το αυστριακό πλοίο Vulcano.

Ωστόσο, οι έρευνες για το drone με τη σημερινή του μορφή ξεκίνησαν στις αρχές του 1900 υπό την μορφή ενός τετρακοπτέρου ως το πρώτο drone που εφευρέθηκε το 1907 από τα αδέρφια Jacques και Louis Bréguet. Το 1915 ο Nikola Tesla και το 1917 ο Lorenzo Archibald αντίστοιχα, κατασκεύασαν τις δικές τους πρωτότυπες εκδόσεις μη επανδρωμένων αεροσκαφών, που στόχο είχαν την άμυνα των στρατευμάτων και των Zeppelin που τότε κατακτούσαν τους αιθέρους.



Εικόνα 5. Το drone του Kettering

Ο Charles Kettering το 1918, δημιούργησε ένα drone καμικάζι που λειτουργούσε με χρονοδιακόπτη, διπλώνοντας τα φτερά του ώστε να έρθει σε κάθετη θέση για την ταχύτερη πτώση του προς εχθρικούς στόχους. Το 1937 ο Fahrney προσπάθησε να δημιουργήσει το πρώτο βομβαρδιστικό drone ενώ ως τις αρχές του 1942 δημιουργήθηκε το TG-2, που ελέγχονταν για πρώτη φορά χάρη στις εικόνες μιας ενσωματωμένης κάμερας και μπορούσε να φτάσει 50 χλμ. Μακριά από τον οδηγό – χειριστή του.



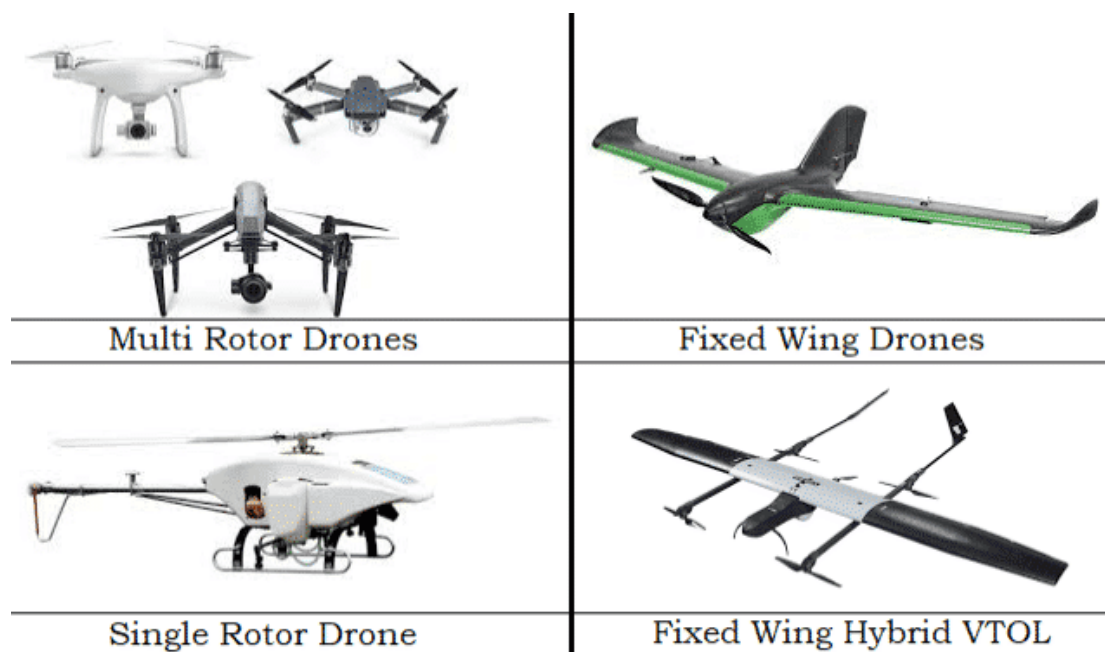
Εικόνα 6. Το AQM-34 των US AIR FORCE

Από το 1951 και μετά ξεκίνησε η μαζική παραγωγή στις ΗΠΑ του AQM-34 με σκοπό δραστηριότητες αναγνώρισης το οποίο εντός 4 χρόνων πραγματοποίησε περισσότερες από 3.500 αποστολές. Η χρήση των drones παρέμεινε ίδια μέσα στα χρόνια ως το 2006 όπου η FAA εξέδωσε τις πρώτες εμπορικές άδειες χρήσης για drone, οι οποίες έθεταν συγκεκριμένους περιορισμούς δια νόμου στα drone των καταναλωτών και την χρήση αυτών.

Έκτοτε τα drone εξαπλώθηκαν και στον επαγγελματικό τομέα για διάφορες επιχειρηματικές δραστηριότητες, ενώ μέχρι σήμερα η τεχνολογία των drone έχει εξελιχθεί σταδιακά, φτάνοντας να έχει τεράστιες λειτουργικές και τεχνολογικές διαφορές από τα παλαιότερα drone και πλέον αποτελούν μια προσιτή επιλογή τόσο για δημόσιες όσο και για ιδιωτικές χρήσεις.

2.2 Αρχή λειτουργίας ενός Drone

Τα Drones, όπως και τα άλλα «πτάμενα μέσα», κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με τον τρόπο με τον οποίο παράγεται η άνοση. Σύμφωνα με αυτόν τον διαχωρισμό είναι δυνατόν να διαχωριστούν σε τεσσάρων ειδών πτητικά μέσα: τα αεροσκάφη με πολλαπλά στροφεία (Multi Rotor Drones), τα αεροσκάφη με σταθερά πτερύγια (Fixed Wing Drones), τα αεροσκάφη με ένα περιστρεφόμενο στροφείο (Single Rotor Drone) και τα υβριδικά αεροσκάφη σταθερών πτερυγίων (Fixed Wing Hybrid VTOL). Ωστόσο, εστιάζοντας καθαρά στον τρόπο λειτουργίας τους, ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχουν τα αεροσκάφη πολλαπλών στροφείων και τα αεροσκάφη σταθερών πτερυγίων.



Εικόνα 7. Διαχωρισμός μορφής πτητικών μέσων

Στο αεροσκάφος σταθερών πτερυγίων η παραγωγή της άνοσης εμφανίζεται λόγω της ταχύτητας της πτέρυγας του. Η ανύψωση των αεροσκαφών σταθερών πτερυγίων στηρίζεται στην καμπυλότητα του σχήματος των πτερυγίων που έχουν και στην οριζόντια κίνηση τους στον αέρα. Τα αεροσκάφη στηρίζονται σε αυτή την αρχή προκειμένου να απογειωθούν, να ανέρχονται, να κατέρχονται αλλά και να διατηρούνται σε συγκεκριμένο ύψος κατά τη διάρκεια της πτήσης. Η διατομή των πτερυγίων τους είναι τέτοια ώστε αφενός στην πάνω πλευρά να αναπτύσσονται μεγαλύτερες ταχύτητες και κατά συνέπεια μικρότερες πιέσεις από ότι στην κάτω πλευρά δημιουργώντας έτσι άνοση.

Στα αεροσκάφη περιστρεφόμενων στροφείων η άνοση παράγεται από ένα ή περισσότερα οριζόντια (ή σχεδόν οριζόντια) στροφεία (έλικες). Οι κύριες διαφορές τους με τα αεροσκάφη σταθερών πτερυγίων είναι ότι αφ' ενός το μέσο που παρέχει την άνοση είναι κινούμενο (τα πτερύγια του στροφείου), σε αντίθεση με το αεροπλάνο που έχει σταθερά πτερύγια, και αφ' ετέρου ότι για την ανύψωσή και πτήση του δεν απαιτείται οριζόντια κίνηση, όπως στα αεροσκάφη σταθερών πτερυγίων. Το πιο γνωστό πτητικό μέσο με περιστρεφόμενα στροφεία είναι το ελικόπτερο το οποίο πετάει σύμφωνα με τους ίδιους νόμους της αεροδυναμικής που εφαρμόζονται και στην πτήση των συμβατικών αεροσκαφών σταθερών πτερυγίων.

Το ελικόπτερο μπορεί να προσδιοριστεί ως μια πτητική μηχανή η οποία χρησιμοποιεί περιστρεφόμενα πτερύγια για να παράγει άνοση, πρόωση και έλεγχο. Το κύριο στροφείο αποτελεί το πιο σημαντικό τμήμα του αεροσκάφους, καθώς αποτελεί πηγή των δυνάμεων και των ορμών οι οποίες ελέγχουν τη θέση και την ταχύτητα του ελικοπτερού. Όταν το κύριο στροφείο περιστρέφεται δημιουργείται μια ίση και αντίθετη αντίδραση η οποία δρα στην άτρακτο του ελικοπτερού και προσπαθεί να τη στρέψει στην αντίθετη κατεύθυνση από την κατεύθυνση περιστροφής του κύριου στροφείου. Για το λόγο αυτό, το ελικόπτερο για να πετάει θα πρέπει να υπάρχει κάποιο μέσο για να αντισταθμίζει τη ροπή του κύριου στροφείου. Η λύση στα συμβατικά ελικόπτερα δόθηκε με την χρήση του ουραίου στροφείου, το οποίο είναι τοποθετημένο κάθετα στο ουραίο τμήμα του ελικοπτερού και παράγει μια πλευρική ώση, εμποδίζοντας την άτρακτο από το να περιστραφεί.



Εικόνα 8. Convertawings Model “A”

Παρ’ όλη την υπεροχή των ελικοπτέρων μιας κύριας έλικας, στο παρελθόν έγιναν πολλές προσπάθειες και κατασκευάστηκαν ελικόπτερα με πολλαπλούς έλικες αλλά κυρίως με 4 έλικες τα οποία αναφέρονται ως «τετρακόπτερα» (ή quadrotor). Ένα από αυτά (ίσως το πρώτο) ήταν το Convertawings Model “A” , που κατασκευάστηκε και έκανε την πρώτη του επιτυχημένη πτήση το 1956. Διέθετε τέσσερις έλικες με δυο πτερύγια ο καθένας που έπαιρναν κίνηση από δύο κινητήρες. Ο έλεγχός του ήταν εφικτός μεταβάλλοντας την ώση καθενός από τους τέσσερις κινητήρες.

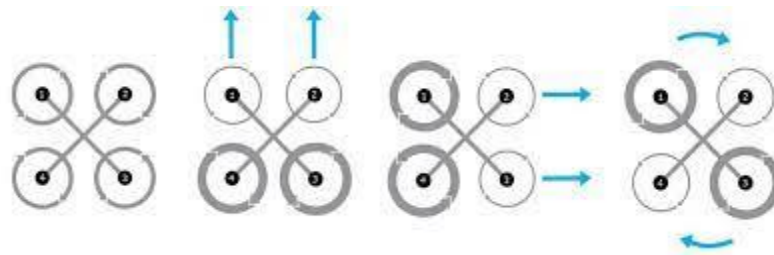
2.2.1 Τρόπος λειτουργίας Drone με πολλαπλά στροφεία

Αναλύοντας την λειτουργία των αεροσκαφών με πολλαπλά στροφεία παρατηρείται ότι δεν υπάρχουν ουσιαστικές διαφορές στον τρόπο λειτουργίας τους με βάση τον αριθμό στροφείων, ωστόσο ο αριθμός μεταβάλλει τις μετέπειτα πτητικές δυνατότητες του αεροσκάφους. Για τον λόγο αυτό γίνεται ανάλυση ως προς το πιο διαδεδομένο είδος Drone πολλαπλών στροφείων, το τετρακόπτερο που κατατάσσεται στην κατηγορία των μη επανδρωμένων αεροσκαφών (UAV) περιστρεφόμενων στροφείων.

Όπως φαίνεται και από το όνομα του, το τετρακόπτερο αποτελείται από τέσσερα στροφεία/ρότορες τοποθετημένους σε ίσες και συμμετρικά κατανομημένες από το κέντρο μάζας του αποστάσεις, με τον έλεγχο του να πραγματοποιείται με αλλαγή της ταχύτητας του κάθε στροφείου/ρότορα, όταν αυτοί λειτουργούν με κίνηση από ισάριθμα ηλεκτρικά μοτέρ. Αν και στα κλασικά ελικόπτερα η ροπή που παράγεται από το κεντρικό στροφείο αντισταθμίζεται από έναν επιπλέον στροφείο στην ουρά του ελικοπτερού ώστε να εξισορροπούνται οι γυροσκοπικές αντιδράσεις της ατράκτου, στην περίπτωση του τετρακόπτερου, ο έλεγχος γίνεται ευκολότερος εφόσον η κίνηση του αεροσκάφους δεν εξαρτάται από τα γυροσκοπικά φαινόμενα.

