



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**
UNIVERSITY OF WEST ATTICA

Σχολή Μηχανικών

Τμήμα Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής

ΠΜΣ Μη Επανδρωμένα Αυτόνομα και Τηλεκατευθυνόμενα Συστήματα

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**“ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΛΕΚΑΤΕΥΘΥΝΟΜΕΝΟΥ
ΕΡΠΥΣΤΡΙΟΦΟΡΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ”**



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΣ ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΤΣΑΤΣΑΡΗΣ ΑΝΔΡΕΑΣ Α.Μ. 8096624

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΠΑΠΑΚΙΤΣΟΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

ΑΙΓΑΛΕΩ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2024



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**
UNIVERSITY OF WEST ATTICA

School of Engineering

Department of Industrial Design and Production Engineering

MCS in Unmanned Autonomous and Remote-Controlled Systems

DIPLOMA THESIS

**“DEVELOPMENT OF A REMOTE-CONTROLLED CRAWLER
VEHICLE CONTROL SYSTEM”**



STUDENT NAME: TSATSARIS ANDREAS S.N. 8096624

SUPERVISOR: PAPAITSOS EVANGELLOS

EGALEO, FEBRUARY 2024

Η παρούσα διπλωματική εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την τριμελή εξεταστική επιτροπή, η οποία ορίστηκε από την Γ.Σ. του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, σύμφωνα με τον νόμο και τον εγκεκριμένο Οδηγό Σπουδών του τμήματος.

Μέλη εξεταστικής επιτροπής

Επιβλέπων: Παπακίτσος Ευάγγελος

Παπουτσιδάκης Μιχαήλ

Χατζόπουλος Αβραάμ

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Τσάτσαρης Ανδρέας του Φώτιου, με αριθμό μητρώου 8096624 φοιτητής/τρια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Μη Επανδρωμένα Αυτόνομα και Τηλεκατευθυνόμενα Συστήματα» του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής της Σχολής Μηχανικών Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι: «Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου».

Ο δηλών



Τσάτσαρης Ανδρέας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ένα μη επανδρωμένο επίγειο όχημα μπορεί να λειτουργήσει με ποικίλους τρόπους, και αναλόγως την αποστολή του, με την κατάλληλη προσάρτηση αισθητηρίων, έχει πολλαπλές δυνατότητες. Αυτές θα μπορούσαν να είναι για τον έλεγχο περιοχών ενδιαφέροντος, για λειτουργία του οχήματος σε περιβάλλοντα επικίνδυνα, δύσβατα για οχήματα με συμβατό τρόπο κίνησης, ή ακόμη και για περιπολία σε αχαρτογράφητες περιοχές ή περιοχές υψηλού κινδύνου για το έμψυχο δυναμικό μιας χώρας ή μιας αποστολής, όπου μπορεί να λειτουργήσει ως ανιχνευτής για επικίνδυνα αέρια, παγίδευση οδών, ακόμη και κατόπτευση σε στρατιωτικές εφαρμογές.

Στην παρούσα εργασία, κατασκευάστηκε ένα αυτόνομο μη επανδρωμένο χερσαίο όχημα, το οποίο έχει τη δυνατότητα για τις ανωτέρω ενέργειες, και ακόμη τον έλεγχο τροχοδρόμων ή διαδρόμων προσγειώσεων/απογειώσεων για ξένα μεταλλικά σώματα που μπορεί να είναι επιβλαβή για την ασφάλεια των αεροσκαφών. Γίνεται αναφορά στα συστήματα που φέρει, τους αισθητήρες που έχουν προσαρτηθεί και τις δυνατότητές του. Επιπλέον, έχει μελετηθεί κι αναλυθεί ο τρόπος κίνησης και ο έλεγχος του οχήματός μας από έναν χειριστή, καθώς και η αυτόνομη λειτουργία του.

Λέξεις Κλειδιά: μη επανδρωμένο επίγειο όχημα, αυτόνομο, αισθητήρες, ξένα σώματα (FOD), Arduino

ABSTRACT

An unmanned ground vehicle can operate in various ways, and according to its mission, with the appropriate sensor attachment, it has multiple capabilities. These might refer to, controlling areas of interest, operating the vehicle in hazardous environments- inaccessible to vehicles with conventional modes of propulsion- furthermore, patrolling unmapped areas or high-risk areas for the human personnel of a country or a mission, where it can function as a detector for dangerous gases, road trapping, as well as surveillance in military applications.

In this paper, an autonomous unmanned ground vehicle was constructed, capable of executing the above actions, and also checking the runways or the landing/takeoff lanes for foreign metallic bodies that may pose a threat to the aircraft safety. Reference is made to the operating systems, the attached sensors and the vehicle's capabilities. Finally, the method of propulsion and control of the vehicle by an operator, as well as its autonomous operation, have been studied and analyzed.

Keywords: Unmanned Ground Vehicle, UGV, autonomous, sensors, Foreign Object Damage (FOD), Arduino

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	σελ. 5
ABSTRACT	σελ. 6
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	σελ.7
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	σελ.8
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	σελ.10
ΟΡΙΣΜΟΣ ΜΗ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΟΥ ΕΠΙΓΕΙΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ UGV.....	σελ.10
ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	σελ.11
ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΜΗ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΟΥ ΕΠΙΓΕΙΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ.....	σελ. 14
ΣΧΕΔΙΑΣΗ CAD	σελ.15
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΗ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΟΥ ΕΠΙΓΕΙΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ.....	σελ.20
ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ.....	σελ.21
ΤΡΟΠΟΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΟΥ ΜΗ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ.....	σελ.39
ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΑΥΤΟΝΟΜΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	σελ.42
LOGIG DIAGRAM	σελ.44
SCHEMATIC	σελ.46
CODE	σελ.48
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	σελ.52
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	σελ.54

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Υπερηχητικός αισθητήρας για παραγωγή υπερήχων σε κίνηση ανίχνευσης	σελ.22
Εικόνα 2. Αισθητήρας υπερήχων στηριγμένος σε βάση	σελ.23
Εικόνα 3. Βάση στήριξης	σελ.23
Εικόνα 4. Τοποθέτηση αισθητήρα στο όχημα	σελ.24
Εικόνα 5. Αισθητήρας μεθανίου MQ-4 για Arduino	σελ.24
Εικόνα 6. Αισθητήρας DHT11.....	σελ.25
Εικόνα 7. Κινητήρας DC	σελ.26
Εικόνα 8. Κινητήρας DC προσαρμοσμένος κατάλληλα στο UGV	σελ.27
Εικόνα 9. Γέφυρα H-L298N	σελ.27
Εικόνα 10. Πλακέτα Breadboard	σελ.28
Εικόνες 11, 12. Τοποθέτηση της εκτυπωμένης βάσης απο 3d printer και προσαρμογή στη δομή του μη επανδρωμένου οχήματος	σελ.28
Εικόνα 13. Breadboard στηριγμένο σε βάση κατασκευασμένη στ 3D printer με προσαρτημένους τους αισθητήρες αερίων και θερμοκρασίας/υγρασίας	σελ.29
Εικόνα 14. Πλακέτα Arduino Uno	σελ.30
Εικόνα 15. Πλακέτα Arduino Uno (Power)	σελ.30
Εικόνα 16. Πλακέτα Arduino Uno (Digital)	σελ.31
Εικόνα 17. Πλακέτα Arduino Uno (Power, Analog In)	σελ.32
Εικόνα 18. Αισθητήρας Bluetooth HC-05	σελ.32
Εικόνα 19. Τοποθέτηση του αισθητήρα Bluetooth HC-05	σελ.33
Εικόνα 20. MDS-60 Metal Detector	σελ.34
Εικόνα 21. MDS-60 Metal Detector προσαρτημένο στη βάση του μη επανδρωμένου οχήματος.....	σελ.35

Εικόνα 22. Παραμόρφωση πτερυγίων πρώτης βαθμίδας κινητήρα αεροσκάφους απο εισρόφηση ξένου σώματος (FOD)	σελ.36
Εικόνα 23. Ερπύστρια οχήματος	σελ.39
Εικόνα 24. Ερπύστρια	σελ.39
Εικόνα 25. Τροχός τάνυσης	σελ.40
Εικόνα 26. Τροχός κύλισης	σελ.41
Εικόνα 27. Τροχός στήριξης	σελ.41
Εικόνα 28. Μονάδα αισθητήρων MQ9,HC-SR-04, DHT11 και MDS-50	σελ.46
Εικόνα 29. Μονάδα επεξεργασίας και ασύρματης μετάδοσης δεδομένων	σελ.46
Εικόνα 30. Μονάδα τροφοδοσίας και κίνησης	σελ.47
Εικόνα 31. Συνολικό σύστημα ugv σε schematic	σελ.48

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι γεγονός πως στα σύγχρονα και συνεχώς αυξανόμενα σε απαιτήσεις πεδία μάχης, ο πόλεμος συνεχώς αλλάζει. Οι νέες τεχνολογίες και η χρήση καινούριων συστημάτων επιφέρουν αλλαγές στις ένοπλες δυνάμεις και είναι επιτακτική η ανάγκη στα σύγχρονα κράτη που θέλουν να ακολουθήσουν, να ενταχθούν σε αυτές.

Την παρούσα στιγμή, η τεχνολογία αναπτύσσεται με ραγδαίους ρυθμούς. Ένας από τους τομείς που πραγματοποιεί αλματώδη εξέλιξη τα τελευταία χρόνια είναι η ρομποτική. Ο λόγος που συμβαίνει, είναι διότι ο άνθρωπος θέλει να κάνει την καθημερινότητά του πιο εύκολη, πιο αυτοματοποιημένη και πιο ασφαλή. Ένας τομέας με ιδιαίτερη ανάπτυξη αφορά τα αυτόνομα κινητά ρομπότ, με διάφορα πεδία εφαρμογής, όπως η μεταφορά υλικών, ο καθαρισμός χώρων ή περιοχών με αυτοματοποιημένο τρόπο, η παρακολούθηση, η καθοδήγηση ανθρώπων και οι στρατιωτικές εφαρμογές.

Είναι απαραίτητο τα συγκεκριμένα αυτόνομα κινητά ρομπότ να αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον τους για να εκτελούν τις αποστολές τους. Τα μη επανδρωμένα οχήματα φέρουν πλήθος μέσων και αισθητήρων, ώστε να μπορέσουν να προσομοιάσουν και να κατανοήσουν το περιβάλλον που βρίσκονται και να επιτύχουν το καθορισμένο έργο τους.

ΟΡΙΣΜΟΣ ΜΗ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΟΥ ΕΠΙΓΕΙΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ UGV

Ως μη επανδρωμένο επίγειο όχημα (Unmanned Ground Vehicle) ορίζεται ένα όχημα το οποίο λειτουργεί ερχόμενο σε επαφή με το έδαφος και χωρίς ανθρώπινη παρουσία μέσα στην καμπίνα. Το UGV είναι το χερσαίο σύστημα μεταξύ των μη επανδρωμένων συστημάτων, καθώς συναντάμε εναέρια, αλλά και υποβρύχια μη επανδρωμένα οχήματα και συστήματα.

Η μη επανδρωμένη ρομποτική αναπτύσσεται ενεργά τόσο για στρατιωτική χρήση όσο και για την εκτέλεση ποικίλων επικίνδυνων δραστηριοτήτων. Τα UGV μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περιπτώσεις όπου μπορεί να είναι άβολο, επικίνδυνο ή αδύνατο να υπάρχει χειριστής εντός του οχήματος. Το όχημα διαθέτει ένα σύνολο αισθητήρων για την παρατήρηση του περιβάλλοντος και είτε λαμβάνει αυτόνομα αποφάσεις σχετικά με τη συμπεριφορά του είτε μεταβιβάζει τις πληροφορίες σε έναν εξωτερικό χειριστή, ο οποίος βρίσκεται σε διαφορετική τοποθεσία και ελέγχει το όχημα μέσω τηλεχειρισμού.

Ένα αυτόνομο UGV (Autonomous Ground Vehicle) είναι ένα αυτόνομο ρομπότ που λειτουργεί χωρίς την ανάγκη ενός ανθρώπινου ελεγκτή βάσει τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης. Το όχημα χρησιμοποιεί τους αισθητήρες του για να αναπτύξει κάποια περιορισμένη κατανόηση του περιβάλλοντος, το οποίο στη συνέχεια χρησιμοποιείται από αλγόριθμους ελέγχου για να προσδιοριστεί η επόμενη ενέργεια που θα πραγματοποιήσει, στο πλαίσιο της αποστολής του. Αυτό εξαλείφει πλήρως την ανάγκη οποιουδήποτε ανθρώπου να παρακολουθεί τις εργασίες που ολοκληρώνει το AGV (Southern et al., 2017).

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η τεχνολογία του ραδιοφώνου αποτέλεσε αναγκαία προϋπόθεση για τη δημιουργία αυτόνομων χειριζόμενων οχημάτων. Η νέα επιστήμη της ραδιοφωνικής καθοδήγησης ανέλαβε τον έλεγχο κινούμενων μηχανισμών μέσω ραδιοκυμάτων (Green, 1925). Αυτή η τεχνολογία αναπτύχθηκε από τον αμερικανικό στρατό, ο οποίος πειραματιζόταν με τηλεχειριζόμενες τορπίλες, πλοία και αεροσκάφη. Αυτές οι πρωτοποριακές έρευνες οδήγησαν στη δημιουργία του πρώτου αυτοκινήτου χωρίς οδηγό, το οποίο παρουσιάστηκε στο κοινό από τους μηχανικούς της Radio Air Service στη δοκιμαστική αεροπορική βάση McCook στο Ντέιτον του Οχάιο στις 5 Αυγούστου 1921. Το αυτοκίνητο, μήκους 2,5 μέτρων, ελέγχθηκε μέσω ραδιοφώνου από ένα στρατιωτικό φορτηγό που ακολουθούσε 30 μέτρα πίσω. Από τεχνικής απόψεως, δεν μπορεί να χαρακτηριστεί αυτόνομο όχημα, αλλά μάλλον τηλεχειριζόμενο, καθώς ο οδηγός βρισκόταν εκτός του αυτοκινήτου. Σημειώνεται ότι η ιστορία των αυτοκινήτων χωρίς οδηγό συνδέεται στενά με τον στρατό.

Το 1925, ένα άλλο τηλεχειριζόμενο αυτοκίνητο με την ονομασία "American Wonder" προκάλεσε αίσθηση, καθώς κινείτο στο Broadway της Νέας Υόρκης. Αναπτύχθηκε από την εταιρεία ελέγχου ραδιοφώνου Houdina. Η στρατιωτική τεχνογνωσία επηρέασε, επίσης, αυτήν την εξέλιξη. Ο Francis P. Houdina, πρώην ηλεκτρολόγος μηχανικός του αμερικανικού στρατού, ήταν υπεύθυνος για την ανάπτυξη του "American Wonder", το οποίο ελέγχονταν κι αυτό μέσω τηλεχειριστηρίου από ένα δεύτερο όχημα.

Κατά τη δεκαετία του 1930, εμφανίστηκαν διάφορες εκδοχές αυτών των τηλεχειριζόμενων αυτοκινήτων. Από τη μία πλευρά, χρησιμοποιήθηκαν ως εμπορικά διαφημιστικά οχήματα λόγω των εντυπωσιακών χαρακτηριστικών τους όσον αφορά την προσέλκυση της προσοχής. Από την άλλη πλευρά, διαδραμάτισαν σημαντικό ρόλο στις λεγόμενες "Παρελάσεις Ασφάλειας" για την ασφάλεια των οδικών μεταφορών.

Τα αυτόνομα οχήματα αποδείχθηκαν ιδιαίτερα κατάλληλα για εκστρατείες ασφαλείας. Κατά τη διάρκεια μιας εκστρατείας για την οδική ασφάλεια, τονίστηκε ότι η ασφάλεια των σύγχρονων αυτοκινήτων εξαρτάται από τον οδηγό. Ένα αυτόνομο όχημα, λόγω της συμμόρφωσής του στους κανόνες κυκλοφορίας, θα μπορούσε να χρησιμεύσει ως παράδειγμα για τους οδηγούς αυτοκινήτων. Δεν ήταν μόνο οι προδοκίες που περιβάλλανε το αυτόνομο όχημα στα πρώιμα στάδια της ιδέας του, αλλά και οι αμερικανικές βιομηχανίες πετρελαίου και αυτοκινήτων που, περίπου την ίδια περίοδο, άρχισαν να εργάζονται σε σύγχρονα σχέδια για τους αυτοκινητόδρομους του μέλλοντος. Σε αυτές τις προσπάθειες συμμετείχαν πολεοδόμοι, βιομηχανικοί σχεδιαστές, αρχιτέκτονες, ερευνητές μεταφορών και υπεύθυνοι πολιτικής χάραξης.

Εκείνη τη στιγμή, η έννοια της αυτόματης οδήγησης εξελίχθηκε από την απλή τηλεχειρισμένη λειτουργία και μετατράπηκε σε μια κατευθυντήρια αρχή για ένα αυτοματοποιημένο σύστημα μεταφοράς. Η ιδέα ενός αυτοματοποιημένου οδικού δικτύου εικαζόταν σε πραγματικά τοπία, αν και δεν υπήρχε άμεση πρόοδος για την εφαρμογή της. Τον Μάιο του 1938, το περιοδικό Popular Science αναφέρθηκε για πρώτη φορά στην αυτόματη μεταφορά του μέλλοντος. Ο συγγραφέας παρουσίασε την ιδέα του διασυνδεδεμένου οδηγού μέσω καλωδίωσης, που θα αποτελούσε μια πολιτιστική κατευθυντήρια αρχή μέχρι τη δεκαετία του 1970. Κάθε ένα από τα οχήματα θα ακολουθούσε ένα ηλεκτρομαγνητικό καλώδιο, το οποίο θα ήταν ενσωματωμένο στην επιφάνεια του δρόμου και η έλξη θα ρυθμιζόταν από αυτό για την ταχύτητα και τον έλεγχο του τιμονιού. Ιδανικά, αυτή η πρώιμη ενέργεια προέβλεπε τη μετάβαση από το χειροκίνητο στον αυτόματο έλεγχο. Ο McClintock ήταν ένας από τους κορυφαίους σχεδιαστές μεταφορών στις Ηνωμένες Πολιτείες. Στη διατριβή του για το διδακτορικό του, είχε αναλύσει τους λόγους της κυκλοφοριακής συμφόρησης και των ατυχημάτων από το 1925 και είχε αναπτύξει νέους κανονισμούς κυκλοφορίας και έργα οδοποιίας. Ένα μεγάλο πλήγμα στην προώθηση της αυτόματης οδήγησης ήρθε από μια μεγάλη εταιρεία πετρελαίου. Την άνοιξη του 1937, η Shell έφερε σε επαφή τον McClintock με τον Bel Geddes, πρωτοπόρο της επιστήμης της εξορθολογισμένης σχεδίασης. Για μια διαφήμιση της Shell, σχεδιάστηκε ένα μοντέλο της πόλης του αύριο (McClintock, 1925· Murtfeldt, 1938· Norton, 2008).

