



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ & ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

**Σχεδίαση, Ανάπτυξη και Προγραμματιζόμενος, μέσω Τεχνητής Νοημοσύνης
Έλεγχος Ρομποτικού Συστήματος για Εφαρμογές Ασφάλειας**



Φοιτήτρια:
Φωτεινή Κολίτση
ΑΜ: 48038

Επιβλέπων:
Διονύσιος Κανδρής

Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ-ΑΙΓΑΛΕΩ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2022



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL & ELECTRONICS ENGINEERING

Diploma Thesis

Design, Development and Programmable, Artificial Intelligence Control Robotic System for Safety Applications



Student: Foteini Kolitsi
Registration Number: 48038

Supervisor

Dionisios Kandris
Professor

ATHENS-EGALEO, October 2022

Η Διπλωματική Εργασία έγινε αποδεκτή και βαθμολογήθηκε από την εξής τριμελή επιτροπή:

Διονύσης Κανδρής, Καθηγητής	Αλέξανδρος Αλεξανδρίδης, Καθηγητής	Χαράλαμπος Πατρικάκης, Καθηγητής
(Υπογραφή)	(Υπογραφή)	(Υπογραφή)

Copyright © Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ και Φωτεινή Κολίτση,
Οκτώβριος, 2022**

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τους συγγραφείς.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον/την συγγραφέα του και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις θέσεις του επιβλέποντος, της επιτροπής εξέτασης ή τις επίσημες θέσεις του Τμήματος και του Ιδρύματος.

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Φωτεινή Κολίτση του Δημητρίου, με αριθμό μητρώου 48038 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του Τμήματος ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ,

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής 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.»

Η Δηλούσα
Φωτεινή Κολίτση



Περίληψη

Η διπλωματική εργασία καταγράφει το ερευνητικό έργο που πραγματοποιήθηκε για τη σχεδίαση, την ανάπτυξη και τον προγραμματιζόμενο έλεγχο μέσω μοντέλων μηχανικής μάθησης και τεχνητής νοημοσύνης ενός νέου ρομποτικού οχήματος το οποίο προορίζεται για χρήση σε εφαρμογές ασφαλείας. Ειδικότερα, το συγκεκριμένο ρομποτικό σύστημα έχει τη δυνατότητα να αναλύει δεδομένα από το περιβάλλον του, καθώς επίσης και να χαρτογραφεί χώρους .

Λέξεις – κλειδιά

Τεχνητή Νοημοσύνη, Ρομπότ, Μηχανική Μάθηση, Χαρτογράφηση, Εφαρμογές Ασφαλείας

Abstract

This thesis documents the research work carried out for the design, development and programmable control through machine learning and artificial intelligence models of a new robotic vehicle which is intended for use in security applications. In particular, this robotic system has the ability to analyze data from its environment, as well as to map spaces.

Keywords

Artificial Intelligence, Robotics, Machine Learning, Mapping, Security

Table of Contents

Κατάλογος Πινάκων.....	9
Κατάλογος Εικόνων	9
Αλφαβητικό Ευρετήριο.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	11
Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας.....	11
Σκοπός και στόχοι.....	11
Μεθοδολογία.....	11
Καινοτομία.....	13
Δομή	13
1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : Εισαγωγικές έννοιες	14
1.1 Εισαγωγή κεφαλαίου 1.....	14
1.2 Τεχνητή νοημοσύνη.....	14
1.3 Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης στον Τομέα της Ασφάλειας.....	15
1.4 Ανάλυση Μεγάλων Δεδομένων (Big data analytics)	17
1.4.1 Επιμελητεία & Μεταφορές σε εφαρμογές Ασφάλειας (Logistics & Transportation)	19
1.4.2 Κυβερνασφάλεια (Cybersecurity).....	21
1.4.3 Παρακολούθηση και επίγνωση της κατάστασης (Threat Monitoring & Situational Awareness).....	23
1.4.4 Εντοπισμός & Αναγνώριση Στόχου (Target Recognition).....	25
1.4.5 Βιο-εμπνευσμένα Ρομπότ (Bio-inspired robots).....	28
2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : Περιγραφή του συστήματος SCOPUS	29
2.1 Συλλογή δεδομένων.....	30
2.2 Μετάδοση δεδομένων.....	33
2.2.1 Ανάλυση και οπτικοποίηση δεδομένων	35
3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : Ανάπτυξη του συστήματος SCOPUS	38
3.1 Μελέτη.....	38
3.2 Σχεδιασμός.....	46
3.3 Ανάπτυξη	52
3.3.1 Συνδεσμολογία.....	53
3.3.2 Εγκατάσταση λογισμικού.....	55
3.3.3 Δοκιμές λειτουργίας.....	55
3.3.4 Κατασκευαστική πορεία.....	57
3.3.5 Προγραμματισμός.....	61
4 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο : Αποτίμηση λειτουργίας του συστήματος SCOPUS	62
4.1 Βασικές λειτουργίες του συστήματος	63
4.2 Λογισμικό ελέγχου.....	65
5 Επίλογος	70
5.1 Σύνοψη της εργασίας	70
5.2 Προβλήματα και αντιμετώπιση	70
5.3 Συμπεράσματα.....	71
5.4 Μελλοντική εξέλιξη.....	72
Βιβλιογραφία – Αναφορές - Διαδικτυακές Πηγές	73
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.....	80
Κώδικας ελέγχου κίνησης	80
Διάγνωση περιβαλλοντικών συνθηκών.....	82
Χαρτογράφηση χώρου και εντοπισμός θέσης.....	86
Ζωντανή μετάδοση εικόνας και αναγνώριση αντικειμένων.....	88

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 3-1 Τεχνικά χαρακτηριστικά NVIDIA® Jetson Nano™.....	39
Πίνακας 3-2 Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρων DC Gearbox Motor - "TT Motor".....	40
Πίνακας 3-3 Τεχνικά χαρακτηριστικά οδηγού «Motor Driver L298N»	41
Πίνακας 3-4 Τεχνικά χαρακτηριστικά Slamtec RPLIDAR A1	42
Πίνακας 3-5 Τεχνικά χαρακτηριστικά IMX219-200.....	43
Πίνακας 3-6 Τεχνικά χαρακτηριστικά Edimax EW-7811Un	43
Πίνακας 3-7 Τεχνικά χαρακτηριστικά SanDisk 64GB MicroSDXC Ultra Memory Card.....	45
Πίνακας 3-8 Συνδεσμολογία Jetson Nano	54

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1 Πρωτότυπο αρχιτεκτονικής τριών επιπέδων [102]	12
Εικόνα 2 Διάγραμμα Συστήματος με αλγόριθμο ελέγχου κίνησης [102]	13
Εικόνα 3 Ταξινόμηση που προτείνεται στην επισκόπηση των εφαρμογών ασφαλείας [103].....	16
Εικόνα 4 Εννοιολογική διάταξη του συστήματος συλλογής πληροφοριών που βασίζεται σε εφαρμογές μεγάλων δεδομένων [104]	19
Εικόνα 5 Μοντέλο επίδρασης του κυβερνοχώρου στη στρατιωτική εφοδιαστική αλυσίδα (military supply chain cyber implications model M-SCCIM) [105].....	20
Εικόνα 6 Διαφορετικοί τύποι Διαχωριστικών Υπερεπιπέδων [103].....	22
Εικόνα 7 Η αρχιτεκτονική του Warfighter Associate [106]	24
Εικόνα 8 Στιγμιότυπο οθόνης του Warfighter Associate για το Intelligence Officer (S2) [πηγή: CrossRef]	25
Εικόνα 9 Αναγνώριση αντικειμένου βασισμένη σε πρότυπα, σε σχέση με αναγνώριση μοντέλου με χρήση ATR [πηγή: CrossRef].....	26
Εικόνα 10 Συλλογή δεδομένων αναγνώρισης στόχου MSTAR[πηγή: CrossRef]	27
Εικόνα 11 Βρόχος Πρόβλεψης, Εξαγωγής, Αντιστοίχισης, Αναζήτησης βάσει μοντέλου (PEMS) [πηγή: CrossRef] ...	27
Εικόνα 12 Εργαλεία αξιολόγησης HRR και SAR με χρήση των δεδομένων MSTAR[πηγή: CrossRef]	28
Εικόνα 13 Spot: (α) συνολική εμφάνιση, (β) ανεβαίνοντας τις σκάλες.....	29
Εικόνα 14 Atlas: (α) συνολική εμφάνιση, (β) άλμα πάνω από ένα εμπόδιο	29
Εικόνα 15 Αρχιτεκτονική σχεδίασης cloud robots [πηγή: CrossRef]	30
Εικόνα 16. Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα [πηγή: CrossRef]	32
Εικόνα 17. Φασματική απόκριση αισθητήρα TSL2591 [πηγή: CrossRef]	32
Εικόνα 18. (α)Προσανατολισμός της ευαισθησίας και πολικότητα της περιστροφής (β) Προσανατολισμός της ευαισθησίας του μαγνητόμετρου [πηγή: CrossRef]	33
Εικόνα 19. Αρχιτεκτονική αλγορίθμου “SSD: Single Shot MultiBox Detector” [πηγή: CrossRef]	36
Εικόνα 20 Αναπτυξιακή πλατφόρμα NVIDIA® Jetson Nano™ [πηγή: CrossRef]	38
Εικόνα 21 Κινητήρες DC Gearbox Motor - "TT Motor" [πηγή:https://www.adafruit.com/product/3777].....	39
Εικόνα 22 Τεχνική διαμόρφωσης πλάτους παλμού (PWM) [πηγή:CrossRef]	40
Εικόνα 23 Κύκλωμα Γέφυρας-H [πηγή:CrossRef]	40
Εικόνα 24 Μονάδα ελέγχου κινητήρων «Motor Driver L298N» [πηγή: CrossRef].....	41
Εικόνα 25 Σύνδεση αισθητήρα "Environment Sensor for Jetson Nano"	41
Εικόνα 26 Αισθητήρας "Environment Sensor for Jetson Nano" [πηγή: CrossRef]	41
Εικόνα 27 Αισθητήρας Slamtec RPLIDAR A1 [πηγή: CrossRef].....	42
Εικόνα 28 Κάμερα IMX219 sensor, FOV 200 [πηγή: CrossRef]	43
Εικόνα 29 Μονάδα συνδεσης Wi-Fi Edimax EW-7811Un [πηγή: CrossRef]	43
Εικόνα 30 Ανεμιστήρας ψύξης Noctua NF-F12 5V PWM [πηγή: CrossRef]	44
Εικόνα 31 Κάρτα μνήμης SanDisk 64GB MicroSDXC Ultra Memory Card [πηγή:CrossRef].....	45
Εικόνα 32 Επαναφορτιζόμενη μπαταρία "Mini Power Bank" [πηγή:CrossRef]	46
Εικόνα 33 Κάτοψη βασικής δομής Scopus.....	46
Εικόνα 34 Υποστήριγμα LiDAR.....	47
Εικόνα 35 Σχέδιο πρόσοψης	47
Εικόνα 36 Σχέδιο πίσω όψης.....	48
Εικόνα 37 Τμήματα κατασκευής.....	48
Εικόνα 38 Μπροστινή και πίσω όψη των τροχών.....	49

Εικόνα 39 Κάτοψη κυρίως τμήματος.....	49
Εικόνα 40 Πρόσοψη κυρίως τμήματος.....	50
Εικόνα 41 Πλάγια όψη κυρίως τμήματος.....	50
Εικόνα 42 Άνω κάλυμμα κατασκευής.....	51
Εικόνα 43 Οπίσθιο τμήμα κατασκευής.....	51
Εικόνα 44 Οπίσθιο κάλυμμα κατασκευής.....	52
Εικόνα 45 Κάτοψη και πρόσοψη στηρίγματος LiDAR.....	52
Εικόνα 46 Σχηματικό διάγραμμα Jetson Nano Developer kit.....	53
Εικόνα 47 Συνδεσμολογία κινητήρων και γέφυρα-H [πηγή: CrossRef].....	53
Εικόνα 48 Διάγραμμα GPIO pins [πηγή: CrossRef].....	54
Εικόνα 49 Τοποθέτηση SD κάρτας στο Jetson Nano.....	55
Εικόνα 50 Αρχική οθόνη μετά την εγκατάσταση λογισμικού.....	55
Εικόνα 51 Δοκιμαστικές συνδέσεις Scopus.....	56
Εικόνα 52 Δοκιμαστική λειτουργία αισθητήρων περιβάλλοντος.....	56
Εικόνα 53 Τμήματα κατασκευής.....	57
Εικόνα 54 Σύνδεση των Pins του αισθητήρα περιβάλλοντος.....	57
Εικόνα 55 Συνδέσεις στα GPIO Pins του Jetson.....	58
Εικόνα 56 Εγκατάσταση του αναπτυξιακού Jetson.....	58
Εικόνα 57 Τοποθέτηση κάμερας στην μπροστινή όψη του Scopus.....	59
Εικόνα 58 Πίσω όψη της κατασκευής με τις διαθέσιμες θύρες συνδεσιμότητας.....	59
Εικόνα 59 Η βασική συνδεσμολογία του ρομπότ.....	60
Εικόνα 60 Προσαρμογή του LiDAR στο στήριγμα της βάσης του.....	60
Εικόνα 61 Άποψη του ρομπότ με την τοποθέτηση όλων των τμημάτων.....	61
Εικόνα 62 Ολοκληρωμένη μορφή του ρομπότ Scopus.....	61
Εικόνα 63 Δοκιμαστική δημιουργία διεπαφής χρήστη με το λογισμικό QT.....	62
Εικόνα 64 Χωρική ανάλυση με το LiDAR.....	64
Εικόνα 65 Στιγμιότυπα αναγνώρισης αντικειμένων σε ζωντανή ροή μετάδοσης.....	64
Εικόνα 66 Λογισμικό ελέγχου Scopus σελίδα σύνδεσης χρήστη.....	65
Εικόνα 67 Διαχείριση βάσης δεδομένων του λογισμικού.....	65
Εικόνα 68 Αρχική σελίδα λογισμικού ελέγχου.....	66
Εικόνα 69 Καρτέλα ελέγχου κίνησης του ρομπότ.....	67
Εικόνα 70 Χωρική ανάλυση των δεδομένων σε τρισδιάστατη απεικόνιση.....	67
Εικόνα 71 Γραφική απεικόνιση των περιβαλλοντικών συνθηκών.....	68
Εικόνα 72 Ζωντανή ροή μετάδοσης.....	68
Εικόνα 73 Εργαλεία πλοήγησης και εξατομίκευσης χρήστη.....	69
Εικόνα 74 Χρονοδιάγραμμα εργασίας.....	70

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένας από τους βασικούς πυλώνες που καθορίζουν τη θέση ενός κράτους στη διεθνή σκηνή, είναι οι δυνατότητες στον τομέα της ασφάλειας, τόσο αμυντικά όσο και δυναμικά[1]. Στην σύγχρονη εποχή η ικανότητα στην ασφάλεια καθορίζεται από τη δομή, τον εκσυγχρονισμό, την ετοιμότητα και τη βιωσιμότητα. Όπως δείχνει η έρευνα [2] οι επιθέσεις χάκερ τόσο σε ιδιωτικές εταιρείες όσο και σε κυβερνητικά ιδρύματα έχουν γίνει ένα κοινό φαινόμενο. Σύμφωνα με ερευνητές [3][4] τεχνητή νοημοσύνη (AI) και καινοτόμα αυτόνομα συστήματα θα αποτελούν αναπόσπαστο μέρος των αμυντικών κατευθύνσεων.

