

Μη-Επανδρωμένα Αεροσκάφη

PSI

Μη-Επανδρωμένα Αεροσκάφη

1 Εισαγωγή

1.1 Τεχνολογικά και Κοινωνικοοικονομικά Κίνητρα

Τα Μη-Επανδρωμένα Αεροσκάφη (Unmanned Aerial Vehicles – UAVs) έχουν εμφανισθεί ήδη από τις αρχές του προηγούμενου αιώνα. Τα πρωταρχικά πρωτότυπα τέτοιων συστημάτων αναπτύχθηκαν για πολεμικές επιχειρήσεις κατά τη διάρκεια του Α' και του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, οπότε και επιχειρούσαν ως τηλεχειριζόμενα αεροσκάφη (Remotely Piloted Vehicles – RPVs). Η τομή στην ανάπτυξη των UAVs εμφανίζεται στο δεύτερο μισό του 20ου αιώνα, μιας και η ανάγκη να προστατευθούν τα πληρώματα σε συνδυασμό με την ανάπτυξη της τεχνολογίας έδωσε τη δυνατότητα ανάπτυξης χαμηλού κόστους αλλά αποδοτικών μη επανδρωμένων συστημάτων. Οι σημαντικές εξελίξεις στο πεδίο της μηχανικής, της αεροναυπηγικής, της επιστήμης των υπολογιστών, της τεχνολογίας των αισθητήρων καθώς και του αυτομάτου ελέγχου έδωσαν τη δυνατότητα ανάπτυξης διαρκώς πληρέστερων πρωτοτύπων εναέριων μηχανών ικανών να εκτελέσουν ένα ευρύ σύνολο αποστολών όπως:

- ο α) επιθεώρηση δασικών πυρκαγιών,
- ο β) επισκόπηση κρίσιμων καταστάσεων (γραμμές υψηλής τάσης, κατεστραμμένα πυρηνικά εργοστάσια ή μολυσμένα κτήρια),
- ο γ) αγροτικές υπηρεσίες,
- ο δ) εναέρια φωτογράφιση και χαρτογράφηση περιοχών,
- ο ε) επιχειρήσεις έρευνας και διάσωσης.
- ο Στ) εποπτεία συνόρων.

Φυσικά η πολυπλοκότητα και η διαφορετικότητα των αποστολών που τα UAVs καλούνται να φέρουν σε πέρας έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη πολλών διαφορετικών τύπων συστημάτων. Ο πιο βασικός διαχωρισμός ορίζει δύο ομάδες συστημάτων: τα αεροσκάφη σταθερών πτερυγίων (Fixed-Wing Designs) και τα αεροσκάφη Κάθετης Απογείωσης/Προσγείωσης ή περιστρεφόμενης πτέρυγας (Vertical Take Off/Landing – VTOL, Rotorcrafts).

Το τέλος του 20ου αιώνα αποτέλεσε καθοριστικό σημείο καμπής για την ιστορία της ρομποτικής καθώς τα ρομποτικά συστήματα εισχώρησαν πλέον πλατιά σε πολιτικές εφαρμογές. Η αρχή του 21ου αιώνα δείχνει να οδηγεί σε ένα αποκορύφωμα της χρήσης ρομποτικών συστημάτων και κατά αυτή την έννοια πραγματοποιούνται σημαντικές ερευνητικές προσπάθειες ώστε αυτά τα

Μη-Επανδρωμένα Αεροσκάφη

συστήματα να είναι αυτόνομα και να είναι ικανά να εκτελέσουν πολύπλοκες αποστολές, προσφέροντας εν τέλει χρήσιμο έργο στην ανθρώπινη κοινωνία. Στις μέρες μας, η σχεδίαση των UAVs δίνει έμφαση στην ανάπτυξη μικρών συστημάτων και σχεδιάσεων ικανών να αναπτυχθούν σε περιβάλλοντα πόλης και να πείσουν την μαζική αγορά για τη χρησιμότητα τους. Μια από τις πιο πετυχημένες σχεδιάσεις που τα τελευταία λίγα χρόνια βρίσκεται στην αιχμή της επιστημονικής έρευνας είναι το ελικόπτερο τύπου Multirotor. Ως τύπος το Multirotor προτάθηκε ιστορικά από τον De Bothezat, η σχεδίαση του οποίου εμφανίζεται κατωτέρω αντιπαραβαλλόμενη με μια σύγχρονη σχεδίαση UAV Multirotor.