Ο Bel Geddes είχε ήδη αναφερθεί στην αστικοποίηση και τον σχεδιασμό του αυτοκινήτου στο βιβλίο του “Horizons” το 1932, αλλά ήταν η συνεργασία του με τη Shell που τον οδήγησε στην ανάπτυξη του οράματος των αυτόματων αυτοκινητοδρόμων. Τον Μάιο του 1938, κατάφερε να πείσει την General Motors (GM) να προχωρήσει περαιτέρω στο μοντέλο της Shell για την Παγκόσμια Έκθεση της Νέας Υόρκης του 1939 (Wetmore, 2003). Στα μέσα της δεκαετίας του 1950, οι πρακτικές εφαρμογές άρχισαν να προστίθενται στα ουτοπικά οράματα που είχαν δημιουργηθεί μέσω ταινιών, εικόνων και λέξεων, καθώς και σε πειραματικά τεχνολογικά

συστήματα. Το περιοδικό Popular Science έκανε λόγο το 1954 για ένα "εκπαιδευμένο πεντάλ αερίου" που ονομάζονταν "Speed-o-Stat" και είχε αναπτυχθεί από τον Ralph Teetor (1890-1982). Αυτός ο αυτόματος ρυθμιστής ταχύτητας και περιοριστής γνώρισε μεγάλη δημοτικότητα με ονόματα όπως "Tempomat" ή "Cruise Control". Το περιοδικό παρουσίασε αυτό το σύστημα ως ένα ορόσημο στον δρόμο για την αυτόματη οδήγηση, θέτοντας τις βάσεις για περαιτέρω εξέλιξη (Rowsome, 1954). Στην πραγματικότητα, αυτή η πρόοδος οδηγούσε προς μια διαφορετική κατεύθυνση. Με την ανάπτυξη του Tempomat, το αυτοκίνητο που οδηγείται αυτόματα πήρε μια πιο περιορισμένη και εξατομικευμένη μορφή, τραβώντας την προσοχή από την ιδέα των αυτόματων αυτοκινητόδρομων. Ένα άρθρο του Popular Science από το 1958 αναφέρει ότι η Chrysler είχε αναπτύξει ένα νέο "supergadget", έναν "αυτόματο πιλότο" (Rowsome, 1958). Σε αυτό το σημείο, δεν υπήρχε πλέον συζήτηση για την αυτόματη μεταφορά, καθώς το ουτοπικό όραμα είχε συρρικνωθεί και συμπυκνωθεί σε ένα προϊόν που ήταν άμεσα διαθέσιμο. Το 1977, η ομάδα του Sadayuki Tsugawa από το Εργαστήριο Μηχανολόγων Μηχανικών στο Tsukuba της Ιαπωνίας παρουσίασε το πρώτο οπτικά καθοδηγούμενο αυτόνομο όχημα που μπορούσε να καταγράψει και να επεξεργαστεί φωτογραφίες πλευρικών οδών στο δρόμο μέσω δύο φωτογραφικών μηχανών, μετακινούμενο με ταχύτητα 10 km/h (Tsugawa et al., 1979). Ωστόσο, δεν διέθετε λειτουργία ανίχνευσης της σήμανσης της λωρίδας. Ο Hans Moravec από το εργαστήριο τεχνητής νοημοσύνης στο Πανεπιστήμιο του Στάνφορντ στις Ηνωμένες Πολιτείες έρευνησε την πλοήγηση ρομπότ από το 1973 έως το 1981, χρησιμοποιώντας το Stanford Cart, ένα πειραματικό όχημα με τέσσερα ελαστικά ποδήλατα. Τον Οκτώβριο του 1979, χρησιμοποιώντας μια τηλεοπτική κάμερα (αλλά όχι τους υπολογιστές που απαιτούνταν), το όχημα κατάφερε να πλοηγηθεί μέσα από ένα δωμάτιο γεμάτο με καρέκλες χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση. Το σύστημα ήταν αξιόπιστο για μικρές αποστάσεις, αλλά ήταν αργό (Moravec, 1990).

Η αύξηση της χρήσης ηλεκτρονικών συστημάτων στην τεχνολογία οχημάτων συνέβαλε στην εξέλιξη των ενεργών συστημάτων υποστήριξης του οδηγού που επεμβαίνουν άμεσα στη διαδικασία οδήγησης. Το πρώτο τέτοιο σύστημα που εισήχθη ήταν το ABS (Αντιμπλοκάρισμα Τροχών) το 1978. Η ιδέα της αυτόνομης οδήγησης κέρδισε έδαφος μέσω του προγράμματος PROMETHEUS της Ευρωπαϊκής Ένωσης (1987-1994), το οποίο είχε ως στόχο την ανάπτυξη ενός ευρωπαϊκού συστήματος υψηλής απόδοσης και ασφάλειας για την οδική κυκλοφορία.

Στην αρχή, η βιομηχανία έδειχνε την προτίμησή της στην πλευρική καθοδήγηση των αυτοκινήτων με τη χρήση ηλεκτρομαγνητικών πεδίων που δημιουργούνταν από καλώδια ενσωματωμένα στον δρόμο, όπως είχε προταθεί από τη δεκαετία του 1930. Ωστόσο, η ομάδα του Dickmanns κατάφερε να πείσει τη βιομηχανία να εξετάσει την έννοια της μηχανικής όρασης, η

οποία θα επέτρεπε τον εντοπισμό εμποδίων και θα αποφεύγονταν οι πρόσθετες δαπάνες για την υποδομή (Dickmanns, 1986).

Το 1995, το NavLab του Πανεπιστημίου Carnegie Mellon στις Ηνωμένες Πολιτείες παρουσίασε ένα μερικώς αυτόνομο όχημα που οδήγησε από το Πίτσμπουργκ στο Σαν Ντιέγκο ("Χωρίς χέρια στην Αμερική"). Χρησιμοποίησαν μια προσέγγιση βασιζόμενη στη χρήση καμερών για το σύστημα διεύθυνσης. Ωστόσο, ήταν απαραίτητη η παρέμβαση ενός ανθρώπου ως οδηγού για τον έλεγχο των φρένων και της επιτάχυνσης.

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΜΗ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΟΥ ΕΠΙΓΕΙΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ

Ο αντικειμενικός σκοπός του μη επανδρωμένου επίγειου οχήματός μας είναι ο έλεγχος μιας ζώνης ή μιας οριοθετημένης περιοχής και η έγκαιρη προειδοποίηση του χρήστη για επικίνδυνα φαινόμενα ή καταστάσεις που ενδέχεται να είναι επιβλαβείς για τον χώρο που επιτηρείται. Σκοπός του είναι η προστασία της περιοχής που το μη επανδρωμένο όχημα ελέγχει, όπως υλικά, καθώς και το ανθρώπινο δυναμικό που είναι σε αυτήν.

Οι επικίνδυνες καταστάσεις που μπορεί να επιφέρουν βλάβη σε μια εγκατάσταση, κυρίως στρατιωτικού ενδιαφέροντος, αλλά και σε βιομηχανικό περιβάλλον είναι τα φυσικά καταστροφικά φαινόμενα, όπως φωτιές, κατακλυσμοί κλπ. Οι συνέπειες που μπορεί να προκαλέσουν είναι εκτεταμένες ζημιές, και είναι σε θέση να επηρεάσουν αρνητικά την οικονομία της επιχείρησης ή της στρατιωτικής εγκατάστασης, και την απασχόληση ανθρώπινου δυναμικού για την αποκατάσταση των φθορών. Συχνά, οι καταστροφικές επιπτώσεις που μπορεί να δημιουργηθούν μπορούν να οδηγήσουν ακόμη και στη διακοπή της λειτουργίας της στρατιωτικής εγκατάστασης ή της βιομηχανίας. Συνεπώς, για την καλύτερη αντιμετώπιση, η πρόληψη είναι η καλύτερη λύση. Επομένως, η προετοιμασία έναντι των φυσικών καταστροφών θα πρέπει να είναι η μέγιστη δυνατή και κρίνεται απαραίτητη για την ομαλή λειτουργία της εγκατάστασης και τη μείωση των συνεπειών από τις καταστροφές αυτές.

Ο τρόπος για να επιτύχει το μη επανδρωμένο όχημα την αποστολή του, είναι η χρήση αισθητήρων ανίχνευσης των φυσικών φαινομένων και η έγκαιρη προειδοποίηση των βιομηχανικών ή στρατιωτικών μονάδων, όπου σε συνδυασμό με την προετοιμασία και την ενημέρωση του προσωπικού για τέτοιες καταστάσεις, θα μπορούν να επιτύχουν στο μέγιστο βαθμό τα βέλτιστα αποτελέσματα ετοιμότητας.

Έτσι, εάν ανιχνευθεί σε μια ορισμένη ποσότητα καπνός από το μη επανδρωμένο όχημα που περιπολεί σε μια περιοχή, θα μπορεί έγκαιρα να προειδοποιήσει τους χρήστες της μονάδας για τον περιορισμό της καταστροφής, αλλά και την έγκαιρη καταπολέμηση της απειλής ή εκκένωση της περιοχής δίνοντας το πολύτιμο πλεονέκτημα του χρόνου.

Αντίστοιχα, εάν το μη επανδρωμένο όχημα ανιχνεύσει σε μεγάλο βαθμό υγρασία, είναι σε θέση να προειδοποιήσει τον χρήστη για την απειλή βροχοπτώσεων και την προστασία της μονάδας από αυτήν. Επιπλέον, είναι δυνατή η ανίχνευση χημικών ουσιών από διαρροές χημικών, ραδιοβιοχημικές απειλές ή κακόβουλες ενέργειες από τρίτους.

Ο λόγος που υπερτερεί ένα μη επανδρωμένο όχημα, είναι αρχικά το κόστος του, το οποίο είναι πιο χαμηλό σε σχέση με τα ευρείας γκάμας επανδρωμένα οχήματα ή συστήματα, ενώ είναι ικανό να μεταφέρει από ελαφριά έως μεσαίου βάρους φορτία. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα, ανάλογα με τον εξοπλισμό τους, προβολής εικόνας και ήχου από το πεδίο κίνησής τους. Συχνά θεωρούνται απειλή ως οπτικά συστήματα για την ασφάλεια των κρατικών, αλλά και των στρατιωτικών υπηρεσιών.

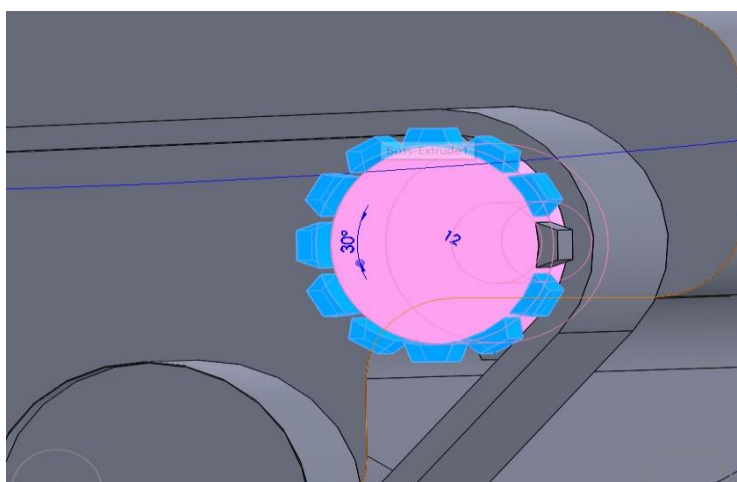
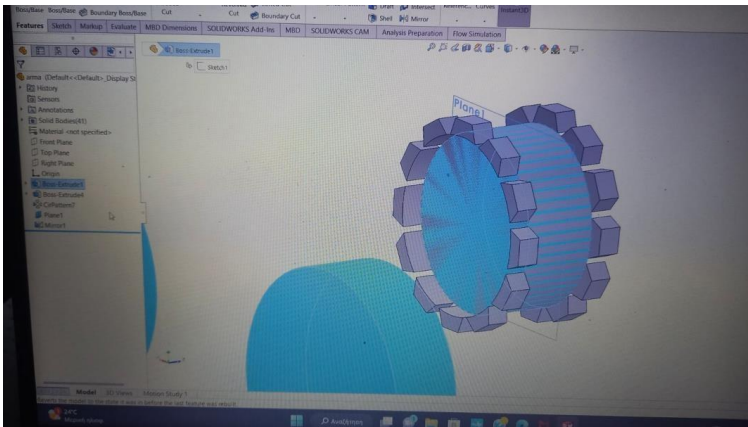
ΣΧΕΔΙΑΣΗ CAD

Από τη στιγμή που οι υπολογιστές άρχισαν να χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία, ένα από τα πρώτα πράγματα που εφαρμόστηκαν ήταν η σχεδίαση CAD. Το CAD είναι η συντομογραφία του όρου "Computer-Aided Design", δηλαδή "Σχεδιασμός με τη Βοήθεια Υπολογιστή". Πρόκειται για ένα είδος λογισμικού, το οποίο εφαρμόζεται σε διάφορους τομείς της βιομηχανίας και χρησιμοποιείται για τον ψηφιακό σχεδιασμό διαφόρων αντικειμένων, από μηχανικά εξαρτήματα μέχρι αρχιτεκτονικά έργα, με την υποστήριξη και βοήθεια του υπολογιστή. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον σχεδιασμό χαρακτήρων και την ενσωμάτωσή τους σε κινούμενα σχέδια ταινιών, προσομοιώσεις και άλλες εφαρμογές. Η χρήση των νέων τεχνολογιών επιτρέπει τη δημιουργία ενός πρακτικού σχεδίου, αποφεύγοντας τις συμβατικές μεθόδους της εποχής. Ταυτόχρονα, παρέχει τη δυνατότητα για γρήγορες τροποποιήσεις και ευκολία στη δημιουργία αντιγράφων του σχεδίου με περισσότερες δυνατότητες. Πράγματι, τα προγράμματα επιτρέπουν πλέον τον σχεδιασμό σε διαστάσεις 2D και 3D, την εφαρμογή υφής, υλικών, δομικών υπολογισμών, φωτισμού, κίνησης, και πολλά άλλα (Δεδούσης, Γιαννατσής, Κανελλίδης, 2015).

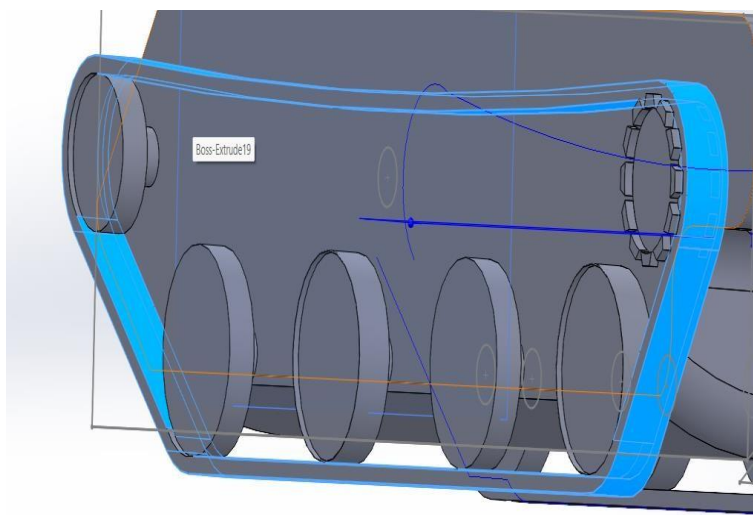
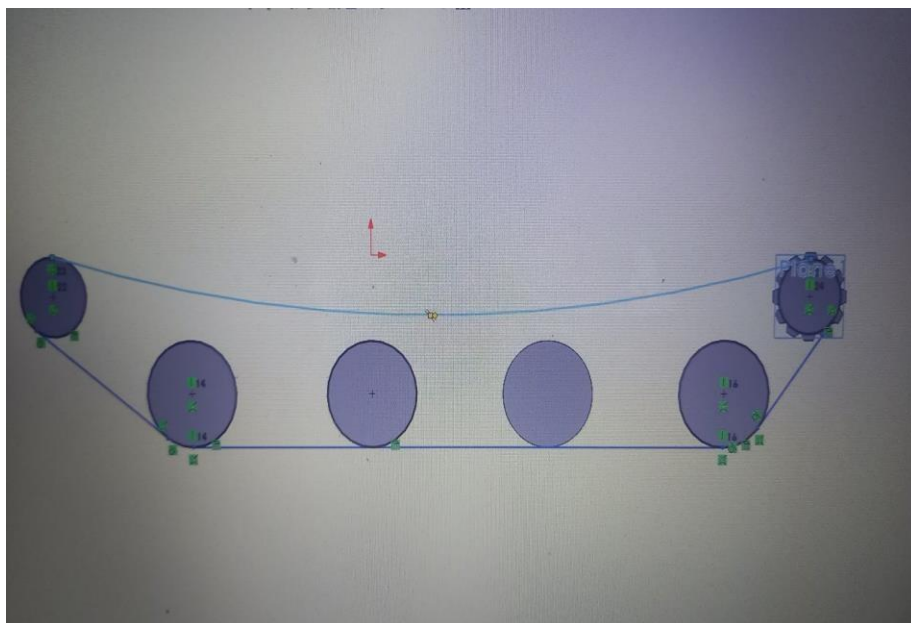
Στην παρούσα εργασία, πραγματοποιήθηκε αρχικά ο ψηφιακός σχεδιασμός του μη επανδρωμένου οχήματός μας με το πρόγραμμα SolidWorks, όπως απεικονίζεται στις παρακάτω

φωτογραφίες και στη συνέχεια προχωρήσαμε στην κατασκευή του. Το SolidWorks είναι μια εφαρμογή μοντελοποίησης με υποστήριξη υπολογιστή (CAD) και μηχανικής με τη βοήθεια υπολογιστή (CAE) που δημοσιεύεται από την Dassault Systèmes. Χρησιμοποιείται για το σχεδιασμό όλων των ειδών προϊόντων, όπως αυτοκίνητα, εξοπλισμό πλοίων, εξαρτήματα αεροπλάνων, κινητά τηλέφωνα, κάμερες, έπιπλα, ηλεκτρικές συναρμολογήσεις, γυαλιά, φωτιστικά, παιχνίδια, ηλεκτρικές σκούπες ή άλλα παρόμοια. Πάνω από δύο εκατομμύρια μηχανικοί και σχεδιαστές σε περισσότερες από 165.000 εταιρείες χρησιμοποιούν το SolidWorks από το 2013.