Οι περισσότεροι σύγχρονοι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης απαιτούν μεγάλο όγκο δεδομένων, για παράδειγμα στην επεξεργασία φυσικής γλώσσας. Μπορούν να λειτουργήσουν καλύτερα, πιο γρήγορα και πιο αποτελεσματικά, αλλά δεν μπορούν να λειτουργήσουν καλά χωρίς πρόσβαση σε μεγάλες βάσεις δεδομένων. Η πρόσβαση σε εκτενείς πηγές δεδομένων και η αυξανόμενη υπολογιστική ισχύς των μηχανών επέτρεψε την ανάπτυξη αυτού του τομέα της επιστήμης. Στις μέρες μας, το ενδιαφέρον για τη χρήση νευρωνικών δικτύων εξακολουθεί να αυξάνεται, γεγονός που μπορεί να παρατηρηθεί αναλύοντας επιστημονικές δημοσιεύσεις για διάφορα θέματα από τα τελευταία έτη, πρόβλεψη και αξιολόγηση των ατμοσφαιρικών φαινομένων [5], διακρίνουν τα πληροφοριακά tweets (που περιέχουν σχετικά γεγονότα) από μη πληροφοριακά (που περιέχουν φήμες ή μη λεπτομερείς πληροφορίες) [6], πρόβλεψη δυναμικών αγορών συναλλάγματος [7] και της αγοράς ακινήτων [8]. Στον τομέα της ασφάλειας, οι αλγόριθμοι AI μπορούν να χρησιμοποιηθούν, μεταξύ άλλων, για συστήματα αναγνώρισης ομιλίας [9] ή για αντικείμενα, ανίχνευση και αναγνώριση [10].

Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας

Το αντικείμενο αυτής της εργασίας είναι η εφαρμογή σύγχρονων τεχνολογιών για τη σχεδίαση και ανάπτυξη ενός καινοτόμου ρομποτικού συστήματος αυτόνομης καθοδήγησης ικανού να χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές ασφαλείας.

Σκοπός και στόχοι

Σκοπός της εργασίας και κατασκευής, είναι η ανάπτυξη ενός αυτόνομου ρομποτικού συστήματος, το οποίο θα μπορεί να υποστηρίξει εφαρμογές ασφαλείας, πειθαρχώντας στους νόμους της ρομποτικής [11]. Πιο εστιασμένα, οι στόχοι της εργασίας διακρίνονται ως εξής:

- Μελέτη των εφαρμογών ασφαλείας που βρίσκει έδαφος η τεχνητή νοημοσύνη.
- Ανάπτυξη ενός αυτόνομου ρομποτικού συστήματος με χρήση τεχνητής νοημοσύνης και μηχανικής μάθησης, για ενίσχυση των εφαρμογών ασφαλείας.
- Η μελλοντική εξέλιξη του ρομποτικού συστήματος επεκτείνεται σε χρήση σμήνους και με μικρές μετατροπές σε οποιαδήποτε άλλης μορφής ρομπότ π.χ. ανθρωποειδές, εναέριο, υποβρύχιο κ.λπ.
- Η κατασκευή αποτελείται από ένα πλήρως λειτουργικό ρομποτικό σύστημα και λογισμικό επικοινωνίας και συλλογής δεδομένων.

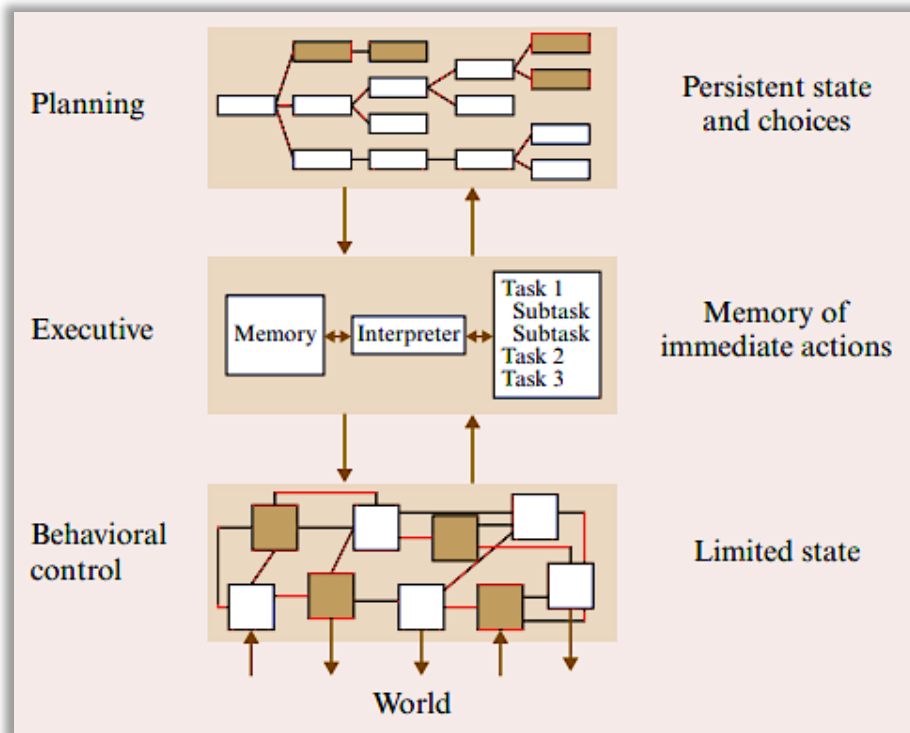
Μεθοδολογία

Η πορεία που ακολουθήθηκε για τον σχεδιασμό του ρομποτικού συστήματος, του οποίου το όνομα είναι **Scopus**(λατινικά, προέρχεται από την ελληνική λέξη σκοπός/στόχος), ξεκίνησε από την

μελέτη για τις δυνατότητες ενός ρομπότ απέναντι στην αντικατασκοπεία και την κυβερνασφάλεια συγκεκριμένα.

- Πώς μπορεί να χαρτογραφηθεί μια επικίνδυνη για τον άνθρωπο περιοχή;
- Πώς μπορεί να γίνει διαγνωστικός έλεγχος σε ένα κτίριο με ακατάλληλες ανθρώπινες συνθήκες;
- Μπορεί ένα ρομπότ να εντοπίσει τις ευπάθειες ενός δικτύου ανταλλαγής ευαίσθητων δεδομένων;
- Ένα ρομπότ έχει τη δυνατότητα να εντοπίσει ύποπτη δραστηριότητα σε δύσβατα σημεία;

Τις απαντήσεις για αυτά τα ερωτήματα μπορεί να δώσει το **Scopus**, ακολουθώντας αρχιτεκτονική 3 επιπέδων , σχεδιασμός- εκτέλεση- έλεγχος συμπεριφοράς.



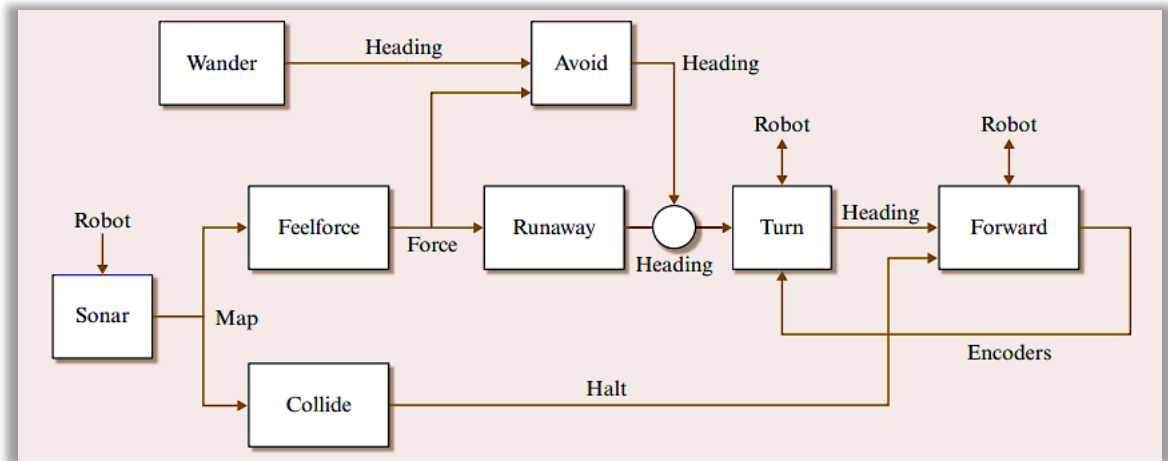
Εικόνα 1 Πρωτότυπο αρχιτεκτονικής τριών επιπέδων [12]

Στην πορεία, αναλύοντας διεξοδικά την κάθε λειτουργία του ρομπότ, προέκυψαν ζητήματα σχετικά με την λειτουργικότητα και την εργονομία για την εκάστοτε περίπτωση που θα καλείται το σύστημα να ανταπεξέλθει.

- Το είδος των δεδομένων που πρέπει να συλλεχθούν από το περιβάλλον για τον διαγνωστικό έλεγχο.
- Οι αισθητήρες που θα συλλέξουν τα δεδομένα, τόσο για την ανάλυση όσο και για την αυτονομία του ρομπότ.
- Με ποιον τρόπο θα γίνει η συλλογή και κατόπιν η ανάλυση των δεδομένων που θα προκύψουν.
- Η επικοινωνία του συστήματος με το χρήστη και το λογισμικό που θα επιτρέπει την ανάλυση και προβολή των δεδομένων.
- Η λειτουργικότητα της κινησιολογίας του ρομπότ για την καλύτερη δυνατή απόδοση.
- Για την ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στην αυτονομία του ρομπότ, απαιτείται αντίστοιχο συμβατό υλικό με την υπόλοιπη κατασκευή.

- Προσαρμογή του υλικολογισμικού για δυνατότητα απομακρυσμένης χειροκίνητης λειτουργίας από το χρήστη.

Συνοπτικά τα επιμέρους στοιχεία που προέκυψαν, συνδέθηκαν σε ένα διάγραμμα συστήματος αυτομάτου ελέγχου, το οποίο πλαισιώνει την κατασκευαστική μελέτη του **Scopus**.



Εικόνα 2 Διάγραμμα Συστήματος με αλγόριθμο ελέγχου κίνησης [12]

Καινοτομία

Πρόκειται για μια εργασία που στόχο είχε να πρωτοπορήσει, καθότι προήλθε απλώς από μια “ιδέα”. Τόσο το σύνολο των υλικών, όσο και ο σχεδιασμός είναι επιλεγμένα προσεκτικά και μοναδικά. Τα καινοτόμα στοιχεία επομένως εντοπίζονται στο λογισμικό που ενσωματώνει στην λειτουργικότητα του ρομποτικού συστήματος, την επικοινωνία και την ανάλυση των δεδομένων, καθώς και στον τρόπο που εκτελεί την χαρτογράφηση των χώρων.

Δομή

Στο κεφάλαιο 1, παρέχονται εισαγωγικά στοιχεία για τη χρησιμοποίηση της τεχνητής νοημοσύνης και τις εφαρμογές ασφαλείας που λαμβάνει χώρα. Στην συνέχεια, στην ενότητα 2 αναλύεται ο σχεδιασμός του συστήματος και η πορεία που ακολουθήθηκε. Στην ενότητα 3, παρουσιάζεται η ανάπτυξη του ρομποτικού συστήματος και ο τρόπος λειτουργίας του. Κατόπιν, στην ενότητα 4 αναφέρεται η αποτίμηση της λειτουργίας και οι παρατηρήσεις μετά από τις πρώτες δοκιμές. Τέλος, στην ενότητα 5, στον επίλογο βρίσκεται η σύνοψη της εργασίας, τα προβλήματα και η αντιμετώπισή τους, τα συμπεράσματα και οι προτάσεις της μελλοντικής εξέλιξης του ρομπότ.

1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : Εισαγωγικές έννοιες

1.1 Εισαγωγή κεφαλαίου 1

Σκοπός του κεφαλαίου 1 είναι να καταστρώσει το θεωρητικό υπόβαθρο αυτής της διπλωματικής εργασίας. Προς εκπλήρωση αυτού του σκοπού, ο αναγνώστης εισάγεται σε επιμέρους επιστημονικές έννοιες και πεδία τεχνολογικού ενδιαφέροντος που συναποτελούν τη θεωρητική βάση που χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία του ρομποτικού συστήματος που αναπτύχθηκε.

1.2 Τεχνητή νοημοσύνη

Η Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence-AI) αποτελεί ένα επιστημονικό πεδίο που πρωτοεμφανίστηκε κατά το δεύτερο μισό του εικοστού αιώνα, και έκτοτε βρίσκεται υπό συνεχή εξέλιξη. Το αντικείμενό της είναι η ανάπτυξη μεθοδολογιών και συστημάτων πληροφορικής που έχουν τη δυνατότητα να εκτελούν εργασίες που συνήθως απαιτούν ανθρώπινη νοημοσύνη [13]. Η φύση της νοημοσύνης μπορεί να κυμαίνεται από «περιορισμένη» νοημοσύνη που είναι ιδιαίτερα προσαρμοσμένη ή εξειδικευμένη μέχρι την τεχνητή «γενική» νοημοσύνη που είναι ευέλικτη, προσαρμοστική και εφευρετική, όπως και ο ανθρώπινος εγκέφαλος [14].

Παραδείγματα τέτοιων εργασιών, όπου επιλαμβάνεται η Τεχνητή Νοημοσύνη, είναι η υποστήριξη συστημάτων λήψης αποφάσεων, η αναγνώριση ομιλίας, η ανίχνευση ανεπιθύμητης ηλεκτρονικής αλληλογραφίας, η μετάφραση γλωσσών, η υποστήριξη μηχανών αναζήτησης, η υποστήριξη λειτουργίας εικονικών βοηθών, η στοχευμένη διαφήμιση. Επίσης, αρκετές χρήσεις της τεχνητής νοημοσύνης εντοπίζονται στις μεταφορές, όπου τα επιβατικά αεροσκάφη διαθέτουν σημαντικά επίπεδα αυτοματισμών, ωστόσο η κοινωνία απέχει πολύ από το να δεχθεί επιβατικά αεροσκάφη χωρίς πιλότους. Για τους σιδηροδρόμους, ορισμένοι είναι πλέον πλήρως αυτοματοποιημένοι, ενώ άλλοι συνεχίζουν να βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στον άνθρωπο. Τα αυτοκίνητα μπορούν τώρα παρκάρουν αυτόνομα και διαθέτουν εξίσου υψηλά επίπεδα αυτοματισμών, αλλά δεν είναι ακόμη πλήρως αυτόνομα σε όλα τα περιβάλλοντα. Δεν υπάρχει αμφιβολία, ωστόσο, ότι υπάρχει μια τάση προς μεγαλύτερη χρήση αυτόνομων συστημάτων και ΑΙ. Αυτό καθοδηγείται από ολοένα μεγαλύτερη επεξεργαστική ισχύ μαζί με την ικανότητα για πολύ μεγάλα σύνολα δεδομένων ("μεγάλα δεδομένα") που θα συλληφθούν και θα χρησιμοποιηθούν για να βοηθήσουν στη δημιουργία πιο ικανών μηχανών με ΑΙ. Τέτοιοι πόροι μπορεί επίσης να είναι προσβάσιμοι στο διαδίκτυο ή σε νέφος (cloud), μειώνοντας το κόστος ανάπτυξης και διανομής προγραμμάτων τεχνητής νοημοσύνης.

Γενικά, υπάρχουν πολλά επιστημονικά πεδία που η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να ενισχύσει την αποδοτικότητά τους, όπως η ασαφής λογική και τα νευρωνικά δίκτυα, με ορισμένες προσεγγίσεις να γίνονται συνώνυμες με την τεχνητή νοημοσύνη.

Ειδικότερα, η μηχανική μάθηση είναι μια προσέγγιση που δίνει στους υπολογιστές τη δυνατότητα να μαθαίνουν χωρίς να είναι ρητά προγραμματισμένοι, μαθαίνοντας και κάνοντας προβλέψεις από δεδομένα. Σε γενικές γραμμές η τεχνητή νοημοσύνη είναι το «τι», η μηχανική μάθηση είναι μια προσέγγιση στο «πώς», και τα αυτόνομα συστήματα μπορεί να είναι το «γιατί». Οι μέθοδοι μηχανικής μάθησης βασίζονται σε αναπαραστάσεις δεδομένων εκμάθησης, σε αντίθεση με αλγόριθμους που αφορούν συγκεκριμένες εργασίες. Η μάθηση μπορεί να είναι υπό επίβλεψη, μερική επίβλεψη ή χωρίς επίβλεψη[15].