Εν τούτοις, παρά το γεγονός ότι η σχεδίαση αυτή είναι σχετικά παλαιά δεν κατάφερε να πετάξει σταθερά στην εποχή της και να πείσει τις αγορές με αποτέλεσμα να έχει δει σημαντική επιτυχία μόλις στις μέρες μας, στα πλαίσια πολύ μικρότερου μεγέθους μη – επανδρωμένων συστημάτων. Σήμερα η ανάπτυξη αποδοτικών συστημάτων ελέγχου, αλγορίθμων σχεδιασμού πτήσης και εκτίμησης περιβάλλοντος, δίνουν τη δυνατότητα ανάπτυξης πραγματικά αυτόνομων UAVs υψηλών αποδόσεων. Ένα από τα πλέον βασικά στοιχεία στη σχεδίαση αυτών των συστημάτων είναι ο βαθμός αυτονομίας που επιτυγχάνουν και κατά αυτή την έννοια πραγματοποιούνται σημαντικές ερευνητικές προσπάθειες στα πεδία των υλικών, των πρωτότυπων σχεδιάσεων, των αποδοτικών νόμων ελέγχου και των αισθητήρων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τέτοια συστήματα. Σήμερα μπορούμε με ασφάλεια να εκτιμήσουμε ότι η ανάπτυξη σε αυτή την περιοχή θα οδηγήσει πολύ γρήγορα στην μαζική τους ενσωμάτωση σε ένα πολύ ευρύ σύνολο πολιτικών εφαρμογών.

Μη-Επανδρωμένα Αεροσκάφη

1.1.1 Τεχνολογικά Κίνητρα

Η ιδέα της πτήσης πάντοτε διέγειρε τον ανθρώπινο νου. Από τις μέρες του Da Vinci και των αδελφών Wright, η ανθρωπότητα έχει πλέον βιώσει μια τεράστια επιστημονική και παραγωγική επανάσταση η οποία σε μεγάλο βαθμό οφείλεται και στην ανάπτυξη εναέριων μηχανών. Μόλις τα τελευταία λίγα χρόνια που οι τάσεις στην έρευνα και παραγωγή στράφηκαν στην μη-επανδρωμένη πτήση.

Η κατηγορία των μικρών και πολύ μικρών αεροσκαφών και ιδιαίτερα τα ελικόπτερα παρουσιάζουν ένα σύνολο ιδιαίτερων επιστημονικών και μηχανικών προβλημάτων που θα πρέπει να επιλυθούν ώστε να μπορεί να επιτευχθεί αυτόνομη αποδοτική πτήση αυτών των συστημάτων. Το γεγονός αυτό θέτει πολύ αυστηρούς περιορισμούς ως προς τα συστήματα εκτίμησης θέσης, την απόδοση των συστημάτων ελέγχου και τον ρυθμό ανανέωσης αυτού. Εντούτοις, οι χαμηλού κόστους αισθητήρες παρουσιάζουν θόρυβο καθώς και φαινόμενο ολίσθησης της μέτρησης με αποτέλεσμα τα συστήματα εκτίμησης κατάστασης αντικειμενικά να μην έχουν την επιθυμητή ακρίβεια. Το γεγονός αυτό καθιστά το πρόβλημα του ελέγχου ακόμα πιο πολύπλοκο. Οι παραπάνω δυσκολίες συναντιούνται με το γεγονός ότι τα συστήματα πρόωσης που χρησιμοποιούνται δυνητικά έχουν περιορισμούς δυναμικού εύρους, ταχύτητας απόκρισης, μη-γραμμικής συμπεριφοράς και σχετικά υψηλής κατανάλωσης ισχύος. Παράλληλα το ζήτημα της ενσωματωμένης υπολογιστικής ισχύος είναι άλλο ένα πρόβλημα που πρέπει να επιλυθεί καθότι τα συστήματα αυτά εκτελούν ταυτόχρονα αλγορίθμους εκτίμησης κατάστασης, ελέγχου πτήσης και αντίληψης του περιβάλλοντος.