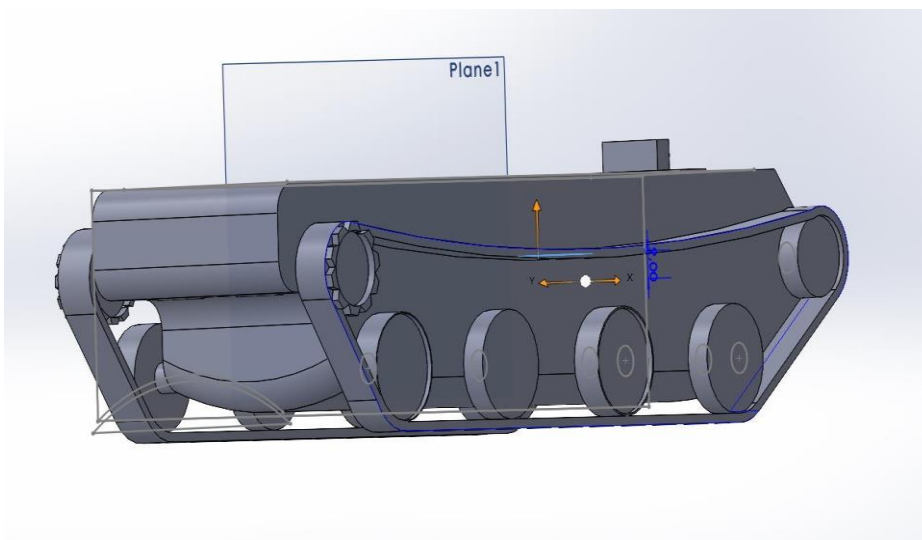
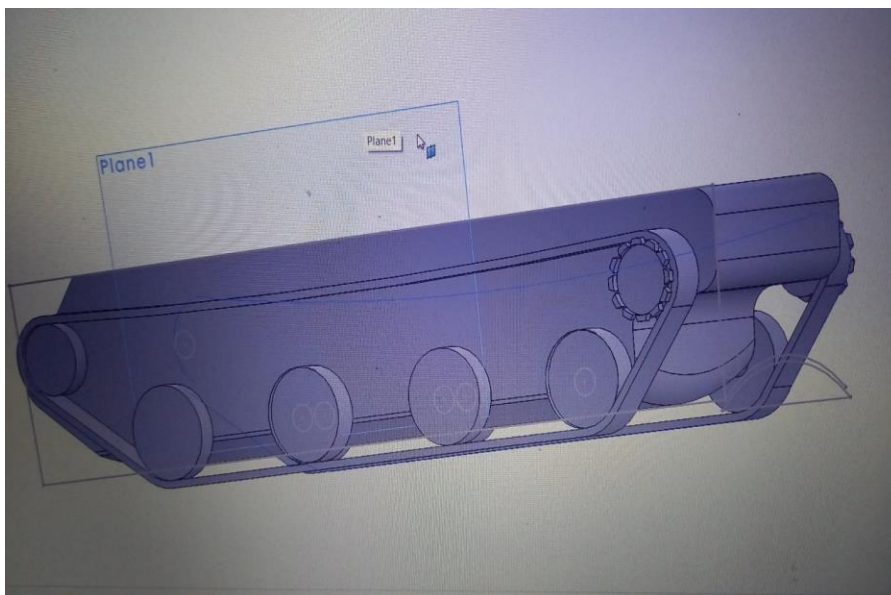
Σχεδιασμός Γραναζιών κίνησης του οχήματος



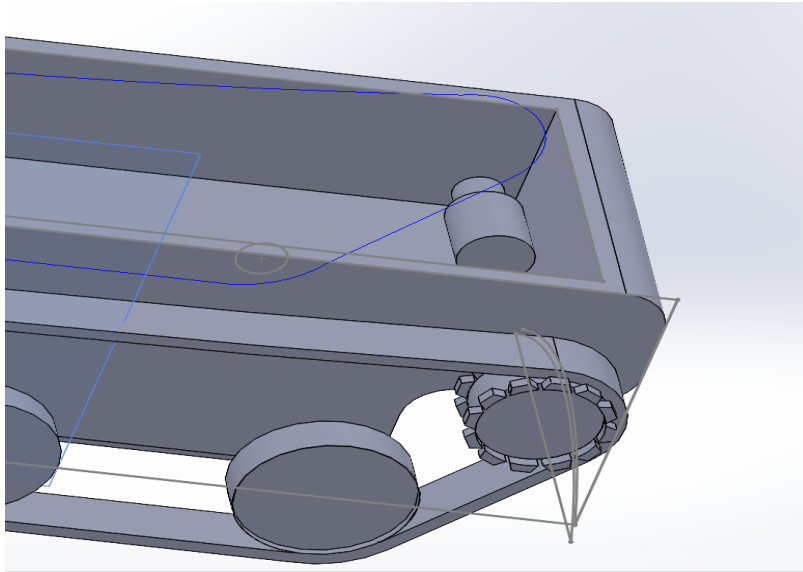
Σχεδιασμός της δεύτερης πλευράς γραναζιών, των τροχών κύλισης και της ερπύστριας (αλυσίδα) κύλισης του μη επανδρωμένου οχήματος.



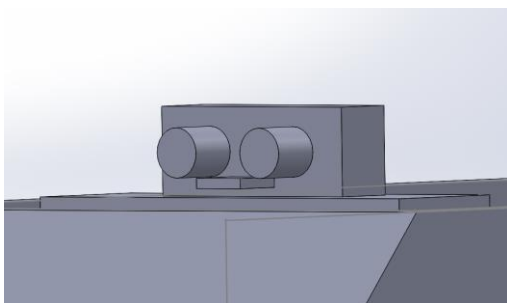
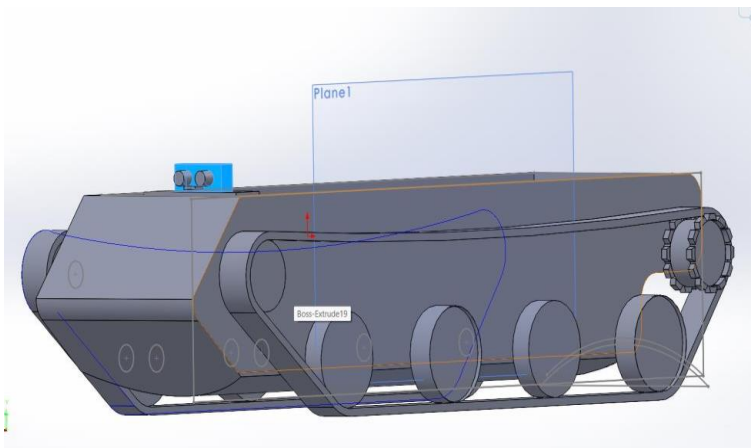
Περιμετρική εξωτερική απεικόνιση της βάσης του μη επανδρωμένου οχήματος, των γραναζιών κίνησης, των τροχών κύλισης, καθώς και των ερπυστριών του μη επανδρωμένου οχήματος.



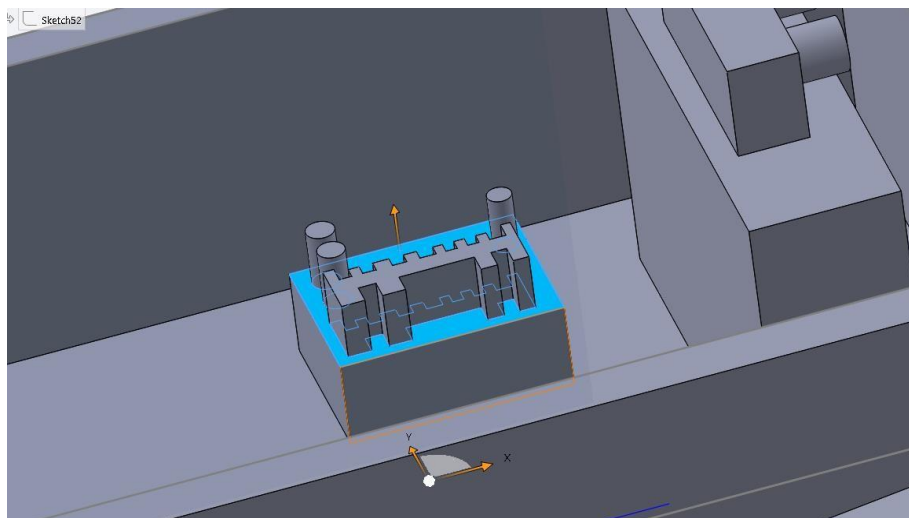
Σχεδίαση του εσωτερικού της βάσης του οχήματος και απεικόνιση των μοτέρ για την κίνηση των γραναζιών μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η κίνηση του UGV.



Εισαγωγή αισθητήρα υπερήχων σε κατάλληλα διαμορφωμένη στήριξη στη βάση του σκελετού του οχήματός μας στο εμπρόσθιο τμήμα του.



Γέφυρα H-L298N για τον έλεγχο των κινητήρων.



ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΗ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΟΥ ΕΠΙΓΕΙΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ

Στο μη επανδρωμένο επίγειο όχημα που κατασκευάστηκε, έχει χρησιμοποιηθεί η πλατφόρμα του Arduino, που έχει μικροελεγκτή (μονάδα), ο οποίος περιλαμβάνει μνήμη, επεξεργαστή και υποστήριξη για ψηφιακούς και αναλογικούς αισθητήρες. Συνήθως, διαθέτει υποδοχές GPIO (General Purpose Input/Output) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη σύνδεση με διάφορες εξωτερικές συσκευές.

Το Arduino είναι μια ανοικτού κώδικα υπολογιστική πλατφόρμα όπου μπορεί ο χρήστης με μια απλή πλακέτα, έναν μικροελεγκτή εισόδου-εξόδου, να γράφει κώδικα σε ένα προγραμματισμένο περιβάλλον. Ως γλώσσα χρησιμοποιείται η Wiring C. Είναι πολύ δημοφιλής λόγω του μικρού του μεγέθους, γεγονός που το καθιστά ιδανικό για εφαρμογές όπου ο χώρος είναι περιορισμένος. Επίσης, είναι εύκολο να προγραμματιστεί μέσω του περιβάλλοντος ανάπτυξης Arduino, στο οποίο οι χρήστες μπορούν να γράψουν κώδικα και να μεταφορτώσουν το πρόγραμμα στο Arduino για να εκτελεστεί από τον μικροελεγκτή.

Επιλέχθηκε η συγκεκριμένη πλατφόρμα, καθώς τα πλεονεκτήματα της χρήσης του Arduino είναι αρκετά, ένα εξ αυτών η χαμηλή τιμή της πλακέτας σε σύγκριση με άλλες πλακέτες. Το πρόγραμμα του Arduino εκτελείται σε Windows, Mac και Linux. Επιπλέον, είναι ιδανικό για χρήση ακόμη και από μη τόσο έμπειρα άτομα σε γλώσσες ηλεκτρονικών και είναι σχετικά απλό στη χρήση του. Επιπροσθέτως, υπάρχει εύκολη πρόσβαση σε πληροφορίες σχετικά με την

πλατφόρμα, καθώς χρησιμοποιείται ευρέως. Μάλιστα, υπάρχουν ιστοσελίδες οι οποίες παρέχουν λύσεις σε διάφορα projects, ενώ υπάρχει και η δυνατότητα καθοδήγησης από κάποιον έμπειρο. Τέλος, υπάρχει η δυνατότητα μελέτης και τροποποίησης του κώδικα από τον χρήστη ανάλογα με τις ανάγκες της εκάστοτε λειτουργίας που επιζητά. Για να επιτευχθεί μια οικονομική και υλοποιήσιμη κατασκευή θα πρέπει να γίνει ένα μικρού μεγέθους μη επανδρωμένο όχημα, το οποίο καλείται να εκτελέσει μια αποστολή, οι απαιτήσεις της οποίας είναι απλές. Αναζητήθηκε μια εύκολη σε λειτουργία υπολογιστική πλατφόρμα, οικονομική και ικανή να τροποποιηθεί ανάλογα με τις απαιτήσεις του χρήστη για μελλοντική εξέλιξη.

Το Arduino Uno είναι μια πλακέτα μικροελεγκτή, η οποία είναι βασισμένη στον επεξεργαστή της Atmel ATmega 328P. Μπορεί να τροφοδοτηθεί με συνεχές ρεύμα (direct current DC) είτε αυτό το ρεύμα έρθει από τον υπολογιστή μέσω USB είτε από κάποια εξωτερική τροφοδοσία μέσω της μαύρης υποδοχής που βρίσκεται δίπλα ακριβώς από την είσοδο USB. Επίσης, αξίζει να αναφερθεί πως η εξωτερική τροφοδοσία πρέπει να έχει εύρος από 7V μέχρι 12V (Arduino Uno manual, 2022).

ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ

Μια ποικιλία αισθητήρων βοηθούν τα αυτόνομα μη επανδρωμένα οχήματα να ελέγξουν το περιβάλλον γύρω τους και να το αξιολογήσουν. Οι διάφοροι τύποι αισθητήρων επιτρέπουν στο όχημα να ανιχνεύει αποστάσεις, αντικείμενα και εμπόδια, επιτρέποντας του ομαλούς ελιγμούς στους δρόμους ώστε να φτάσει στον προορισμό του. Αυτοί οι αισθητήρες συλλέγουν τις πληροφορίες για όλα τα γύρω αντικείμενα και τις τροφοδοτούν στην κεντρική μονάδα επεξεργασίας του οχήματος, η οποία με τη βοήθεια προηγμένων τεχνικών, τα επεξεργάζεται και επιτρέπει τη σωστή απόφαση και την αντίστοιχη ενέργεια στην οποία πρέπει να προβεί το μηχανήμα για να σχεδιάσει την πορεία του και να προχωρήσει μπροστά.

Αισθητήρας υπερήχων

Οι αισθητήρες υπερήχων χρησιμοποιούνται κατά τη στάθμευση για να ενημερώσουν και να προειδοποιήσουν το όχημα για πιθανή σύγκρουση. Μετρούν την ακριβή απόσταση του οχήματος από ένα αντικείμενο με τη βοήθεια των ηχητικών κυμάτων που εκπέμπονται για να χτυπήσουν ένα αντικείμενο και να λάβουν πίσω την πληροφορία. Χρησιμοποιούνται ευρέως στις σύγχρονες αυτοκινητοβιομηχανίες μαζί με το LIDAR και το RADAR.

Ο αισθητήρας υπερήχων βασίζεται στην αρχή λειτουργίας του χρόνου πτήσης. Υπολογίζει τον χρόνο μεταξύ της αποστολής και της λήψης ενός ανακλώμενου ηχητικού σήματος. Ένα πλεονέκτημα αυτού του είδους μέτρησης απόστασης είναι ότι το αποτέλεσμα της μέτρησης δεν επηρεάζεται από τις ιδιότητες του υλικού του ανιχνευμένου αντικειμένου. Η αξιόπιστη ανίχνευση είναι εγγυημένη ακόμα και με λαμπερές, έγχρωμες ή ανάγλυφες επιφάνειες ή οπτικά διαφανή αντικείμενα.

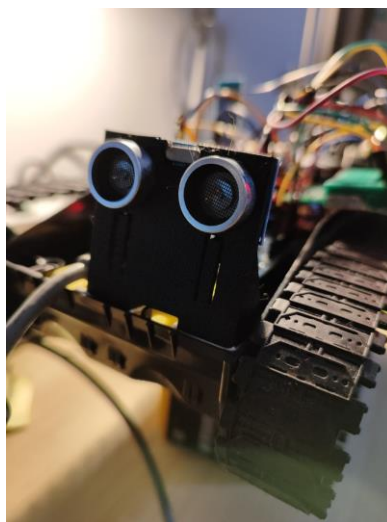
Ο αισθητήρας υπερήχων HC-SR04, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, χρησιμοποιεί SONAR για να προσδιορίσει την απόσταση ενός αντικειμένου, όπως κάνουν και οι νυχτερίδες. Προσφέρει εξαιρετική ανίχνευση εύρους, από 2 εκ. έως 400 εκ., χωρίς επαφή, με υψηλή ακρίβεια και σταθερές μετρήσεις, και είναι εύκολο στη χρήση. Η λειτουργία δεν επηρεάζεται από τον ήλιο ή μαύρα υλικά, αν και κάποια μαλακά υλικά, όπως κάποιο ρούχο, μπορεί να είναι δύσκολα ανιχνεύσιμα, όταν χρησιμοποιούμε πλήρες υπερηχητικό πομπό και δέκτη.



Εικόνα 1 : Υπερηχητικός αισθητήρας για παραγωγή υπερήχων σε κίνηση ανίχνευσης

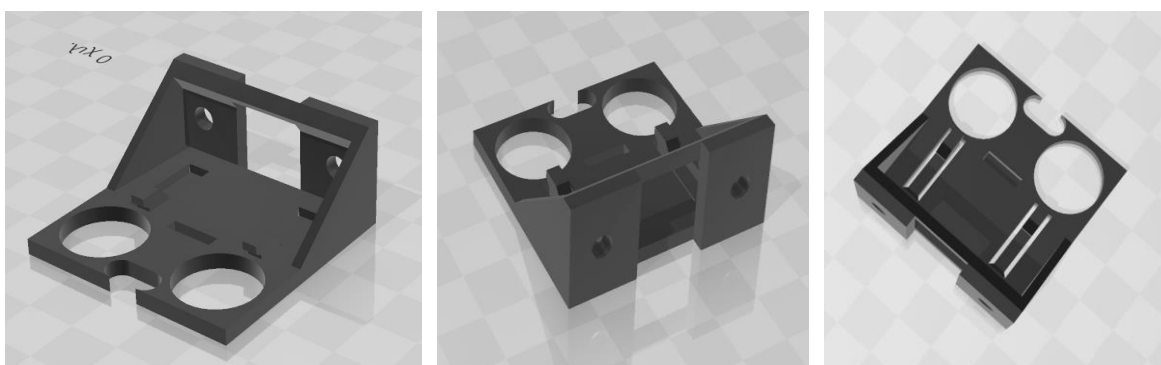
Ο υπερηχητικός αισθητήρας χρησιμοποιεί την αντανάκλαση του ήχου για την απόκτηση του χρόνου μεταξύ του κύματος που στέλνεται και του κύματος που λαμβάνεται. Συνήθως στέλνει ένα κύμα στον τερματισμό μετάδοσης και λαμβάνει τα ανακλώμενα κύματα. Ο χρόνος που απαιτείται, χρησιμοποιείται μαζί με την κανονική ταχύτητα του ήχου στον αέρα (340m/s) για τον προσδιορισμό της απόστασης μεταξύ του αισθητήρα και του εμποδίου. Ο υπερηχητικός αισθητήρας έχει χρησιμοποιηθεί από διάφορους ερευνητές για την ανίχνευση των κινήσεων των αντικειμένων καθώς πλησιάζουν (Ervin, 2010·Soni et al.,2017).

Για τη στήριξη του αισθητήρα υπερήχων και την ευθύγραμμη αποστολή δέσμης υπερήχων, καθώς και την αποφυγή μετατοπίσεων του αισθητήρα ή της καθετότητας της δέσμης λόγω κραδασμών του μη επανδρωμένου οχήματός μας, κατασκευάστηκε σε 3D printer, βάση η οποία θα είναι κατάλληλα προσαρμοσμένη στο σασί του οχήματος.