Επίσης, τα νευρωνικά δίκτυα είναι υπολογιστικά συστήματα που έχουν σχεδιαστεί για τον ανθρώπινο εγκέφαλο και το νευρικό σύστημα, με μια διασυνδεδεμένη ομάδα κόμβων, παρόμοια με το τεράστιο δίκτυο νευρώνων σε έναν εγκέφαλο. Η βαθιά ή ενισχυτική μάθηση, η οποία είναι εμπνευσμένη από τον τρόπο με τον οποίο τα ζώα φαίνεται να μαθαίνουν, έχει υιοθετήσει την

προσέγγιση των νευρωνικών δικτύων και έχει προσθέσει στρώματα κόμβων εκμεταλλευόμενοι την υψηλή επεξεργαστική ισχύ που αναπτύσσεται και κάνοντας σημαντικές προόδους στην αναγνώριση εικόνας.

Ένα αυτόνομο σύστημα που βασίζεται στη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης, για παράδειγμα ένα ρομπότ ή ένα όχημα, την επεκτείνει στον φυσικό κόσμο, χρησιμοποιώντας για την αναγνώριση του περιβάλλοντός του σύνολα αισθητήρων, μια εργασία ή και περισσότερες, με ελάχιστη ανθρώπινη παρέμβαση. Κάποιοι υποστηρίζουν ότι ορισμένοι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης δεν δείχνουν πραγματική ευφυΐα, αλλά αποτελούν ένα προκαθορισμένο και περιορισμένο σύνολο αποκρίσεων σε ένα προκαθορισμένο και περιορισμένο σύνολο εισόδων. Ο καθηγητής Isbell της Georgia Tech[16]προτείνει την εξής ιδέα: “Τα συστήματα θα πρέπει να έχουν δύο χαρακτηριστικά για να θεωρηθούν τεχνητή νοημοσύνη”. Πρώτον, πρέπει να μάθουν με την πάροδο του χρόνου καθώς αλλάζει το περιβάλλον τους. Δεύτερον, η πρόκληση τους πρέπει να είναι πολύ απαιτητική για να μάθουν οι άνθρωποι, επομένως ένα μηχάνημα προγραμματισμένο να αυτοματοποιεί την επαναλαμβανόμενη εργασία δεν θα θεωρείται σύστημα τεχνητής νοημοσύνης.

Ένα παράδειγμα είναι η τεχνητή νοημοσύνη σε πολλά βιντεοπαιχνίδια , καθώς μπορεί να φαίνεται ότι αντιπροσωπεύει την ανθρώπινη συμπεριφορά, αλλά αυτό είναι προ-προγραμματισμένο και υπάρχει λίγη ή καθόλου μάθηση με την πάροδο του χρόνου. Γενικότερα, στις διαδικασίες μοντελοποίησης και προσομοίωσης (M&S)[18] η τεχνητή νοημοσύνη χρησιμοποιείται για να μειωθεί ή/και εξαλειφθεί η ανάγκη για ανθρώπινη παρέμβαση. Μερικές φορές ονομάζονται ημιαυτόματες δυνάμεις (SAF)[19]ή δημιουργημένες από υπολογιστή Δυνάμεις (CGF)[20]. Η ίδια η προσομοίωση χρησιμοποιείται τώρα για να «εκπαιδεύσει» AI/αυτόνομα συστήματα, ως τέτοια περιβάλλοντα, επαναλαμβανόμενα και ελεγχόμενα, τα οποία μπορούν να δημιουργήσουν εξαιρετικά προσαρμοσμένα δεδομένα εξόδου. Ωστόσο, η αναπαραγωγή αξιόπιστων και ρεαλιστικών συμπεριφορών στην προσομοίωση, παραμένει μια σημαντική πρόκληση και η κοινότητα M&S συνεχίζει να προσπαθεί να βελτιώσει την τεχνητή νοημοσύνη της. Η βιομηχανία παιχνιδιών υπολογιστών βλέπει επίσης την τεχνητή νοημοσύνη ως πρόκληση, καθώς τα παιχνίδια μπορούν εύκολα να χάσουν την ψυχαγωγική τους αξία εάν η τεχνητή νοημοσύνη τους δεν εφαρμόζεται σωστά.

1.3 Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης στον Τομέα της Ασφάλειας

Η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στον τομέα της ασφάλειας εστιάζεται σε επιμέρους τομείς των στρατιωτικών δυνάμεων, οι οποίοι είναι ιδιαίτερος σημαντικοί σε όρους διασφάλισης της εύρυθμης λειτουργίας και της ασφάλειας του κράτους και όλων των πολιτών. Επιλεγμένα παραδείγματα αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης που χρησιμοποιούνται σε αμυντικά συστήματα, παρουσιάζονται στο σχεδιάγραμμα που ακολουθεί.

Εάν τέτοιες εξελίξεις ενσωματωθούν στην αμυντική σφαίρα, τότε θα μπορούσαμε να προβλέψουμε την εκπαίδευση ανθρώπων και αυτόνομων συστημάτων στα ίδια συστήματα προσομοίωσης, τόσο χωριστά όσο και μαζί, και η τεχνητή νοημοσύνη στο αυτόνομο σύστημα είναι ίδια με αυτό στην προσομοίωση. Καθώς τα αυτόνομα συστήματα πολλαπλασιάζονται σε όλα τα έθνη, η τεχνολογία και οι τεχνικές M&S μπορεί να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση της διαλειτουργικότητας των αυτόνομων συστημάτων. Για να μεγιστοποιηθούν τέτοιες συνέργειες, θα είναι σημαντικό το NATO να αγκαλιάσει όλες τις κοινότητες που έχουν ενδιαφέρον για την τεχνητή νοημοσύνη[25]. Η αξιολόγηση των κινδύνων από τη χρήση τεχνητής νοημοσύνης και εμπορικών αυτόνομων συστημάτων από δυνητικό αντίπαλο είναι επίσης απαραίτητη. Παρά τις πρόσφατες εξελίξεις, η ανάπτυξη της τεχνητής νοημοσύνης εξακολουθεί να αντιμετωπίζει σημαντικές τεχνολογικές και ηθικές προκλήσεις και αυτές πρέπει να παρακολουθούνται και να αντιμετωπίζονται όπως απαιτείται.

1.4 Ανάλυση Μεγάλων Δεδομένων (Big data analytics)

Ο όρος Μεγάλα Δεδομένα (Big Data) αναφέρεται σε σύνολα δεδομένων που είναι δυσχερές ή αδύνατη η διαχείρισή τους μέσω συμβατικών λογισμικών επεξεργασίας δεδομένων, λόγω του μεγάλου μεγέθους του ή/και της μεγάλης πολυπλοκότητάς τους.

Τα δεδομένα που σχετίζονται με την εθνική ασφάλεια και την άμυνα, παράγονται από πολλαπλές πηγές και θα πρέπει να αναλυθούν πλήρως για την πρόβλεψη και τη διαχείριση κρίσεων σε τοπικό και εθνικό επίπεδο υπηρεσιών, τις επιχειρήσεις ασφαλείας και τη λήψη εθνικών αποφάσεων. Τα συγκεκριμένα δεδομένα παράγονται από την κίνηση πλοίων, αεροσκαφών και οχημάτων, δορυφόρων στο διάστημα, drones, μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων (UAV), αναγνωριστικών αεροσκαφών, αισθητήρων και ραντάρ επιτήρησης πεδίου μάχης (BFSR)[26]. Τα δεδομένα αυτών των τύπων χαρακτηρίζονται από υψηλή πολυπλοκότητα και μέγεθος δεδομένου ότι τα στοιχεία για τις πληροφορίες που αφορούν επιχειρήσεις ασφαλείας λαμβάνονται συνεχώς κατά τη διάρκεια της ειρήνης και αυξάνονται εκθετικά κατά τη διάρκεια κρίσεων. Η ανθρώπινη ανάλυση αυτών των πληροφοριών και δεδομένων νοημοσύνης είναι πολύ πέρα από τις φυσικές δυνατότητες. Επομένως, ευφυΐα βασισμένη σε μεγάλα δεδομένα θα παρέχει το απαιτούμενο αποτέλεσμα για τη λήψη αποφάσεων και τη διεξαγωγή των λειτουργιών. Σε σύγχρονα σενάρια μάχης, ένας επιστήμονας δεδομένων που βοηθά στην ερμηνεία και την ανάλυση δεδομένων θα μπορούσε να σώσει πολλές περισσότερες ζωές από εκατό στρατιώτες στο έδαφος. Τα μεγάλα δεδομένα, με υπολογιστική ανάλυση, μπορούν να προσφέρουν πληροφορίες που επιτρέπουν στους διοικητές να εντοπίζουν προληπτικά τα σημεία μέγιστου ενδιαφέροντος για τον επιχειρησιακό σχεδιασμό. Τα ειδικά συστήματα παρακολούθησης πόρων παρέχουν καλύτερη εποπτεία των στοιχείων, κάτι που είναι απαραίτητο για δικτυοκεντρικές επιχειρήσεις[27].

Τρομοκρατία, συγκρούσεις μέσω αντιπροσώπων, πολιτικός και θρησκευτικός εξτρεμισμός, διεξαγωγή εκπαίδευσης από αντιπάλους, ανάπτυξη δυνάμεων, χορηγία μη κρατικών παραγόντων, είναι μερικά παραδείγματα των πληροφοριών που ενδέχεται να ληφθούν και να αναλυθούν. Η μετατροπή δορυφορικών δεδομένων και οι τεχνικές κρυπτογραφημένες υποκλοπές απαιτούν ειδικά εργαλεία που θα παρέχονται από την ανάλυση μεγάλων δεδομένων. Μπορούν να αναπτυχθούν αλγόριθμοι για να αναλύσουν εκατοντάδες χιλιάδες έγγραφα ανοιχτού κώδικα που δημιουργούνται κάθε ώρα και να τα συγκρίνουν με την ανθρώπινη νοημοσύνη η οποία έχει συγκεντρωθεί με πληθώρα ιστορικών γεγονότων, και στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη συγκεκριμένων περιστατικών και πρότασης μέτρων προληπτικά.

Μια ακόμη μεγάλη εφαρμογή της ανάλυσης μεγάλων δεδομένων είναι στην αντικατασκοπεία, καθώς οι πληροφορίες σχετικά με ένα ύποπτο άτομο μπορούν να αναζητηθούν με

εργαλεία μεγάλων δεδομένων σε κοινωνικά δίκτυα, ιστότοπους αγορών και ψυχαγωγίας, καθώς και από τα αρχεία καταγραφής ιστού της αναζήτησης που πραγματοποιείται στο διαδίκτυο και μπορούν να γίνουν ενέργειες. Αναλυτικότερα, η ανάλυση των δεδομένων μπορεί να εισαχθεί με τις ακόλουθες διαδικασίες:

- *Παρακολούθηση μέσων κοινωνικής δικτύωσης*

Τα κύρια θέματα/έννοιες που συζητούνται στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης μπορούν να παρακολουθούνται και να μελετώνται ειδικά για τη γεωγραφία, το άτομο και τον οργανισμό κ.λπ. Διαφορετικά κοινωνικά προφίλ ενός ατόμου στο Twitter, το Facebook και το LinkedIn κ.λπ. είναι δυνατό να μελετηθούν και να αναλυθούν ιστότοποι που σχετίζονται με ένα συγκεκριμένο άτομο με βάση το κοινωνικό του προφίλ, το περιεχόμενο που δημιουργήθηκε, τον κύκλο φίλων κ.λπ. Μπορεί να αναλυθεί μακροεντολή γραφημάτων μέσων κοινωνικής δικτύωσης για τον εντοπισμό ομάδων χρηστών που είναι ενεργές σε έναν ιστότοπο. Για παράδειγμα, το τμήμα ηλικιακών ομάδων των χρηστών που δραστηριοποιούνται στο Twitter και το Facebook με προέλευση μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή[28].

- *Εξόρυξη πληροφοριών*

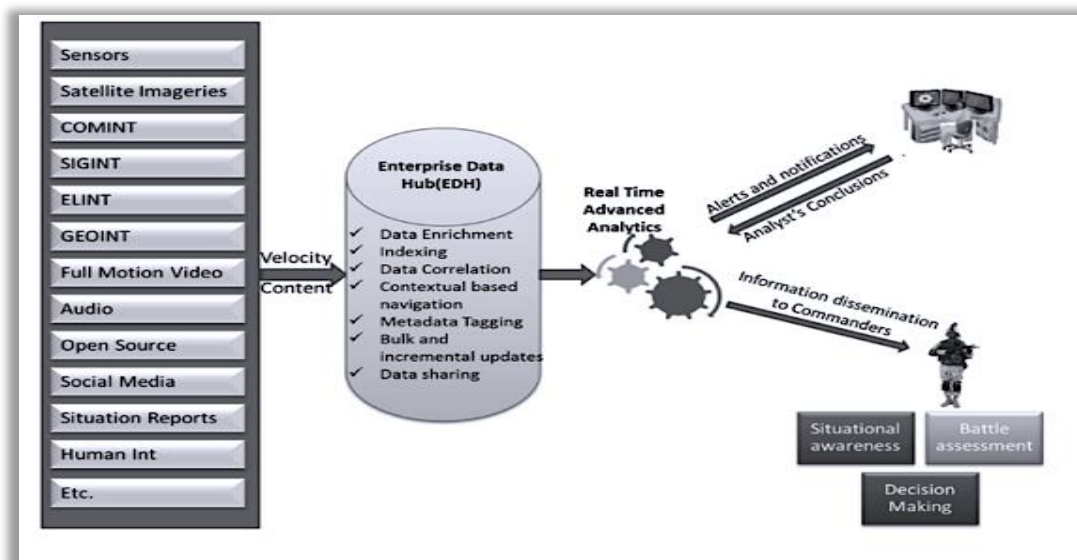
Οι πληροφορίες στις ειδήσεις/έγγραφα που σχετίζονται με ένα συγκεκριμένο άτομο, μπορούν να αναζητηθούν για να βρεθούν αντιστοιχίες με μια δεδομένη έννοια. Για παράδειγμα, οι «ταραχές» μπορεί να σχετίζονται με το «Γκουτζαράτ» κατά τη διάρκεια του 2002[29]. Μπορούν να βρεθούν σχετικά έγγραφα που παρέχουν διαφορετικές αναπαραστάσεις των ίδιων πληροφοριών, για παράδειγμα, οι διαφορετικοί τρόποι με τους οποίους αναφέρονται τα εκρηκτικά σε άρθρα. Πληροφορίες, άρθρα, δημοσιεύσεις, διπλώματα ευρεσιτεχνίας σχετικά με ένα συγκεκριμένο θέμα, για παράδειγμα την ανάπτυξη πυραύλων, αποτελούν στοιχεία που βοηθούν πολύ στον σχεδιασμό της στρατηγικής πληροφοριών σε υψηλότερο επίπεδο.

- *Αναλύσεις εγγράφων*

Οι έννοιες, τα θέματα που συζητούνται σε μια συλλογή εγγράφων μπορούν να μελετηθούν. Για παράδειγμα, με βάση την ανάλυση των άρθρων/εγγράφων από διάφορους ιστοτόπους, τα έγγραφα μπορούν να ομαδοποιηθούν σε ξεχωριστά τμήματα: έγγραφα που αφορούν πολιτική, αθλήματα, παιχνίδια, εξωτερικές υποθέσεις κ.λπ. Η εύρεση τάσεων που σχετίζονται με συγκεκριμένα θέματα μπορεί να είναι ένας σημαντικός τρόπος για να ανακαλυφθούν οι κρυφές πληροφορίες σε ένα έγγραφο[30].

Τα συστήματα νοημοσύνης θα πρέπει να μπορούν να συλλέγουν, να ταξινομούν, να φιλτράρουν και να επεξεργάζονται όλους τους τύπους εισόδου, από δομημένες έως μη δομημένες, συμπεριλαμβανομένης της ζωντανής ροής και προβολής στους διοικητές σε ιεραρχικό επίπεδο.