Ως εκ τούτου, το πρόβλημα της ηλεκτρομηχανολογικής σχεδίασης και ελέγχου μικρών UAVs καθίσταται ακόμα πιο πολύπλοκο. Γίνεται δε ιδιαίτερα πιο απαιτητικό αν ληφθούν υπόψη οι επιπτώσεις των ατμοσφαιρικών διαταραχών όπως και απαιτεί η προοπτική χρήσης αυτών των συστημάτων σε πραγματικές εφαρμογές. Εν τέλει η συγκεκριμένη έρευνα δίνει έμφαση στις ανοιχτές τεχνολογικές και επιστημονικές προκλήσεις της σχεδίασης και του αυτόματου ελέγχου ενός προηγμένου Multicopter ελικοπτέρου ικανού να πλοηγηθεί αυτόνομα κάτω από την επίδραση ισχυρών διαταραχών ανέμου και με εκ φύσεως σεβασμό στους περιορισμούς του συστήματος.

Μη-Επανδρωμένα Αεροσκάφη

1.1.2 Κοινωνικά και οικονομικά Κίνητρα

Η έρευνα αυτή στοχεύει στην ανάπτυξη καινοτόμων έξυπνων και πολλαπλών χρήσεων αυτόνομων μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων και ειδικά Multirotors τα οποία θα είναι σε θέση να χρησιμοποιηθούν σε σημαντικές πραγματικές εφαρμογές. Παραδείγματα πιθανών εφαρμογών θα μπορούσαν να είναι:

- κάλυψη και αναγνώριση περιοχής,
- αναγνώριση στόχων,
- διάσωση και εποπτεία και πολλά άλλα, όπως φαίνεται στο σχήμα.



Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η έρευνα στα μη επανδρωμένα αεροσκάφη έχει σημαντικό οικονομικό αντίκτυπο. Οι τρέχουσες εκτιμήσεις και προβλέψεις ως προς τον Ευρωπαϊκό χώρο καταδεικνύουν ότι βρισκόμαστε στην αρχή μιας εκρηκτικής διαδικασίας που θα φέρει αυτά τα συστήματα σε μια πλειάδα πολιτικών εφαρμογών.

Μη-Επανδρωμένα Αεροσκάφη

Συγκεκριμένες εκτιμήσεις δείχνουν ότι ενδεχόμενα η αγορά πολιτικών εφαρμογών για μη επανδρωμένα αεροσκάφη ξεπεράσει και αυτή των στρατιωτικών εφαρμογών τουλάχιστον στον Ευρωπαϊκό χώρο. Η πλειοψηφία των μη επανδρωμένων αεροσκαφών θα είναι μεσαίου και μικρού μεγέθους όπως αυτό που θα αναπτυχθεί στα πλαίσια αυτής της έρευνας. Είναι επίσης αλήθεια ότι η προμήθεια των εν λόγω συστημάτων θα πρέπει να διευκολυνθεί μέσα από την ανάπτυξη οικονομικών συστημάτων που θα έχουν πολύ μικρές απαιτήσεις συντήρησης και ιδιαίτερα εύκολη διαδικασία εκμάθησης

1.2 Καινοτόμος Τεχνολογία

Η περίοδος αυτή χαρακτηρίζεται από μια εκθετική αύξηση στις καινοτομίες στον τομέα της UAVs. Σημαντικά ερευνητικά προγράμματα σε όλο τον κόσμο επικεντρώνονται στην αντιμετώπιση των προβλημάτων του ελέγχου, της αυτόνομης πλοήγησης και της συνεργασίας των UAVs. Είτε με τη χρήση εμπορικών Multirotors και δίνοντας έμφαση στους τομείς της συνεργασίας ή δίνοντας έμφαση στον τομέα του σχεδιασμού και του ελέγχου του εναέριου οχήματος η έρευνα σε αυτήν τη περιοχή έχει κερδίσει τη προσοχή των πλέον επιτυχημένων και αναγνωρισμένου κύρους ερευνητικών κέντρων σε όλο τον κόσμο.

1.3 Συνεισφορές της Έρευνας

Η συγκεκριμένη έρευνα επικεντρώνεται στην περιοχή της σχεδίασης και αυτομάτου ελέγχου μη επανδρωμένων αεροσκαφών και ειδικότερα Multirotor ελικοπτέρων. Οι συνεισφορές της έρευνας αφορούν κύρια τους παρακάτω άξονες:

- Νέα μοντελοποίηση, της δυναμικής χωρικών και περιστροφικών κινήσεων του Multirotor.
- Νέα σχεδίαση πειραματικής πλατφόρμας η οποία δίνει έμφαση στην ισχυρή υπολογιστική δύναμη, στα συστήματα αυτόνομης εκτίμησης κατάστασης και της σχετικά χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας.
- Νέες προσεγγίσεις έλεγχου κάνοντας χρήση της θεωρίας online και offline υπολογιζόμενων προβλεπτικών αλγορίθμων ελέγχου καθώς και κλασσικές τεχνικές επαυξημένες με ανάδραση γωνιακής επιτάχυνσης.