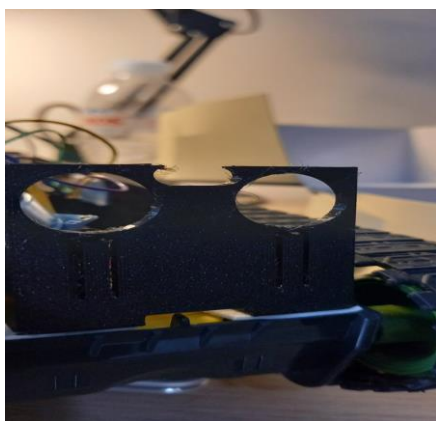
Εικόνα 2: Αισθητήρας υπερήχων στηριγμένος σε βάση

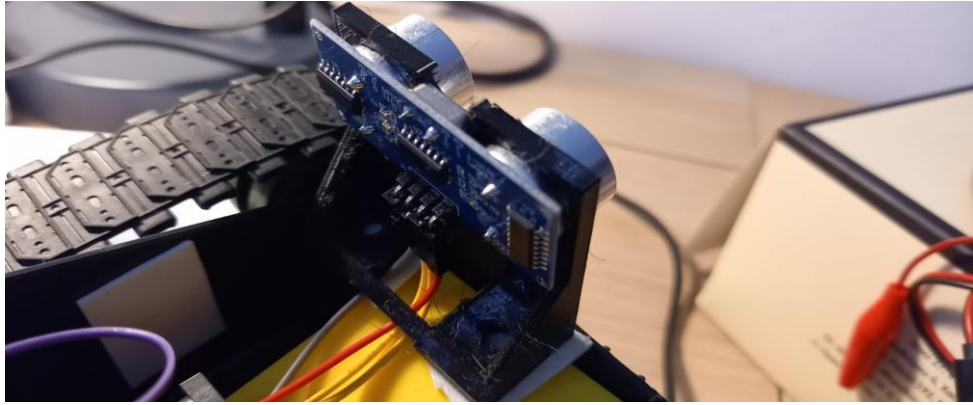
Για την κατασκευή της βάσης στήριξης του αισθητήρα υπερήχων, έγινε μελέτη διαστάσεων προσαρμοσμένη για το μη επανδρωμένο όχημα και έγινε κατάλληλος σχεδιασμός στο σχεδιαστικό πρόγραμμα 3D builder.



Εικόνα 3: Βάση στήριξης

Αφού σχεδιάστηκε, έγινε εκτύπωση και τοποθετήθηκε ο αισθητήρας και στη συνέχεια προσαρμόστηκε στο όχημα με την κάτω μορφή:

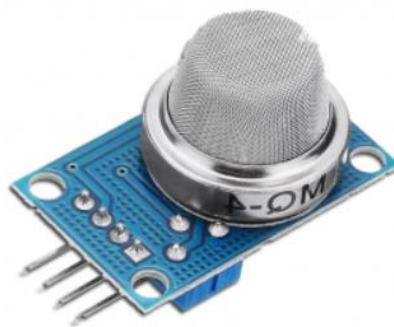




Εικόνα 4: Τοποθέτηση αισθητήρα στο όχημα

Αισθητήρας ανίχνευσης διαρροής αερίου και καπνού

Ο αισθητήρας μεθανίου MQ4 είναι ένας τύπος αισθητήρα αποτελούμενος από έναν πυκνωτή μετάλλου-οξειδίου ημιαγωγού (πυκνωτής MOS), ο οποίος χρησιμοποιείται για την ανίχνευση της συγκέντρωσης μεθανίου στον αέρα και παρέχει έξοδο σε μορφή αναλογικής τάσης με την ανάγνωσή της. Αυτός ο αισθητήρας αερίου περιλαμβάνει κυρίως ένα ανιχνευτικό στοιχείο, όπως κεραμικό, βασισμένο σε οξείδιο αλουμινίου (Al_2O_3), επικαλυμμένο με διοξείδιο κασσίτερου (SnO_2) και τοποθετημένο μέσα σε δίχτυ από ανοξείδωτο χάλυβα. Όταν το αέριο μεθανίου και τα στοιχεία ανίχνευσης έρχονται σε επαφή μεταξύ τους, η αντίσταση του στοιχείου ανίχνευσης θα αλλάξει. Στη συνέχεια, η αλλαγή μετριέται για να πάρουμε τη συγκέντρωση αερίου μεθανίου (Elprocus.com).



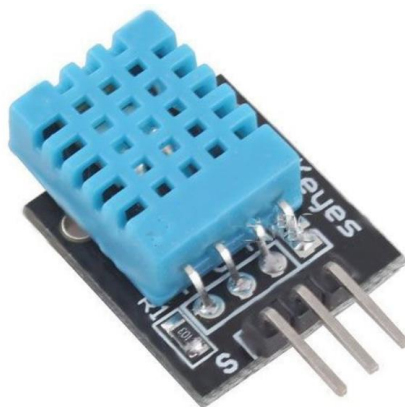
Εικόνα 5: Αισθητήρας μεθανίου MQ-4 για Arduino

Ο αισθητήρας μεθανίου MQ4 χρησιμοποιείται εκτενώς για την ανίχνευση διαρροής αερίου στο σπίτι ή σε βιομηχανίες, όπως το μέθανο (CH_4) και το φυσικό αέριο. Τα χαρακτηριστικά του αισθητήρα είναι μια τάση λειτουργίας 5V, με ρεύμα 150mA και καταναλώνει περίπου 750 mW. Η ανιχνεύσιμη πυκνότητα συγκέντρωσης για τον ανιχνευτή κυμαίνεται από 300 ppm έως 10.000

ppm, το οποίο είναι κατάλληλο για την ανίχνευση διαρροής, έχει γρήγορη απόκριση και το μέγεθος του είναι 32x22x27mm. Αυτός ο αισθητήρας ανταποκρίνεται με αξιοπιστία, σε ένα πολύ μικρό χρονικό διάστημα και, με βάση τις απαιτήσεις του χρήστη, μπορεί να ρυθμιστεί κατάλληλα μέσω ενός ποτενσιόμετρου με τον αντίστοιχο βαθμό ευαισθησίας. Είναι ένας αισθητήρας αναλογικής έξοδου, με τον αισθητήρα να τον χρησιμοποιούμε για έλεγχο διαρροών σε βιομηχανικό περιβάλλον ή σε στρατιωτικές επιχειρήσεις για την εύρεση CNG (συμπιεσμένου φυσικού αερίου), αλλά και μεθανίου. Επομένως, εάν η συγκέντρωση αερίου αυξηθεί, τότε η τάση εξόδου θα αυξηθεί.

Αισθητήρας θερμοκρασίας και υγρασίας DHT11

Αυτός ο αισθητήρας ανιχνεύει τα ποσοστά υγρασίας και θερμοκρασίας με μια βαθμονομημένη ψηφιακή έξοδο στο χώρο, παρέχει πολύ ακριβείς τιμές υγρασίας και θερμοκρασίας και εξασφαλίζει υψηλή αξιοπιστία και μακροπρόθεσμη σταθερότητα. Διαθέτει μια αντίσταση και ένα στοιχείο μέτρησης θερμοκρασίας με έναν ενσωματωμένο 8-bit μικροελεγκτή που έχει γρήγορη απόκριση και είναι αρκετά οικονομικός, ενώ είναι διαθέσιμος σε πακέτο με 4 ακίδες σε μία σειρά.



Εικόνα 6: Αισθητήρας DHT11

Ο DHT11 λειτουργεί με σειριακή επικοινωνία, δηλαδή με μονοκλωνική επικοινωνία. Αυτός ο αισθητήρας στέλνει δεδομένα σε μορφή σειράς παλμών σε συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Πριν από την αποστολή δεδομένων στο Arduino, χρειάζεται κάποια εντολή αρχικοποίησης με καθυστέρηση χρόνου και για την ολοκλήρωση της διαδικασίας χρειάζονται περίπου 4ms καθώς η σειριακή διεπαφή ενός καλωδίου καθιστά την ενσωμάτωση του συστήματος γρήγορη και εύκολη. Το μικρό μέγεθος του, η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και η μετάδοση σήματος έως και 20 μέτρα, το καθιστούν την καλύτερη επιλογή για διάφορες εφαρμογές,

συμπεριλαμβανομένων και αυτών με υψηλές απαιτήσεις (Aziz et al., 2010·Parrish & Hickey, 1972).

Κινητήρες DC



Εικόνα 7: Κινητήρας DC

Πρόκειται για συνεχείς ενεργοποιητές που μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική. Αυτό επιτυγχάνεται με τη δημιουργία μιας συνεχούς γωνιακής περιστροφής που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την περιστροφή αντλιών, τροχών, ανεμιστήρων κτλ. Ο κινητήρας DC (ή κινητήρας συνεχούς ρεύματος) αποτελεί τον συνηθέστερα χρησιμοποιούμενο κινητήρα για την παραγωγή συνεχούς κίνησης και της οποίας η ταχύτητα περιστροφής μπορεί εύκολα να ελεγχθεί. Συνεπώς, είναι ιδανικός για χρήση σε διάφορες εφαρμογές. Αποτελείται από δύο μέρη, έναν «στάτορα», ο οποίος είναι το σταθερό τμήμα, κι έναν «περιστροφέα», ο οποίος είναι το περιστρεφόμενο τμήμα. Οι κινητήρες DC έχουν σχεδόν γραμμικά χαρακτηριστικά με την ταχύτητα περιστροφής τους να καθορίζεται από την εφαρμοζόμενη τάση συνεχούς ρεύματος κι η ροπή εξόδου τους να καθορίζεται από το ρεύμα που ρέει μέσω των περιελίξεων του κινητήρα. Η ταχύτητα περιστροφής κάθε κινητήρα DC μπορεί να ποικίλει από μερικές περιστροφές ανά λεπτό σε πολλές χιλιάδες στροφές ανά λεπτό, καθιστώντας τους κατάλληλους για ηλεκτρονικές, ρομποτικές ή αυτοκινητοβιομηχανικές εφαρμογές. Συνδυάζοντάς τους με κιβώτια ταχυτήτων, η ταχύτητα εξόδου τους μπορεί να μειωθεί, ενώ, παράλληλα, αυξάνει την ισχύ ροπής του κινητήρα σε υψηλή ταχύτητα.



Εικόνα 8: Κινητήρας DC προσαρμοσμένος κατάλληλα στο UGV

Γέφυρα H-L298N

Η γέφυρα H-L298N αφορά τον έλεγχο των κινητήρων. Είναι ένας οδηγός για κινητήρες συνεχούς ρεύματος. Με αυτό το πλακετάκι δίνεται κίνηση στους κινητήρες, ενώ μπορεί να υποστηρίξει έως δύο κινητήρες. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε απλούς κωδικούς προγραμματίζοντας το Arduino και να ελέγξουμε τους κινητήρες DC με απλό κι ελεγχόμενο τρόπο. Γενικά, αυτός ο τύπος μονάδας χρησιμοποιείται περισσότερο στη ρομποτική ή σε ενεργοποιητές που χρησιμοποιούν κινητήρες, αν και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πολλές εφαρμογές.



Εικόνα 9: Γέφυρα H-L298N

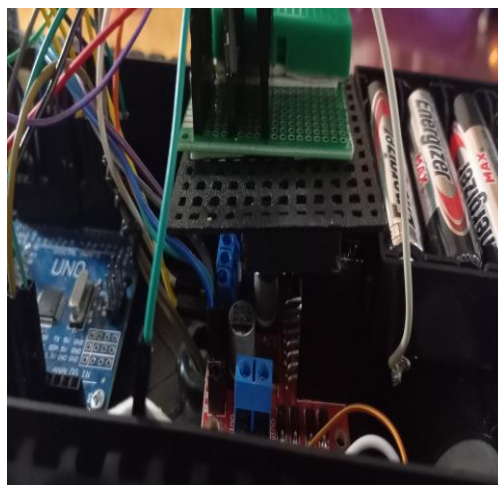
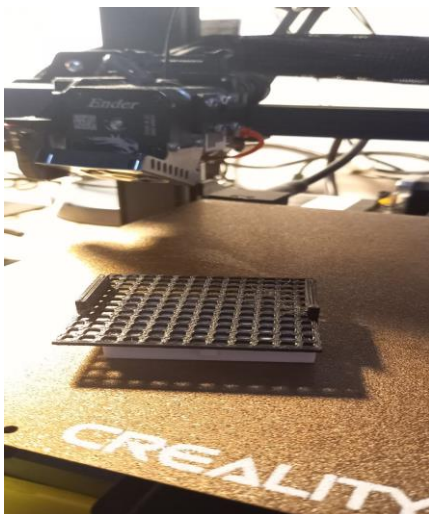
Breadboard

Το breadboard είναι μία πλακέτα διασύνδεσης χωρίς κολλήσεις ή ράστερ ή πλακέτα δοκιμών ή πλακέτα γενικών συνδέσεων και είναι μια βάση πάνω στην οποία προσαρμόζονται, συνήθως, προσωρινά ηλεκτρονικά εξαρτήματα, ώστε να δοκιμαστεί ένα πρωτότυπο ηλεκτρονικό κύκλωμα. Η τοποθέτηση των εξαρτημάτων δε χρειάζεται κόλληση, είναι προσωρινή κι έτσι, τόσο τα εξαρτήματα όσο και το breadboard, μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν. Γι' αυτό το λόγο, χρησιμοποιείται πολύ στην τεχνολογική εκπαίδευση και στην έρευνα. Μπορούν να μοντελοποιηθούν ποικίλα ηλεκτρονικά κυκλώματα, αναλογικά ή ψηφιακά, μικρά ή ακόμα και μεγάλα, αν συνδυαστούν πολλά breadboard. Μπορεί να δημιουργηθεί, ακόμα, και μία κανονική Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας, χωρίς, βέβαια, πρακτική παρά μόνο εκπαιδευτική αξία (Grobotronics.com).



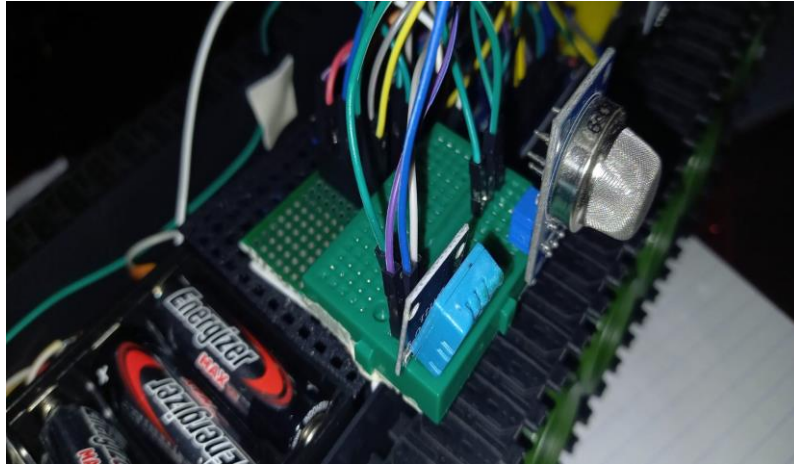
Εικόνα 10 :Πλακέτα Breadboard

Για την καλύτερη στήριξη του breadboard κατασκευάστηκε μια βάση στήριξης σε 3D printer, όπως απεικονίζεται στις παρακάτω εικόνες:



Εικόνες 11,12: Τοποθέτηση της εκτυπωμένης βάσης από 3d printer και προσαρμογή στη δομή του μη επανδρωμένου οχήματος.

Εν συνεχεία, τοποθετήθηκαν στη βάση με το breadboard οι αισθητήρες υγρασίας/θερμοκρασίας και ελέγχου καπνού/αερίων.

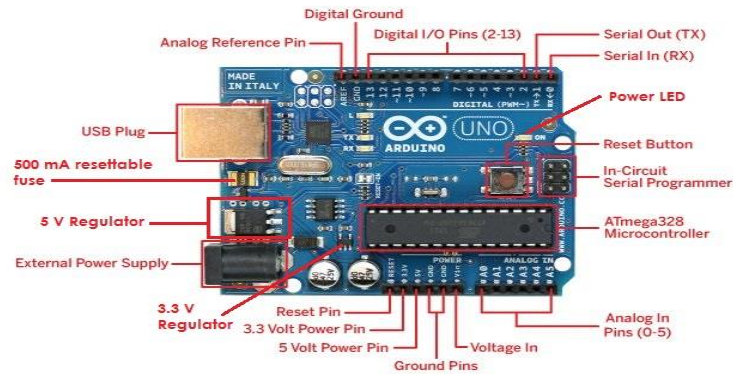


Εικόνα 13: Breadboard στηριγμένο σε βάση κατασκευασμένη στ 3D printer με προσαρτημένους τους αισθητήρες αερίων και θερμοκρασίας/υγρασίας

Πλακέτα ARDUINO UNO

Η οικογένεια Arduino είναι μεγάλη (π.χ. Arduino Micro, Arduino Nano, Arduino Ethernet κτλ.), μέρος της οποίας είναι το Arduino Uno, το οποίο είναι ίσως το πιο διαδεδομένο και χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία για την κατασκευή του οχήματός μας.

Το Arduino Uno, όπως προαναφέρθηκε, είναι μια πλακέτα μικροελεγκτή, η οποία είναι βασισμένη στον επεξεργαστή της Atmel ATmega 328P. Μπορεί να τροφοδοτηθεί με συνεχές ρεύμα (direct current DC) είτε αυτό το ρεύμα έρθει από τον υπολογιστή μέσω USB είτε από κάποια εξωτερική τροφοδοσία μέσω της μαύρης υποδοχής που βρίσκεται δίπλα ακριβώς από την είσοδο USB. Επίσης, αξίζει να αναφερθεί πως η εξωτερική τροφοδοσία πρέπει να έχει εύρος από 7V μέχρι 12V (Arduino Uno manual, 2022).



Εικόνα 14: Πλακέτα Arduino Uno

Το Arduino Uno έχει τρεις ακροδέκτες τροφοδοσίας, όπως παρουσιάζονται παρακάτω:

- Vin: Πρόκειται για την τάση εισόδου της πλακέτας όταν χρησιμοποιείται εξωτερική πηγή ενέργειας.
- 5V: Η τάση που χρησιμοποιείται από διάφορα μέρη της πλακέτας και τον μικροελεγκτή είναι 5V. Η τάση η οποία δίνει αυτός ο ακροδέκτης είναι είτε η τάση 5V που δίνει η σύνδεση με USB είτε η ρυθμιζόμενη τάση που δίνεται μέσω του Vin.
- GND: είναι οι εισοδοί γείωσης (Arduino Uno manual, 2022).



Εικόνα 15: Πλακέτα Arduino Uno (Power)

Ο μικροεπεξεργαστής ATmega328 έχει τρεις ομάδες μνήμης. Διαθέτει Flash memory, όπου αποθηκεύονται τα Arduino sketch. Επίσης, διαθέτει SRAM (Static Random Access Memory), στην οποία δημιουργείται το sketch και χρησιμοποιεί τις μεταβλητές, όταν αυτό τρέχει. Έχει, ακόμα, τη μνήμη EEPROM, την οποία χρησιμοποιούν οι προγραμματιστές για να αποθηκεύσουν μακροχρόνιες πληροφορίες. Τα προγράμματα για την αποθήκευση μεταβλητών είτε πινάκων κλπ, χρησιμοποιούν τη μνήμη SRAM 2KB. Η συγκεκριμένη μνήμη χάνει τα δεδομένα της, όταν η παροχή ρεύματος στο Arduino σταματήσει ή πατηθεί το κουμπί της επανεκκίνησης. Ακόμα, το 1KB μνήμης EEPROM μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εγγραφή ή για ανάγνωση δεδομένων από τα προγράμματα.