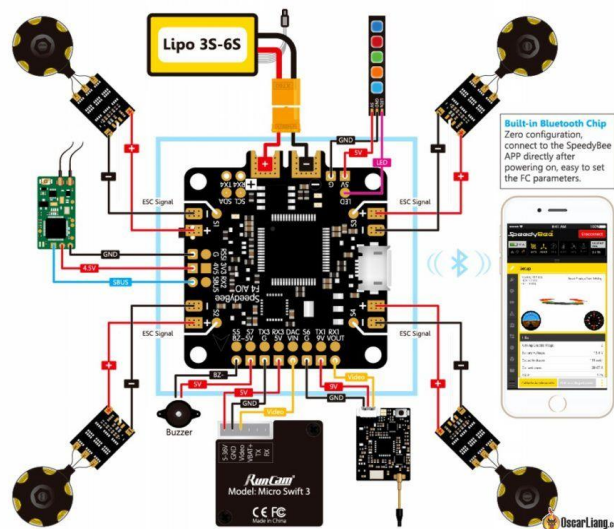
Στην περίπτωση του τετρακοπτερου, δύο στροφεία στρέφονται κατά την φορά των δεικτών του ρολογιού (δεξιόστροφα) ενώ τα άλλα δύο αντίθετα με την φορά των δεικτών του ρολογιού (αριστερόστροφα), απαλείφοντας έτσι τα γυροσκοπικά φαινόμενα.

Τα τετρακόπτερα έχουν διατεταγμένα τα στροφεία τους σε δύο διατάξεις ανάλογα με τη κατεύθυνση της πτήσης: σε διάταξη σταυρού και χιαστή. Και στις δύο διατάξεις οι κινητήρες 1 και 3 περιστρέφονται δεξιόστροφα, ενώ οι κινητήρες 2 και 4 αριστερόστροφα. Οι έλικες που στερεώνονται στους κινητήρες 1 και 3 έχουν αντίθετη κλίση από τις έλικες που στερεώνονται στους κινητήρες 2 και 4, αφενός μεν για να δίνουν όλες ώθηση προς την ίδια κατεύθυνση και αφετέρου για να αλληλοαναιρούν τα γυροσκοπικά φαινόμενα που δημιουργούνται.



Εικόνα 9. Διάταξη ισχύος κινητήρων ανάλογα την κίνηση του τετρακόπτερου

Η κίνηση του τετρακόπτερου, όπως ήδη αναφέρθηκε, εξαρτάται από την ταχύτητα των κινητήρων. Με την αλλαγή της ταχύτητας αλλάζουν και οι δυνάμεις ώσης με αποτέλεσμα την παραγωγή κίνησης, ενώ αυξάνοντας ή μειώνοντας την ταχύτητα όλων των κινητήρων το τετρακόπτερο μπορεί να κινείται κάθετα. Παρά την συμμετρική κατανομή των κινητήρων και των φορτίων στο κύριο σώμα του τετρακόπτερου και την αντίθετη κίνηση των στροφείων, ο σχεδιασμός τους δεν προσφέρει σταθερή πτήση, οπότε για αυτό τον λόγο απαιτείται η ύπαρξη ενός υπολογιστικού συστήματος – εγκεφάλου που θα είναι σε θέση να διαβάσει τα αεροδυναμικά χαρακτηριστικά της πτήσης και να σταθεροποιεί το Drone.



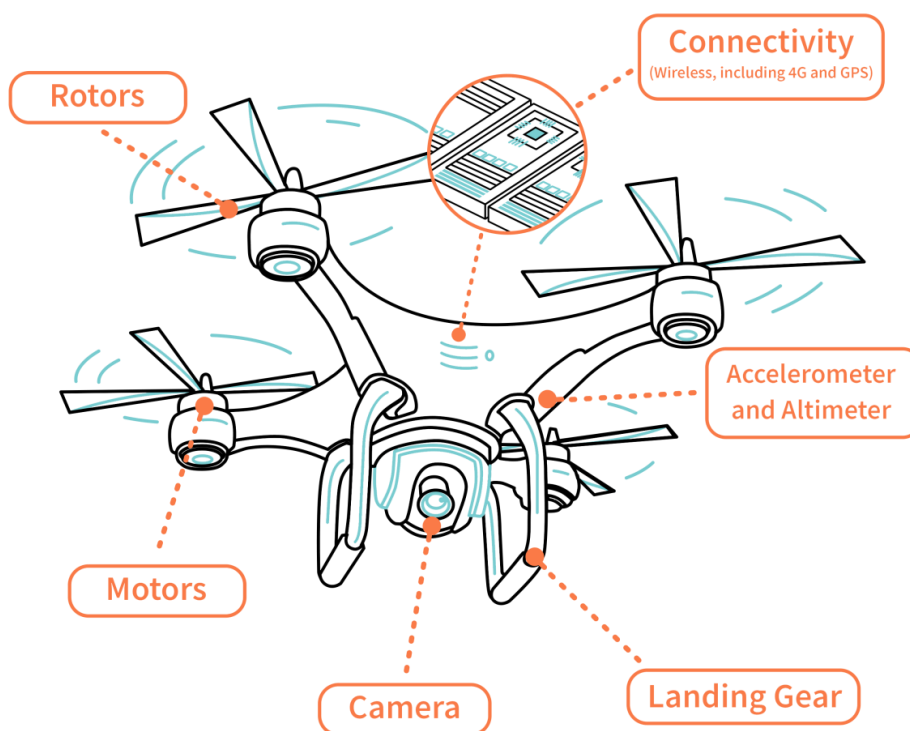
Εικόνα 10. Διάταξη ηλεκτρονικών ενός flight controller

Το ηλεκτρονικό – υπολογιστικό σύστημα αυτό είναι γνωστό και ως «flight controller» και μπορεί να λαμβάνει τα στοιχεία λειτουργίας από τα ηλεκτρονικά στοιχεία (γυροσκόπιο, επιταχυνσιόμετρο, GPS κλπ) του τετρακόπτερου και με την επεξεργασία τους, θα μπορεί να παρέχει εντολές διόρθωσής στα συστήματα ελέγχου ώστε να υπάρχει σταθερότητα στην κίνηση αλλά και έλεγχος του συστήματος.

Ένα τετρακόπτερο μπορεί να κινηθεί σε τρεις βασικές διευθύνσεις: εμπρός – πίσω, αριστερά – δεξιά και πάνω-κάτω. Όπως προαναφέρθηκε, όλες οι κινήσεις αυτές γίνονται με την αυξομείωση των κινητήρων τους οποίους διαθέτει το τετρακόπτερο.

2.2.2 Τα βασικά μέρη ενός Drone

Η βασική κατασκευή ενός drone συνήθως γίνεται με ελαφριά συνθετικά υλικά υψηλής αντοχής για να περιοριστεί το βάρος του drone στο ελάχιστο καθώς και να αυξηθεί η ευελιξία των κινήσεών του κατά την πτήση.[3] Έτσι τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι συνήθως θερμοπλαστικά όπως ο πολυεστέρας καθώς και διάφορα αλουμίνια. Εν συνεχεία, είναι πολύ σημαντικό να γίνει αναφορά στα μέρη από τα οποία αποτελείται ένα drone ώστε να γίνει κατανοητή η λειτουργία του.

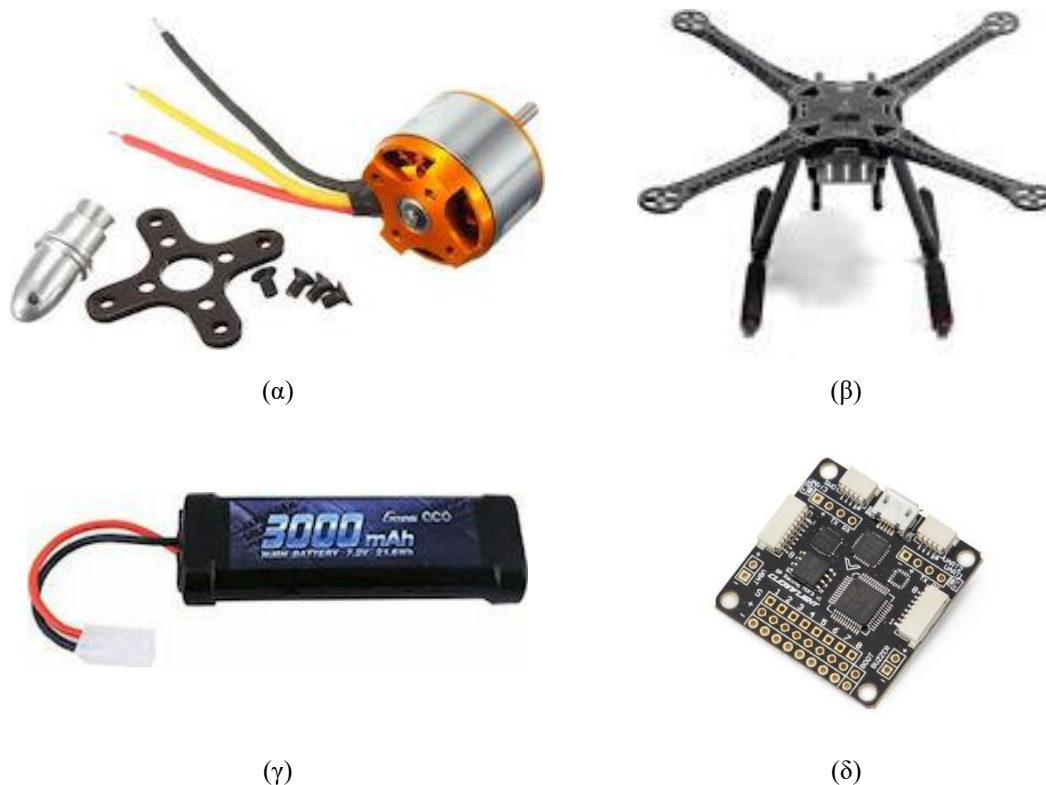


Εικόνα 11. Διάγραμμα μορφής ενός drone

Διαχωρίζοντας ένα drone σε τέσσερα βασικά μέρη, το καθένα από αυτά με την δική του ιδιαίτερη σημασία στην συνολική λειτουργία του καταλήγουμε στα εξής:

- Ο κύριος κορμός – το σώμα του drone
- Οι έλικες – πτερύγια – κινητήρες
- Η μπαταρία
- Το σύστημα τηλεχειρισμού

Ο κύριος κορμός – το σώμα ενός drone είναι το πιο βασικό μέρος του μη επανδρωμένου αεροσκάφους, καθώς σε αυτόν βρίσκονται όλα τα εξαρτήματα που χρειάζεται ώστε να λειτουργήσει. Πιο συγκεκριμένα, επάνω στο σώμα ενός drone βρίσκεται η πλακέτα λειτουργίας του flight controller, οι κινητήρες, το σύστημα ασύρματης επικοινωνίας για τον χειρισμό του, οι έλικες και τυχόν πρόσθετες συσκευές όπως κάμερες, gps κλπ.



Εικόνα 12. (α) Κινητήρες (β) κορμός (γ) μπαταρία (δ) flight controller

Οι κινητήρες, ένα εξίσου σημαντικό μέρος ως πηγή της ώθησης σε ένα drone, καθώς χωρίς αυτούς δεν είναι δυνατόν να ξεκινήσει καν η πτήση. Συνήθως οι κινητήρες έχουν περίβλημά από θερμοπλαστικά ή κράμα αλουμινίου, καθώς θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να μην δημιουργείτε κανένα πρόβλημα όταν υπερθερμαίνονται οι κινητήρες. Οι έλικες συνήθως είναι κατασκευασμένοι από ενισχυμένες ίνες με άνθρακα ενώ οι λεπίδες από συνθετικά θερμοπλαστικά προκειμένου να μειωθεί το κόστος σε περίπτωση που χρειαστεί η αντικατάστασή τους[4].

Η πιο διαδεδομένη επιλογή είδους μπαταρίας για τα Drone είναι η μπαταρίες λιθίου καθώς συνδυάζουν την μέγιστη παροχή ενέργειας με το μικρότερο δυνατό βάρος στην κατασκευή τους, ώστε να διευκολύνετε η πτήση του drone. Η διάρκεια αντοχής μιας μπαταρίας ενός drone είναι αυτή που καθορίζει τον χρόνο πτήσης του, με τυπικό χρόνο πτήσης να είναι η μισή με μία ώρα.

Τελευταίο μέρος του συνολικού συστήματος ενός drone και αυτό που ευθύνεται για την ορθή λειτουργία του, αποτελεί το σύστημα τηλεχειρισμού, το οποίο επιτρέπει τον ασύρματο έλεγχο του αεροσκάφους από τον χειριστή του. Η επικοινωνία μεταξύ του συστήματος τηλεχειρισμού με το σύστημα επικοινωνίας του drone μπορεί να γίνει από αρκετά μεγάλη εμβέλεια, ανάλογα με τις δυνατότητες του εκάστοτε drone.