Μη-Επανδρωμένα Αεροσκάφη

2 Σχεδιασμός του Συστήματος Multirotor

Μια πειραματική πλατφόρμα τύπου Multirotor θα αναπτυχθεί στα πλαίσια αυτής της έρευνας. Το μοντέλο θα είναι ένα προηγμένο μικρού μεγέθους αυτόνομο μη επανδρωμένο αεροσκάφος. Η σχεδίαση του δίνει έμφαση στις περιοχές:

- α) της μεγάλης ενσωματωμένης υπολογιστικής ισχύος,
- β) της σχεδίασης και ανάπτυξης αυτόνομου συστήματος αισθητήρων για την πλήρη εκτίμηση κατάστασης,
- γ) των εκτεταμένων δυνατοτήτων συνδεσιμότητας, και
- δ) της απόδοσης του συστήματος πρόωσης και της σχετικά χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας.

Η τελική έκδοση του μοντέλου θα κάνει χρήση μιας ιδιαίτερα προηγμένης επεξεργαστικής μονάδας ελέγχου, μια προσέγγιση που δίνει τη δυνατότητα υλοποίησης πολύπλοκων προηγμένων συστημάτων ελέγχου, αλγορίθμων συνεργασίας και αλγορίθμων επεξεργασίας εικόνας κάνοντας χρήση καινοτόμων συστημάτων προγραμματισμού. Το ανεπτυγμένο σύστημα αισθητήρων κάνει χρήση αδρανειακών αισθητήρων, ανιχνευτές εμποδίων, και του παγκοσμίου συστήματος θέσης (GPS). Ως προς τις δυνατότητες επικοινωνίες, το πρωτότυπο αεροσκάφος θα μπορεί να κάνει χρήση των πλέον διαδεδομένων IEEE πρωτοκόλλων αμφίδρομης επικοινωνίας. Το σύστημα πρόωσης θα επαναπροσδιοριστεί ώστε να αποκτηθεί η μέγιστη δυνατή απόδοση βασιζόμενοι σε χαμηλού ενεργειακού κόστους κινητήρες και προηγμένα συστήματα παραγωγής ενέργειας.

2.1 Το Μοντέλο

Η ανύψωση του μοντέλου θα επιτυγχάνεται από τις δυνάμεις ώσης που παράγουν οι περιστρεφόμενες έλικες, ενώ η κίνηση στον χώρο και η περιστροφική κίνηση επιτυγχάνονται με κατάλληλο έλεγχο της διαφοράς των αντίρροπα κινούμενων ελίκων. Συγκεκριμένα, η πρόσθια κίνηση επιτυγχάνεται από τη διαφορά της ώσης που παράγει ο μπροστά και ο πίσω κινητήρας, η πλάγια ολίσθηση επιτυγχάνεται στα πλαίσια της διαφοράς των δύο πλευρικών κινητήρων, ενώ η περιστροφή yaw επιτυγχάνεται στα πλαίσια του ελέγχου της

Μη-Επανδρωμένα Αεροσκάφη

διαφοράς της ροπής που παράγουν οι ανά δυο αντίρροπα κινούμενοι έλικες. Τέλος, η κίνηση στον κάθετο άξονα παράγεται από την συνολική ώση των κινητήρων.

Το βασικό δυναμικό του μοντέλου που θα αναπτυχθεί στα πλαίσια αυτής της έρευνας υποθέτει ότι η κατασκευή του σκάφους είναι συμπαγής και συμμετρική, το κέντρο βάρους (Center of Gravity) και το κέντρο του φερόμενου από το σκάφος συστήματος συντεταγμένων ταυτίζονται, οι έλικες είναι συμπαγείς και οι δυνάμεις ώσης και οι οπισθέλκουσες ροπές είναι ανάλογες του τετραγώνου του ρυθμού περιστροφής των κινητήρων.

Οι βασικές αεροδυναμικές δυνάμεις και ροπές που ασκούνται στο οποιοδήποτε Multirotor κατά τη διάρκεια μιας πτήσης hover, αντιστοιχούν στην δύναμη thrust, στις δυνάμεις hub, στις ροπές drag λόγω των κάθετων, οριζόντιων και αεροδυναμικών δυνάμεων αντίστοιχα, ακολουθούμενων από τις ροπές rolling, της άνωσης που προσφέρει κάθε τμήμα της έλικας που δρα σε συγκεκριμένη ακτίνα.