Η ευφυΐα μιας τέτοιας κλάσης, με βάση την ανάλυση μεγάλων δεδομένων, θα επιτρέψει στους διοικητές να αξιολογήσουν την κατάσταση στο πεδίο της μάχης σε πραγματικό χρόνο και με καλύτερο τρόπο να λαμβάνουν κατάλληλες και έγκαιρες αποφάσεις. Ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να ενσωματώσει τις προσπάθειες όλων των διαδικασιών συλλογής πληροφοριών για τη βελτιστοποίηση των πόρων και των αποτελεσμάτων. Τέτοια συστήματα μπορούν να βελτιώνονται συνεχώς σε απόκριση ακολουθώντας την μεταβαλλόμενη συμπεριφορά του στόχου και των ενδιαφερομένων.



Εικόνα 4 Εννοιολογική διάταξη του συστήματος συλλογής πληροφοριών που βασίζεται σε εφαρμογές μεγάλων δεδομένων [31]

1.4.1 Επιμελητεία & Μεταφορές σε εφαρμογές Ασφάλειας (Logistics & Transportation)

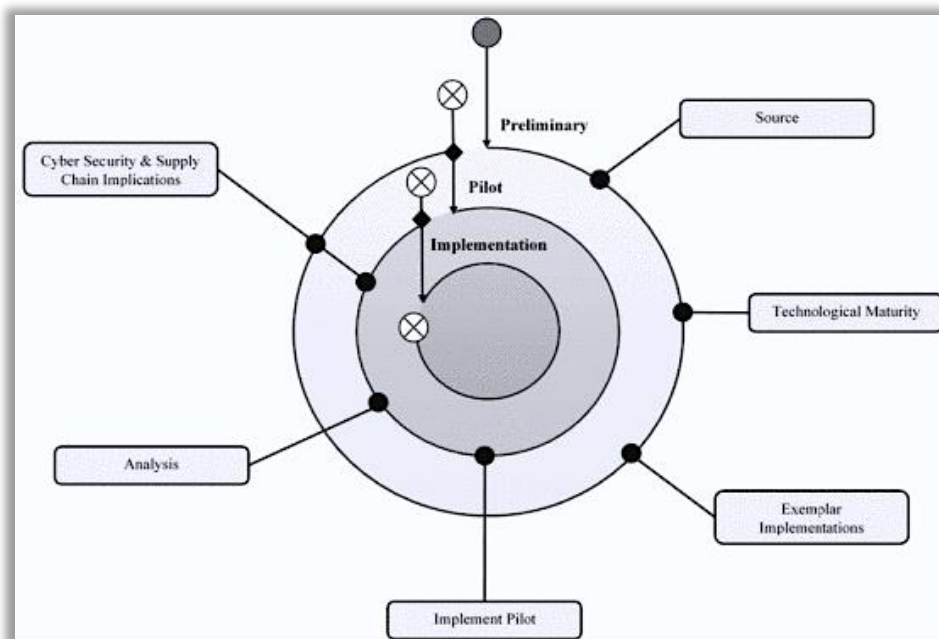
Η επιμελητεία, η διανομή και η εφοδιαστική αλυσίδα απαρτίζουν μια πολύ εξελιγμένη και προηγμένη διαδικασία, που αφορά την μετακίνηση προϊόντων ή υπηρεσιών σε καθορισμένη τοποθεσία σε συμφωνημένο χρόνο. Η ιστορία της εφοδιαστικής είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με το στρατιωτικό τομέα από πολύ παλιά, με τους αρχαίους Ρωμαίους να έχουν οργανώσει πρώτοι κάποια αποτελεσματικά συστήματα υλικοτεχνικής υποστήριξης για να προμηθεύουν λεγεώνες τους [32]. Στην σύγχρονη εποχή, η αντίστοιχη χαρακτήρα επιμελητεία περιλαμβάνει πολλές διαφορετικές λειτουργίες, οι οποίες σχετίζονται με την επεξεργασία μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων και τη λήψη αποφάσεων που αφορούν την μεταφορά, την παράδοση και την επικοινωνία, την υποστήριξη μάχινων μονάδων και πολλές άλλες λειτουργίες.

Η χρήση τεχνητής νοημοσύνης και μηχανικής μάθησης σε έναν ή περισσότερους τομείς της εφοδιαστικής θα μπορούσε να βοηθήσει στην επιτάχυνση αυτής της διαδικασίας και να την κάνει πιο ευέλικτη. Παρόλο που θα μπορούσαν να έχουν μεγάλα οφέλη και για την επιμελητεία, ο στρατός έχει επικεντρωθεί σε εφαρμογές αυτών των τεχνολογιών σε άλλους τομείς, παρότι η επιμελητεία στις ενεργές εμπόλεμες ζώνες ελλοχεύει κινδύνους τόσο για το ανθρώπινο δυναμικό όσο και για τους πόρους που χρησιμοποιούνται. Ωστόσο, η ενσωμάτωση των αυτόνομων συστημάτων συνοδεύεται από ανησυχίες, αν και δεν εξισώνονται με τις περιπτώσεις που χρησιμοποιείται η τεχνητή νοημοσύνη για επιτήρηση, πληροφορίες ή όπλα. Τα ζητήματα με την τεχνητή νοημοσύνη για την εφοδιαστική έχουν να κάνουν με την εγγενή απρόβλεπτη ικανότητα και την ευπάθεια στην εκμετάλλευση.

Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα έχουν μεγάλες δυνατότητες σε εφαρμογές ασφαλείας, μπορούν να παρέχουν υποστήριξη και πληροφορίες κατά τη διάρκεια χερσαίων, θαλάσσιων και εναέριων επιχειρήσεων. Η άνοδος ζήτησης για χρήση εφαρμογών που ενσωματώνουν τεχνητή νοημοσύνη στον αμυντικό τομέα, επιβεβαιώνεται από το AIE (Artificial Intelligence Exploration) που ξεκίνησε από την DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) τον Ιούλιο του 2018 [33]. Επιπλέον, η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στον τομέα της άμυνας υποστηρίζεται από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Άμυνας, ειδικά για εργασίες που σχετίζονται με την επεξεργασία μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων [34].

Ακολουθώντας την τεχνολογική εξέλιξη, πρόσφατα σε ένα συνέδριο στην Κίνα [35], οι εισηγητές πρότειναν μια μέθοδο διαχείρισης στρατιωτικής επιμελητείας που βασίζεται στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), η οποία συμβάλλει στην μείωση του χρόνου υλικοτεχνικής απόκρισης και τη ΠΑΔΑ, Τμήμα Η&ΗΜ, Διπλωματική Εργασία, Φωτεινή Κολίτη

βελτίωση της ταχύτητας των ενεργειών. Λίγο αργότερα σε ένα άλλο συνέδριο στις ΗΠΑ[31], επισημάνθηκε ένα σημαντικό ζήτημα στην διασφάλιση της αξιοπιστίας των εφοδιαστικών αλυσίδων που πλαισιώνουν την επιχειρησιακή ικανότητα των στρατιωτικών δυνάμεων. Πρότειναν μια καινοτόμα λύση, ένα τεχνολογικό μοντέλο (Military Supply Chain Cyber Implications Model (M-SCCIM)) το οποίο συνδυάζει την επιμελητεία και την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο. Το μοντέλο που παρουσιάζεται και στην Εικόνα 5, χρησιμοποιεί τις πιο πρόσφατες τεχνολογίες όπως το Internet of Things (IoT) και τα έξυπνα συμβόλαια.



Εικόνα 5 Μοντέλο επίδρασης του κυβερνοχώρου στη στρατιωτική εφοδιαστική αλυσίδα (military supply chain cyber implications model M-SCCIM) [36]

Τα έξυπνα συμβόλαια είναι «κομμάτια λογισμικού που αντιπροσωπεύουν μια επιχειρηματική συμφωνία και εκτελούνται αυτόματα υπό προκαθορισμένες συνθήκες» [37]. Χρησιμοποιούνται τεχνολογίες που διασφαλίζουν την αποκέντρωση, την επιμονή, την ανωνυμία και τη δυνατότητα ελέγχου. Στις στρατιωτικές αλυσίδες εφοδιασμού, τα έξυπνα συμβόλαια μπορεί να είναι υπεύθυνα για τον έλεγχο της ροής κυκλοφορίας ενός προϊόντος.

Μερικά παραδείγματα εφαρμογών που ενσωματώνουν τεχνητή νοημοσύνη στην επιμελητεία και τις μεταφορές είναι :

- *Προληπτική συντήρηση (Preventive maintenance)*

Αναζητώντας έξυπνες καινοτομίες αυτοματισμού που θα μπορούσαν να προσφέρουν βραχυπρόθεσμα, όσον αφορά την αυξημένη απόδοση και την αποτελεσματικότητα, μια σημαντική πρωτοβουλία εφοδιαστικής τεχνητής νοημοσύνης στο πλαίσιο της JAIC(τεχνολογική εταιρεία που ρυσε το Υπουργείο Άμυνας των Ηνωμένων Πολιτειών)[38]είναι η προληπτική συντήρηση, ιδιαίτερα για τα μαχητικά αεροσκάφη. Μια πρόιμη έκδοση της αυτοματοποιημένης προληπτικής συντήρησης αυτού του τύπου, ήταν η δοκιμή μαχητικού αεροσκάφους F-35 που πραγματοποιήθηκε από τη Lockheed Martin το 2015. Πρόκειται για το Autonomic Logistics Information System (ALIS) [39].

- *Υπηρεσίες νέφους (Cloud services)*

Ένα ενιαίο αποθετήριο πληροφοριών μπορεί να ακούγεται σαν κακή ιδέα για τον στρατό, αλλά στον κόσμο των logistics, είναι απαραίτητο. Σημαίνει εξοικονόμηση χρόνου, προσπάθειας και χρημάτων, εάν όλες οι πληροφορίες που χρειάζονται την λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων που αφορούν μετακίνηση προμηθειών και εξοπλισμό για την υποστήριξη στρατευμάτων, είναι ανά πάσα ώρα ΠΑΔΑ, Τμήμα Η&ΗΜ, Διπλωματική Εργασία, Φωτεινή Κολίτση

διαθέσιμες. Σύμφωνα με αυτό, ο Στρατός των ΗΠΑ υπέγραψε συμβόλαιο με την εταιρεία IBM για την παροχή υπηρεσιών νέφους καθώς και πρόσβαση σε ένα κεντρικό αποθετήριο για αποθήκευση και επεξεργασία δεδομένων logistics που προέρχονται από διάφορες πηγές. Logistics Support Activity, ή LOGSA, (τόρα Logistics Data Analysis Center ή LDCA)[40].

- *Διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας (Supply chain management)*

Μια κυβέρνηση μπορεί να γίνει θύμα απάτης όπως κάθε πολίτης, και ίσως περισσότερο λόγω του τεράστιου όγκου των εξαγορών της αξίας, που ανέρχονται στην τάξη των εκατομμυρίων. Για την διαχείριση μεταφορών, όπως λέγεται: Defense Logistics Agency (DLA)[41], αυτό είναι ένα μεγάλο πρόβλημα, καθώς παρέχει ό,τι χρειάζεται ο στρατός, όπως όπλα, ανταλλακτικά επισκευής και καύσιμα, καθώς και απορρίπτει τον πλεονάζοντα εξοπλισμό. Καθώς το DLA λαμβάνει κατά μέσο όρο ένα εκατομμύριο προσφορές την ημέρα, μπορεί να είναι μοιραία εύκολο να διεκπεραιωθούν ορισμένες αμφισβητούμενες συναλλαγές.

Για να αντιμετωπίσει αυτό το ζήτημα, η DLA στράφηκε στο λογισμικό AI και ML για να ταξινομήσει τον όγκο των ιδιωτικών και δημόσιων δεδομένων, καθώς να εντοπίσει και να επισημάνει ύποπτους προμηθευτές.

- *Ιατρική Περίθαλψη (Medical Aid)*

Στο πεδίο της μάχης, η πρόσβαση σε άμεση ιατρική βοήθεια συχνά είναι ανέφικτη, είτε είναι έλλειψη πραγματικών γιατρών στην περιοχή είτε διάφορες περιπτώσεις όπως, τραυματισμοί πέρα από τις δεξιότητες ενός γιατρού ή θέμα διαλογής, όπου δίνεται προτεραιότητα στους πιο σοβαρά τραυματισμένους. Η τεχνητή νοημοσύνη στην ιατρική είναι καθιερωμένη στον εμπορικό τομέα, αλλά όχι τόσο στον στρατό. Γίνονται προσπάθειες για τη διόρθωση αυτής της ανισοροπίας, με το Κέντρο Έρευνας Τηλεϊατρικής & Προηγμένης Τεχνολογίας του Στρατού των ΗΠΑ (Telemedicine & Advanced Technology Research Center (TATRC))[42] να ηγείται της κατηγορίας.

Η AthenaGTX ισχυρίστηκε ότι βρίσκεται στα τελευταία της στάδια βασισμένης ανάπτυξης για το Αυτοματοποιημένο Σύστημα Εντατικής Φροντίδας (ACCS)[43]. Η εταιρεία το περιέγραψε ως ένα «σύστημα συστημάτων» που «ενσωματώνουν την φυσιολογική παρακολούθηση των ασθενών με παρεμβάσεις που ελέγχονται από αλγόριθμους λογισμικού για την παροχή αυτόματης ιατρικής περίθαλψης σε σοβαρά τραυματισμένους πολεμιστές».

- *Ανεφοδιασμός χωρίς οδηγό (Driverless resupply)*

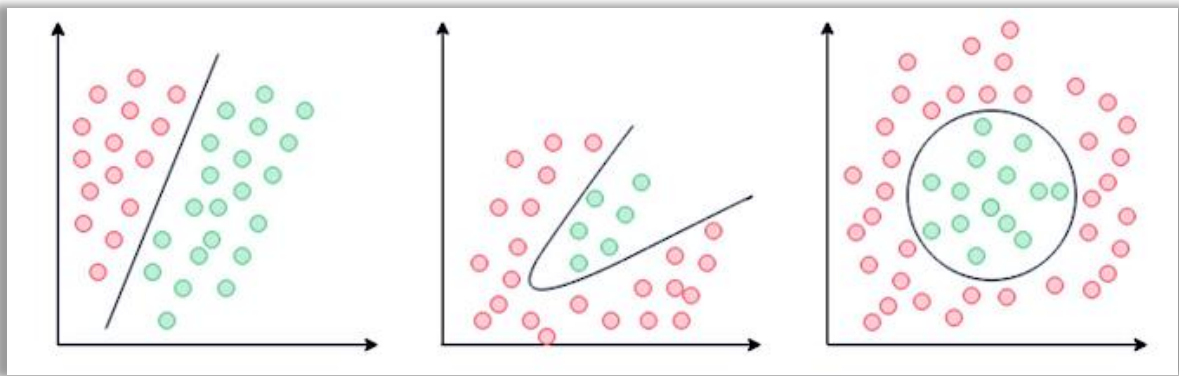
Τα drones εμφανίζονται δυνατά στον χώρο της τεχνητής νοημοσύνης, αλλά κυρίως για επιτήρηση. Αυτό που πιθανότατα αγνοείται, είναι ότι ο Στρατός των ΗΠΑ εξετάζει σοβαρά τα αυτόνομα οχήματα για τον ανεφοδιασμό των φυλακίων και των βάσεων στο πλαίσιο του προγράμματος Αυτόνομου Εδάφους Ανεφοδιασμού. Είναι σημαντική η εξέλιξη για τους ανθρώπινους οδηγούς, καθώς θα προστατευθούν από τις κακουχίες και τους κινδύνους μιας συνοδείας εφοδιασμού. Το Ερευνητικό Εργαστήριο Στρατού των ΗΠΑ, εξετάζει επίσης τη χρήση εναέριων drones αντί για χερσαία οχήματα κάτω από το Κοινό Τακτικό Εναέριο Όχημα Ανεφοδιασμού (JTARV). Φυσικά, τα φορτία θα έπρεπε να είναι πολύ λιγότερα, αλλά θα μπορούσε να φτάσει σε μέρη πιο γρήγορα από ό,τι ένα όχημα εδάφους.[44]

1.4.2 Κυβερνασφάλεια (Cybersecurity)

Άρρηκτα συνδεδεμένες με τις νέες τεχνολογίες που εξελίσσονται, είναι οι εργασίες σε περιβάλλοντα δικτύου, τόσο για την λήψη όσο και τη μετάδοση δεδομένων και επικοινωνιών. Οι απειλές για την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο αποτελούν συνεχές άγχος, καθώς οι επιθέσεις χάκερ γίνονται όλο πιο συχνές και επικίνδυνες κάθε χρόνο. Όπως δείχνουν αναφορές και μελέτες [45], τόσο οι εμπορικές εταιρείες όσο και οι δημόσιοι, αμυντικοί και κυβερνητικοί οργανισμοί διαφόρων χωρών απειλούνται από αυτές. Για την ενίσχυση του επιπέδου ασφαλείας, θεμελιώθηκε η ανάπτυξη συστημάτων ανίχνευσης εισβολής (IDS). Πρόκειται για ένα μη εποπτευόμενο σύστημα, το οποίο εντοπίζει ΠΑΔΑ, Τμήμα Η&ΗΜ, Διπλωματική Εργασία, Φωτεινή Κολίτση

περιστατικά με ανομοιογένειες και χρησιμοποιεί στατιστικές τεχνικές για τη διεξαγωγή της διαδικασίας ανίχνευσης [46]. Η λειτουργία του βασίζεται στην ανάλυση της κυκλοφορίας του δικτύου, την ταξινομεί ως κανονική ή παρεμβατική και σε περίπτωση κινδύνου στέλνει ειδοποίηση. Οι υπογραφές των επιθέσεων είναι συχνά παρόμοιες με την κανονική κίνηση δικτύου, γεγονός που δυσχεραίνει την ταξινόμηση.