Κεφάλαιο 3 – Ανάλυση και σχεδιασμός του Drone

3.1 Εκλογή κατηγορίας UAV

Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναλυθεί το drone ως προς τις διάφορες κατηγορίες που αυτό μπορεί να ανήκει. Με βάση το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ [0], τα Drones / UAVs χωρίζονται σε 5 διαφορετικά γκρουπ ανάλογα με διάφορες παραμέτρους όπως φαίνεται παρακάτω:

Category	Size	Maximum Gross Takeoff Weight (MGTW) (lbs)	Normal Operating Altitude (ft)	Airspeed (knots)
Group 1	Small	0-20	<1,200 AGL*	<100
Group 2	Medium	21-55	<3,500	<250
Group 3	Large	<1320	<18,000 MSL**	<250
Group 4	Larger	>1320	<18,000 MSL	Any airspeed
Group 5	Largest	>1320	>18,000	Any airspeed

*AGL = Above Ground Level
**MSL = Mean Sea Level
Note: If the UAS has even one characteristic of the next level, it is classified in that level.
Source: "Eyes of the Army" U.S. Army Roadmap for UAS 2010-2035

Εικόνα 13. Πίνακας κατηγοριοποίησης μεγέθους Drone

Στην κατηγορία των πολύ μικρών UAV του πρώτου γκρουπ, οι διαστάσεις τους κυμαίνονται από το μέγεθος ενός μεγάλου εντόμου έως 30-50 cm σε μήκος. Τα UAV αυτά συχνά μοιάζουν με έντομα, με πτερύγια ή περιστροφικά φτερά και είναι ένα αρκετά δημοφιλές σχέδιο για drone, καθώς είναι εξαιρετικά μικρό σε μέγεθος, έχουν πολύ μικρό βάρος και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για κατασκοπεία και βιολογικό πόλεμο.

Ενώ στην κατηγορία των μικρών UAV, τα Drone έχουν τουλάχιστον μία διάσταση μεγαλύτερη από 50 cm και όχι μεγαλύτερη από 2 μέτρα. Πολλά από τα σχέδια αυτής της κατηγορίας βασίζονται στο μοντέλο με σταθερά φτερά και τα περισσότερα εκτοξεύονται με το χέρι πετώντας τα στον αέρα[5].

Στην κατηγορία των μεσαίων UAV, τα UAV είναι πολύ βαριά για να μεταφερθούν από ένα άτομο αλλά είναι ακόμα μικρότερα από ένα ελαφρύ αεροσκάφος, με άνοιγμα φτερών περίπου 5-10 m και δυνατότητα να μεταφέρουν ωφέλιμο φορτίο 100 έως 200 kg.

Ενώ στην κατηγορία των μεγάλων UAV το μέγεθος ξεπερνάει αυτό ενός μικρού αεροσκάφους και χρησιμοποιούνται κυρίως για πολεμικές επιχειρήσεις από τον στρατό ή για ερευνητικές μελέτες από μεγάλους οργανισμούς (πχ NASA).



Εικόνα 14. NASA's Global Hawk, ένα πραγματικά μεγάλο UAV

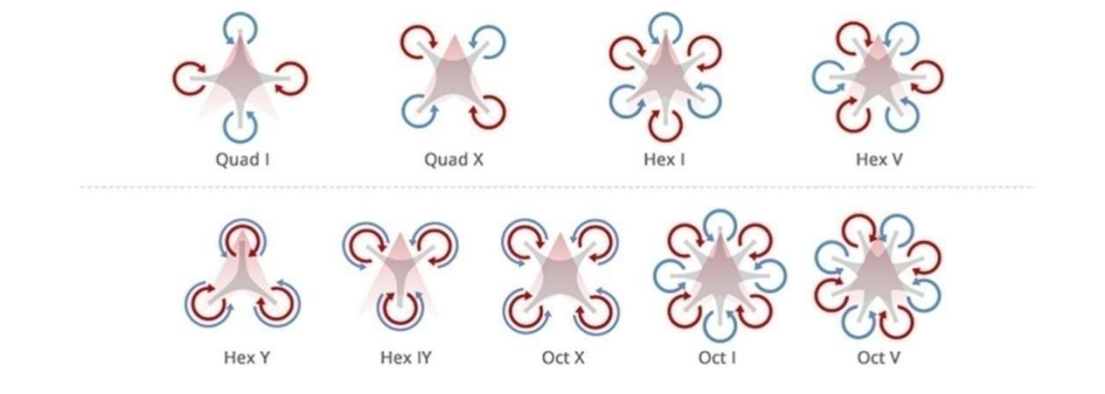
Ένας ακόμα τρόπος κατηγοριοποίησης των UAV είναι η εμβέλεια χειρισμού του από τον χειριστή και την αντοχή τους σε ώρες πτήσης. Με βάση αυτή την κατηγοριοποίηση υπάρχουν πέντε διαφορετικές επιλογές, τα UAV πολύ κοντινής εμβέλειας, κοντινής εμβέλειας, μικρής εμβέλειας, μεσαίας εμβέλειας και τα ειδικής αντοχής.

Στην πρώτη περίπτωση, περιλαμβάνονται UAV που έχουν εμβέλεια 5 km και χρόνο αντοχής 20 έως 45 λεπτά ενώ στην αμέσως επόμενη περίπτωση η εμβέλεια φτάνει αλλά δεν ξεπερνάει τα 50 km και από χρόνο αντοχής, 1 έως 6 ώρες, φτάνοντας στα UAV μικρής εμβέλειας που έχουν εμβέλεια 150 km ή και περισσότερο, με χρόνους αντοχής από 8 έως 12 ώρες. Αυτά τα Drones χρησιμοποιούνται συνήθως για εργασίες αναγνώρισης και επιτήρησης.

Η κατηγορία μεσαίας εμβέλειας περιλαμβάνει UAV που έχουν εξαιρετικά υψηλή ταχύτητα και εμβέλεια έως 650 km, τα οποία χρησιμοποιούνται πέραν από τους ίδιους σκοπούς όπως και τα προηγούμενα και για τη συλλογή μετεωρολογικών δεδομένων.

Ενώ, η τελευταία κατηγορία αντοχής περιλαμβάνει τα UAV που έχουν αντοχή 36 ωρών και ακτίνα εργασίας 300 km. Αυτή η κατηγορία UAV μπορεί να λειτουργεί σε υψόμετρα 30.000 ποδιών, με την χρήση τους να είναι συνήθως για συλλογή δεδομένων και για ειδικές στρατιωτικές επιχειρήσεις.

Τέλος, μια σημαντική κατηγοριοποίηση που αξίζει να σημειωθεί είναι ο τύπος στήριξης των κινητήρων στο σώμα του UAV. Παρακάτω ακολουθεί ένα διάγραμμα που παρουσιάζει τους πιο συχνούς τύπους στήριξης, όπου με κόκκινο φαίνεται η συμβατική φοράς του ρολογιού (CW) για την κίνηση των κινητήρων και με μπλε η αντίστροφη της συμβατικής φοράς του ρολογιού (CCW). Σε κάθε κατηγορία υπάρχουν δύο τύποι στήριξης οι οποίοι προσφέρουν διάφορα πλεονεκτήματα ανάλογα το σχεδιασμό και την χρήση του Drone.



Εικόνα 15. Διάγραμμα τύπων στήριξης κινητήρων

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία έγινε επιλογή Drone με τύπο στήριξης κινητήρων σε σχηματισμό HEX V όπως φαίνεται και στην εικόνα 15. Η επιλογή αυτή έγινε καθώς το HEX V προσφέρει ικανοποιητική χωρητικότητα για μεταφορά φορτίου είτε αυτό είναι εξωτερικό, είτε το ίδιο το drone προσαρμοσμένο με αρκετούς αισθητήρες. Ακόμα σημαντικό ρόλο στην επιλογή αυτή έπαιξε η μεγάλη αντοχή σε πτήση κόντρα στον άνεμο και η δυνατότητα του, σε περίπτωση σφάλματος σε ένα μοτέρ, να συνεχίσει την πτήση του[5].

3.2 Σχεδιασμός 3D μοντέλου

3.2.1 Λίγα λόγια για το λογισμικό

Για την σχεδίαση του Drone που θα κατασκευαστεί στην συνέχεια έγινε επιλογή του σχεδιαστικού προγράμματος Solidworks το οποίο είναι κατάλληλο για την δημιουργία 3D μοντέλων.

Το Solidworks είναι ένα solid modeling computer-aided design (CAD) και computer aided engineering (CAE) πρόγραμμα που τρέχει σε Microsoft Windows. Προέρχεται από την Dassault Systèmes SOLIDWORKS Corp. Η οποία διαθέτει ένα μεγάλο φάσμα από 3D εργαλεία λογισμικού που δίνουν την δυνατότητα δημιουργίας, προσομοίωσης, δημοσίευσης και διαχείρισης δεδομένων.

Οι παράμετροι που εισάγονται στο λογισμικό είναι αυτοί που καθορίζουν το σχήμα ή την γεωμετρία του μοντέλου και μπορεί να είναι είτε αριθμητικές, όπως μήκος γραμμής ή διάμετρος κύκλου, ή γεωμετρικές όπως εφαπτόμενες, παράλληλες, ομόκεντρες, οριζόντιες ή κατακόρυφες κλπ.

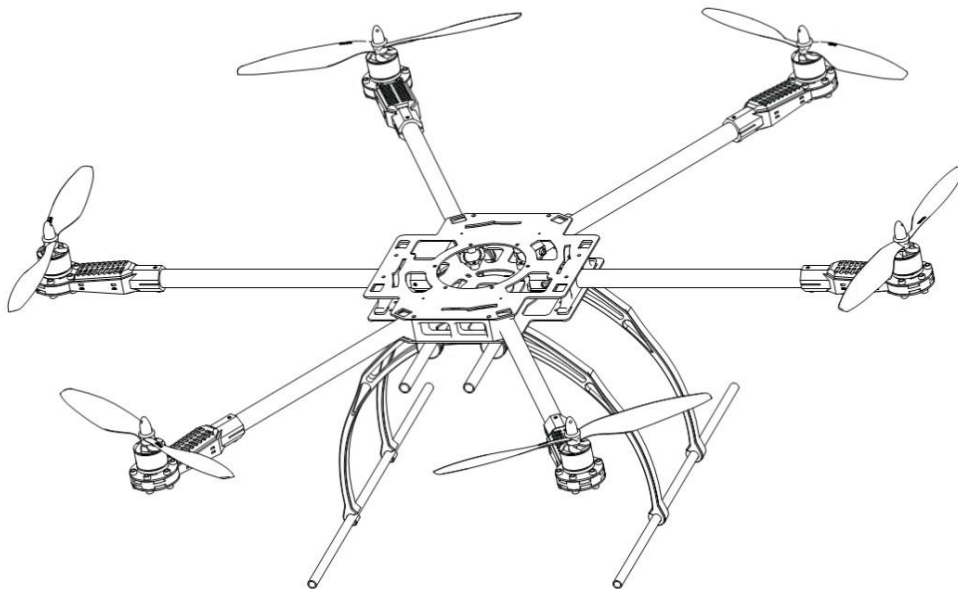
Τα χαρακτηριστικά του μοντέλου που σχεδιάζεται αναφέρονται στα δομικά στοιχεία του αντικειμένου και μπορεί να είναι οι μορφές ή οι λειτουργίες που απαρτίζουν το τμήμα. Τα χαρακτηριστικά αυτά βασίζονται σε σχήματα τυπικά που αρχίζουν με 2D ή 3D σκίτσα σχημάτων όπως όγκους, οπές, σχισμές, κλπ. Και στην συνέχεια εξωθούνται ή αφαιρούνται για να προστεθεί ή να αφαιρεθεί υλικό από το τμήμα αυτό. Τα χαρακτηριστικά που βασίζονται στις λειτουργίες δεν είναι βασισμένα σε σκίτσο και περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά όπως fillets, chamfers, shells τα οποία εφαρμόζονται στην όψη ενός τμήματος

Το Solidworks είναι αρκετά διαδεδομένο και εύκολο στη χρήση πρόγραμμα, πράγμα που σημαίνει ότι υπάρχουν περισσότερες διαθέσιμες επιλογές για την δημιουργία ενός 3D μοντέλου με βασικά πλεονεκτήματα τις εύχρηστες και διαισθητικές λύσεις 3D σχεδιασμού που διευκολύνουν την ανάπτυξη του σκίτσου και τη δημιουργία λεπτομερών σχεδίων χωρίς σφάλματα. Οι αυτόματοι έλεγχοι εισχώρησης και ανίχνευσης σύγκρουσης εξασφαλίζουν πως όλα τα σχέδια συνδέονται κατάλληλα μαζί μειώνοντας έτσι το συνολικό κύκλο σχεδιασμού. Ακόμα, ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό του λογισμικού Solidworks είναι ότι ενημερώνει με ακρίβεια τις διαστάσεις του προς κατασκευή μοντέλου στους πίνακες και στις σημειώσεις τις οποίες συλλέγει. Ενημερώνει επίσης τις λίστες των υλικών, ώστε να μην υπάρχει σύγχυση στην κατασκευή, ενώ υπάρχει η δυνατότητα δοκιμής του σχεδίου σε πραγματικές συνθήκες.