Σε αντίθεση με την μνήμη SRAM, η μνήμη EEPROM δεν χάνει τα περιεχόμενά της σε περίπτωση απώλειας της τροφοδοσίας ή επανεκκίνησης πατώντας το κουμπί. Το Arduino Uno έχει 32KB μνήμης Flash, εκ των οποίων τα 2KB χρησιμοποιούνται από το Firmware του Arduino, το οποίο είναι ήδη εγκατεστημένο από τον κατασκευαστή του. Το Firmware είναι απαραίτητο για την εγκατάσταση προγραμμάτων μέσω της θύρας USB στον μικροελεγκτή. Τα υπόλοιπα 30KB της μνήμης Flash χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση των προγραμμάτων, αφού, βέβαια, μεταγλωττιστούν στον υπολογιστή. Η μνήμη Flash δεν χάνει τα περιεχόμενα που διαθέτει είτε λόγω απώλειας ρεύματος είτε λόγω επανεκκίνησης (Arduino Uno manual, 2022).

Η πλακέτα του Arduino Uno διαθέτει, επίσης, 14 ψηφιακούς ακροδέκτες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για είσοδο και έξοδο ψηφιακών τιμών. Το Arduino, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, έχει 5V τάση στους ακροδέκτες με αποτέλεσμα αν ένας ακροδέκτης εισόδου φέρει τάση 5V να διαβαστεί ως λογικό 1, ενώ αν όχι, να διαβαστεί ως 0. Έτσι και αντίστοιχα ο ακροδέκτης εξόδου γράφει το λογικό 1 ως τάση των 5V, ενώ 0 όταν αντιστοιχεί στην γείωση. Εκτός από τη γενική λειτουργία των ακροδεκτών εισόδου και εξόδου, κάποιοι ακροδέκτες έχουν επιπρόσθετες λειτουργίες. Οι ακροδέκτες 0 και 1 λειτουργούν ως RX και TX της σειριακής θύρας, όταν το πρόγραμμα ενεργοποιεί τη σειριακή θύρα. Συνεπώς, όταν το πρόγραμμα στέλνει δεδομένα στη σειριακή θύρα, αυτά προωθούνται και στην θύρα USB μέσω του ελεγκτή Serial-Over-USB, αλλά και στον ακροδέκτη 0 για να διαβάσει μια άλλη συσκευή. Αν στο πρόγραμμα ενεργοποιηθεί το σειριακό interface, αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα να χάσει 2 ψηφιακές εισόδους/εξόδους της πλακέτας μας. Οι ακροδέκτες 2 και 3 λειτουργούν και ως εξωτερικά interrupt. Οι ρυθμίσεις αυτές γίνονται μέσα από το πρόγραμμα με αποτέλεσμα να λειτουργούν αποκλειστικά ως ψηφιακές εισοδοί. Με αυτό τον τρόπο, όταν συμβαίνουν συγκεκριμένες αλλαγές σε αυτές, σταματά η κανονική ροή του προγράμματος άμεσα και εκτελείται μια συγκεκριμένη συνάρτηση. Επιπλέον, τα εξωτερικά interrupt είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για εφαρμογές που απαιτούν συγχρονισμό μεγάλης ακρίβειας. Οι ακροδέκτες 3,5,6,10 και 11 μπορούν να λειτουργήσουν και ως ψευδό αναλογικές έξοδοι με το σύστημα PWM (Pulse Width Modulation) (Arduino Uno manual, 2022).



Εικόνα 16 : Πλακέτα Arduino Uno (Digital)

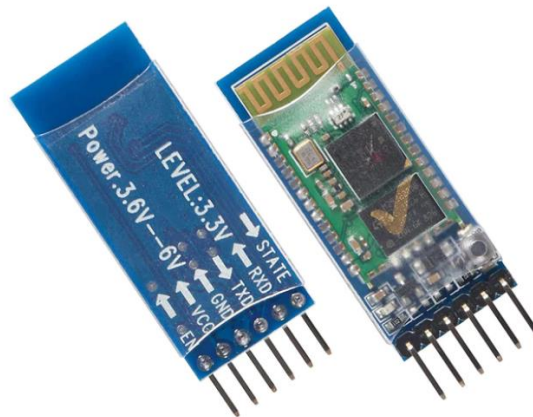
Από την άλλη πλευρά της πλακέτας θα δούμε μια σήμανση η οποία διαθέτει 6 pin και ονομάζεται Analog In.



Εικόνα 17: Πλακέτα Arduino Uno (Power, Analog In)

Αισθητήρας BLUETOOTH HC-05

Πρόκειται για έναν αισθητήρα με μετάδοση δεδομένων βασισμένο στο τσιπ cc2541. Μπορεί να ελεγχθεί μέσω απλών εντολών (UART) ή να προγραμματιστεί με προσαρμοσμένες εφαρμογές. Είναι ιδανικός για χρήση σε έργα που απαιτείται σύνδεση Bluetooth, όπως ανάμεσα σε μικροελεγκτή και ηλεκτρονικό υπολογιστή, ή κάποιο smartphone.



Εικόνα 18: Αισθητήρας Bluetooth HC-05

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του αισθητήρα Bluetooth HC-05 είναι τα εξής (Grobotronics.com):

- Δουλεύει με όλους τους USB Bluetooth αντάπτορες
- Εμβέλεια πάνω από 30ft.
- Εσωτερική κεραία
- Ισχύς (input) 3.6-5.5V
- Μικρό μέγεθος

- Διαστάσεις: 1.73 in x 0.63 in x 0.28 in (4.4 cm x 1.6 cm x 0.7 cm)
- Βάρος: 0.25 oz (7 g)

Η επιλογή για τοποθέτηση του αισθητήρα σε υπερυψωμένο σημείο έγινε για αποφυγή παρεμποδίσεων ή παρεμβολών με τον δέκτη. Η στήριξη του αισθητήρα Bluetooth, αλλά και η συγκράτησή του για σταθερότητα πάνω στη βάση του μη επανδρωμένου οχήματος, φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 19: Τοποθέτηση του αισθητήρα Bluetooth HC-05

Η επικοινωνία του αισθητήρα με το smartphone για τον τηλεχειρισμό επετεύχθη μέσω της εφαρμογής Serial Bluetooth Terminal (μέσω του playstore για συσκευές android) με την οποία, μέσω των εντολών για κίνηση εμπρός με την πληκτρολόγηση ``w``, για πίσω ``s``, δεξιά ``d`` και αριστερά ``a``, καταφέρνει ο χειριστής να μετακινήσει το μη επανδρωμένο όχημα. Ακόμη, έχουν δοθεί οι εντολές για αυτόνομη λειτουργία πληκτρολογώντας το ``r``, καθώς και την απεμπλοκή από αυτόνομη λειτουργία πληκτρολογώντας το ``I``. Για την ακινητοποίηση του οχήματος, δίνεται η εντολή ``c`` και για τη μέτρηση της θερμοκρασίας, της υγρασίας, καθώς και των αερίων LPG, CH4 και CO, δίνεται η εντολή ``t``.

MDS-60 Metal Detector

Κάθε ανιχνευτής μετάλλων στέλνει ηλεκτρομαγνητικά κύματα χαμηλής συχνότητας. Όταν τα κύματα αυτά συναντούν ένα μεταλλικό αντικείμενο, τότε το αντικείμενο αυτό δημιουργεί ένα δικό του ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Ο ανιχνευτής μετάλλων εντοπίζει το καινούριο πεδίο που δημιουργήθηκε και, σύμφωνα με τις μετρήσεις που παίρνει, μας δίνει περισσότερες πληροφορίες για τον στόχο. Διευκρινίζουμε ότι κάθε ένα μέταλλο δημιουργεί διαφορετικό ηλεκτρομαγνητικό

πεδίο και έτσι οι ανιχνευτές είναι σε θέση να διαχωρίσουν το είδος του μετάλλου. Το κάθε μέταλλο έχει λοιπόν την δική του ταυτότητα.

Ένας ανιχνευτής μετάλλων λειτουργεί βασιζόμενος στην αρχή της ηλεκτρομαγνητικής αγωγιμότητας των μετάλλων. Τα βασικά βήματα λειτουργίας ενός ανιχνευτή μετάλλων είναι τα εξής:

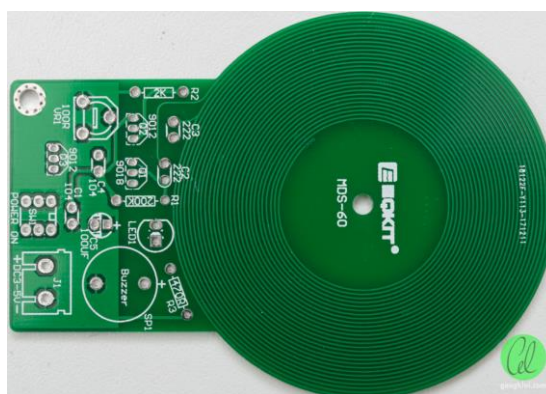
Πηγή Ηλεκτρομαγνητικού Πεδίου: Ο ανιχνευτής περιέχει μια πηγή ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, η οποία παράγει μια ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

Δέκτης: Υπάρχει ένας δέκτης που λαμβάνει το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο και μετρά την αντίσταση του περιβάλλοντος.

Συναγερμός: Αν υπάρξει μεταλλικό αντικείμενο στον χώρο του ανιχνευτή, το μεταλλικό αντικείμενο αλληλεπιδρά με το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο, προκαλώντας μια αλλαγή στην αντίσταση του περιβάλλοντος. Αυτή η αλλαγή εντοπίζεται από τον δέκτη.

Ειδοποίηση: Όταν ο ανιχνευτής ανιχνεύσει μια αλλαγή που υποδεικνύει την παρουσία μετάλλου, εκπέμπει έναν συναγερμό, είτε με ήχο είτε με άλλον τρόπο ειδοποίησης.

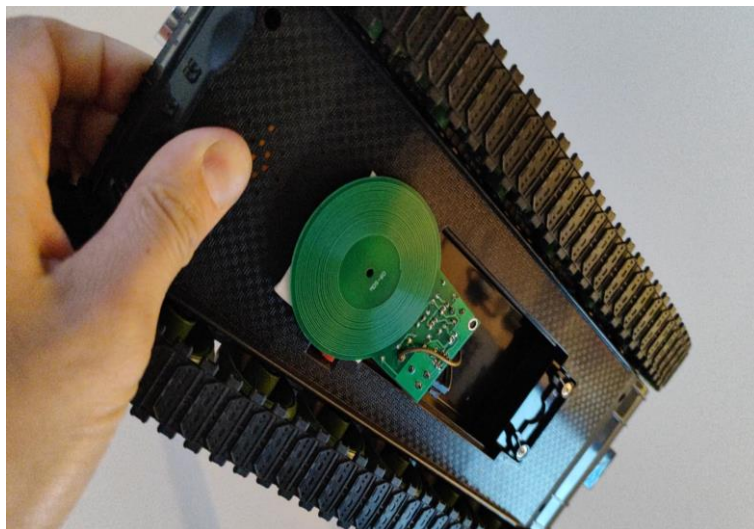
Οι ανιχνευτές μετάλλων χρησιμοποιούνται ευρέως σε διάφορα πεδία, όπως είναι τα αεροδρόμια, οι αστικοί χώροι, οι εκδηλώσεις και η ασφάλεια κτηρίων. Είναι αποτελεσματικοί στον εντοπισμό μεταλλικών αντικειμένων, όπως όπλα ή αντικείμενα που ενδέχεται να απειλούν την ασφάλεια.



Εικόνα 20: MDS-60 Metal Detector

Ο αισθητήρας ανίχνευσης FOD τοποθετήθηκε στο κάτω μέρος του οχήματος και, κατά τη διέλευσή του πάνω από κάποιο μεταλλικό αντικείμενο, στέλνει ειδοποίηση στον χρήστη για την

ανίχνευση αυτού, ενώ παράλληλα εκπέμπει και ηχητικό σήμα για την ειδοποίηση εύρεσης ξένου σώματος στον χώρο ευθύνης του.



Εικόνα 21: MDS-60 Metal Detector προσαρτημένο στη βάση του μη επανδρωμένου οχήματος

Ανίχνευση FOD

Η ζημιά από ξένα αντικείμενα (Foreign Object Damage - FOD) είναι ένα από τα μεγαλύτερα πρόβλήματα στη βιομηχανία συντήρησης αεροσκαφών, το οποίο μειώνει το επίπεδο ασφάλειας ενός αεροσκάφους. Το FOD είναι γνωστό ως μικρό αντικείμενο, σωματίδιο ή σκουπίδι που δεν ανήκει στην επιφάνεια του διαδρόμου ενός αεροδρομίου και έχει τη δυνατότητα να προκαλέσει ζημιά ή βλάβη σε ένα αεροσκάφος με θανατηφόρες συνέπειες ορισμένες φορές (Kraus & Watson, 2001).

Σύμφωνα με τη Federal Aviation Administration, το FOD είναι κυρίως γνωστό ως κίνδυνος για τη λειτουργία αεροσκαφών και του εξοπλισμού. Πράγματι, η πιο σοβαρή περίπτωση του FOD εμπλέκει τραυματισμούς προσωπικού ή ακόμη και θάνατο, και συνήθως συμβαίνει κατά τη διάρκεια των λειτουργιών της γραμμής πτήσεων, κατά την προσγείωση ή την απογείωση (Federal Aviation Administration, 2010).

Το FOD περιλαμβάνει συνολικά τέσσερις βασικές κατηγορίες: τα μεταλλικά, τις πέτρες και τα δομικά υλικά, τα διάφορα αντικείμενα και τα πτηνά, δηλαδή αντικείμενα που δεν ανήκουν στο σύστημα του αεροσκάφους και μπορούν να προκαλέσουν ζημιά σε αυτό. Με άλλα λόγια, το FOD ποικίλλει σε μεγέθη και μπορεί να οριστεί ως οτιδήποτε που βρίσκεται στη γραμμή πτήσεων ή στον βιομηχανικό χώρο συντήρησης αεροναυπηγικού εξοπλισμού και δεν θα έπρεπε να βρίσκεται εκεί (James et al., 2005).

Από το 1998 έως το 2008, αναφέρθηκαν 116 περιστατικά FOD στο Συμβούλιο Αερομεταφορών (Australian Transport Safety Bureau - ATSB), που επηρέασαν αεροσκάφη μεταφορών (cargo) στον αεροπορικό κλάδο, τα οποία συνήθως συνέβησαν κατά τις πιο χαλαρές ώρες λειτουργίας στα περισσότερα αεροδρόμια της Αυστραλίας. Εννέα από αυτά συνέβησαν στον διάδρομο απογείωσης/προσγειώσεων, ενώ τα υπόλοιπα 12 συνέβησαν στις δευτερεύουσες οδούς. Άλλα περιστατικά που συνέβησαν κατά την μεταφορά (towing) του αεροσκάφους, ή ακόμη και κατά την τροχοδρόμησή του, περιελάμβαναν περιπτώσεις από τρυπήματος του λάστιχου από μεταλλικό καρφί έως καταστροφή του κινητήρα, επειδή το FOD είχε εισέλθει στην περιοχή μέσω της πύλης του αεροδρομίου. Μάλιστα, έρευνες που διεξήγαγε το ATSB έδειξαν ότι τα περιστατικά FOD δεν είχαν καμία επίδραση στη λειτουργία του αεροσκάφους σε περίπου 80% των περιστατικών. Ωστόσο, όταν συνέβησαν, οι πιο συνηθισμένες συνέπειες ήταν οι καθυστερήσεις πτήσεων, αλλά και οι ακυρώσεις των απογείωσης (Australian Transport Safety Bureau, 2010·Hussin et al., 2016).



Εικόνα 22: Παραμόρφωση πτερυγίων πρώτης βαθμίδας κινητήρα αεροσκάφους από εισρόφιση ξένου σώματος (FOD)

Γενικότερα, το FOD συνδέεται με τις στρατιωτικές επιχειρήσεις. Μάλιστα, συχνά γίνεται λόγος για τα "FOD Walks" (περπάτημα για ανίχνευση FOD). Σε αυτές τις περιπτώσεις, το προσωπικό στο έδαφος εξερευνά μια περιοχή περπατώντας δίπλα στον διάδρομο, σταματώντας για να μαζέψει ακόμα και τα πιο μικρά κομμάτια από βράχια ή σκουπίδια που μπορεί να έχουν βρεθεί στην περιοχή λειτουργιών του αεροσκάφους.

Αξίζει να σημειωθεί πως η Federal Aviation Administration (FAA) πραγματοποιεί μια έρευνα για την αξιολόγηση πολλών τεχνολογιών που έχουν σχεδιαστεί για τον εντοπισμό του ξένου αντικειμένου (FOD), που θα μπορούσε να πέσει στον διάδρομο.

Η έρευνα που διεξάγεται μέσω αυτού του προγράμματος είναι εξαιρετικά αυστηρή, απαιτώντας από σημαντικά αεροδρόμια των Ηνωμένων Πολιτειών να εγκαθιστούν πολλά συστήματα νέων τεχνολογιών ανίχνευσης ξένων σωμάτων. Αναμένεται ότι η χρήση αυτών των τεχνολογιών θα ενισχύσει σημαντικά την επιχειρησιακή ασφάλεια, καθώς ο στόχος είναι η μείωση ύπαρξης αντικειμένων που θα μπορούσαν να προκαλέσουν ζημιά σε ένα αεροσκάφος ή ακόμη και να μπουν στον κινητήρα ενός αεροσκάφους, γεγονός που κανένας πιλότος ή διαχειριστής αεροδρομίου δεν θα ήθελε να συμβεί.

Για τα μη στρατιωτικά αεροδρόμια υπάρχει ένα συγκεκριμένο πρόβλημα με το FOD, καθώς υπάρχουν αρκετοί περιορισμοί σε σύγκριση με τη στρατιωτική μέθοδο του FOD Walks. Έτσι, διαχειριστές των αεροδρομίων περιορίζονται σε συχνούς έλεγχους, όπου παρατηρούν την επιφάνεια του αεροδρομίου, αναζητώντας οποιοδήποτε πράγμα μπορεί να φαίνεται παράξενο και μπορεί να αποτελέσει αιτία ζημιάς (FOD).

Η παρουσία του FOD στην Περιοχή Επιχειρήσεων Αεροσκαφών (AOA) ενός αεροδρομίου αποτελεί σημαντική απειλή για την ασφάλεια των αεροπορικών ταξιδιών. Ωστόσο, οι κίνδυνοι του FOD μπορούν να ελαχιστοποιηθούν με την υλοποίηση ενός προγράμματος διαχείρισης και με την αποτελεσματική χρήση εξοπλισμού ανίχνευσης και αφαίρεσης του FOD (Chauhan et al., 2020·Kraus & Watson, 2001).