Παρόλα τα πλεονεκτήματα, τα IDS που βασίζονται στον εντοπισμό ανομοιογενειών τείνουν να δημιουργούν μεγάλο αριθμό ψευδών συναγερμών, καθώς επίσης είναι αργή και δαπανηρή η μέθοδος που χρησιμοποιούν για την ανίχνευση. Οι τεχνικές μηχανικής μάθησης (ML) κερδίζουν το ενδιαφέρον για εργασίες ανίχνευσης εισβολών. Μία από τις τεχνικές που εφαρμόζεται για υποστήριξη IDS, είναι το Support Vector Machine (SVM) [47]. Ο SVM είναι ένας αλγόριθμος που στοχεύει να βρει ένα υπερεπίπεδο στον χώρο N-διαστάσεων που ταξινομεί (διαχωρίζει) σαφώς σημεία δεδομένων. Υπάρχουν πολλά τέτοια υπερεπίπεδα, αλλά ο αλγόριθμος αναζητά αυτό με το μέγιστο περιθώριο, δηλαδή τη μέγιστη απόσταση μεταξύ σημείων μεμονωμένων κλάσεων που παρέχει καλύτερη ικανότητα γενίκευσης και μεγαλύτερη αντίσταση στην υπερμάθηση. Τα υπερεπίπεδα μπορούν να έχουν διαφορετικά σχήματα όπως φαίνεται στην Εικόνα 6.



Εικόνα 6 Διαφορετικοί τύποι Διαχωριστικών Υπερεπίπεδων [4]

Σε ένα αντίστοιχο συνέδριο στην Αυστραλία το 2020 [48], οι συγγραφείς παρουσίασαν μια σύγκριση διαφορετικών αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συστήματα ανίχνευσης εισβολής. Δοκίμασαν αλγόριθμους ταξινόμησης μηχανικής μάθησης όπως Decision Tree [49], k-Nearest Neighbors [50], Random Forest [51] και SVM και επίσης δύο μοντέλα νευρωνικών δικτύων με την ίδια αρχιτεκτονική και διαφορετικούς τύπους βελτιστοποιητών, Adam βελτιστοποιητής και στοχαστική κλίση κατάβασης [52]. Η σύγκριση των χαρακτηριστικών βασίστηκε στην χρήση ενός ταξινομητή διανυσμάτων υποστήριξης με γραμμικό πυρήνα ως εκτιμητή και την προώθηση χαρακτηριστικών με διασταυρούμενη επικύρωση για την κατάταξή τους.

Μεγάλο ποσοστό των επιχειρήσεων ασφαλείας έχει μεταφερθεί στον κυβερνοχώρο, με έναν από τους βασικούς παράγοντες που καθορίζουν την επιτυχία μιας στρατιωτικής αποστολής, να έγκειται στη διασφάλιση του απορρήτου των δεδομένων μάχης. Σημαντικά θέματα που πρέπει να αναπτυχθούν και να βελτιωθούν σε αυτόν τον τομέα στο εγγύς μέλλον είναι τα ακόλουθα:

- Βελτίωση της λειτουργίας συστημάτων που διασφαλίζουν την πρόσβαση σε βασικά δεδομένα, ενότητες εξουσιοδότησης και ελέγχου ταυτότητας.
- Υποστήριξη συστημάτων που εντοπίζουν μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση σε δεδομένα σε πραγματικό χρόνο.

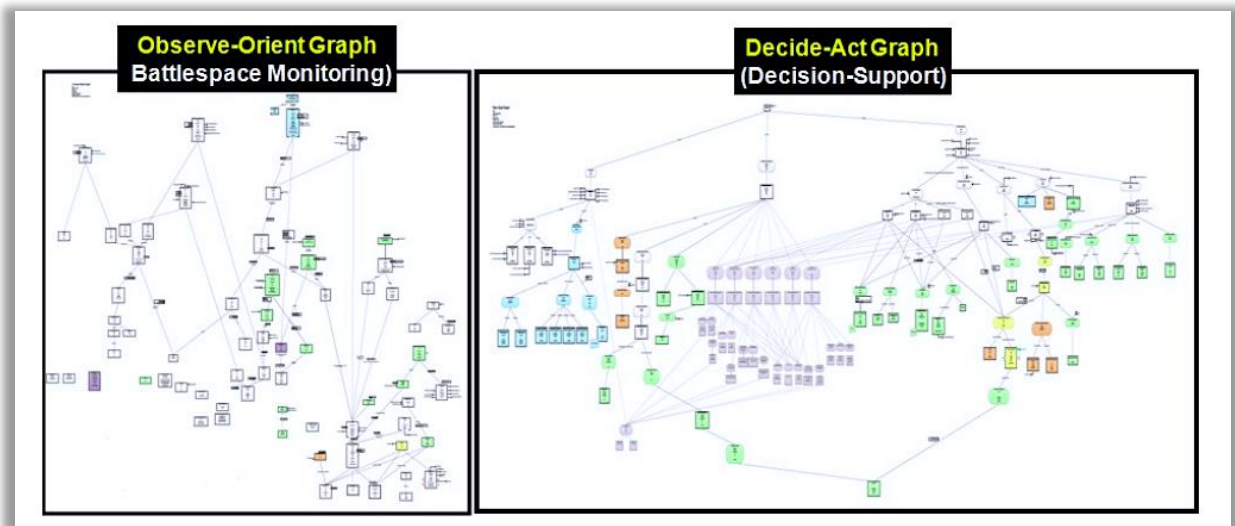
1.4.3 Παρακολούθηση και επίγνωση της κατάστασης (Threat Monitoring & Situational Awareness)

Η επίγνωση της κατάστασης και η παρακολούθηση απειλών, βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στις επιχειρήσεις Πληροφοριών, Επιτήρησης και Αναγνώρισης (ISR) [53]. Οι επιχειρήσεις ISR χρησιμοποιούνται για την απόκτηση και επεξεργασία πληροφοριών για την υποστήριξη των στρατιωτικών δραστηριοτήτων. Τα μη επανδρωμένα συστήματα που χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση αποστολών ISR, μπορούν είτε να λειτουργούν απομακρυσμένα, είτε να ακολουθήσουν μια προκαθορισμένη διαδρομή. Ο εξοπλισμός αυτών των συστημάτων με τεχνητή νοημοσύνη βοηθά το αμυντικό προσωπικό στην παρακολούθηση απειλών, ενισχύοντας έτσι την επίγνωση της κατάστασης. Ιδιαίτερη ανάπτυξη εντοπίζονται στην χρήση μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων (UAV), γνωστά ως drones, με ενσωματωμένες τεχνολογίες συμπεριλαμβανομένης της τεχνητής νοημοσύνης, έχουν τη δυνατότητα να περιπολούν συνοριακές περιοχές, να εντοπίζουν πιθανές απειλές και να μεταδίδουν πληροφορίες σχετικά με αυτές τις απειλές στις ομάδες απόκρισης. Η χρήση τους μπορεί να δημιουργήσει επιπλέον επίπεδα ασφαλείας σε στρατιωτικές βάσεις, καθώς και να αυξήσει την αποτελεσματικότητα του στρατιωτικού προσωπικού στη μάχη ή σε απομακρυσμένες τοποθεσίες [54].

Ωστόσο η μείωση του χρόνου για την λήψη αποφάσεων και κατά τη συλλογή δεδομένων, οδήγησε στην ανάπτυξη ενός “έξυπνου” εργαλείου υποστήριξης αποφάσεων, το οποίο λαμβάνει υπόψη την πρόθεση του χρήστη, την κατάσταση του κόσμου και τη γνώση συγκεκριμένης περιοχής για να προτείνει μια πορεία δράσης. Η προσέγγιση ενός συνεργαζόμενου συστήματος υπό την κυριαρχία της μηχανικής γνώσης, σχεδιασμένη να λειτουργεί σε συνδυασμό με ανθρώπινο χειρισμό, εκμεταλλεύεται το γεγονός ότι οι ροές γνωστικής εργασίας περιορίζονται σχετικά από τη φυσική διάσταση του πεδίου μάχης. Ως σύντομη αναφορά, δεδομένου ενός αναφερόμενου συμβάντος αυτοσχέδιου εκρηκτικού μηχανισμού (IED), το συνδεδεμένο σύστημα παρέχει στον χρήστη, στην περίπτωση αυτή σε έναν αξιωματικό πληροφοριών (S2), μια λίστα με κοντινά μέσα επιτήρησης που θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν για γρήγορη παρακολούθηση της τοποθεσίας. Η αναπαράσταση γνώσης του συσχετισμένου συστήματος αποδίδεται ως απόκριση σε ένα συμβάν IED, γνωρίζοντας τις πιθανές κινήσεις επανατοποθέτησης από τον συγκεκριμένο χρήστη για κοντινά στοιχεία επιτήρησης με γνωστές δυνατότητες. Με τον όρο «γνωστός» υποδηλώνεται ότι το συνδεδεμένο σύστημα έχει εικόνα για την τρέχουσα κατάσταση του κόσμου, όπως τη θέση και τις δυνατότητες των διαθέσιμων μέσων επιτήρησης. Χρησιμοποιώντας αυτές τις τεχνικές, το συνεργαζόμενο σύστημα είναι σε θέση να προβλέψει την ευθυγράμμιση των πιθανών στόχων και την διαδικασία λήψης αποφάσεων του αξιωματικού με τα μέσα για την επίτευξή τους.[36]

Συγκεκριμένα έχει αναπτυχθεί ένα σύστημα, το Warfighter(WA), όπου πρόκειται για έναν Συνεργάτη, ο οποίος είναι σε θέση να ανταποκρίνεται σε πολλές συνήθεις δογματικές λειτουργίες, συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης περιουσιακών στοιχείων επιτήρησης πληροφοριών και αναγνώρισης (ISR). Το WA κατασκευαστικά, αποτελείται από ένα σύστημα κλειστού βρόχου το οποίο χρησιμοποιεί ρητά δηλωμένες βάσεις γνώσεων για την εκτέλεση αξιολόγησης της κατάστασης, εκτέλεσης ενεργειών δυναμικού, σχεδιασμού και συντονισμού μεταξύ πολλών παραγόντων για την πλήρη της επίγνωσης της κατάστασης. Ένα εφαρμοσμένο ευφυές σύστημα πολλαπλών πρακτόρων πρέπει να είναι σε θέση να αντιπροσωπεύει γνώση που σχετίζεται και με τα τρία στάδια αυτής της διαδικασίας. Υπάρχουν δύο αλληλένδετες και υπολογίσιμες ιεραρχικές δομές γραφικών μοντέλων στον σχεδιασμό του Warfighter Associate, το γράφημα Observe-Orient (O-O) παρακολουθεί την κατάσταση του πεδίου μάχης σχετίζοντάς την με τα δεδομένα που λαμβάνει από το δίκτυο αισθητήρων και αποτελεί μια δυναμική περιγραφή της πραγματικής ή αντιληπτής κατάστασης του κόσμου, το γράφημα Decide-Act (D-A) αντιπροσωπεύει την κοινωνικο-γνωστική διάσταση και

περιέχει δομές ιεραρχίας σχεδίου-στόχου των ροών εργασίας του προσωπικού της Διοίκησης Αποστολής, και τα scripted plans που ενσωματώνουν τη διαδικαστική γνώση (Εικόνα 7).



Εικόνα 7 Η αρχιτεκτονική του Warfighter Associate [36]

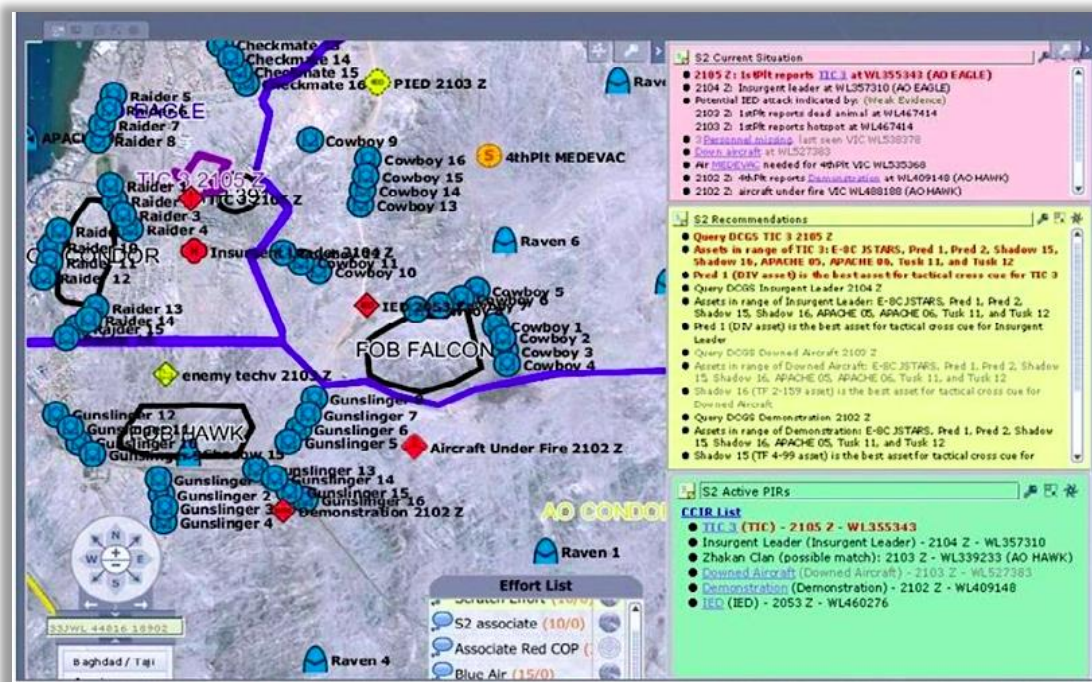
Για την εκτέλεση των σχεδίων, απαιτούνται πληροφορίες για την τρέχουσα κατάσταση του κόσμου και το γράφημα (O-O) περιέχει ιεραρχική και γενική γνώση για τον κόσμο, καθώς ενημερώνεται δυναμικά όσο αλλάζει το λειτουργικό περιβάλλον. Η περιστασιακή γνώση του σχετίζεται με την τρέχουσα κατάσταση ("ποιος", "τι", "πότε", "πού" και "πόσο") και συνδέσεις μεταξύ των πεποιθήσεων που αντιπροσωπεύονται, καθώς είναι μια δυναμική περιγραφή της πραγματικής ή αντιληπτής κατάστασης του κόσμου και μπορεί να περιλαμβάνει πολλά είδη πληροφοριών. Με αυτό το γράφημα, γίνεται διακριτή η διαφορά μεταξύ των πεποιθήσεων αναφορικά με την κατάσταση του περιβάλλοντος και της πραγματικής του κατάστασης. Αναπαριστά επίσης την σύνδεση των αβέβαιων σχέσεων μεταξύ δυναμικών εννοιών χρησιμοποιώντας τη Μπεϋζιανή λογική (Bayesian probability)¹. Οι πεποιθήσεις ενημερώνονται δυναμικά από τις παρατηρήσεις των εισερχόμενων δεδομένων (αισθητήρες, συστήματα πληροφοριών και ανθρώπινες εισροές).