3.2.2 Μοντελοποίηση του Drone

Ο σχεδιασμός ενός Drone εξ ολοκλήρου από την αρχή είναι μια πολύπλοκη και απαιτητική διαδικασία. Έχοντας επιλέξει τον τύπο της βάσης στήριξης των κινητήρων ως HEX V, παρατηρούνται μερικοί παράγοντες που αξίζει να αναφερθούν.

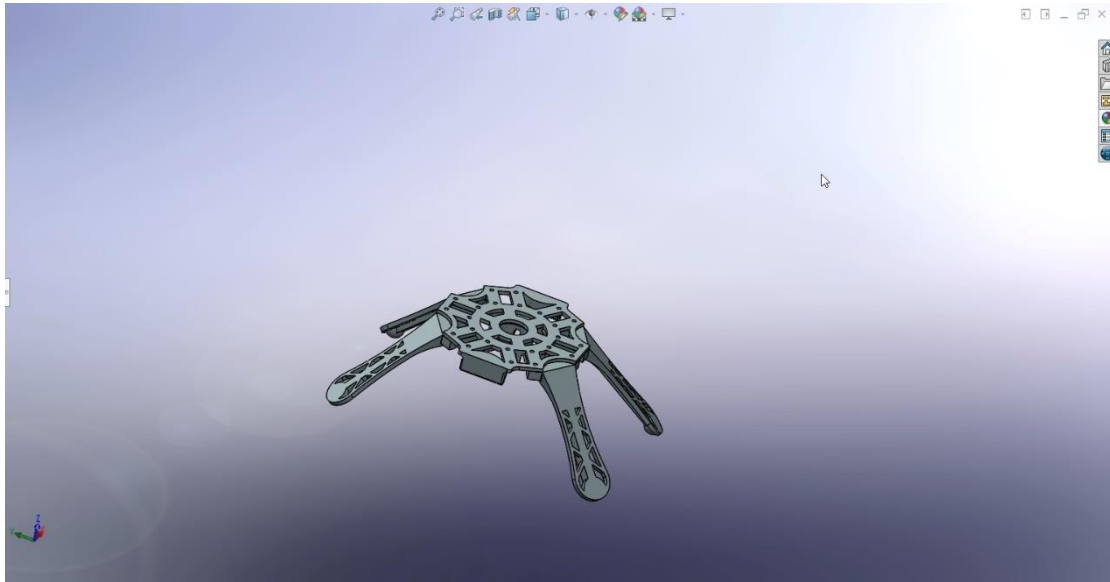
Όσο περισσότερο αυξάνεται η απόσταση του κινητήρα από το κέντρο του κορμού, γίνεται πιο ευσταθές το Drone αλλά ταυτόχρονα μειώνεται η δυνατότητα ελιγμών του κατά την πτήση. Επίσης, κατά την σχεδίαση των μπράτσων που θα στερεωθούν οι κινητήρες θα πρέπει να διαμορφωθούν με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε, ο κορμός να παρέχει αρκετή υποστήριξη προς αυτούς, αποφεύγοντας παράλληλα αδύναμα υλικά που θα μπορούσαν να αλλοιωθούν από το βάρος ή την θερμοκρασία των κινητήρων.



Εικόνα 16. Μορφολογία ενός εξακόπτερου

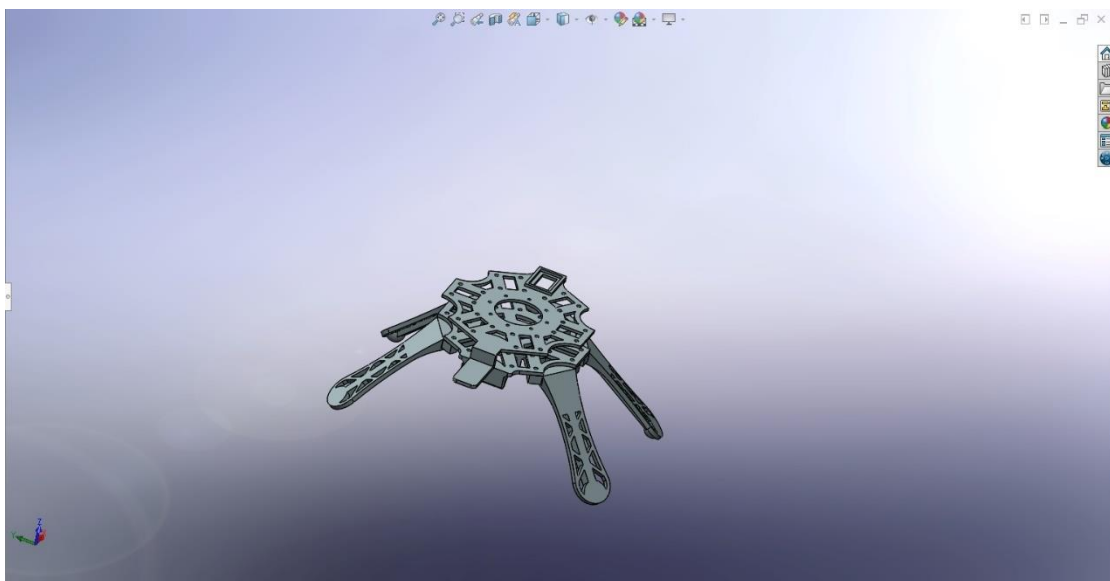
Αναλύοντας το εξακόπτερο παρατηρείται ότι η συνολική ώθηση που παρέχει, είναι η πρόσθεση των επιμέρους δυνάμεων των κινητήρων. Άρα όσο περισσότεροι οι κινητήρες, τόσο λιγότερο το βάρος ανύψωσης που θα καλύπτει ο κάθε ένας από αυτούς και αντίστοιχα η καταπόνηση τους.

Ξεκινώντας την σχεδίαση του μοντέλου από την βάση του, γίνεται επιλογή χρήσης τεσσάρων στηριγμάτων τα οποία και θα πρέπει να υποστηρίζουν τον κορμό κατά την περίπτωση της προσγείωσης ενώ παράλληλα θα πρέπει να έχουν τέτοιο ύψος έτσι ώστε να υπάρχει περιθώριο για αισθητήρες ή κάμερες στο κάτω μέρος του Drone. Επίσης, τα τέσσερα αυτά στηρίγματα τοποθετούνται στις τέσσερες γωνίες της βάσης, προσέχοντας να βρίσκονται ανάμεσα στα μπράτσα του κύριου κορμού έτσι ώστε να αποφευχθεί κατά την προσγείωση, η επαφή των ελίκων με το έδαφος.



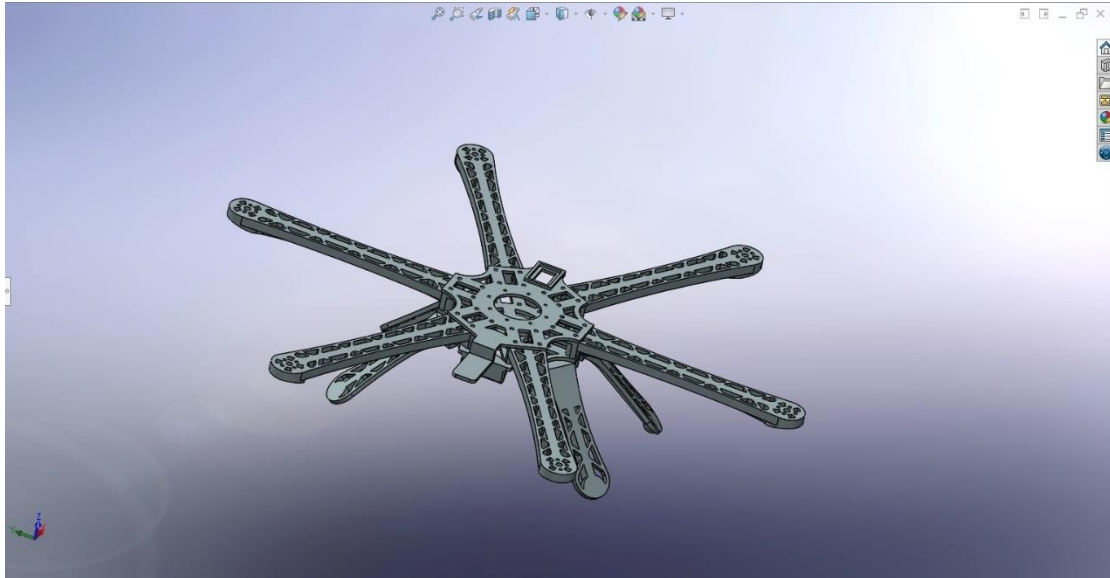
Εικόνα 17. Μοντελοποίηση της βάσης του Drone

Για την υλοποίηση του κεντρικού κορμού, έγινε αρχικά επιλογή ενός τετράγωνου πλαισίου το οποίο εν συνεχεία, μέσω βελτιώσεων άλλαξε σε οκτάγωνο με σκοπό την τοποθέτηση των στηριγμάτων της βάσης, όπως προαναφέρθηκε. Παράλληλα, προστέθηκαν επίπεδα βάσης με διαστήματα ενδιάμεσα για να μπορούν να προστεθούν τα ηλεκτρονικά στοιχεία που θα χρειαστεί το μοντέλο κατά την κατασκευή του, όπως ο κεντρικός επεξεργαστής και το flight controller, διάφοροι αισθητήρες και κάμερες.



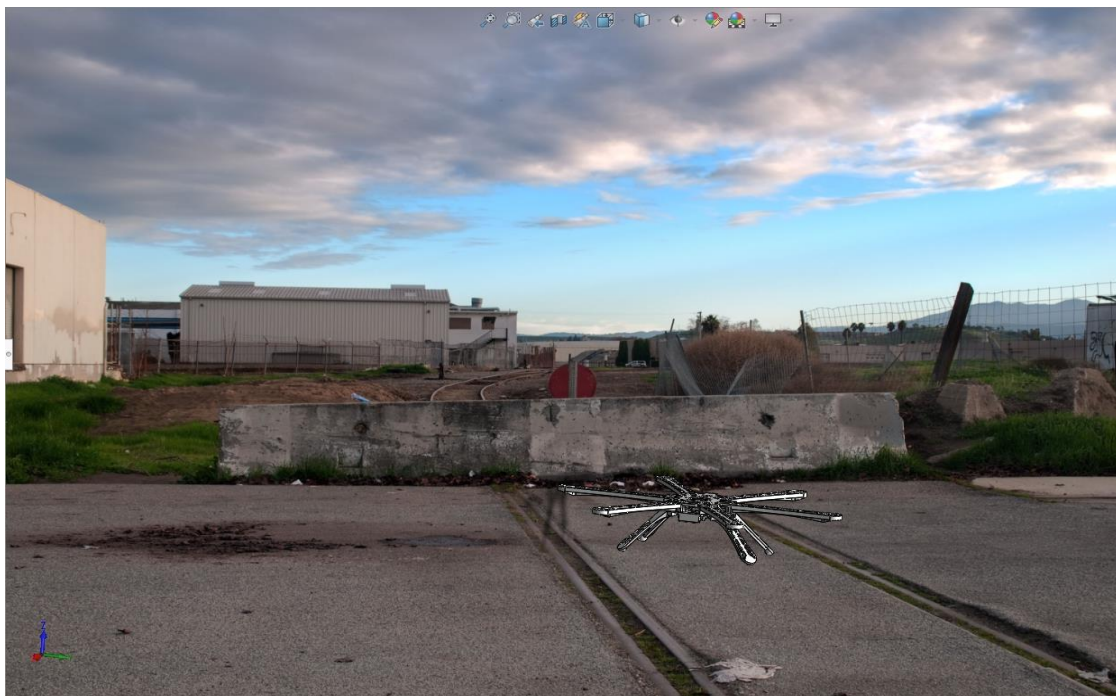
Εικόνα 18. Μοντελοποίηση κεντρικού κορμού του Drone

Τέλος, στο μοντέλο σχεδιάζεται ένα σύνολο από έξι μπράτσα υποστήριξης των κινητήρων προσέχοντας παράλληλα να έχουν αρκετό χώρο για την τοποθέτηση πλακέτας speed controller για κάθε ένα από αυτά. Παράλληλα, ενισχύθηκαν με τριγωνική προέκταση με σκοπό την αύξηση του ωφέλιμου φορτίου επάνω σε αυτά χωρίς ιδιαίτερη μεταβολή στο συνολικό βάρος του σώματος.