Όπως προαναφέρθηκε, το FOD μπορεί να προκαλέσει σοβαρούς τραυματισμούς σε προσωπικό του αεροδρομίου ή της εκάστοτε αεροπορικής εταιρείας ή να προκαλέσει ζημιά στον εξοπλισμό. Πιθανές μορφές τραυματισμού περιλαμβάνουν τη φθορά ελαστικών των αεροσκαφών, την απορρόφηση από τους κινητήρες, ή να βρεθεί κολλημένο σε δομές που επηρεάζουν τις πτήσεις. Ο τραυματισμός προσωπικού ή ακόμα και ο θάνατος μπορεί να συμβεί όταν το FOD εκτοξεύεται με υψηλές ταχύτητες μέσω του αέρα στο περιβάλλον του αεροδρομίου. Επιπλέον, οι διαχειριστές του αεροδρομίου μπορεί να λαμβάνουν αναφορές από πιλότους ή από την αρχή αεροπορίας σχετικά με το FOD που ανιχνεύθηκε στην επιφάνεια του αεροδρομίου. Ωστόσο, συχνά, η τοποθεσία και το είδος του FOD δίνονται λανθασμένα, επομένως ο διαχειριστής του αεροδρομίου μπορεί να ξοδέψει πολύ χρόνο ψάχνοντας την αναφερθείσα περιοχή. Παράγοντες όπως ο καιρός, η σκοτεινότητα και η κίνηση αποτελούν συνιστώσες που περιπλέκουν την αναζήτηση του διαχειριστή του αεροδρομίου για το κομμάτι του FOD, με αποτέλεσμα μια βιαστική έρευνα που σε πολλές περιπτώσεις δεν οδηγεί σε αποτέλεσμα (Australian Transport Safety Bureau, 2010·El-Sayed, 2022· Wieslaw, 2005).

Βάσει αξιολόγησης, οι ζημιές που προκαλεί το FOD κοστίζουν στην αεροπορική βιομηχανία περίπου 4 δισεκατομμύρια δολάρια (ΗΠΑ) ετησίως, κι αφορούν κυρίως έξοδα που

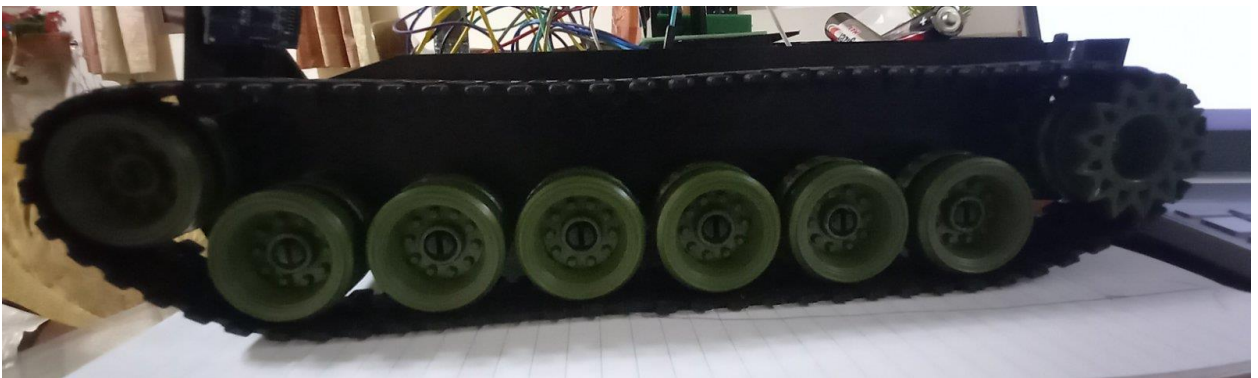
σχετίζονται με τη ζημιά του κινητήρα, συμπεριλαμβανομένης της απώλειας του αεροσκάφους (James et al., 2005). Οι ζημιές από το FOD στα αεροσκάφη συμβαίνουν συνεχώς, αλλά συχνά δεν λαμβάνουν τον ίδιο βαθμό προσοχής με ένα σοβαρό αεροπορικό ατύχημα. Ένα από τα πιο γνωστά ατυχήματα που σχετίζονται με το FOD σημειώθηκε στις 25 Ιουλίου 2000, όπου 100 επιβάτες, εννέα μέλη του πληρώματος και τέσσερα άτομα στο έδαφος έχασαν τη ζωή τους όταν το Air France Flight 4590 συνετρίβη μετά την απογείωσή του από το Charles de Gaulle International Airport κοντά στο Παρίσι. Το αεροσκάφος είχε περάσει πάνω από ένα κομμάτι τιτανίου που βρισκόταν στο διάδρομο και είχε πέσει από ένα αεροσκάφος που είχε απογειωθεί περίπου 4 λεπτά νωρίτερα. Οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι το κομμάτι σκουπιδιού στο διάδρομο είχε καταστρέψει ένα ελαστικό, προκαλώντας το ατύχημα. Ενώ ατυχήματα όπως αυτό, που αποδίδονται άμεσα στο FOD, είναι ελάχιστα, η FAA έχει αναγνωρίσει ότι υπάρχει ακόμη ανάγκη να αντιμετωπιστεί το ζήτημα του FOD, τουλάχιστον για να περιοριστεί η ζημιά στα αεροσκάφη και, το πιο σημαντικό, για να αποτραπεί ένα άλλο ατύχημα (Federal Aviation Administration, 2010·Rajamurugu et al., 2019).

Η Ομάδα Έρευνας και Ανάπτυξης για την Ασφάλεια του Αεροδρομίου της Υπηρεσίας Ομοσπονδιακής Αεροπορίας, που βρίσκεται στο Τεχνικό Κέντρο William J. Hughes στο Atlantic City, NJ, αξιολογεί αυτήν τη στιγμή αρκετές νέες τεχνολογίες για τον εντοπισμό ξένων σωμάτων. Αυτές οι τεχνολογίες έχουν τη δυνατότητα να ανιχνεύουν και να καταγράφουν την παρουσία αντικειμένων που δεν ανήκουν στον διάδρομο, βελτιώνοντας σημαντικά τη δυνατότητα της διοίκησης του αεροδρομίου να εντοπίζει και να αφαιρεί τα σώματα αυτά πριν προκαλέσουν ζημιά σε αεροσκάφη ή δημιουργήσουν κάποιο πρόβλημα λειτουργίας.

Λόγω της σοβαρής διαδικασίας αξιολόγησης των διάφορων τεχνολογιών σε τέσσερα διαφορετικά αεροδρόμια, η Υπηρεσία Ομοσπονδιακής Αεροπορίας αναζήτησε τη βοήθεια του Προγράμματος Κέντρου Αριστείας και μέσω της βοήθειας από πανεπιστήμια που πληρούν τις προϋποθέσεις να πραγματοποιούν αναλυτικές ερευνητικές δραστηριότητες, όπως αυτή, σε συνεργασία με την FAA, επιτρέπει στους φοιτητές του να αποκτήσουν εμπειρία στον τομέα της αεροπορικής μηχανικής. Όλες οι προσπάθειες έρευνας διεξάγονται υπό την στενή εποπτεία ενός έμπειρου καθηγητή, προκειμένου να εξασφαλιστούν συνεπή, αξιόπιστα, ανεξάρτητα αποτελέσματα. Για αυτό το συγκεκριμένο έργο, το Κέντρο Αριστείας του Πανεπιστημίου του Ιλινόις στην Τεχνολογία Αεροδρομίου επιλέχθηκε για να συμμετάσχει στην υλοποίηση της έρευνας για τον εντοπισμό του FOD. Το Πανεπιστήμιο του Ιλινόις έχει εμπειρία στον σχεδιασμό, την υλοποίηση και την αναφορά αξιολογήσεων που σχετίζονται με την ασφάλεια των αεροδρομίων (Federal Aviation Administration, 2010·Maragakis, 2009·Nicholas, 2006).

ΤΡΟΠΟΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΟΥ ΜΗ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ

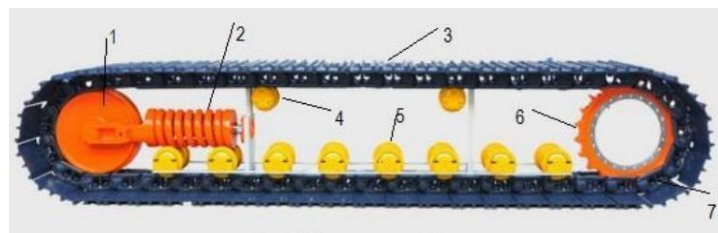
Η κίνηση των μη επανδρωμένων οχημάτων μπορεί να επιτευχθεί είτε με την προσαρμογή τροχών είτε, για στρατιωτικές εφαρμογές, με την προσαρμογή ερπυστριών. Ο δεύτερος τρόπος είναι ιδανικός για έλεγχο περιοχών του οχήματος σε περιβάλλοντα επικίνδυνα, δύσβατα για οχήματα με συμβατό τρόπο κίνησης ή ακόμη και σε αχαρτογράφητες περιοχές, όπου μπορεί να λειτουργήσει ως ανιχνευτής για επικίνδυνα αέρια, παγίδευση οδών, ακόμη και κατόπτευση με την προσάρτηση καμερών με απευθείας μετάδοση οπτικοακουστικού υλικού. Το αρνητικό στη χρήση ερπυστριών είναι ο περιορισμός της ταχύτητας του μη επανδρωμένου οχήματος. Βέβαια, αναλόγως την αποστολή, εξαρτάται αν αυτό αποτελεί ή όχι έναν σημαντικό παράγοντα.



Εικόνα 23: Ερπύστρια οχήματος

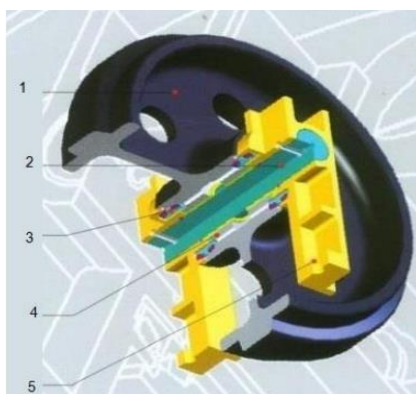
Ερπύστρια οχήματος ονομάζεται ο αρθρωτός μεταλλικός ιμάντας που περιβάλλει όλους μαζί τους τροχούς της κάθε πλευράς ενός οχήματος και με αυτόν τον τρόπο, το διευκολύνει να κινείται σε ανώμαλο ή γενικά ακατάλληλο έδαφος. Τα μέρη της ερπύστριας είναι τα παρακάτω και διαφαίνονται στην εικόνα που ακολουθεί.

Μέρη ερπύστριας: 1) Τροχός τάνυσης 2) Μηχανισμός τάνυσης της ερπύστριας
3) Πέδιλα 4) Τροχοί στήριξης 5) Τροχοί κύλισης 6) Κινητήριος οδοντωτός τροχός 7) Ερπύστρια (αποτελούμενη από τα πέδιλα) [Λεξικό της Κοινής Νεολληνικής, 2000]



Εικόνα 24 :Ερπύστρια

Ο τροχός τάνυσης αποτελείται από τα εξής μέρη, τα οποία παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα: 1) Τροχός 2) Άξονας 3) Πλήμνη 4) Διμεταλλικό έδρανο 5) Μεταλλικό δίχαλο.

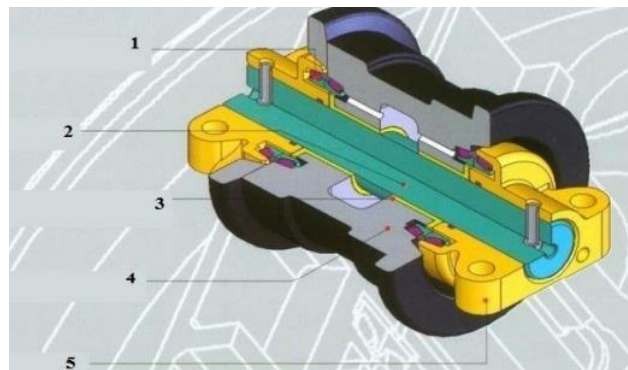


Εικόνα 25 : Τροχός τάνυσης

Ο τροχός τάνυσης είναι συμπαγής και μετατοπίζεται ως προς το φορείο κατά την κίνηση της ερπύστριας. Στην περιφέρειά του φέρει κατάλληλη διαμόρφωση για να φωλιάζει η ερπύστρια. Εδράζεται πάνω στον μηχανισμό τάνυσης της ερπύστριας και συγκεκριμένα στο μεταλλικό δίχαλο του μηχανισμού, μέσω ενός άξονα. Ο μηχανισμός τάνυσης χρησιμεύει στο να κρατά σταθερή την τάση της ερπύστριας, αφήνοντας παράλληλα και έναν βαθμό ελευθερίας, ώστε να μπορεί να ακολουθεί τις ανωμαλίες του εδάφους. Σε ανομοιόμορφο έδαφος οι πέτρες και οι ανωμαλίες πιέζουν την ερπύστρια μέσα στα κενά από τους τροχούς κύλισης. Αν ήταν πλήρως τεντωμένη, θα υπήρχε αυξημένη τάση στα σημεία αυτά προκαλώντας αυξημένη καταπόνηση. Σε αυτή την κατάσταση ο μηχανισμός τάνυσης εισχωρεί στο φορείο χαλαρώνοντας μέχρι ένα σημείο την ερπύστρια, προκειμένου να ακολουθήσει την ανωμαλία του εδάφους προστατεύοντας την ερπύστρια, αλλά και διατηρώντας επαρκή πρόσφυση. Η ανοχή της ερπύστριας είναι 10mm-20mm. Το μέγεθος αυτό αντιπροσωπεύει την βύθιση της ερπύστριας προς το εσωτερικό της, δηλαδή την διείσδυση του εδάφους ως προς την αρχική της θέση. Στο δίχαλο είναι τοποθετημένος ο τροχός τάνυσης. Το δίχαλο είναι τοποθετημένο στην άκρη του εμβόλου, το οποίο είναι πακτωμένο στο φορείο του μηχανήματος. Το έμβολο παρέχει την κατάλληλη τάνυση στην ερπύστρια, χρησιμοποιώντας γράσο στο εσωτερικό του. Η τάση της ερπύστριας είναι ανάλογη της ποσότητας του γράσου. Ομόκεντρα με το έμβολο, τοποθετείται και το ελατήριο, το οποίο λειτουργεί σαν αποσβεστήρας ταλαντώσεων.

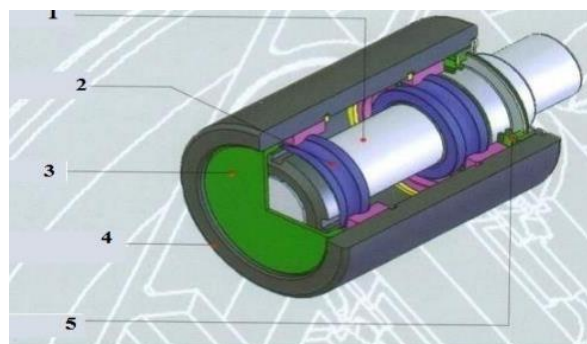
Οι τροχοί κύλισης εδράζονται επί αξόνων στερεωμένων με κοχλίες πάνω στο

φορείο και βοηθάνε τα πέδιλα να έχουν καλύτερη επαφή με το έδαφος, μοιράζοντας το βάρος του μηχανήματος σε περισσότερα σημεία πάνω στην ερπύστρια. Είναι μικρότεροι σε μέγεθος από τον τροχό τάνυσης και έχουν περιφερειακή διαμόρφωση για να μην εκτοπίζεται η ερπύστρια. Ο κύλινδρος του τροχού στηρίζεται πάνω στις βάσεις μέσω ενός άξονα.



Εικόνα 26 : Τροχός κύλισης

Οι τροχοί στήριξης είναι παρόμοιοι με τους κύλισης, αλλά λιγότερο στιβαροί, μιας και δεν δέχονται όλο το φορτίο του μηχανήματος. Είναι κύλινδροι οι οποίοι εδράζονται μέσω εδράνων σε έναν σταθερό άξονα. Είναι τοποθετημένοι στο πάνω μέρος του φορείου και συνήθως πιο ψηλά από τον τροχό τάνυσης και τον κινητήριο τροχό, ώστε να υπάρχει χώρος για να αποβάλλονται περιττά υπολείμματα που προσκολλώνται από το έδαφος κατά την κίνηση του μηχανήματος. Βοηθούν και αυτοί στην ευθυγράμμιση της αλυσίδας με την διαμόρφωση που έχουν στην περιφέρειά τους (Παραδεισιάδης, 2014).



Εικόνα 27 : Τροχός στήριξης

ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΑΥΤΟΝΟΜΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

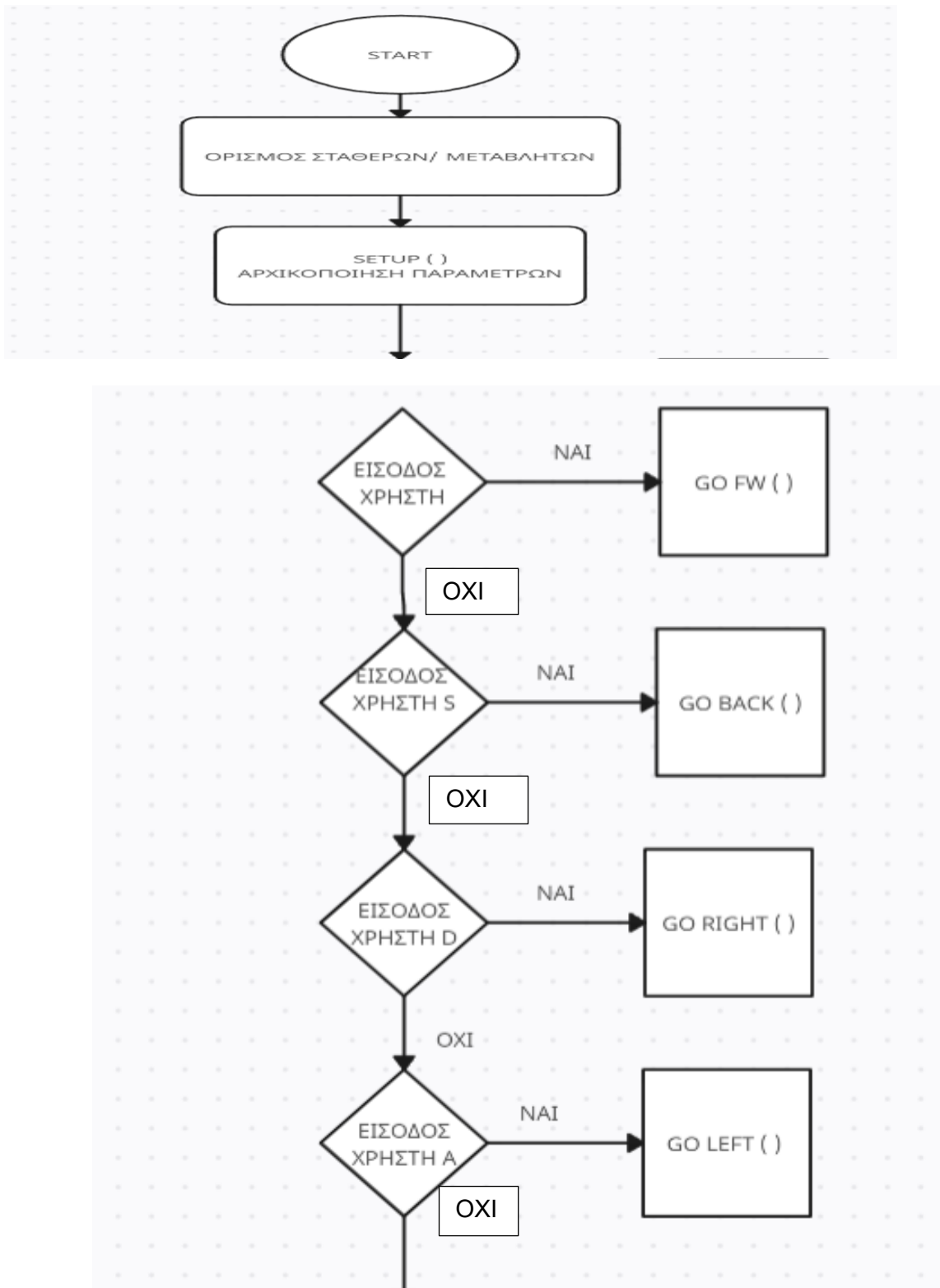
Ένα ρομπότ μπορεί να συλλέξει πληροφορίες για το περιβάλλον, όπως χάρτες περιοχών ή εσωτερικό χώρο κτηρίων, να εντοπίσει αντικείμενα ενδιαφέροντος, όπως άτομα και οχήματα, και να ταξιδέψει μεταξύ σημείων χωρίς ανθρώπινη βοήθεια πλοήγησης. Ακόμη, μπορεί να εργαστεί για παρατεταμένη διάρκεια χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση, να αποφύγει καταστάσεις που είναι επιβλαβείς για τους ανθρώπους, την ιδιοκτησία ή τον εαυτό του, εκτός εάν αυτές αποτελούν μέρος των προδιαγραφών του. Επίσης, μπορεί να αφοπλίσει ή να αφαιρέσει εκρηκτικά. Ένα ρομπότ μπορεί να είναι σε θέση να λειτουργεί αυτόνομα με τη δυνατότητα να αποκτήσει νέες δυνατότητες χωρίς εξωτερική βοήθεια, να προσαρμόσει στρατηγικές με βάση το περιβάλλον, να προσαρμοστεί στο περιβάλλον χωρίς εξωτερική βοήθεια και να αναπτύξει μια αίσθηση ηθικής σχετικά με τους στόχους της αποστολής. Μία από τις πιο κρίσιμες πτυχές που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την ανάπτυξη για παράδειγμα των ένοπλων αυτόνομων μηχανών, είναι η διάκριση μεταξύ των μαχητών και των αμάχων. Εάν γίνει εσφαλμένα η εκτίμηση, η ανάπτυξη του ρομπότ μπορεί να είναι επιζήμια. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα στη σύγχρονη εποχή, όταν συχνά οι μαχητές μεταμφιέζονται σκόπιμα ως πολίτες για να αποφύγουν τον εντοπισμό τους.