Το γράφημα (D-A) είναι ένα μοντέλο μέσω των (σχεδίων), για την επίτευξη τελικών καταστάσεων (στόχων) και αναπαρίσταται ως μια συλλογή ιεραρχικών δομών εργασίας σχεδίου-στόχου. Το γράφημα D-A διαχωρίζει την επιθυμητή μελλοντική κατάσταση του στόχου από τα μέσα για την επίτευξή του σχεδίου. Μια συλλογή από στόχους και ένα πιθανό σχέδιο για την επίτευξη κάθε στόχου συνθέτει μια πορεία δράσης. Κάθε εξαρτώμενο σχέδιο ενός στόχου, είναι ένα πιθανό μέσο για την επίτευξη του κύριου στόχου. Οι κόμβοι σχεδίου στη συνέχεια χωρίζονται σε υποστόχους, με την αποσύνθεση να συνεχίζεται έως ότου επιτευχθεί το επίπεδο των βασικών αλληλεπιδράσεων ανθρώπου-μηχανής (δράσεις). Τα σχέδια των σεναρίων αντιπροσωπεύουν τη διαδικαστική γνώση, δηλαδή το σύνολο βημάτων για την επιδίωξη μιας συγκεκριμένης πορείας δράσης. Αυτές οι τρεις δομές γνώσης συνεργάζονται σε έναν βρόχο, όπου η τρέχουσα κατάσταση του κόσμου χρησιμοποιείται για να σχεδιαστούν τα στάδια, και παρέχονται βήματα για την εκτέλεση σχεδίων (συνιστώμενων ή μη) που είναι δυνατό να αλλάξουν την κατάσταση του κόσμου. Παρατηρώντας ένα στιγμιότυπο οθόνης του Warfighter Associate για το Intelligence Officer (S2) (Εικόνα 8), όπως αυτό εφαρμόζεται στο Σύστημα Διοίκησης Αποστολών Μελλοντικού Στρατού (CPOF), είναι εμφανές το

¹ **Μπεϋζιανή πιθανότητα (Bayesian probability):** ερμηνεία της πιθανότητας μπορεί να θεωρηθεί ως επέκταση της προτασιακής λογικής που επιτρέπει τη συλλογιστική με υποθέσεις. [Πηγή:

https://en.wikipedia.org/wiki/Bayesian_probability]

πεδίο μάχης με τα γραφικά ελιγμών να δημιουργούνται αυτόματα και να επισημαίνονται (μωβ βέλος). Επίσης συμπληρώνονται αυτόματα με πληροφορίες που αντιστοιχούν σε: (α) την τρέχουσα κατάσταση (ροζ πλαίσιο), (β) συστάσεις λήψης αποφάσεων (κίτρινο πλαίσιο) και (γ) απαιτήσεις πληροφοριών ενεργούς προτεραιότητας (πράσινο πλαίσιο).



Εικόνα 8 Στιγμιότυπο οθόνης του Warfighter Associate για το Intelligence Officer (S2) [36]

1.4.4 Εντοπισμός & Αναγνώριση Στόχου (Target Recognition)

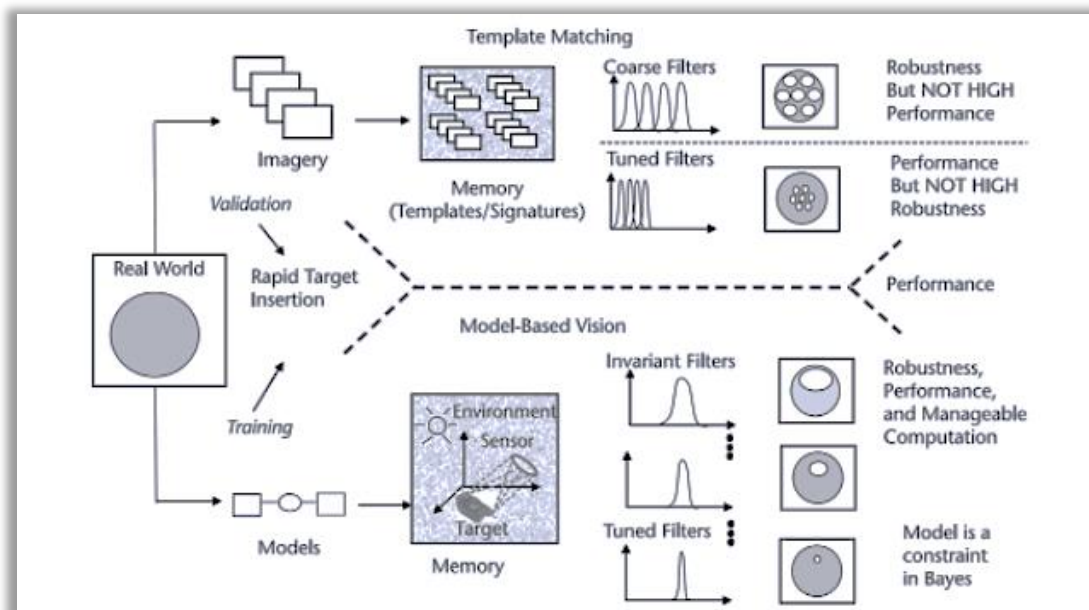
Η τεχνολογική εξέλιξη στον τομέα της επεξεργασίας σήματος και εικόνας, οδήγησε στην ανάπτυξη μιας «Τεχνικής Βάσης» τεχνολογίας Αυτόματης Αναγνώρισης Στόχου (ATR), η οποία έχει φτάσει σε επαρκές επίπεδο για την εφαρμογή της σε οπικά συστήματα. Το 1988, το Defense Science Board Task Force² on Image Recognition [56] κατέληξε σε αυτό το συμπέρασμα, και η AIR Technology [57] τοποθετείται ψηλά στη λίστα των κρίσιμων τεχνολογιών ασφαλείας σε έκθεση που υποβλήθηκε στο Κογκρέσο των ΗΠΑ.

Η αναπτυγμένη Τεχνική Βάση ATR αποτελείται από τρία επιμέρους τμήματα της τεχνολογίας αισθητήρων, αλγορίθμου και επεξεργαστή. Οι αισθητήρες είναι αναλαμβάνουν την εξαγωγή πληροφοριών από το σημείο ενδιαφέροντος. Για την επεξεργασία των εξαγόμενων πληροφοριών απαιτούνται αλγόριθμοι σε μια χρησιμοποιήσιμη μορφή, και οι επεξεργαστές είναι απαραίτητοι για την εφαρμογή των αλγορίθμων σε συστήματα πραγματικού κόσμου. Η τεχνολογία ATR στα σύγχρονα πεδία μάχης, επηρεαζόμενη από την αυξανόμενη πολυπλοκότητα του περιβάλλοντος, οι πληροφορίες που λαμβάνονται από τους αισθητήρες είναι συχνά ελλιπείς και ανακριβείς καθώς περιέχουν και κάποιο βαθμό αβεβαιότητας και ασάφειας, πιθανώς ακόμη και αντιφάσεων. Τα συστήματα ATR με έναν αισθητήρα περιορίζουν αρκετά το αποτέλεσμα, καθώς είναι αδύναμα στις παρεμβολές και έχουν χαμηλή αξιοπιστία αναγνώρισης. Η ικανότητα των ATR μπορεί να βελτιωθεί με συμπληρωματικότητα και συνεργική αλληλεπίδραση των αισθητήρων σε μια δυναμική σκηνή, για παράδειγμα με την σύντηξη IR/MMW [58], μπορεί να υιοθετήσει τα δυνατά σημεία άλλων συστημάτων, ενώ ξεπερνά το αδύνατο σημείο του και να κάνει το σύστημα να προσαρμοστεί στη συνεχή αλλαγή του περιβάλλοντος πεδίου μάχης και τις δυναμικές αλλαγές στόχων.

² **Defense Science Board (DSB):** είναι μια επιτροπή πολιτικών εμπειρογνομών που διορίζονται να συμβουλεύουν το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ σε επιστημονικά και τεχνικά θέματα. [πηγή: [CrossRef](#)]

Με την πάροδο του χρόνου ακολούθησε μια εκρηκτική ανάπτυξη στον ερευνητικό τομέα που σχετίζεται με την απεικόνιση ραντάρ αντίστροφου συνθετικού ανοίγματος (ISAR) κινούμενων στόχων [59]. Πλέον λαμβάνονται εικόνες υψηλής ανάλυσης στόχων ενδιαφέροντος, σε μεγάλη απόσταση από εικόνες ISAR. Αναπόφευκτα, η απεικόνιση ISAR γίνεται ένα αναπόσπαστο κομμάτι στο έργο της μη συνεργατικής αυτόματης αναγνώρισης στόχων (ATR). Υπάρχει πληθώρα εφαρμογών, όπως η ανίχνευση, η απεικόνιση και η ταξινόμηση πλοίων και αεροσκαφών με αερομεταφερόμενα, θαλάσσια και χερσαία συστήματα ραντάρ [60], **Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε..**

Η αρχή λειτουργίας της απεικόνισης και ταξινόμησης έγκειται στην τμηματοποίηση της εικόνας κατά την λήψη της και στη συνέχεια το αντικείμενο αναγνωρίζεται [61]. Η τμηματοποίηση της εικόνας είναι η διαδικασία κατάτμησης/υποδιαίρεσης μιας ψηφιακής εικόνας σε πολλαπλές περιοχές με σημεία ενδιαφέροντος. Η κατάτμηση βασίζεται συνήθως σε μετρήσεις που λαμβάνονται από την εικόνα και μπορεί να είναι το επίπεδο του γκρι, το χρώμα, η υφή, το βάθος ή η κίνηση. Το αποτέλεσμα της τμηματοποίησης εικόνας, είναι ένα υποσύνολο τμημάτων που συναποτελούν ολόκληρη την εικόνα. Η ομοιομορφία των εικονοστοιχείων (pixel) σε κάθε σύνολο, σχετίζεται με κάποια χαρακτηριστική ή υπολογισμένη ιδιότητα, όπως το χρώμα, η ένταση, ή υφή. Ο εντοπισμός ακμών είναι μια από τις συχνά χρησιμοποιούμενες τεχνικές στην ψηφιακή επεξεργασία εικόνας.



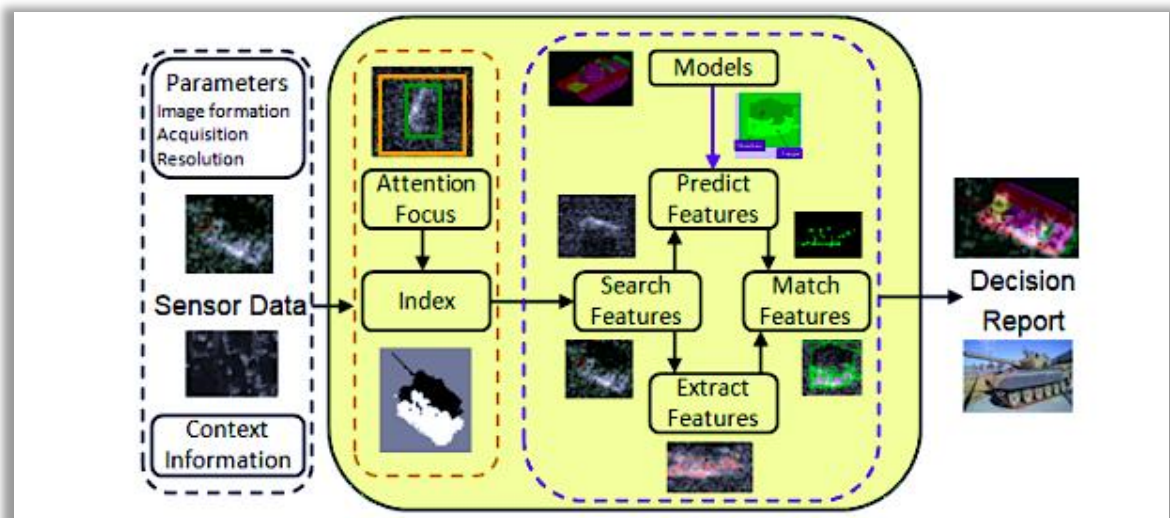
Εικόνα 9 Αναγνώριση αντικειμένου βασισμένη σε πρότυπα, σε σχέση με αναγνώριση μοντέλου με χρήση ATR [55]

Ακολουθώντας κατά πόδας τις τεχνολογικές εξελίξεις, πολλοί ερευνητές έχουν αναπτύξει τεχνικές ATR χρησιμοποιώντας την Αναγνώριση απόκτησης κινούμενου και σταθερού στόχου (Moving and Stationary Target Acquisition Recognition (MSTAR)). Οι εξελίξεις περιλάμβαναν την αυτόματη αναγνώριση στόχου (ATR), την αναγνώριση και παρακολούθηση στόχων, καθώς και τεχνικές βαθιάς εκμάθησης για το ATR. Οι τεχνικές Τεχνητής Νοημοσύνης και Μηχανικής Μάθησης (AI/ML) βελτιώνονται σε κάθε νέα έκδοση μεθόδων και λογισμικού. Εκτός από τις μεθόδους βαθιάς εκμάθησης Synthetic Aperture Radar (SAR) ,πρόσθετες εξελίξεις παραλληλίζονται στη σύντηξη εικόνων [63], την ανίχνευση πομπού ραδιοσυχνότητας [64]και τα δεδομένα επικοινωνιών[55]. Το πλεονέκτημα της χρήσης MSTAR, είναι ότι συγκρίνει τα αποτελέσματα μεταξύ των παραδοσιακών μεθόδων ATR και εκείνων που προκύπτουν από τη βαθιά μάθηση.