Εικόνα 19. Μοντελοποίηση των μπράτσων στήριξης των κινητήρων

Το τελικό σχέδιο που δημιουργήθηκε στο Solidworks ως σύνολο των παραπάνω πέρασε από ψηφιακή επεξεργασία (Digital Rendering) με σκοπό την δημιουργία ενός ρεαλιστικού 3D μοντέλου.



Εικόνα 20. Τελικό render του 3D μοντέλου

Κεφάλαιο 4 – Επιλογή υλικών και ανάλυση μοντέλου

4.1 Εκλογή κατάλληλου υλικού

Υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για 3D Printing...



Εικόνα 21. Πολυαμίδιο

Πολυαμίδιο Τα μοντέλα όπου δημιουργούνται από το πολυαμίδιο προέρχονται από μια λεπτή άσπρη σκόνη. Για τον λόγο αυτό είναι εύκολο να δημιουργηθούν μοντέλα τα οποία είναι στιβαρά αλλά και εύκαμπτα με πολύ καλή αντοχή σε φορτία κάμψης. Το πολυαμίδιο αποτελείται από ένα μακρομόριο, όπου συνδέονται με ομόλογα αμιδίου. Αυτό πραγματοποιείται είτε με φυσικό είτε τεχνητό τρόπο. Προτείνεται ως ένα υλικό εκτύπωσης τρισδιάστατων μοντέλων, καθώς ενδείκνυται ως ένα δυνατό και εύελικτο υλικό στην χρήση του. Η εξωτερική επιφάνειά του πολυαμιδίου φαίνεται να είναι αρκετά κοκκώδη και ελάχιστα πορώδη. Για τους ερασιτέχνες σχεδιαστές ενδείκνυται το παραπάνω υλικό λόγω μικρού κόστους, απόλυτη ελευθερία μορφοποίησης και ελάχιστους περιορισμούς στην τελική εκτύπωση. Το πολυαμίδιο δεν συνιστάται για εξωτερική χρήση, διότι απορροφά πολύ εύκολα την υγρασία. Σε ιδιαίτερες περιπτώσεις το πολυαμίδιο μπορεί να γίνει αδιάβροχο κατόπιν επεξεργασίας. Μεγάλη προσοχή χρειάζεται το πολυαμίδιο όταν δημιουργηθούν μεγάλες επίπεδες επιφάνειες, διότι είναι εύκολο να αλλοιωθεί, ακόμα και να σπάσει όταν επιστρέψει σε θερμοκρασία δωματίου.



Εικόνα 22. ABS

ABS Τα προϊόντα που κατασκευάζονται από ABS αποτελούν σημαντικό ρόλο σε λειτουργικές εφαρμογές, καθώς το υλικό αυτό παρέχει μεγάλη ακρίβεια σε κατασκευές και ένα καλό επίπεδο όσο αναφορά την λεπτομέρεια. Η επιφάνεια του υλικού είναι πιο τραχιά σε σχέση με τα υπόλοιπα υλικά, αλλά αποτελεί μεγάλη ελευθερία στον σχεδιαστή να υλοποιήσει κάθε του ιδέα. Το ακρυλονιτρίλιοβουταδιένιοστυρολίου(ABS) διακρίνεται ως ένα θερμοπλαστικό υλικό. Το παραπάνω υλικό δεν έχει κάποια συγκεκριμένη μορφή με αποτέλεσμα να μην έχει πραγματικό σημείο τήξης.. Το ABS δεν ενδείκνυται για εξωτερικούς χώρους, καθώς δεν είναι αδιάβροχο. Ο χρόνος εκτύπωσης είναι σχετικά μεγάλος, όμως δεν χρειάζεται αρκετή χειρωνακτική εργασία μετά την εκτύπωση σε σύγκριση με τα υπόλοιπα. Εν κατακλείδι, μπορούμε να δημιουργήσουμε πολύμορφες γεωμετρίες, διότι το υλικό υποστήριξης είναι απορροφήσιμο



Εικόνα 23. Κεραμικά

Κεραμικά Στις μέρες μας τα σύνθετα κεραμικά υλικά διακρίνονται στην ιατρική και στην παραγωγή ηλεκτρικών-ηλεκτρονικών προϊόντων. Τα κεραμικά προϊόντα αποτελούνται από πυρίτια-αλουμίνια και σφραγίζονται με πορσελάνη και διοξείδιο του πυριτίου. Εμφανίζονται ως ανόργανα υλικά (μη μεταλλικά),κρυσταλλικά οξείδια,

νιτρίδια ή καρβίδια. Μπορεί να χαρακτηριστεί κεραμικό υλικό ακόμα και ο άνθρακας ή το πυρίτιο σε ορισμένες περιπτώσεις. Τα σύνθετα κεραμικά χαρακτηρίζονται ως σκληρά, δυνατά σε θλίψη και ανθεκτικά στην διάβρωση αλλά εύθραυστα και αδύναμα στην διάτμηση και την ένταση. Τα κεραμικά υλικά είναι ανθεκτικά σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Τα κεραμικά είναι ανακυκλώσιμα, όπου μέχρι στιγμής είναι το μόνο κατάλληλο υλικό για τρισδιάστατη παραγωγή σκευών τροφής.



Εικόνα 24. Αλουμίνιο

Αλουμίνιο Το αλουμίνιο και τα κράματα συχνά τα βλέπουμε και αυτά σε τεχνολογίες τρισδιάστατης εκτύπωσης. Στην ουσία είναι ένα νάιλον που γεμίζεται με σκόνη αλουμινίου. Τα προϊόντα κατασκευάζονται με θερμοσυσσωμάτωση της σκόνης, έλασμα με έλασμα. Τα προϊόντα που παράγονται από αλουμίνιο, αναμειγνύονται από σκόνη πολυαμιδίου και αλουμινίου. Αποτελείται από ένα σκληρό και ελαφρώς άκαμπτο υλικό, όπου αντέχει και σε μερική ελαστική παραμόρφωση. Η επιφάνειά του έχει αμμώδη, κοκκώδη εμφάνιση και λίγο πορώδης. Δεν αποτελεί ένα υδατοστεγές υλικό και δεν ανακυκλώνεται. Είναι ένα υλικό κατάλληλο για ερασιτέχνες σχεδιαστές που θέλουν χαμηλή τιμή καθώς και μεγάλη ελευθερία δημιουργίας. Η τρισδιάστατη εκτύπωσης δεν έχει περιορισμούς.



Εικόνα 25.Ορείχαλκος

Ορείχαλκος Αποτελείται από ένα κράμα χαλκού και ψευδαργύρου. Καθώς η αναλογία σε χαλκό και ψευδάργυρο διαφέρει προκύπτουν διάφορα κράματα ορείχαλκου με πολλές διαφορετικές ιδιότητες. Ιδιαίτερα ο ορείχαλκος ορίζεται ως ένα δευτερεύον κράμα. Ο ορείχαλκος έχει μεγαλύτερη πλαστικότητα από τον χαλκό ή τον ψευδάργυρο. Ο ορείχαλκος έχει χαμηλό σημείο τήξης και για τον λόγο αυτό είναι ένα υλικό το οποίο επεξεργάζεται αρκετά εύκολα. Αλλάζοντας τις αναλογίες χαλκού και ψευδαργύρου, οι ιδιότητες του τελικού κράματος υπάρχει περίπτωση να διαφοροποιούνται, με αποτέλεσμα να προκύπτει έτσι σκληρός και μαλακός ορείχαλκος. Σχεδόν όλα τα κράματα του ορείχαλκου είναι ανακυκλώσιμα[4]. Τα τρισδιάστατα μοντέλα από ορείχαλκο, έχουν πολλές εφαρμογές στην καθημερινότητα μας. Τις περισσότερες φορές, ο ορείχαλκος έχει διακοσμητικές εφαρμογές λόγω του χρυσού χρώματος που έχει. Ακόμα, ο ορείχαλκος έχει εφαρμογή σε αντικείμενα που δέχονται μικρές δυνάμεις τριβής, παραδείγματος χάρη σε κλειδαριές, γρανάζια, ρουλεμάν, πόμολα, βαλβίδες κτλ. Επίσης, εφαρμόζεται σε κατασκευές μουσικών οργάνων, διότι το συγκεκριμένο υλικό έχει πολλές ακουστικές ιδιότητες. Τέλος, έχει εφαρμογή σε μινιατούρες αλλά και γλυπτά.



Εικόνα 26. Ανοξειδωτος Χάλυβας

Ανοξειδωτος Χάλυβας Τα προϊόντα ανοξειδωτου χάλυβα είναι εκτυπωμένα από μία σκόνη χάλυβα όπου εμπεριέχεται και χάλκινο μέταλλο. Εμφανίζεται ως η οικονομικότερη λύση για εκτυπώσεις μετάλλου. Είναι αρκετά δυνατή και ιδανική για ογκώδεις κατασκευές. Ο ανοξειδωτος χάλυβας είναι εξαιρετικά ανθεκτικός σε χημική διάβρωση. Έχει ακόμα αρκετή αντοχή στην οξείδωση του αέρα. Ακόμα, είναι ένα υλικό που δεν αντιδρά από την επίδραση των αδύναμων βάσεων όπως για παράδειγμα υδροξείδιο του αμμωνίου. Ο ορείχαλκος όμως αντιδρά από ισχυρές βάσεις, όπως είναι το υδροξείδιο του νατρίου. Εάν τα προϊόντα από χάλυβα εκτεθούν σε δυνατή βάση και υψηλές θερμοκρασίες είναι πολύ πιθανό να δημιουργηθούν ρωγμές στο εσωτερικό και στην εξωτερική επιφάνεια. Πιο συχνά ο ανοξειδωτος χάλυβας εφαρμόζεται για κατασκευές λειτουργικών εξαρτημάτων σε μικρές αλλά και μεγαλύτερες. Ακόμα ο χάλυβας εφαρμόζεται για την κατασκευή κοσμημάτων αλλά και συχνών ανταλλακτικών[6]. Τα μοντέλα δεν διαβρώνονται, ούτε σκουριάζουν εύκολα όταν εκτίθενται στον αέρα και την υγρασία.



Εικόνα 27. Καουτσούκ

Καουτσούκ Τα προϊόντα από καουτσούκ, δημιουργούνται από μία υπόλευκη, πολύ λεπτή, κοκκώδη σκόνη. Το τελικό προϊόν είναι ένα σκληρό, πολύ ελαστικό και ανθεκτικό υλικό το οποίο έχει μαύρο χρώμα. Το καουτσούκ έχει ξεχωριστές φυσικές και χημικές ιδιότητες. Εμφανίζει μια συμπεριφορά λάστιχου και πολλές φορές χαρακτηρίζεται και hyperelastic .Τα προϊόντα από καουτσούκ είναι ανθεκτικά στην βροχή. Έχουν εφαρμογή ακόμα και για την υψηλή ραπτική. Απορροφούν τα κρουστικά φορτία. Είναι κατάλληλα για συμπίεσιμα και λειτουργικά προϊόντα καθώς επίσης και για ‘gadgets’. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την υψηλή ραπτική. Απορροφούν τους κραδασμούς. Είναι ιδανικά για συμπίεσιμα και λειτουργικά μοντέλα καθώς επίσης και για ‘gadgets’ .Λόγω της παρουσίας ενός διπλού δεσμού σε κάθε επαναλαμβανόμενη μονάδα , το φυσικό καουτσούκ είναι ευαίσθητο σε βουλκανισμό και προκαλεί ευαισθησία σε ρωγμές του όζοντος



Εικόνα 28. Τιτάνιο

Τιτάνιο Χαρακτηριστικό του μετάλλου είναι η λαμπρότητα σε ασημένιο χρώμα, η αρκετά χαμηλή πυκνότητα και μεγάλη αντοχή σε φορτία. Τα 3D δοκίμια τιτανίου εκτυπώνονται από σκόνη , όπου γίνεται σύντηξη με λέιζερ. Τα παράγωγα που

προκύπτουν είναι εξίσου καλά σε ποιότητα με τα μοντέλα που έχουν δεχθεί μηχανική κατεργασία για να παραχθούν. Ωστόσο στην εμφάνιση τα εκτυπωμένα μοντέλα είναι πιο ματ απόχρωση, με ελάχιστα σκληρότερη και περισσότερο ακανόνιστη επιφάνεια. Την σημερινή εποχή είναι το δυνατότερο υλικό που μπορεί να τυπωθεί με τριών διαστάσεων εκτύπωση. Οι πιο χρήσιμες ιδιότητες του υλικού είναι η αντοχή στη διάβρωση και η υψηλή αντοχή ως προς την πυκνότητα σε σχέση με κάθε μεταλλικό στοιχείο. Άρα συμπεραίνουμε ότι έχουμε ένα υλικό μεγάλης αξίας με χρήση για υψηλής σχεδίασης κοσμήματα και ρολόγια. Το τιτάνιο είναι από τα ασφαλέστερα υλικά για κοσμήματα καθώς είναι συμβατό με τον ανθρώπινο οργανισμό και επομένως δεν προκαλεί αλλεργιογόνες αντιδράσεις.