Οι προαναφερθείσες δυνάμεις και ροπές λαμβάνουν την ακόλουθη μορφή:

Thrust: Είναι η συνισταμένη δύναμη των κάθετων δυνάμεων που δρουν σε όλες τις έλικες.

Hub: Είναι η συνισταμένη δύναμη των οριζόντιων δυνάμεων που επιδρούν σε όλες τις έλικες.

Drag: Η ροπή αυτή γύρω από τον κινητήρα παράγεται λόγω των αεροδυναμικών δυνάμεων που επιδρούν σε όλες τις έλικες. Οι οριζόντιες δυνάμεις που επιδρούν στο κινητήρα πολλαπλασιάζονται με τη ροπή του βραχίονα και ολοκληρώνονται πάνω στον κινητήρα.

Rolling: Η ροπή rolling που επιδρά στην πρόσθια κίνηση και παράγεται όταν η προπορευόμενη έλικα παράγει περισσότερη άνωση από την έλικα που χρονικά υστερεί.

Φαινόμενο Εδάφους: Το φαινόμενο εδάφους είναι μια κατάσταση ενισχυμένης απόδοσης του συστήματος ώσης του ελικοπτερου όταν αυτό επιχειρεί κοντά στο έδαφος. Οφείλεται στην παρεμβολή της επιφάνειας του εδάφους στη ροή του αέρα που παράγει το σύστημα του κινητήρα και ως φαινόμενο εντείνεται όσο το ελικόπτερο πλησιάζει το έδαφος.

Μη-Επανδρωμένα Αεροσκάφη

2.2 Σχεδιασμός του μοντέλου

Η σχεδίαση της πειραματικής πλατφόρμας ελικοπτερού τύπου ARScopter κατά τρόπο που να προσαρμόζεται στις ανάγκες των ερευνητικών στόχων που προωθούνται στα πλαίσια αυτής της έρευνας, αποτελεί ένα σημαντικό μέρος της συγκεκριμένης έρευνας. Αρχικά θα αναπτυχθεί μια πλατφόρμα βασισμένη σε Multirotor ενώ στη συνέχεια θα αναπτυχθεί μια πλατφόρμα ικανή να φέρει σε πέρας δύσκολους ερευνητικούς στόχους. Οι απαιτήσεις για την ανάπτυξη των μοντέλου είναι:

- Το σκάφος θα πρέπει να είναι μεσαίου μεγέθους.
- Το σκάφος θα πρέπει να προσφέρει περισσότερο από 2.5Kg επιπρόσθετο ωφέλιμο βάρος
- Το σκάφος θα πρέπει να έχει πολύ υψηλές ενσωματωμένες υπολογιστικές δυνατότητες
- Το σκάφος θα πρέπει να είναι σε θέση να εκτιμά αυτόνομα την κατάσταση του.
- Το σκάφος θα πρέπει να έχει πολλαπλές δυνατότητες ασύρματης επικοινωνίας

2.2.1 Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας

Η κεντρική μονάδα ελέγχου δρα ως η βασική ενσωματωμένη στο σκάφος υπολογιστική μονάδα και ευθύνεται για την υλοποίηση όλων των νόμων ελέγχου και μέρος των αλγορίθμων αντίληψης του περιβάλλοντος. Κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού των μοντέλων θα δοκιμασθούν διάφορες επιλογές τόσο με:

- α) πολύ χαμηλής κατανάλωσης ενσωματωμένους επεξεργαστές όσο και με
- β) υψηλών επιδόσεων Single Board Computers (SBCs) ικανών να προσφέρουν πολύ μεγάλες υπολογιστικές δυνατότητες και επιλογές συνδεσιμότητας.

Το σύστημα αυτό παρέχει τη δυνατότητα ταυτόχρονης εκτέλεσης προηγμένων λογικών ελέγχου, ενώ παράλληλα μπορεί να επεξεργάζεται τα δεδομένα video ή άλλων συσκευών εικόνας (πχ. θερμική κάμερα).