Εικόνα 10 Συλλογή δεδομένων αναγνώρισης στόχου MSTAR [55]

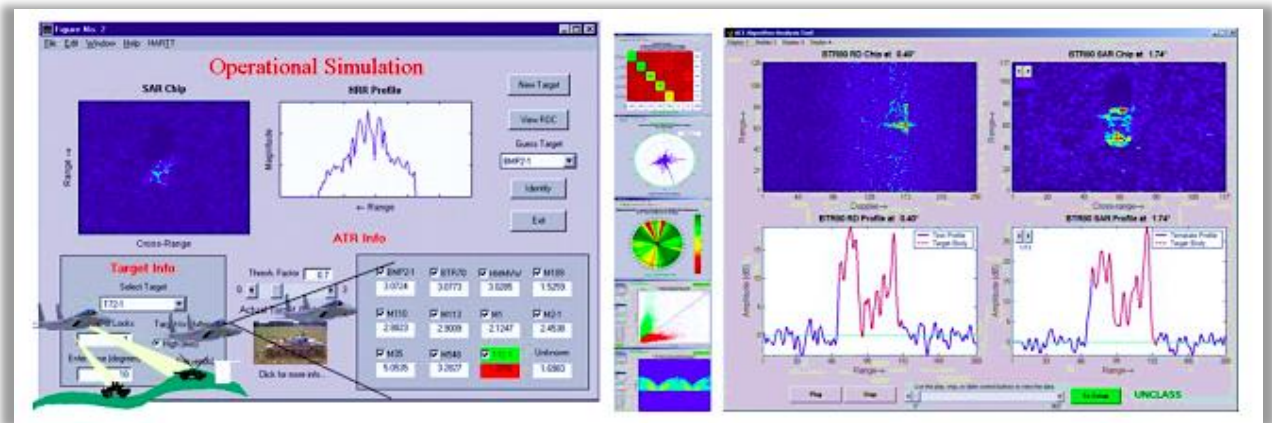
Το πρόγραμμα DARPA MSTAR ανέπτυξε μια προσέγγιση βασισμένη σε μοντέλα χρησιμοποιώντας τις μεθόδους : Πρόβλεψη, Αξιολόγηση, Αντιστοίχιση, Αναζήτηση (Predict, Evaluate, Match, Search (PEMS)) μεταξύ 1996-1999. Στην προσέγγιση που βασίζεται σε μοντέλο, στην Εικόνα 11, υπογραμμίζεται ότι αξιολογούνται και οι 2 εικόνες καθώς και μοντέλα για συνθετική παραγωγή. Τα μοντέλα βασίζονται στη φυσική σχεδίαση με τη βοήθεια υπολογιστή (CAD) που χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη χαρακτηριστικών [65].



Εικόνα 11 Βρόχος Πρόβλεψης, Εξαγωγής, Αντιστοίχισης, Αναζήτησης βάσει μοντέλου (PEMS) [66]

Ο κύκλος PEMS ξεκινά με την πρόβλεψη μοντέλων που παρέχουν αναζήτηση σχετικών χαρακτηριστικά που ταιριάζουν. Από τη συνάρτηση αναζήτησης, υποτίθενται και ελέγχονται και τα δύο χαρακτηριστικά από την παρατηρούμενη εικόνα και η προβλεπόμενη υπογραφή για τον προσδιορισμό της αντιστοίχισης για την αναγνώριση στόχου. Υπάρχουν πολλά οφέλη από τον βρόχο PEMS, αλλά και συνάρτηση της αρχιτεκτονικής MSTAR. Για παράδειγμα, τα δεδομένα του ταξινομούνται σε ευρετήριο για μελλοντική ανάλυση και συμπληρώνονται με τις διαθέσιμες πληροφορίες, όπως ο αισθητήρας (π.χ. παράμετροι βαθμονόμησης και ανάλυσης), περιβάλλον (π.χ. φωτισμός, γνώση εδάφους), καθώς και λεπτομέρειες στόχου (π.χ. τύποι μοντέλων, πρόσθετα στοιχεία). Με τις πληροφορίες περιβάλλοντος και παραμέτρων ταξινομημένες, τα κύρια χαρακτηριστικά των δεδομένων μπορούν να εξαχθούν μέσω της εστίασης. Το τρίτο στοιχείο της προσέγγισης MSTAR είναι τα διαθέσιμα μοντέλα, καθώς ο αριθμός τους αυξάνεται, οι παράμετροι και οι πληροφορίες περιβάλλοντος μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη συνθετική δημιουργία (ή πρόβλεψη) μιας αντιπροσωπευτικής εικόνας, ως σημείου αναφοράς για αντιστοίχιση. Τέλος, ως πλεονέκτημα, το παραγόμενο μοντέλο με το καλύτερο ποσοστό αντιστοίχισης, ενσωματώνει γνώσεις

βασισμένες στη φυσική, από τις οποίες ενέκυψαν χαρακτηριστικά, έτσι ώστε τα αποτελέσματα να μπορούν να αυξήσουν την απόδοση της απόφασης του χρήστη.



Εικόνα 12 Εργαλεία αξιολόγησης HRR και SAR με χρήση των δεδομένων MSTAR [66]

1.4.5 Βιο-εμπνευσμένα Ρομπότ (Bio-inspired robots)

Ένας από τους σημαντικότερους στόχους της ενσωμάτωσης της σύγχρονης τεχνολογίας στο πεδίο της μάχης, είναι αναμφισβήτητα η προστασία της υγείας και της ζωής του ανθρώπινου δυναμικού του στρατού. Μια ιδέα που είθισται να προτείνεται από αυτή την άποψη, είναι να εισαχθούν οι μηχανές στο πεδίο της μάχης. Ο παγκόσμιος ηγέτης στον τομέα των ρομπότ κίνησης, είναι η αμερικανική εταιρεία Boston Dynamics [67]. Τα ρομπότ έχουν τη δυνατότητα να κινούνται αυτόνομα, να ακολουθούν μια προκαθορισμένη διαδρομή, να ανιχνεύουν και να αποφεύγουν εμπόδια, καθώς και να αναγνωρίζουν και να απαντούν σε φωνητικά μηνύματα που προέρχονται από το περιβάλλον.

Παραδείγματα εφαρμογών της Boston Dynamics [68] είναι το Spot και το Atlas. Το Spot είναι ένα ευκίνητο τετράποδο που διαθέτει τη δυνατότητα να κινείται σχεδόν σε οποιοδήποτε έδαφος. Στα άκρα του ρομπότ, μπροστά, πίσω και πλάγια, υπάρχουν αισθητήρες με κάμερες που επιτρέπουν τη μέθοδο πλοήγησης SLAM (ταυτόχρονος εντοπισμός και χαρτογράφηση). Οι αλγόριθμοι SLAM εφαρμόζονται για προβλήματα που συνδυάζουν την ανάγκη ενημέρωσης του χάρτη ενός άγνωστου περιβάλλοντος κατά την παρακολούθηση ενός κινούμενου αντικειμένου, συμπεριλαμβανομένου του εντοπισμού αντικειμένων [69], της αναγνώρισης πεζών [73] ή του εντοπισμού θέσης μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων [74]. Το Spot είναι εντελώς αυτόνομο ή μπορεί να ελεγχθεί απομακρυσμένα, ενώ διατηρεί σε μεγάλο βαθμό την αυτονομία του. Το ρομπότ παρουσιάζεται στην Εικόνα 13.



Εικόνα 13 Spot: (α) συνολική εμφάνιση, (β) ανεβαίνοντας τις σκάλες [4]

Το Atlas είναι ένα ανθρωποειδές ρομπότ ύψους 150 εκατοστών. Το λογισμικό ελέγχου χρησιμοποιεί μαθηματικά μοντέλα της φυσικής του ρομπότ και της ενσωμάτωσής του με το περιβάλλον, έτσι ώστε οι κινήσεις που εκτελούνται να είναι όσο το δυνατόν πιο φυσικές, εμπνευσμένες από τη συμπεριφορά των αθλητών. Η πρώτη έκδοση του ρομπότ αναπτύχθηκε ως μέρος ενός διαγωνισμού της εταιρείας DARPA το 2015. Μεγαλύτερη απόδοση στο πεδίο της μάχης μπορούν να επιτευχθούν με τη συνεργασία ανθρωποειδών ρομπότ, για παράδειγμα, με τη χρήση του Swarm AI [75].



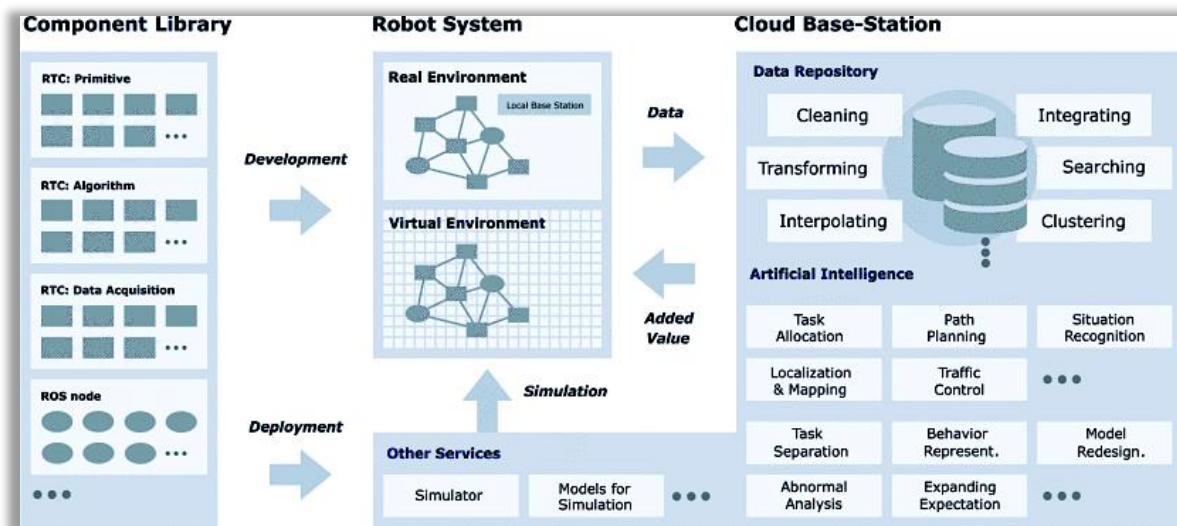
Εικόνα 14 Atlas: (α) συνολική εμφάνιση, (β) άλμα πάνω από ένα εμπόδιο [4]

Η χρήση βιοεμπνευσμένων ρομπότ σε επιχειρήσεις ασφαλείας μπορεί να γίνει το νέο πρότυπο πολέμου σε σύντομο χρονικό διάστημα. Τα ρομπότ είναι ανθεκτικά στις αντίξοες συνθήκες, όπως είναι η κούραση, η έλλειψη τροφής και νερού και σε ακραίες καιρικές συνθήκες, αλλά η σωστή λειτουργία τους μπορεί εύκολα να διαταραχθεί από κυβερνοεπιθέσεις. Ο κύριος στόχος της μελλοντικής έρευνας που σχετίζεται με αυτόν τον τομέα, έγκειται στην διασφάλιση αξιοπιστίας και αντοχής σε εχθρικές παρεμβολές στο λογισμικό του ρομπότ.

2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : Περιγραφή του συστήματος SCOPUS

Εντρυφώντας στις χρήσεις της τεχνητής νοημοσύνης σε εφαρμογές οι οποίες σχετίζονται με την ανάπτυξη αμυντικών οπλικών και διαγνωστικών συστημάτων, το εννοιολογικό πλαίσιο που περιβάλλει το σύστημα που αναπτύχθηκε, περιλαμβάνει την αρχιτεκτονική τριών επιπέδων, που ονομαστικά είναι: σχεδιασμός- εκτέλεση- έλεγχος συμπεριφοράς, καθώς και την ανατομία ενός

συστήματος αυτομάτου ελέγχου (Εικόνα 2). Η σχεδιαστική πορεία βασίστηκε στην αρχιτεκτονική των cloud robots για την συλλογή και επεξεργασία δεδομένων, η οποία φαίνεται στην Εικόνα 15 .



Εικόνα 15 Αρχιτεκτονική σχεδίασης cloud robots [70]

Ξεκινώντας λοιπόν από τα κατώτερα στρώματα της αρχιτεκτονικής, στο τμήμα του υλικού (hardware) , το επόμενο στάδιο είναι η επικοινωνία και η μεταφορά των δεδομένων στο τελικό βήμα όπου είναι η ανάλυση και η οπτικοποίηση των πληροφοριών που θα συλλέξει το σύστημα από τον εκάστοτε χώρο.

2.1 Συλλογή δεδομένων

Ένα σημαντικό κομμάτι για την ενσωμάτωση της ΑΙ στο χώρο μιας αμυντικής λειτουργίας [76], είναι η δυνατότητα διάγνωσης και επίγνωσης της κατάστασης, ώστε να χρησιμοποιηθούν τα κατάλληλα εργαλεία στην συνέχεια, τόσο για την αντιμετώπιση μιας απειλής όσο και για την εξάλειψή της. Σε αυτό το σημείο έγινε μελέτη για το είδος των δεδομένων που απαιτούνται ώστε να εκτιμηθεί μια κατάσταση ή να πραγματοποιηθεί ένας χωρικός διαγνωστικός έλεγχος.

Είθισται να παίζουν σημαντικό ρόλο οι περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως είναι η θερμοκρασία, η υγρασία, η ατμοσφαιρική πίεση, η ποιότητα του αέρα κ.λπ. Εντούτοις, πρέπει να συλλεχθούν δεδομένα που σχετίζονται με την κατάσταση του ρομπότ, τα οποία είναι χρήσιμα για την οργάνωση και τη διασφάλιση των βέλτιστων και ασφαλών κινήσεων . Οι θέσεις, οι επιταχύνσεις, οι ταχύτητες και οι γωνίες, καθώς και οι προβλέψιμες και παραγόμενες τιμές τους (όπως οι αποστάσεις) είναι απαραίτητες για τον βέλτιστο και αυτοματοποιημένο έλεγχο.

Οι εφαρμογές που εγκύπτει το **Scopus**, αφορούν την διάγνωση μιας κατάστασης, όπως αναφέρθηκε, διαδικασίες που περιλαμβάνουν την χαρτογράφηση ενός χώρου, τις επικρατούσες συνθήκες και την αναμετάδοση σε πρώτο χρόνο. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιούνται αισθητήρες για την συλλογή διάφορων παραμέτρων του χώρου ενδιαφέροντος:

- *Θερμοκρασία περιβάλλοντος (Temperature)*

Χρησιμοποιώντας αισθητήρα για την καταγραφή της θερμοκρασίας, δίνεται η δυνατότητα να παρακολουθείται η διακύμανση των τιμών καθώς το ρομπότ κινείται και να δημιουργούνται σχετικά συμπεράσματα , φερειπείν αν οι επικρατούσες συνθήκες σε έναν εσωτερικό χώρο είναι ιδανικές για την διασφάλιση της ανθρώπινης ακεραιότητας, καθότι το εύρος των τιμών του αισθητήρα κυμαίνεται από $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ έως $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- *Ατμοσφαιρική πίεση (Pressure)*

Μια εξίσου σημαντική παράμετρος που αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του συνόλου των συνθηκών διαβίωσης για τον άνθρωπο είναι η ποσότητα οξυγόνου που υπάρχει στην ατμόσφαιρα, του οποίου τα επίπεδα συλλέγονται από τα βαρόμετρα. Ο αισθητήρας που φέρει το ρομπότ έχει εύρος τιμών 300 hPa~1000 hPa.

- *Υγρασία (Humidity)*

Το πακέτο των περιβαλλοντικών συνθηκών ολοκληρώνεται με την συνθήκη της υγρασίας, της οποίας το εύρος κυμαίνεται μεταξύ 0%RH και 100 %RH .

Πρόκειται για συνθήκες που είναι άρρηκτα συνδεδεμένες μεταξύ τους καθώς επηρεάζουν η μία την άλλη, επομένως για την εξασφάλιση της ισορροπίας όπου είναι ιδανική για την ανθρώπινη ζωή, είναι τουλάχιστον απαραίτητο να γίνεται η μέτρησή τους σε πραγματικό χρόνο, πόσο μάλλον όταν πρόκειται να ληφθεί απόφαση για την είσοδο ενός ανθρώπου σε αμφιβόλου καταλληλότητας χώρο, όπου χρειάζεται πρώτα η διενέργεια διαγνωστικού ελέγχου.

- *Ποιότητα αέρα εσωτερικού χώρου (Indoor Air Quality Sensor for VOC³ Measurements)*

Αναφερόμενοι σε εσωτερικούς χώρους, δεν γίνεται να παραληφθεί ο έλεγχος ποιότητας του αέρα που πρόκειται να εισπνευσθεί. Οι μετρήσεις αυτές αναλύουν τη σύσταση του αέρα και εντοπίζουν την τυχόν ύπαρξη χημικών ουσιών και θετικών ιόντων άνθρακα, επιβλαβείς για έναν οργανισμό. Ο αισθητήρας που τοποθετήθηκε στο ρομπότ είναι ιδιαίτερα ευαίσθητος (0 ppm ~1000 ppm) στον εντοπισμό της αιθανόλης, βασικό συστατικό των καυσίμων.