Εικόνα 29. Χρυσός

Χρυσός Είναι ένα μη αντιδραστικό έως και αδρανές χημικό στοιχείο, στέρεο υπό φυσιολογικές συνθήκες. Επομένως, το μέταλλο συναντάται κυρίως σε ελεύθερη μορφή ως κόκκοι ανάμεσα σε βράχους. Ο χρυσός απωθεί επιθέσεις από οξέα, αλλά διαλύεται με νίτρουδροχλωρικό οξύ. Τα μοντέλα χρυσού που εκτυπώνονται τρισδιάστατα, προέρχονται από στερεό χρυσό, ο οποίος συνήθως είναι αναμειγμένος με ένα κράμα χαλκού προσθέτοντας του σκλήρυνση για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα. Το χρώμα του κλιμακώνεται από την συγκέντρωση των σχεδόν ελεύθερων ηλεκτρονίων. Κύριες ιδιότητές του είναι για παράδειγμα η υψηλή πλαστικότητα, η ολκιμότητα, η μη διάβρωση, η αγωγιμότητα στο ηλεκτρικό ρεύμα και αρκετές άλλες χημικές αντιδράσεις. Η 3D εκτύπωση βοηθάει όσους θέλουν να κατασκευάσουν ράβδους χρυσού αλλά και όσους θέλουν να σχεδιάσουν καλαίσθητα και λεπτομερή κοσμήματά. Ακόμα ο χρυσός δεν έχει μόνο αυτές τις δυνατότητες έχει πρακτικές χρήσεις όπως στα ηλεκτρονικά και σε άλλα πεδία. Τέλος χρησιμοποιείται στη παραγωγή γυαλιού με χρωματισμούς, και στη παραγωγή φύλλων από χρυσό.



Εικόνα 30. PLA

PLA Το PLA είναι ένα από τα πιο γνωστά υλικά για 3D εκτυπώσεις. Κατατάσσεται στα πολυμερή τα οποία κατασκευάζονται από ανανεώσιμους τρόπους. Για την πιο ομαλή στερέωση του υλικού στο plane εκτύπωσης ενδείκνυται να χρησιμοποιήσουμε ταινία ή ακόμα και ζεσταμένο πάτωμα. Δεν είναι τοξικό θερμοπλαστικό, είναι βιοδιασπώμενο και έτσι δεν μολύνει το περιβάλλοντα χώρο. Συνεισφέρει αντοχή σε δοκίμιο και η εκτύπωση του γίνεται σε θερμοκρασίες μεταξύ 180-220c. Η εκτύπωση του δεν αφήνει στίγματα στο κάτω μέρος του δοκιμίου. Σε κατασκευές που προέρχονται από PLA συνήθως ακολουθεί μια διαδικασία τριψίματος με γυαλόχαρτο για λείανση αλλά και μηχανουργική κατεργασία όπως τρύπημα. Επίσης τα δοκίμια είναι διαθέσιμα προς βαφή μέσω ακρυλικών χρωμάτων. Είναι ένα ευρέως γνωστό 3D εκτυπώσιμο υλικό, κατάλληλο για όλες τις εφαρμογές που δεν διατηρούνται υψηλές θερμοκρασίες.



Εικόνα 31. Χαλκός

Χαλκός Ο χαλκός είναι ένα ιδιαίτερο και πολύ χρήσιμο υλικό, το οποίο ταξινομείται στην ομάδα των μετάλλων. Το χρώμα του τείνει στο κόκκινο και είναι όλκιμο και ελατό υλικό προς εκτύπωση. Οι τρισδιάστατες εκτυπώσεις χρησιμοποιώντας χαλκό

χρειάζονται μια ειδική σκόνη που εμπεριέχει το χαλκό. Ο χαλκός είναι μέταλλο με χαρακτηριστική μεταλλική λάμψη και ευαίσθητο στην οξείδωση. Επίσης είναι ένας από τους καλύτερους αγωγούς της θερμότητας και του ηλεκτρισμού και χρησιμοποιείται σε αρκετές ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις. Επιπροσθέτως είναι απόλυτα αδιαφανής σε οποιαδήποτε πάχος. Στις φυσικές του ιδιότητες δεν εμφανίζεται ο μαγνητισμός. Η πιο χρήσιμη ιδιότητα του χαλκού είναι ότι η επαφή με διαφορετικά μέταλλα παρουσιάζει διαφορά δυναμικού. Τέλος ο χαλκός είναι ένα υλικό σχετικά φθινό και προσιτό για όσους θέλουν να δημιουργήσουν δοκίμια με 3D εκτυπωτή από μέταλλο πάραυτα δεν ενδείκνυνται οι πολύ λεπτές κατασκευές ή σχέδια.



Εικόνα 32. PrimeGray

PrimeGray Ένα υλικό με σχετικά μικρό χρόνο εμφάνισης στους εκτυπωτές είναι το PrimeGray, η δημιουργία του προκλήθηκε κυρίως από την έξαρση των εκτυπωτών και την αλλαγή της ανάγκης των καταναλωτών με τα χρόνια. Για παράδειγμα στην αγορά οι καταναλωτές ζητούσαν επίμονα περισσότερη λεπτομέρεια στα δοκίμια, ομαλότερη εξωτερική επιφάνεια και καλαισθησία στο υλικό. Τα θετικά στοιχεία του προαναφερόμενου υλικού είναι ότι η εξωτερική επιφάνεια είναι αρκετά πιο ομαλή σε σύγκριση με οποιοδήποτε άλλο υλικό και αυτό δίνει την αίσθηση μιας ιδιαίτερης αφής. Ως μεγάλο μειονέκτημα του PrimeGray ορίζεται η απομάκρυνση από την έκθεση σε ηλιακή ακτινοβολία, επειδή υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να ξεβάψει το αντικείμενο. Η βασική χρήση του primegray είναι για σχεδίαση μοντέλων μονής όψης. Η αντίθετη πλευρά του δεν θα είναι το ίδιο λεπτομερές διότι θα δημιουργηθούν μικρές κουκκίδες από τις υποστηρίξεις που δημιουργεί το πρόγραμμα του εκτυπωτή με σκοπό να στηρίζουν την λεπτομερή πλευρά του μοντέλου κατά την διαδικασία της εκτύπωσης.

4.2 Ανάλυση απόδοσης Drone

Σε αυτή την ενότητα θα αναλύσουμε την απόδοση του Drone μέσω της μεθόδου πεπερασμένων στοιχείων (CAE). Το βασικό γνώρισμα της μεθοδολογίας αυτής είναι η χρήση στοιχείων δύο ή τριών διαστάσεων για την προσομοίωση. Η πρόιμη δημοσίευση στην οποία προτάθηκε η ιδέα αυτή είναι των Turner, και Torp (1956), ορισμένα όμως χαρακτηριστικά και άλλους. Γενικά η ανάλυση είναι όρος στην μηχανική των κατασκευών, όπου αποδεικνύει την αναλυτική διαδικασία επίλυσης προβλημάτων βασισμένη σε αρχές μηχανικής που αντιμετωπίζονται στον σχεδιασμό.[7] Στην ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων το κομμάτι προς ανάλυση χωρίζεται σε επιμέρους τμήματα ή στοιχεία (elements). Με σχετικά μικρό αριθμό εξισώσεων μπορεί να περιγράψει το κάθε στοιχείο της ανάλυσης. Η κατασκευή προέρχεται από την σύνθεση όλων αυτών των στοιχείων μαζί, για αυτό οι εξισώσεις περιγράφουν όλη την σύνθεση της κατασκευής με την βοήθεια του H/Y . Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης προκύπτουν και τα συμπεράσματα της σύνθεσης με γνώμονα τις τάσεις παραμόρφωσης που ασκούνται σε όλη την κατασκευή. Τα πρώιμα πεπερασμένα στοιχεία εφαρμόστηκαν σε προβλήματα επίπεδης κατάστασης, ύστερα όμως εφαρμόστηκαν στοιχεία και για τρισδιάστατα στερεά, ελάσματα υπό θλίψη, παχιά κελύφη, και άλλα είδη κατασκευών. Ύστερα από την συμβολή τους στη γραμμική ελαστική περιοχή έγινε εφαρμογή και σε δυσκολότερα προβλήματα όπως η συμπεριφορά σε δυνάμεις, ο εφελκυσμός και η μη-γραμμική απόκριση και χαρακτηριστικά του υλικού. Για να επιλυθούν δε προβλήματα με μη-γραμμική αποτύπωση του υλικού απαιτείται διαδικασία επανάληψης. Η ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων (FEA) είναι η μοντελοποίηση προϊόντων σε ένα τρισδιάστατο περιβάλλον, με στόχο την εύρεση και επίλυση δομικών προβλημάτων. Κατά το στάδιο του σχεδιασμού ενός προϊόντος μπορεί να ελεγχθεί και να αξιολογηθεί, πριν την παραγωγική διαδικασία του, το τελικό προϊόν. Οι σχετικές διαφοροποιήσεις αφορούν αρχικά στην γεωμετρία του προϊόντος έτσι ώστε αυτό να είναι λειτουργικό, στιβαρό, ελαφρύ, ακόμα και στην εκλογή του υλικού με τρόπο τέτοιο ώστε να διασφαλίζεται η ορθή δομική λειτουργία του. Παλαιότερα, για την ορθή λειτουργία κάθε ιδέας έπρεπε να υλοποιηθούν τα αντίστοιχα πρωτότυπα και να καταπονηθούν σε ανάλογες μηχανικές ιδιότητες (πειραματικές δοκιμές) ενώ στις μέρες η χρήση των H/Y με τα κατάλληλα προγράμματα δίνεται η δυνατότητα για ένα εύχρηστο εργαλείο ανάλυσης. Ένα σχέδιο πεπερασμένων στοιχείων αποτελεί ένα σύστημα σημείων που ονομάζονται κόμβοι. Οι κόμβοι συνάδουν με στοιχεία (elements), όπου δημιουργούν το πλέγμα πεπερασμένων στοιχείων και εμπεριέχουν τα υλικά και τις ιδιότητες της δομής του σχεδίου, με γνώμονα την αντίδραση του σχεδίου σε καθορισμένες συνθήκες. Η ορθή μεταβολή μιας μεταβλητής, λόγου χάρη η μετατόπιση, η καταπόνηση, η θερμοκρασία, η πίεση και η ταχύτητα είναι δύσκολη να εκφραστεί σε περίεργες γεωμετρίες. Για τον λόγο αυτό υποθέτουμε ότι η διακύμανσή της, ενός πεπερασμένου στοιχείου μπορεί να υπολογιστεί από μια λιτή συνάρτηση. Τα μοντέλα παρεμβολής συσχετίζονται με τις τιμές αναφοράς που εμφανίζονται στους κόμβους. Για αυτό, στις εξισώσεις συνεχούς (όταν αυτές είναι γνωστές) οι άγνωστοι είναι οι τιμές των κόμβων και η μεταβλητή που ερευνάται. Καθώς λυθούν οι εξισώσεις, οι τιμές των κόμβων είναι πλέον γνωστές. Στην συνέχεια, οι προσεγγιστικές συναρτήσεις καθορίζουν τη μεταβλητή σε όλο το μοντέλο. Επίσης, η πυκνότητα του πλέγματος υπάρχει περίπτωση να διαφοροποιείται σε όλο το υλικό, σύμφωνα με την ανάλογη τάση που ασκείται σε συγκεκριμένες περιοχές της επιφάνειάς του. Οι επιφάνειες όπου παρουσιάζεται μεγαλύτερη

μεταβολή τάσεων καλείται να αυξηθεί η πυκνότητα του πλέγματος σε σχέση με αυτές που παρουσιάζουν μικρότερη η καθόλου μεταβολή τάσης. Τα σημεία που μας απασχολούν μπορεί να παρουσιάσουν θραύση του υλικού όπως γίνεται συνήθως σε γωνίες, σύνθετες περιοχές κ.α. Στην παρούσα ανάλυση θα υπολογίσουμε τις δυνάμεις που ασκούνται στο δοκίμιο κατά την απογείωση με πλήρη ισχύ[8].