Μη-Επανδρωμένα Αεροσκάφη

2.2.2 Υποσύστημα Αισθητήρων

Ο δρόμος προς την αυτόνομη πτήση ελικοπτέρων περνά πρώτα και κύρια από την ανάγκη ανάπτυξης πλήρων δυνατοτήτων εκτίμησης του διανύσματος κατάστασης του σκάφους και στους έξι βαθμούς ελευθερίας της κίνησης του. Οι καταστάσεις του μοντέλου μπορούν να εκτιμηθούν με τη χρήση ενός ευρύτατου συνόλου αισθητήρων και προηγμένων αλγορίθμων διάχυσης πληροφορίας. Στην προσέγγιση που θα ακολουθηθεί στα πλαίσια αυτής της έρευνας, θα γίνει η συνδυαστική χρήση αδρανειακών αισθητήρων, ανιχνευτών, GPS και οπτικών αισθητήρων με στόχο την επίτευξη πλήρους εκτίμησης αυτόνομης πλοήγησης ακόμα και όταν δεν υπάρχουν global data (GPS, fixed cameras).

2.2.3 Attitude–Heading Reference System

Η ακριβής εκτίμηση της κατάστασης προσανατολισμού του σκάφους, υλοποιημένης σε πολύ υψηλούς ρυθμούς δειγματοληψίας αποτελεί τον πιο κρίσιμο παράγοντα ως προς το πρόβλημα εκτίμησης κατάστασης του σκάφους. Το πρόβλημα αυτό ουσιαστικά έγκειται στη χρήση επιταχυνσιογράφων, γυροσκοπιών και μαγνητομέτρων ώστε να επιτευχθεί ακριβής εκτίμηση των γωνιών roll, pitch και yaw. Οι αισθητήρες του συστήματος παρέχουν χωρικές επιταχύνσεις, οι οποίες σε συνδυασμό με τις γωνιακές ταχύτητες και τα δεδομένα των μαγνητόμετρων, παρέχουν όλη την αναγκαία πληροφορία ούτως ώστε να παραχθεί πλήρης εκτίμηση του διανύσματος καταστάσεων προσανατολισμού.

2.2.4 Altimeter

Διάφορα συστήματα αναγνώρισης θα χρησιμοποιηθούν για να παρέχουν μετρήσεις ύψους.

2.2.5 Υποσύστημα Επικοινωνιών

Η σχεδίαση του μοντέλου παρέχει τη δυνατότητα πολλαπλών τρόπων επικοινωνίας. Συγκεκριμένα υποστηρίζονται τρεις τρόποι επικοινωνίας:

- α) τηλεχειρισμός,
- β) χαμηλού εύρους ζώνης χαμηλής κατανάλωσης τηλεμετρία, και
- γ) IEEE αμφίδρομη ασύρματη συνδεσιμότητα.

Μη-Επανδρωμένα Αεροσκάφη

2.2.6 Τηλεχειρισμός

Ο τηλεχειρισμός παρέχεται ώστε να δώσει τη δυνατότητα χειρισμού του σκάφους από τον χρήστη με εντολές του τηλεχειριστηρίου σε thrust και γωνίες αναφοράς roll, pitch, και yaw.

2.2.7 Τηλεμετρία

Η τηλεμετρία δεδομένων είναι αναγκαία ώστε ο χρήστης να έχει επίγνωση της κατάστασης του σκάφους μέσα από ένα εύχρηστο σταθμό βάσης.

2.2.8 Υποσύστημα Πρόωσης

Ένα από τα πιο σημαντικά τμήματα της σχεδίασης του μοντέλου θα αποτελέσει η επιλογή και η ανάπτυξη του συστήματος πρόωσης και η ολοκλήρωση του με το ευρύτερο σύστημα.

2.2.9 Αυτόνομη κίνηση

Κύριος στόχος της παρούσης έρευνας είναι η δυνατότητα το μοντέλο να μπορεί να εκτελεί προγραμματισμένες αποστολές χωρίς περαιτέρω εξωτερική υποστήριξη.

2.3 Μακροπρόθεσμοι στόχοι έρευνας

- Μεγαλύτερη υπηρεσιακή δυνατότητα σε χρόνο λειτουργίας και απόσταση από τη βάση.
- Δυνατότητα λειτουργίας σε όλες τις καιρικές συνθήκες.
- Μεταφορά πληροφοριών, εικόνας και ήχου σε μεγαλύτερες αποστάσεις.
- Ασφάλεια μεταφοράς δεδομένων.
- Λειτουργία σε αντίξοες συνθήκες, ηλεκτρομαγνητικά πεδία, τοξικό περιβάλλον, ακτινοβολία.
- Ανάπτυξη τεχνητής νοημοσύνης και επικοινωνιών για τον έλεγχο κίνησης και ανάλυσης δεδομένων.