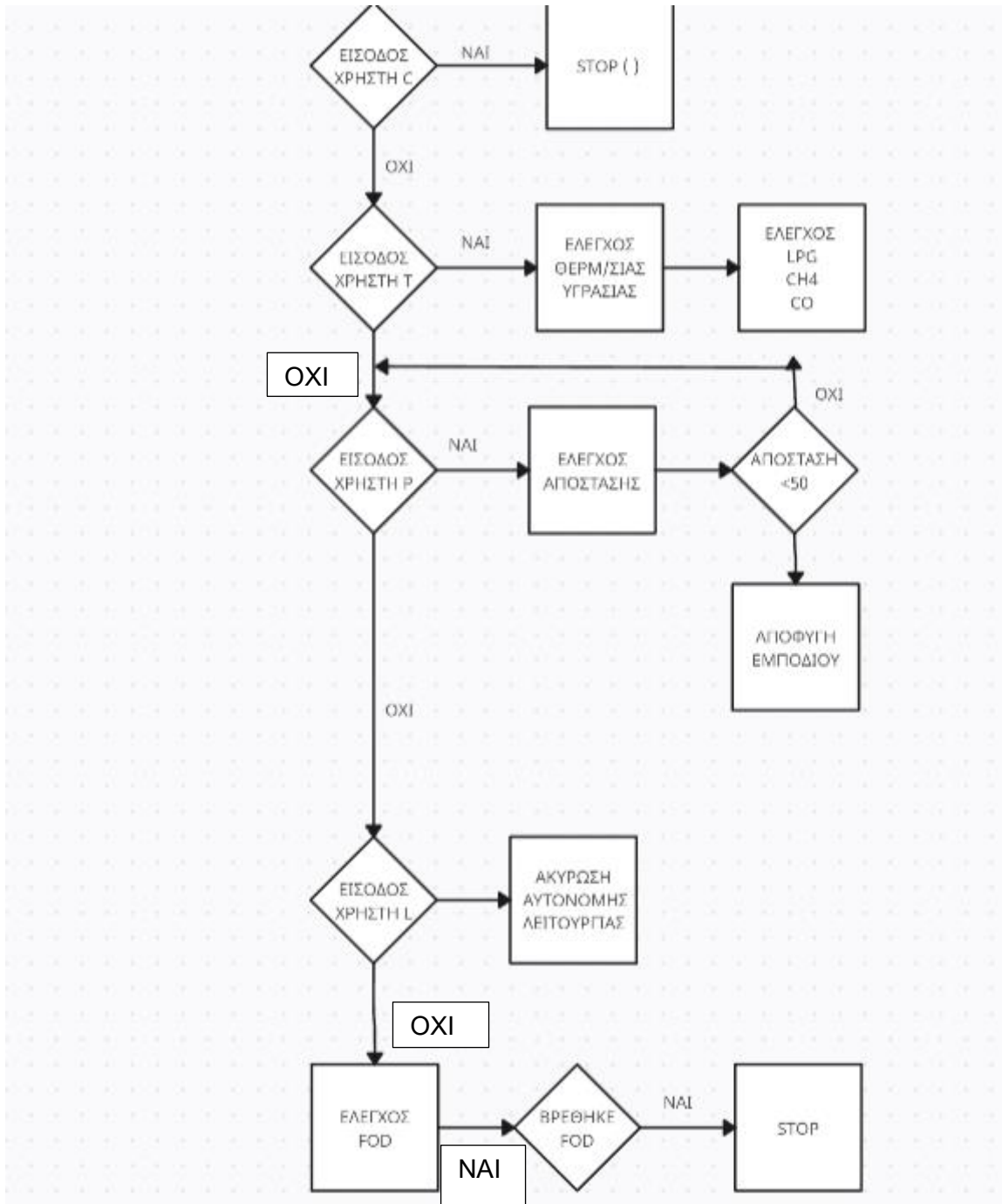
Οι επιλογές για το βέλτιστο δυνατό αποτέλεσμα είναι η προσαρμογή μιας πλατφόρμας αυτόματου πιλότου (blackbox), όπου συλλέγει στοιχεία από το περιβάλλον και δρα αυτόνομα αναλόγως την περίσταση. Όμως, υπάρχει η επιλογή προεγκατάστασης πριν τη λειτουργία του μη επανδρωμένου οχήματος, καθώς και η χάραξη της διαδρομής του στο χώρο, με δυνατότητες αποφυγής εμποδίων μέσω αισθητήρων, ή κάποια αλλαγή διαδρομής, καθώς και την κάλυψη της περιοχής που του έχει ζητηθεί. Ο δεύτερος τρόπος απαιτεί βέβαια χρόνο και σωστή μελέτη για τη χάραξη της διαδρομής, αλλά και σωστή κωδικοποίηση, πράγμα που στη συγκεκριμένη εργασία έχουμε επιλέξει ως τρόπο λειτουργίας. Επομένως, με την προσαρμογή αισθητήρα υπερήχων για τον εντοπισμό εμποδίων, καταφέρνει και χρησιμοποιεί την αντανάκλαση του ήχου για την απόκτηση του χρόνου μεταξύ του κύματος που στέλνεται και του κύματος που λαμβάνεται. Με τον τρόπο αυτό, ελέγχει εάν μπορεί να κινηθεί ευθύγραμμο ή απαιτείται να κάνει αλλαγή πορείας προς μια άλλη κατεύθυνση.

Στη σύγχρονη βιομηχανία, οι τρόποι αναζήτησης για γρήγορη απόκριση, αλλά και η απευθείας αλλαγή εντολών είναι ένα στρατηγικό πλεονέκτημα που δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να επεμβαίνει απευθείας στο μη επανδρωμένο όχημα δίνοντάς του εντολές σε πραγματικό χρόνο. Αυτό επετεύχθη μέσω της προσαρμογής ενός αισθητήρα bluetooth στο μη επανδρωμένο όχημά μας, καθώς και με τη χρήση μιας εφαρμογής που μπορεί να εγκατασταθεί σε οποιοδήποτε κινητό smartphone. Η εφαρμογή κονσόλας που χρησιμοποιήθηκε στο όχημά μας είναι η serial

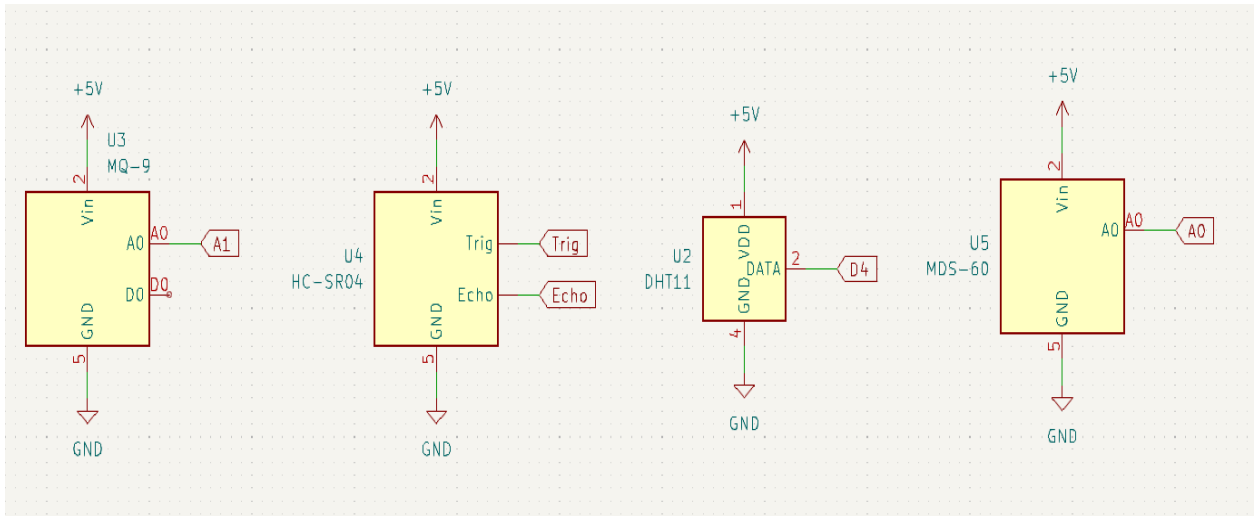
bluetooth terminal και λειτουργεί με γραμμή εντολών για μικροελεγκτές Arduino και άλλες συσκευές με διεπαφή σειριακής UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) και είναι το πρωτόκολλο σειριακής επικοινωνίας που συνδέεται με έναν μετατροπέα από bluetooth σε σειριακή διασύνδεση στη συσκευή Android. Με τον τρόπο αυτό, παρέχεται η δυνατότητα απευθείας ελέγχου του οχήματος, με παρέμβαση στην ήδη υπάρχουσα διαδρομή που έχει χαραχτεί. Έτσι, ο χρήστης μπορεί να παρέμβει για κάποιο έλεγχο ή για αλλαγή της πορείας του μη επανδρωμένου οχήματος και έπειτα, να επανέλθει στις αρχικές ρυθμίσεις που ήδη έχουν περαστεί και να συνεχίσει την περιπολία στον χώρο ευθύνης του.

LOGIC DIAGRAM

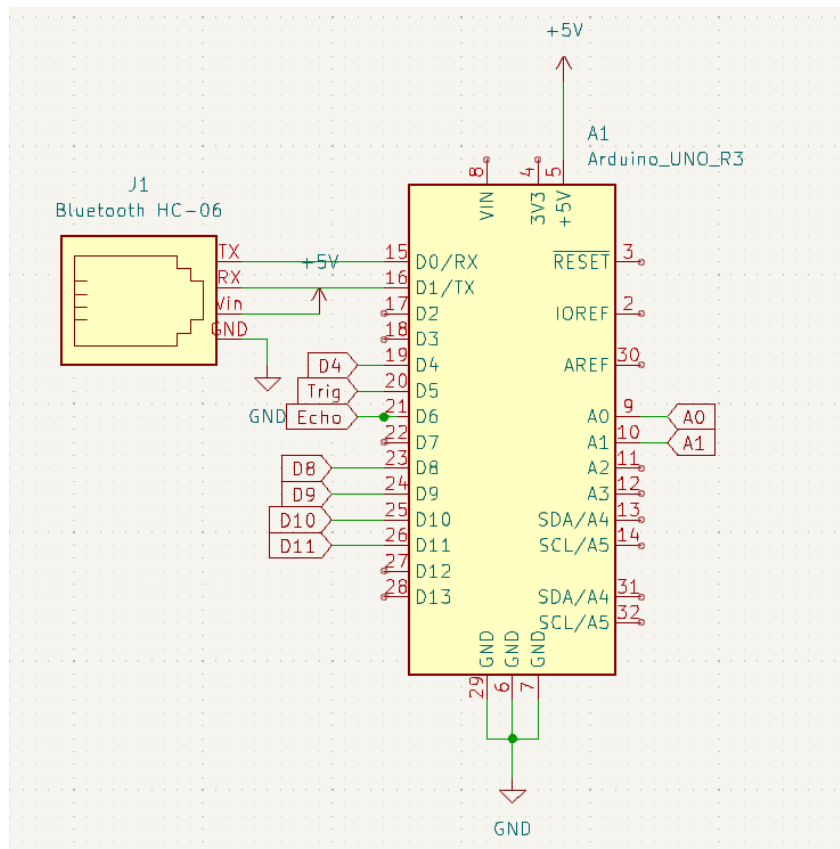




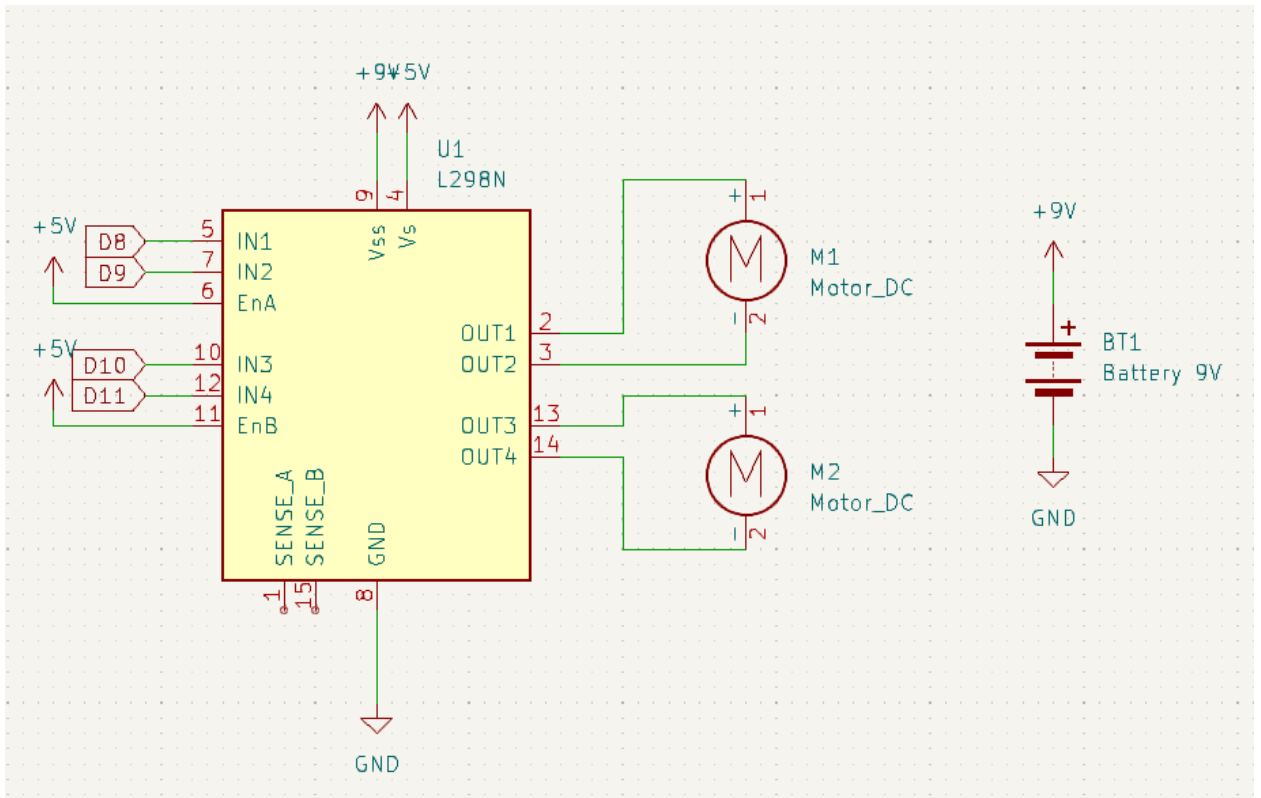
SCHEMATIC



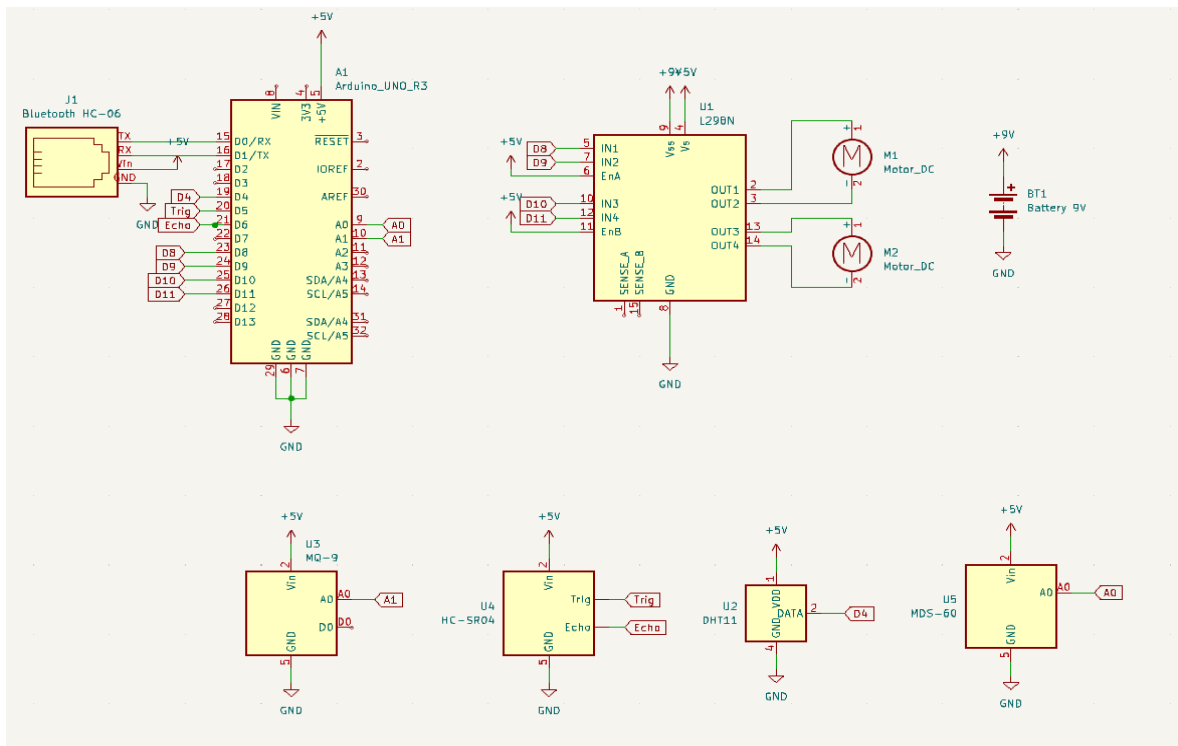
Εικόνα 28: Μονάδα αισθητήρων MQ9, HC-SR-04, DHT11 και MDS-50