Πλεονεκτήματα CAD/CAM/CAE

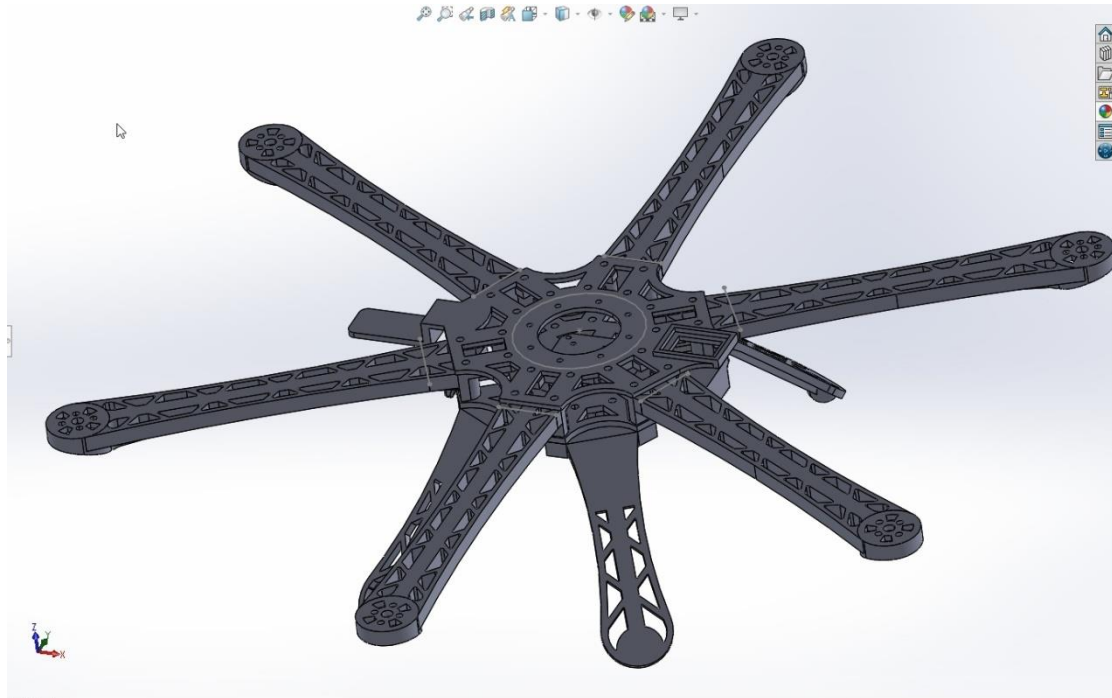
- 1) Εκμηδενίζεται η ανάγκη για την δημιουργία πρωτότυπων δοκιμίων. Καθώς οι αλλαγές στο σχέδιο πραγματοποιούνται στο εικονικό περιβάλλον του Η/Υ είναι σαφές πως δεν υπάρχει λόγος να κατασκευαστούν πολλά πρωτότυπα εκτός του τελικού σχεδίου. Ακόμα ελαχιστοποιείται ο χρόνος κατασκευής αλλά και το κόστος της κατασκευής.
- 2) Δίνεται η ευκαιρία για διαφοροποιήσεις του σχεδίου σύμφωνα με την δημιουργικότητα του σχεδιαστή.
- 3) Παρουσίαση του πρωτότυπου προϊόντος ψηφιακά στον πελάτη-ενδιαφερόμενο. Ο πελάτης έχει την δυνατότητα να δει το προϊόν σε ψηφιακή μορφή και να προτείνει αλλαγές που θέλει, ελαχιστοποιώντας τον χρόνο και χωρίς κόστος.
- 4) Εκμετάλλευση των πόρων διαθέσιμων υλικών που έχει ο κατασκευαστής και αποφεύγονται οι βαριές-άσκοπες κατασκευές.
- 5) Ανταγωνιστικό εργαλείο για τους άλλους κατασκευαστές

Βήματα διαδικασίας ανάλυσης

- 1) Μοντελοποίηση σε κομμάτια (part), συναρμογή (assembly) που αναλύεται η σχεδιαστική ιδέα (design intent) του σχεδιαστή.
- 2) Διαχωρισμός του μοντέλου σε μικρότερα τμήματα για να αναλυθεί πιο εύκολα.
- 3) Προσδιορισμός απαιτούμενων περιορισμών (constraints) στο μοντέλο για την επίτευξη της προσομοίωσης.
- 4) Προσδιορισμός των φορτίων (loads) στο μοντέλο για την επίτευξη της προσομοίωσης.
- 5) Εκλογή του είδους ανάλυσης που θα επιτευχθεί (static, dynamic, thermal κ.α.)
- 6) Επίτευξη της ανάλυσης
- 7) Εξέταση των αποτελεσμάτων και διεξαγωγή συμπερασμάτων.
- 8) Για κάθε αλλαγή που υπόκειται το σχέδιο, οι φορτίσεις, οι περιορισμοί, επαναλαμβάνουμε τα ίδια βήματα.

Διαχωρισμός μοντέλου

Το πρώτο βήμα της ανάλυσης παρακάμπτεται σε αυτό το σημείο καθώς έχει αναφερθεί στα παραπάνω κεφάλαιο. Στο δεύτερο βήμα του διαχωρισμού του μοντέλου στη μέθοδο πεπερασμένων στοιχείων, είναι η διαδικασία του διαχωρισμού της γεωμετρίας του δοκιμίου με στόχο την τμηματοποίηση της περιοχής σε λιγότερα μέρη. Στη δικιά μας προσομοίωση διαχωρίσαμε με μια τομή τα μπράτσα από το υπόλοιπο σώμα και ορίσαμε από την κάτω μεριά μια πάκτωση στο υλικό. Αυτό συνέβη με σκοπό να ορίσουμε διαφορετικό mesh στα δυο πλέον δοκίμια.



Εικόνα 33. Διαχωρισμός μοντέλου

Προσδιορισμός απαιτούμενων περιορισμών

Όλες οι μελέτες CAE χρειάζονται κάποια απαραίτητα προκαθορισμένα στοιχεία, όπως το είδος του υλικού και τις συνθήκες του πειράματος. Ακολουθεί ένας πίνακας με όλα τα απαραίτητα στοιχεία διεξαγωγής του πειράματος καθώς και οι μονάδες μέτρησης που χρησιμοποιήσαμε ως αναφορά. Επιλέγουμε την μέθοδο FFEPlus για την επίλυση των διαφορικών εξισώσεων στα σημεία της στατικής ανάλυσης. Ως υλικό επιλέχθηκε το ABS.

Study Properties

Study name	Static 1
Analysis type	Static
Mesh type	Solid Mesh
Thermal Effect:	On
Thermal option	Include temperature loads
Zero strain temperature	298 Kelvin
Include fluid pressure effects from SOLIDWORKS Flow Simulation	Off
Solver type	FFEPlus
Inplane Effect:	Off
Soft Spring:	Off
Inertial Relief:	Off
Incompatible bonding options	Automatic
Large displacement	Off
Compute free body forces	On
Friction	Off
Use Adaptive Method:	Off
Result folder	SOLIDWORKS document (C:\Users\user\Desktop\drone\kato)

Πίνακας 1. Συνθήκες μελέτης

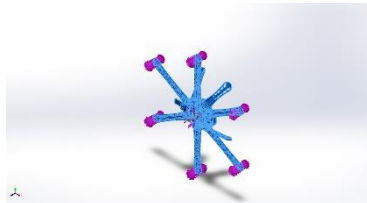
Units

Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin
Angular velocity	Rad/sec
Pressure/Stress	N/m ²

Πίνακας 2. Μονάδες μέτρησης μελέτης

Στον επόμενο πίνακα εμφανίζονται οι ιδιότητες του υλικού που επιλέξαμε να γίνει η ανάλυση. Σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα θα γίνει η σύγκριση ύστερα από τα αποτελέσματα που θα λάβουμε και όχι σύμφωνα με τους χρωματισμούς που εμφανίζονται. Τα δυο μεγέθη που μας απασχολούν είναι το Tensile,Elastic strength.[9]

Material Properties

Model Reference	Properties	Components
	<p>Name: ABS</p> <p>Model type: Linear Elastic Isotropic</p> <p>Default failure criterion: Unknown</p> <p>Tensile strength: 3e+07 N/m²</p> <p>Elastic modulus: 2e+09 N/m²</p> <p>Poisson's ratio: 0.394</p> <p>Mass density: 1,020 kg/m³</p> <p>Shear modulus: 3.189e+08 N/m²</p>	<p>SolidBody 1(Split2[2])(Assy_DRONE),</p> <p>SolidBody 2(Split2[7])(Assy_DRONE),</p> <p>SolidBody 3(Split2[4])(Assy_DRONE),</p> <p>SolidBody 4(Split2[3])(Assy_DRONE),</p> <p>SolidBody 5(Split2[5])(Assy_DRONE),</p> <p>SolidBody 6(Split2[1])(Assy_DRONE),</p> <p>SolidBody 7(Split2[6])(Assy_DRONE)</p>
Curve Data:N/A		

Πίνακας 3. Ιδιότητες υλικού μελέτης

Στον επόμενο πίνακα εμφανίζονται οι πληροφορίες του mesh δηλαδή της κατάτμησης του υλικού. Αξίζει να σημειωθεί πως η κατάτμηση έγινε με διάκενο 0.2mm είναι μια αρκετά μεγάλη ακρίβεια, κάτι το οποίο χρειάζεται μεγάλη υπολογιστική ισχύ και χρόνο για την ολοκλήρωση.

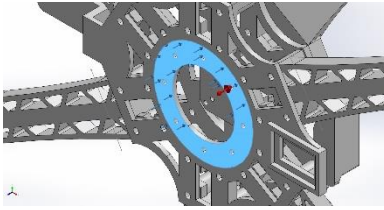
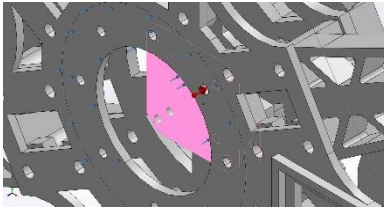
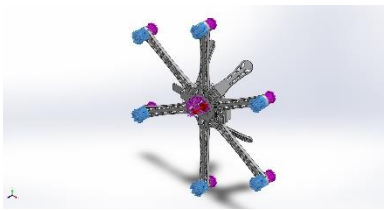
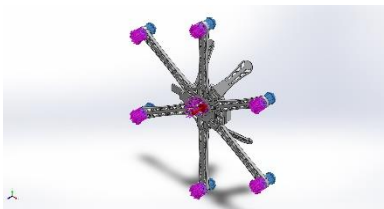
Mesh information

Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Standard mesh
Automatic Transition:	Off
Include Mesh Auto Loops:	Off
Jacobian points for High quality mesh	16 Points
Element Size	3 mm
Tolerance	0.2 mm
Mesh Quality	High

Πίνακας 4. Ιδιότητες mesh μελέτης

Προσδιορισμός των φορτίων (loads)

Στο δοκίμιο που μελετάμε πρέπει να εφαρμόσουμε κάποιες δυνάμεις φορτία, για να έχει νόημα η μελέτη μας. Αρχικά με κόκκινο μεγάλο χρώμα ορίζουμε την βαρύτητα στα 9.81 m/s^2 . Ομόρροπα της βαρύτητας ορίσαμε κάποιες δυνάμεις που αντιστοιχούν στο βάρος των υλικών που μπορεί να τοποθετηθούν επάνω όπως για παράδειγμα ένας επεξεργαστής πτήσης ή μια κάμερα και άλλα. Τέλος ορίσαμε πως στα 6 άκρα ασκείται μια δύναμη 9.12 N κατά την απογείωση (πλήρη ισχύ κινητήρων εξαρτημένη από το thrust) και μια αντίθετη δύναμη 0.82 N ως drag force επίσης εξαρτημένη από την ισχύ των κινητήρων.

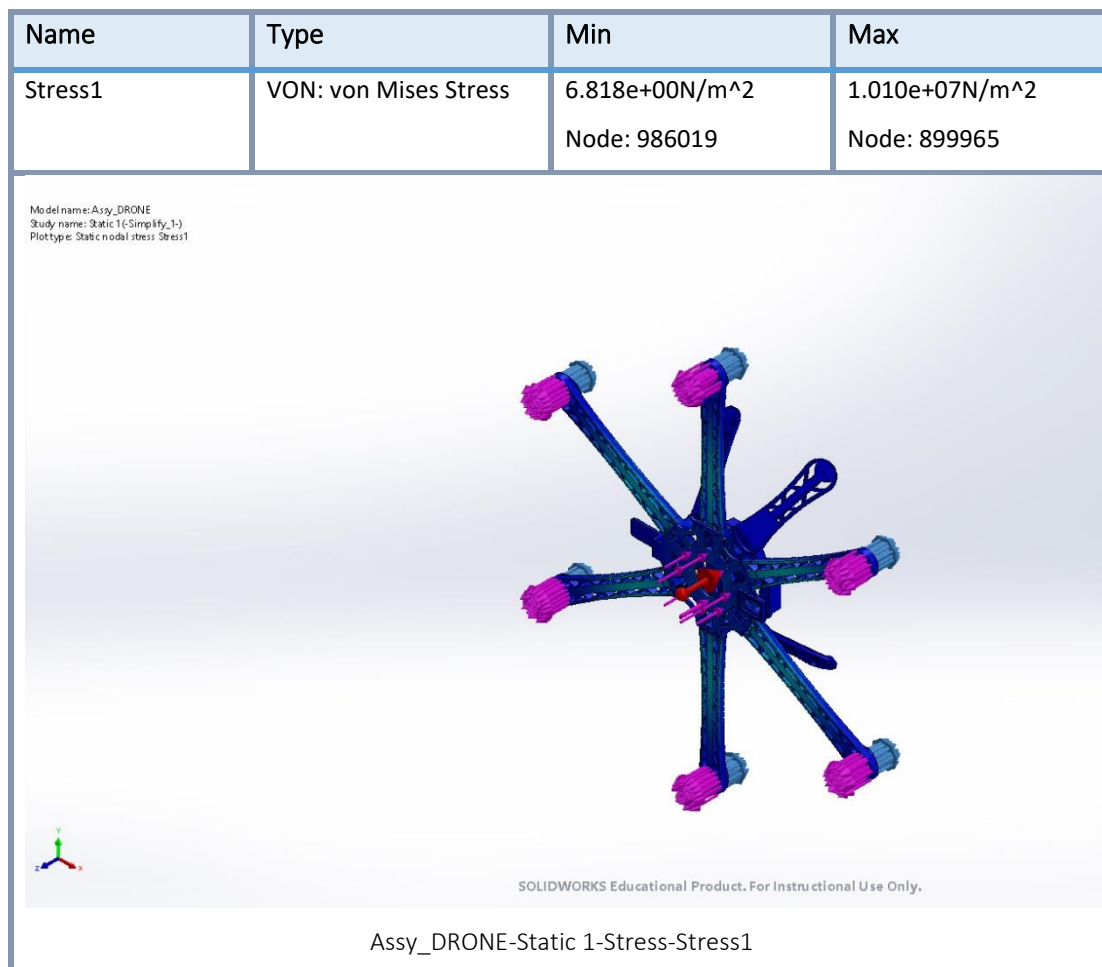
Load name	Load Image	Load Details
Force-1		Entities: 1 face(s) Type: Apply normal force Value: 11 N
Gravity-1		Reference: Face< 1 > Values: 0 0 9.81 Units: m/s ²
Force-2		Entities: 6 face(s) Type: Apply normal force Value: -9.12 N
Force-3		Entities: 6 face(s) Type: Apply normal force Value: -0.82 N

Πίνακας 5. Προσθήκη δυνάμεων της μελέτης

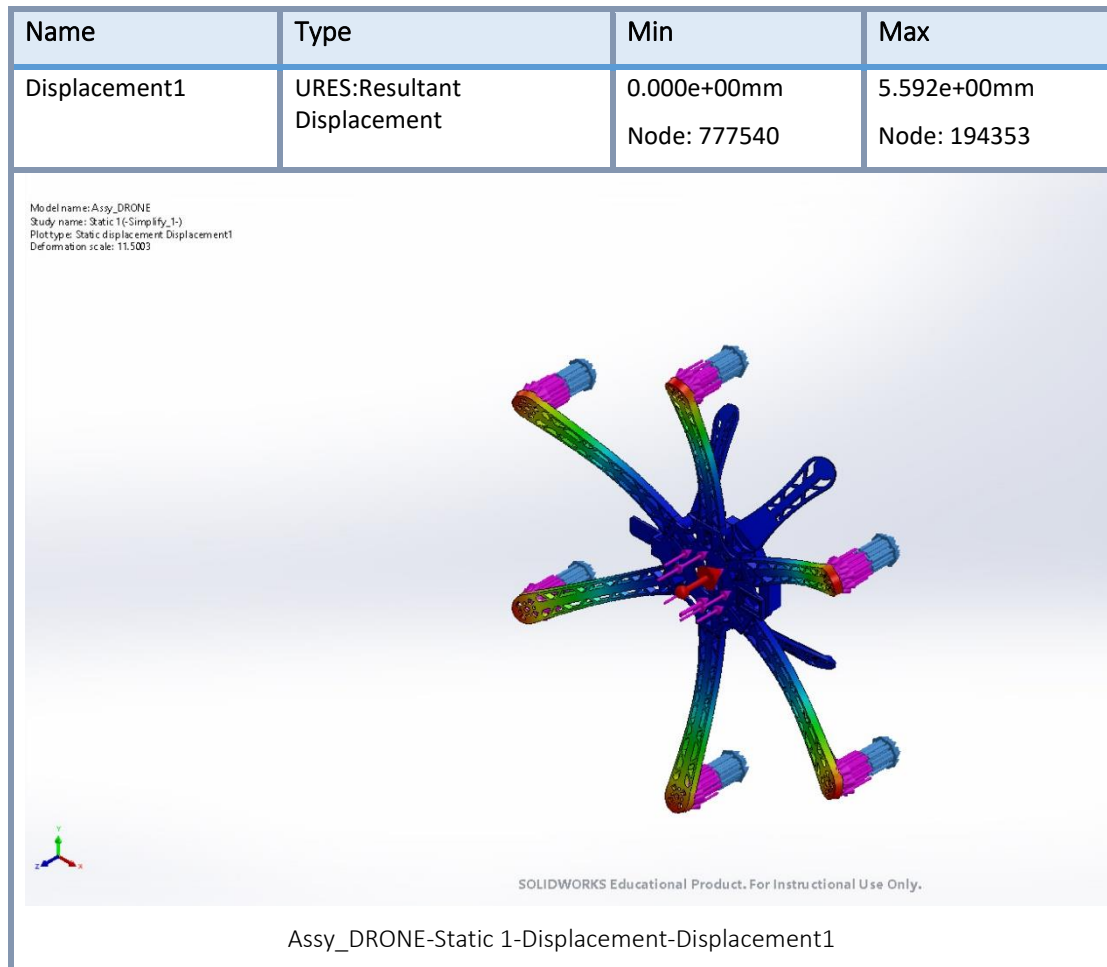
Επίτευξη της ανάλυσης

Τέλος κατά την επίτευξη των δύο αναλύσεων κόπωσης και μετατόπισης παρατηρήσαμε πως το μέγιστο σημείο παραμόρφωσης είναι περίπου τα 5 χιλιοστά και η μέγιστη κόπωση $1.010e+07\text{N/m}^2$, η οποία είναι σχεδόν το 30% της αντοχής που έχει το ABS. Εφόσον μελετήσαμε την περίπτωση της αντοχής στην μέγιστη ταχύτητα κατά την απογείωση συμπεραίνουμε πως ένας κινητήρας των 9.21 N είναι ικανός και να ανυψώσει, αλλά και να κρατήσει το σχήμα του δοκιμίου μας αμετάβλητο. Αυτό προκύπτει από την σύγκριση των μέγιστων τιμών με τις τιμές του υλικού που εισήγαμε.

Study Results



Πίνακας 6. Αποτέλεσμα μελέτης κόπωσης



Πίνακας 7. Αποτέλεσμα μελέτης μετατόπισης

Συμπεράσματα

Στη παρούσα πτυχιακή εργασία συμπεραίνουμε πως τα drone έχουν λάβει σημαντικό μέρος στην καθημερινότητα μας, παρόλα αυτά η τεχνολογία τους έχει ξεκινήσει ήδη από την αρχή του προηγούμενου αιώνα σε πρώιμο στάδιο. Τα επόμενα χρόνια ο ρυθμός ανάπτυξης των εφαρμογών τους θα αυξηθεί ραγδαία. Αυτό το γεγονός γεννά την ανάγκη για έρευνα και ανάπτυξη στον τομέα των Drones. Η συμβολή μου στην επιστήμη μέσω της εργασίας εστιάζει στον τρόπο κατανόησης της σχεδίασης και της ανάλυσης ενός εξακόπτερου. Ο σχεδιασμός του drone είναι μια διαδικασία που βασίζεται σε κάποια προκαθορισμένα κριτήρια όπως την χρήση ή των αριθμό των κινητήρων. Το πιο σημαντικό απόσπασμα της πτυχιακής είναι η επιλογή του υλικού και η επιβεβαίωση αυτού. Η ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων που πραγματοποιήθηκε συμβάλει στην επιβεβαίωση του υλικού που επιλέχθηκε κατά την διαδικασία εκλογής του. Η χρήση 3D printing προτιμάτε καθώς μειώνει τον χρόνο και το κόστος της κατασκευής.

Βιβλιογραφία

1. https://apothesis.eap.gr/bitstream/repo/44922/1/91682_%CE%A3%CE%9A%CE%9F%CE%A5%CE%A1%CE%9B%CE%97%CE%A3_%CE%A7%CE%A1%CE%97%CE%A3%CE%A4%CE%9F%CE%A3.pdf (προσβάσιμο στις 6 Δεκεμβρίου 2021)
2. <https://blogs.sch.gr/donoulisa/files/2021/10/%CE%A0%CE%A4%CE%A5%CE%A7%CE%99%CE%91%CE%9A%CE%97-%CE%A0%CE%91%CE%A0%CE%91%CE%94%CE%97%CE%9C%CE%97%CE%A4%CE%A1%CE%99%CE%9F%CE%A5-DRONE.pdf> (προσβάσιμο στις 6 Δεκεμβρίου 2021)
3. <http://repository.library.teimes.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/3941/%CE%A3%CE%A7%CE%95%CE%94%CE%99%CE%91%CE%A3%CE%97%20%CE%9A%CE%91%CE%99%20%CE%9A%CE%91%CE%A4%CE%91%CE%A3%CE%9A%CE%95%CE%A5%CE%97%20%CE%9C%CE%99%CE%9A%CE%A1%CE%9F-%CE%95%CE%9B%CE%99%CE%9A%CE%9F%CE%A0%CE%A4%CE%95%CE%A1%CE%9F%CE%A5%20%CE%9C%CE%95%20%CE%A4%CE%97%20%CE%A4%CE%95%CE%A7%CE%9D%CE%9F%CE%9B%CE%9F%CE%93%CE%99%CE%91%20%CE%A4%CE%A1%CE%99%CE%A3%CE%94%CE%99%CE%91%CE%A3%CE%A4%CE%91%CE%A4%CE%97%CE%A3%20%CE%95%CE%9A%CE%A4%CE%A5%CE%A0%CE%A9%CE%A3%CE%97%CE%A3..pdf?sequence=1&isAllowed=y> (προσβάσιμο στις 6 Δεκεμβρίου 2021)
4. http://eureka.teithe.gr/jspui/bitstream/123456789/13616/1/ROUPOS_SAVVIDIS.pdf (προσβάσιμο στις 6 Δεκεμβρίου 2021)
5. <https://hellanicus.lib.aegean.gr/bitstream/handle/11610/21797/%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20.pdf?sequence=1> (προσβάσιμο στις 6 Δεκεμβρίου 2021)
6. http://okeanis.lib.puas.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/3534/%CE%A0%CE%A4%CE%A5%CE%A7%CE%99%CE%91%CE%9A%CE%97_3d%20printing.pdf?sequence=1&isAllowed=y (προσβάσιμο στις 6 Δεκεμβρίου 2021)
7. [https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/44512/""%CE%94%CE%B9%CF%80%CE%BB%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CE%95%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1".pdf](https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/44512/) (προσβάσιμο στις 6 Δεκεμβρίου 2021)

8. https://nemertes.library.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/15304/3/DT_M_Karvelakis_AnastasiosPetros_1054489_final.pdf(προσβάσιμο στις 6 Δεκεμβρίου 2021)
9. http://users.ntua.gr/vkoum/undergraduate/infelem/theory/fem_part_1.pdf(προσβάσιμο στις 6 Δεκεμβρίου 2021)