Εικόνα 29 : Μονάδα επεξεργασίας και ασύρματης μετάδοσης δεδομένων



Εικόνα 30 : Μονάδα τροφοδοσίας και κίνησης



Εικόνα 31 : Συνολικό σύστημα ιμν σε schematic

CODE

```
#include "MQ-Sensor-SOLDERED.h"
#define SENSOR_ANALOG_PIN A1
#define RatioMQ9CleanAir (9.6) // RS / R0 = 60 ppm
MQ2 mq9(SENSOR_ANALOG_PIN);
#include "DHTStable.h"
DHTStable DHT;
#define DHT11_PIN 4
const int trigPin = 5;
const int echoPin = 6;
// defines variables
long duration;
int distance;
int speed = 255; //0 me 255, 8 bit

void goFw() {
  digitalWrite(8, HIGH);
  digitalWrite(9, LOW);
  digitalWrite(10, HIGH);
  digitalWrite(11, LOW);
}

void goBack() {
  digitalWrite(8, LOW);
  digitalWrite(9, HIGH);
  digitalWrite(10, LOW);
  digitalWrite(11, HIGH);
}

void goLeft() {
  digitalWrite(8, LOW);
  digitalWrite(9, LOW);
  digitalWrite(10, LOW);
  digitalWrite(11, HIGH);
  delay(1000);
  goFw();
}

void goRight() {
  digitalWrite(8, LOW);
  digitalWrite(9, HIGH);
  digitalWrite(10, LOW);
  digitalWrite(11, LOW);
  delay(1000);
  goFw();
}

void stopMovement() {
  digitalWrite(8, LOW);
  digitalWrite(9, LOW);
  digitalWrite(10, LOW);
  digitalWrite(11, LOW);
}

void checkTempAndHum() {
  int chk = DHT.read11(DHT11_PIN);
  Serial.print("Ygrasia:");
  Serial.println(DHT.getHumidity(), 1);
  Serial.print("Thermokrasia:");
  Serial.println(DHT.getTemperature(), 1);
}

void getDistance() {
  // Clears the trigPin
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  // Sets the trigPin on HIGH state for 10 micro seconds
  digitalWrite(trigPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  // Reads the echoPin, returns the sound wave travel time in microseconds
```



```

duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
// Calculating the distance
distance = duration * 0.034 / 2;
// Prints the distance on the Serial Monitor
Serial.print("Distance: ");
Serial.println(distance);
delay(200);
}

void avoidObstacle() {
  if (distance < 50) {
    Serial.println("avoiding obstacle");
    turnRightEpitopou();
  }
}

void turnRightEpitopou() {
  digitalWrite(8, HIGH);
  digitalWrite(9, LOW);
  digitalWrite(10, LOW);
  digitalWrite(11, HIGH);
  delay(2200);
}

void findFod() {
  int found = analogRead(A0);

  if (found > 950) {
    Serial.println(found);
    Serial.println("Found FOD");
    stopMovement();
  }
}

void initMQSensor() {
  mq9.setRegressionMethod(1); // _PPM = a*ratio^b
  mq9.begin();
  Serial.print("Calibrating please wait.");
  float calcR0 = 0;
  for (int i = 1; i <= 10; i++) {
    mq9.update(); // Update data, the arduino will be read the voltage on the analog pin
    calcR0 += mq9.calibrate(RatioMQ9CleanAir);
    Serial.print(".");
  }
  mq9.setR0(calcR0 / 10);
  Serial.println(" done!");

  if (isinf(calcR0)) {
    Serial.println("Warning: Conection issue founded, R0 is infite (Open circuit detected) please check your "
      "wiring and supply");
    while (1)
      ;
  }
  if (calcR0 == 0) {
    Serial.println("Warning: Conection issue founded, R0 is zero (Analog pin with short circuit to ground)
please
      "check your wiring and supply");
    while (1)
      ;
  }
}

void readMQSensor() {
  mq9.update(); // Update data, the arduino will be read the voltage on the analog pin
  /*
  Exponential regression:
  GAS   | a   | b
  LPG   | 1000.5 | -2.186
  CH4   | 4269.6 | -2.648
  CO    | 599.65 | -2.244
  */

  mq9.setA(1000.5);
  mq9.setB(-2.186); // Configure the ecuation values to get LPG concentration

```

```

float LPG = mq9.readSensor(); // Sensor will read PPM concentration using the model and a and b values
setted before
    // or in the setup

mq9.setA(4269.6);
mq9.setB(-2.648); // Configure the ecuation values to get LPG concentration
float CH4 = mq9.readSensor(); // Sensor will read PPM concentration using the model and a and b values
setted before
    // or in the setup

mq9.setA(599.65);
mq9.setB(-2.244); // Configure the ecuation values to get LPG concentration
float CO = mq9.readSensor(); // Sensor will read PPM concentration using the model and a and b values
setted before
    // or in the setup

Serial.print("LPG:");
Serial.println(LPG);
Serial.print("CH4:");
Serial.println(CH4);
Serial.print("CO:");
Serial.println(CO);
}

String incomingword;

void setup() {
Serial.begin(9600); // opens serial port, sets data rate to 9600 bps
pinMode(3, OUTPUT); // PWM gia speed control
pinMode(8, OUTPUT);
pinMode(9, OUTPUT);
pinMode(10, OUTPUT);
pinMode(11, OUTPUT);
pinMode(trigPin, OUTPUT); // Sets the trigPin as an Output
pinMode(echoPin, INPUT); // Sets the echoPin as an Input
analogWrite(3, speed); //set the speed via PWM
initMQSensor();
}

bool autoflag = false;

void loop() {

if (Serial.available() > 0) {
int state = Serial.read();
if (state == 119) { //w se ascii
goFw();
Serial.println("Going Forward");
}
if (state == 115) { //s se ascii
goBack();
Serial.println("Going Back");
}

if (state == 97) { //a se ascii
goLeft();
Serial.println("Going Left");
}

if (state == 100) { //d se ascii
goRight();
Serial.println("Going Right");
}

if (state == 99) { //c se ascii
stopMovement();
Serial.println("Stopping");
}
if (state == 116) { //116 t se ascii
checkTempAndHum();
readMQSensor();
}
if (state == 112) { //112 p se ascii
autoflag = true;
Serial.print("automode on");
}
}

```

```
} else if (state == 108) { //108 l se ascii
  autoflag = false;
  Serial.print("automode off");
  stopMovement();
}
}
if (autoflag == true) {
  //Serial.print("here");
  goFw();
  getDistance();
  avoidObstacle();
}
findFod();
}
```

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συγκριτικά με ένα όχημα μιας μονάδας ή ενός αεροδρομίου για τον έλεγχο μιας περιοχής ενδιαφέροντος όπως ένας τροχόδρομος, το κόστος που καλείται να χρεωθεί η μονάδα είναι πολλαπλό σε σχέση με τη χρήση ενός μη επανδρωμένου οχήματος. Εάν, λοιπόν, κληθεί ένα όχημα, παραδείγματος χάρη για τον καθαρισμό μιας περιοχής ή τον έλεγχο αυτής, απαιτείται, εκτός του απαραίτητου προσωπικού που θα χειριστεί το όχημα, και ένα αρκετά μεγάλο κόστος σε καύσιμα του οχήματος για την ενέργεια αυτή.

Συνέπεια αυτού είναι η συντήρηση των ογκοδέστατων οχημάτων ελέγχου μιας περιοχής, η αποθήκευση των οχημάτων, αλλά και η μεταφορά τους στην περιοχή ευθύνης τους. Πράγμα που με τη χρήση μη επανδρωμένων οχημάτων μειώνεται στο ελάχιστο, αφού ο όγκος των οχημάτων αυτών είναι σημαντικά μικρότερος αυτών, και η μεταφορά τους μπορεί να επιτευχθεί ακόμη και με ένα συμβατικό όχημα, αν όχι αυτόνομα.

Εάν τώρα θέλουμε να μεταφέρουμε το πεδίο δράσης του οχήματος μας σε κάποιο επικίνδυνο περιβάλλον ή σε μια επιχειρησιακή δράση, τότε το ίχνος του μη επανδρωμένου οχήματός μας για αναγνώριση από εχθρικά μέσα θα είναι ελάχιστο έως μηδενικό, χαρίζοντας πολλαπλά πλεονεκτήματα όπως αυτό του αιφνιδιασμού.

Ένας άλλος παράγοντας που τα μη επανδρωμένα οχήματα υπερτερούν σε σχέση με τα συμβατικά οχήματα μάχης, είναι η αξιοπιστία των σύγχρονων οχημάτων, καθώς και η γρήγορη επισκευή ή αντικατάσταση εξαρτημάτων σε περίπτωση φθοράς ή βλάβης. Επομένως, η υποστήριξη και η συντήρησή τους καθίσταται ευκολότερη, οικονομικότερη και ασφαλέστερη συγκριτικά με τις μέχρι τώρα ισχύουσες μορφές υποστήριξης οχημάτων.

Μια χρονοβόρα διαδικασία, η οποία απαιτεί και παρουσία προσωπικού στις πτέρυγες μάχης πριν την έναρξη των επιχειρήσεων, είναι τα λεγόμενα FOD walks στους τροχόδρομους, αλλά και στο διάδρομο προσγειώσης/απογειώσης, όπου το προσωπικό καλείται να "σκανάρει" τις περιοχές αυτές για τυχόν ευρήματα ξένων σωμάτων, τα οποία ενδέχεται να προκαλέσουν βλάβη στα αεροσκάφη είτε στα ελαστικά τους είτε κατά την τροχοδρόμηση εάν τα εισροφήσει ο κινητήρας. Στην προκειμένη περίπτωση, δύναται να χρησιμοποιηθεί το μη επανδρωμένο όχημα καλύπτοντας τις περιοχές ενδιαφέροντος είτε μεμονωμένα είτε σε συνδυασμό με άλλα ugv, ουσιαστικά ως "σμήνος drone" παρέχοντας εικόνα για το πού βρίσκονται ξένα σώματα, καθώς και την περισυλλογή τους. Να σημειωθεί πως για την περισυλλογή θα απαιτηθεί άλλη διαμόρφωση σε μεταγενέστερη εξέλιξη του οχήματος, ίσως με μαγνήτες ή τη δυνατότητα εισρόφησης ξένων σωμάτων.

Η διευκόλυνση μέσω των μη επανδρωμένων οχημάτων, βέβαια, δεν αφορά μόνο τις στρατιωτικές επιχειρήσεις, αλλά θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και στο πολιτικό νηολόγιο.

Καλύπτοντας διαδρόμους απογειώσεων/προσγειώσεων σε πολιτικά αεροδρόμια τόσο ο πύργος ελέγχου όσο και η υπηρεσία ασφαλείας πτήσεων του αεροδρομίου, θα έχουν τη δυνατότητα εικόνας ευρημάτων ξένων σωμάτων, ώστε να είναι δυνατή και εύκολη η περισυλλογή τους. Η πρακτική αυτή συμβάλλει στην έγκαιρη λήψη αποφάσεων και τις σωστές ενέργειες που πρέπει να ακολουθηθούν για την ασφάλεια επιβατικού κοινού και αεροσκαφών με το μικρότερο δυνατό κόστος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αλεβίζος, Θ. (2014). *Προγραμματισμός με τη γλώσσα C++*. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.

Δεδούσης, Β., Γιαννατσής, Ι., & Κανελλίδης, Β. (2015). *Συστήματα CAD - Βασικά Στοιχεία και Εφαρμογές*. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.

Λεξικό της Κοινής Νεοελληνικής (Τεύχος 100). (2000). Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Ινστιτούτο Νεοελληνικών Σπουδών (Ιδρυμα Μανόλη Τριανταφυλλίδη): Ινστιτούτο Νεοελληνικών Σπουδών.

Παραδεισιάδης, Γ. (2014). *Οχήματα δομικών έργων*. ΣΤΕΦ, ΤΕΙ Θεσσαλονίκης.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Arduino. (2022). [online]. Διαθέσιμο από: [Arduino - Home](#) [Πρόσβαση στις 2 Οκτωβρίου 2023].

Arduino Uno manual. (2022). [online]. Διαθέσιμο από: [1682209.pdf \(farnell.com\)](#) [Πρόσβαση στις 2 Οκτωβρίου 2023].

Australian Transport Safety Bureau. (2010). [online]. Διαθέσιμο από: <https://www.atsb.gov.au> [Πρόσβαση στις 12 Οκτωβρίου 2023].

Aziz, N. H. A., Muhamad, W. N. W., Wahab, N. A., Alias, A. J., Hashim, A. T., & Mustafa, R. (2010). Real-time monitoring critical parameters in tissue culture growth room with SMS alert system. In *Intelligent Systems, Modelling and Simulation (ISMS), 2010 International Conference on*, pp. 339-343.

Chauhan, T., Goyal, C., Kumari, D., & Thakur, A. K. (2020). A review on foreign object debris/damage (FOD) and its effects on aviation industry. *Materials Today: Proceedings*, 33, pp.4336-4339.

Dickmanns, E. D. (1986, June). Computer vision in road vehicles—chances and problems. In *Preprint, ICTS Symposium on Human Factors Technology for Next-Generation Transportation Vehicles, Amalfi, Italy*.

Elprocus.com [online]. Διαθέσιμο από: [ElProCus - Electronic Projects for Engineering Students - ElProCus is an educational website on electronic projects for ECE and EEE students](#). [Πρόσβαση στις 19 Οκτωβρίου 2023].

El-Sayed, A. F. (2022). *Foreign Object Debris and Damage in Aviation*. Boca Raton: CRC Press.

Ervin, F. (2010, April 27). *Arduino-based Object Detection System: Project Final Report*. [online]. Διαθέσιμο από: [\(PDF\) Project Final Report Project Final Report Arduino-based Object Detection System | james okechukwu - Academia.edu](#) [Πρόσβαση στις 8 Οκτωβρίου 2023].

Federal Aviation Administration. (2010). *Airport Foreign Object Debris (FOD) Management*. Washington, DC: U.S. Department of Transportation.

Green, F. (1925). Radio Control – Marvel of the Future. *Popular Science*, 106 (3), pp.88-89 & 171-172.

Grobotronics.com [online]. Διαθέσιμο από: [GRobotronics](#) [Πρόσβαση στις 3 Οκτωβρίου 2023].

Hussin, R., Ismail, N., & Mustapa, S. (2016, October). A study of foreign object damage (FOD) and prevention method at the airport and aircraft maintenance area. In *IOP conference series: materials science and engineering*, 152 (1). IOP Publishing.

James, W. C., Gorton, S. H., & Alby, F. (2005). *Effects of Sand and Dust on Small Gas Turbine Engines* (NATO Research and Technology Organization).

Kraus, D. C., & Watson, J. (2001). *Guidelines for the Prevention and Elimination of Foreign Object Damage/Debris (FOD) in the Aviation Maintenance Environment through Improved Human Performance (Federal Aviation Administration)* [online]. Διαθέσιμο από: [Guidelines for the Prevention and Elimination of Foreign Object Damage/Debris \(Fod\) in the Aviation Maintenance Environment Through Improved Human Performance - DocsLib](#) [Πρόσβαση στις 30 Οκτωβρίου 2023].

Maragakis, I. (2009). *Bird Population Trends and Their Impact on Aviation Safety 1999–2008*. European Aviation Safety Agency.

- McClintock, M. (1925). *Street Traffic Control*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Moravec, H.P. (1990). The Stanford Cart and the CMU Rover. In: Cox, I.J., Wilfong, G.T. (eds), *Autonomous Robot Vehicles* (pp.407-419). New York: Springer.
- Murtfeldt, E. W. (1938). Highways of the future. *Popular Science*, 132 (5), pp.118–119.
- Nicholas, T. (2006). *High cycle fatigue: a mechanics of materials perspective*. Oxford: Elsevier
- Norton, P. D. (2008). *Fighting Traffic. The Dawn of the Motor Age in the American City*. Cambridge: The MIT Press.
- Parrish, E. A., & Hickey, T. J. (1972). A Temperature Monitoring System for Use on Normal Newborn Infants. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 21(1), pp.59-60.
- Rajamurugu, N., Karthikeyan, P., Ajithkumar, K., Hussain, A. I., & Vimalpraksh, V. (2019). A Study of Foreign Object Damage (Fod) and Prevention Method at the Airport and Aircraft Maintenance Area. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*.
- Rowsome, Jr. F. (1954). Educated Gas Pedal Keeps the Cops Away. *Popular Science*, 164 (1), pp. 166-169 & 264.
- Rowsome, Jr. F. (1958). What It's Like to Drive an Auto-Pilot Car. *Popular Science*, 72 (4), pp. 105–107, 248 & 250.
- Santos, R. (2019). 18+ Arduino Projects. [online]. Διαθέσιμο από: [18+ Arduino Projects - Rui Santos.pdf - Google Drive](#) [Πρόσβαση στις 5 Οκτωβρίου 2022].
- Soni, N., Maheshwari, S., Sahu, B.K., Jain, B., & Shrivastava, G. (2017). Distance Measurement Using Ultrasonic Sensor and Arduino. *International Journal of Engineering Science and Computing*, 7(3), pp.1-2.
- Southern, C., Cheng, Y., Zhang, C., & Abowd G. D. (2017). Understanding the Cost of Driving Trips. *Cars and Automation*, 6 (11), pp.430-434.
- Tokheim, R. (2002). *Ψηφιακά Ηλεκτρονικά*. Θεσσαλονίκη: Τζιόλα.

Tsugawa, S., Yatabe, T., Hirose, T., & Matsumoto, S. (1979, August). An automobile with artificial intelligence. In *Proceedings of the 6th international joint conference on Artificial intelligence*, 2, pp.893-895.

Wetmore, J. M. (2003). Driving the Dream. The History and Motivations Behind 60 Years of Automated Highway Systems in America. *Automotive History Review*, pp.4-19.

Wieslaw, B. (2005). *FOD Prevention*. NATO Research and Technology Organization.