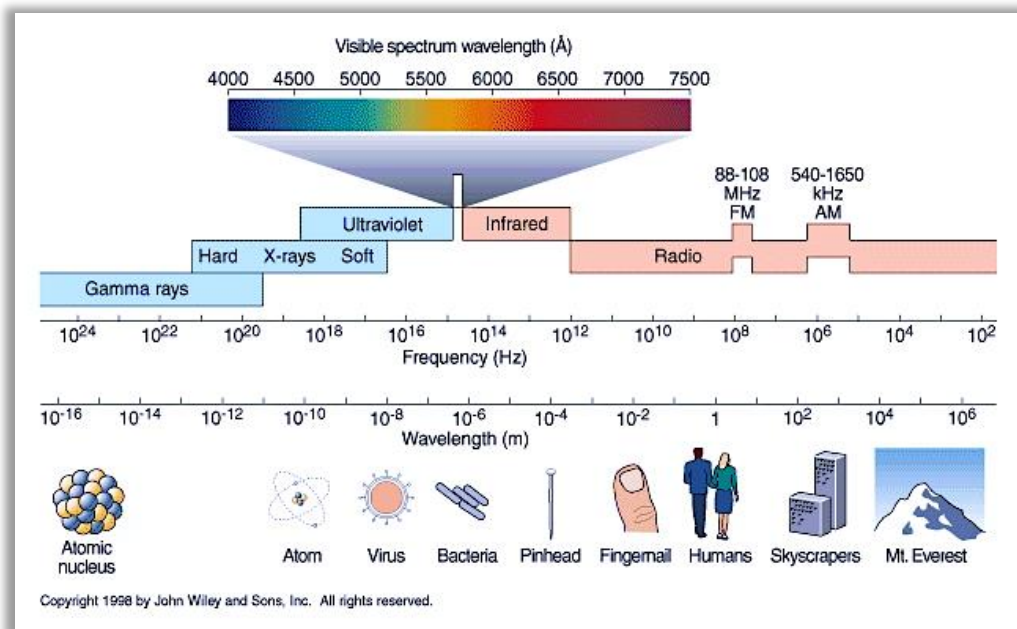
- *Υπεριώδεις και Υπέρυθρες ακτινοβολίες (UV/IR)*

Οι εφαρμογές που χρησιμοποιούν τις τεχνολογίες των ακτινοβολιών είναι ποικίλες και εντοπίζονται σε διαφορετικούς τομείς. Εν προκειμένω, η χρήση του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος καλύπτει εφαρμογές όπως είναι η ανίχνευση εστίας φωτιάς, επικίνδυνα χημικά, εντοπισμός ανθρώπινης παρουσίας και αποτυπωμάτων και την κίνηση στο χώρο. Ο αισθητήρας που θα καλύπτει το φάσμα έχει εύρος μετρήσεων για την υπέρυθη ακτινοβολία (IR) 550nm-1000nm και για την υπεριώδη (UV) 400nm-800nm.

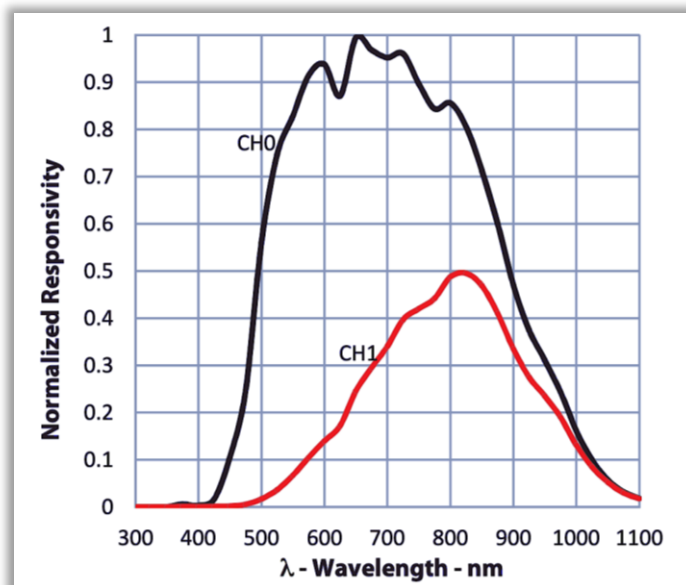
- *Φωτεινότητα περιβάλλοντος (Ambient Light)*

Η μέτρηση της έντασης του φωτός , τόσο ως προς την διάρκειά της όσο και τις μεταβολές της, μπορεί να βοηθήσει στην περαιτέρω δημιουργία συμπερασμάτων για την κατάσταση του χώρου όπου κινείται το ρομπότ. Χρησιμοποιείται ένας εξαιρετικά ευαίσθητος αισθητήρας όπου μετατρέπει την ένταση του φωτός σε ψηφιακή τιμή για άμεση απεικόνιση της κατάστασης. Προσομοιώνει την απόκριση του ανθρώπινου ματιού στην μεταβολή της έντασης του φωτός, σε συνδυασμό με το ευρύ φάσμα που δύναται να μετρήσει, τον καθιστά ιδιαίτερα αποτελεσματικό και χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας αισθητήρα. Συγκρίνοντας το εύρος της απόκρισής του (Εικόνα 17) με το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα (Εικόνα 16), γίνονται αμέσως αντιληπτές οι υψηλές δυνατότητες του συγκεκριμένου αισθητήρα.

³ **Volatile Organic Compounds(VOC):** Οι συνηθέστερες μέθοδοι για τη στατιστική ανάλυση VOC είναι η ανίχνευση ιονισμού φλόγας και η οπτική ανίχνευση ιονισμού. Και οι δύο μέθοδοι μετρούν τον αριθμό των χημικών ουσιών στον αέρα με την υπόθεση ότι οι περισσότεροι οργανικοί ατμοί παράγουν θετικά φορτισμένα ιόντα άνθρακα όταν καίγονται. [Πηγή: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/technical-overview-volatile-organic-compounds>]



Εικόνα 16. Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα [71]

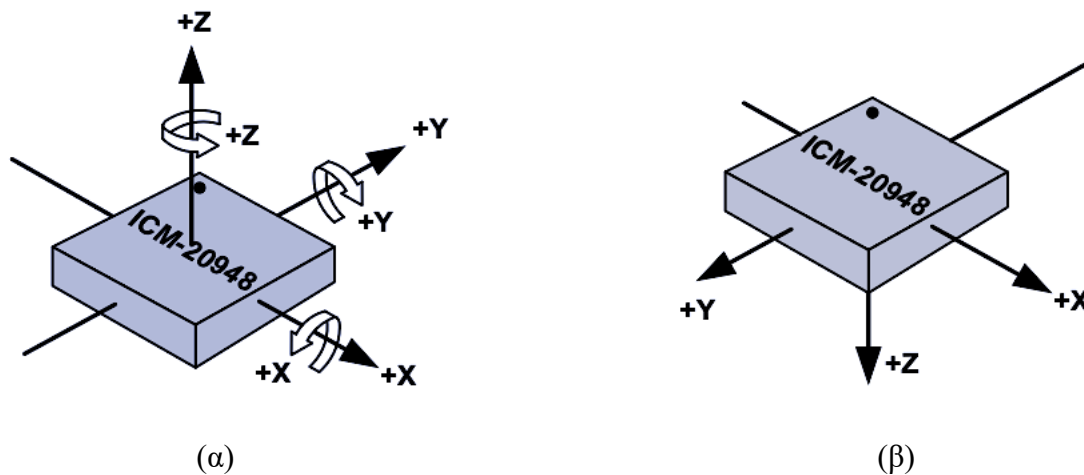


Εικόνα 17. Φασματική απόκριση αισθητήρα TSL2591 [71]

- Παρακολούθηση κίνησης (Motion Tracking 9-Axis)

Για την επίτευξη της αυτονομίας του ρομποτικού συστήματος, χρησιμοποιούνται αισθητήρες για την παρακολούθηση της κίνησής του και κατόπιν για τον αυτόνομο έλεγχό του. Συνηθίζεται να ενσωματώνονται γυροσκοπία, επιταχυνσιόμετρα και μαγνητόμετρα, προκειμένου το ρομπότ να έχει την καλύτερη δυνατή επίγνωση της κίνησης που θέλει να εκτελέσει. Εν προκειμένω, χρησιμοποιείται ένας αισθητήρας, χαμηλής ισχύος που περιλαμβάνει και τις 3 κατηγορίες που προαναφέρθηκαν μόλις, προσφέροντας 9 βαθμούς ελευθερίας (DOF)⁴ σε μόλις 3*3 χιλιοστά.

⁴ Οι βαθμοί ελευθερίας (df ή DOF) παριστάνουν τις ανεξάρτητες μεταβλητές ή παραμέτρους ενός συστήματος. [πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Degrees_of_freedom]



Εικόνα 18. (α) Προσανατολισμός της ευαισθησίας και πολικότητα της περιστροφής (β) Προσανατολισμός της ευαισθησίας του μαγνητόμετρου [72]

- Προσανατολισμός και πλοήγηση (*Localization and Navigation*)

Όπως έχει τονιστεί και στην βασική περιγραφή του υπό ανάπτυξη συστήματος που αναπτύσσεται, μια από τις ιδιαίτερα σημαντικές του λειτουργίες είναι η χαρτογράφηση ενός χώρου, είτε εσωτερικού είτε εξωτερικού. Για τον εντοπισμό των σημείων σε έναν χώρο με σκοπό την διεξαγωγή συμπερασμάτων, πρέπει να γίνεται πολύ γρήγορη μετάδοση δεδομένων καθώς και με υψηλή ακρίβεια, ή διαφορετικά με μια λέξη πρόκειται για εφαρμογή **SLAM (Simultaneous localization and mapping)**⁵. Καθότι πρόκειται για μια διαδικασία που απαιτεί μεγάλο όγκο δεδομένων και ταχεία μετάδοση, χρησιμοποιήθηκε ο πλέον κατάλληλος αισθητήρας μέτρησης εύρους και ανίχνευσης πεδίου, με απόδοση μέτρησης έως και 8000 κύκλους το δευτερόλεπτο.

- Οπτικοποίηση περιβάλλοντος (*Monitoring*)

Προκειμένου να γίνει πλήρης έλεγχος ενός περιβάλλοντος, αναπόσπαστο κομμάτι αποτελεί και η οπτικοποίηση του χώρου, τόσο για την κατανόηση των δεδομένων όσο και για την διεύρυνση των δυνατοτήτων του συστήματος, ενσωματώνοντας πιο ενεργά την μηχανική μάθηση. Ως είθισται, για μεγαλύτερη κάλυψη του οπτικού πεδίου εφαρμόζονται ευρυγώνιοι φακοί. Στο ρομποτικό σύστημα χρησιμοποιείται αισθητήρας κάμερας με την μεγαλύτερη δυνατή εστιακή απόσταση, 200 μοίρες και ανάλυση 8 Megapixels. Πρόκειται για την κάμερα που χρησιμοποιείται ειδικά για εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης και συνίσταται για το συγκεκριμένο υλικό που εμπεριέχει το ρομπότ.

2.2 Μετάδοση δεδομένων

Το αμέσως επόμενο στρώμα της αρχιτεκτονικής αφορά στην μετάδοση των δεδομένων και τους τρόπους που πραγματοποιείται η λήψη από τους αισθητήρες, μεταφέροντας την πληροφορία στην εκάστοτε μονάδα επεξεργασίας και ανάλυσης. Όλοι οι αισθητήρες συνδέονται σειριακά με τον εγκέφαλο(μικροελεγκτή) του ρομπότ, χρησιμοποιώντας πρωτόκολλο επικοινωνίας I2C⁶ (**Integrated Circuit I2C** ή **IC**). Οι αριθμητικές τιμές των αισθητήρων αποθηκεύονται ζωντανά σε ένα αρχείο μορφής json, το οποίο μεταδίδεται με websockets και τελικά φτάνει στο software μέσω σέρβερ. Τα δεδομένα των αισθητήρων περιβάλλοντος αναπαρίστανται γραφικά σε διαγράμματα που

⁵ **SLAM (Simultaneous localization and mapping)** πρόκειται για μια μέθοδο που χρησιμοποιείται από αυτόνομα ρομποτικά οχήματα για χαρτογράφηση και παρακολούθηση θέσης σε πρώτο χρόνο. [πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Simultaneous_localization_and_mapping]

⁶ I²C (**Integrated Circuit I2C** ή **IC**) Σειριακός δίαυλος επικοινωνίας για την μετάδοση πολλαπλών πακέτων [πηγή: <https://en.wikipedia.org/wiki/I%C2%B2C>]

ανανεώνονται αυτόματα. Ωστόσο για τα δεδομένα που χρειάζονται ανάλυση, πραγματοποιείται επεξεργασία από τον ίδιο το μικροελεγκτή, καθώς είναι εξοπλισμένος με εργαλεία τεχνητής νοημοσύνης .

- *Σειριακό Πρωτόκολλο επικοινωνίας (Inter-Integrated Circuit (I²C))*

Πρόκειται για ένα πρωτόκολλο που επιτρέπει σε πολλαπλά "περιφερειακά" ψηφιακά ολοκληρωμένα κυκλώματα (chip) να επικοινωνούν με ένα ή περισσότερα τσιπ "ελεγκτή". Το πρωτόκολλο I²C[77] είναι ένας πολύ δημοφιλής και ισχυρός διάυλος που χρησιμοποιείται για επικοινωνία μεταξύ ενός κύριου (ή πολλαπλών masters) και μιας απλής ή πολλαπλών συσκευών slave. Ο διαμοιρασμός γίνεται μέσω μόνο δύο καλωδίων, κάτι που είναι ένα από τα μεγαλύτερα οφέλη έναντι άλλων, όπως η σειριακή περιφερειακή διασύνδεση (SPI)⁷, που προορίζεται μόνο για επικοινωνίες μικρής απόστασης μέσα σε μία μόνο συσκευή και οι ασύγχρονες σειριακές διεπαφές (όπως RS-232 ή UART), που απαιτούν μόνο δύο καλώδια για την ανταλλαγή πληροφοριών.

- *Μεταφορά δεδομένων (JavaScript Object Notation (JSON))*

Το JavaScript Object Notation[78] είναι μια αναπαράσταση δομημένων δεδομένων χωρίς σχήμα, βασισμένη σε κείμενο και βασίζεται σε ζεύγη κλειδιών-τιμών και σε ταξινομημένες λίστες. Αν και το JSON προέρχεται από JavaScript, υποστηρίζεται είτε εγγενώς είτε μέσω βιβλιοθηκών στις περισσότερες μεγάλες γλώσσες προγραμματισμού. Το JSON χρησιμοποιείται συνήθως, αλλά όχι αποκλειστικά, για την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ υπολογιστών-πελατών Ιστού και διακομιστών Ιστού. Εξαιτίας της μορφής του κειμένου, διασφαλίζεται η ακρίβεια κατά την ζωντανή ροή δεδομένων.

- *Πρωτόκολλο επικοινωνίας υπολογιστή (WebSockets)*

Το WebSocket[79] είναι ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας υπολογιστή, το οποίο παρέχει κανάλια επικοινωνίας πλήρους αμφίδρομης λειτουργίας χρησιμοποιώντας μόνο μία σύνδεση TCP⁸. Υπερτερεί σημαντικά έναντι του HTTP⁹, καθώς η ταχύτερη ανταλλαγή δεδομένων και αμφίδρομη επικοινωνία, το καθιστούν ιδανικό για την χρήση σε συστήματα μετάδοσης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο με όσο το δυνατόν λιγότερο κόστος.

- *Διακομιστής μετάδοσης δεδομένων (Server)*

Στο τελικό στάδιο της μεταφοράς των δεδομένων στο λογισμικό έλεγχου του ρομπότ, εντοπίζεται ο διακομιστής, που εν προκειμένω είναι ο Redis-Server (Remote Dictionary Server)[80]. Για να επιτύχει κορυφαία απόδοση, ο Redis λειτουργεί με ένα σύνολο δεδομένων στη μνήμη . Ανάλογα με την περίπτωση χρήσης, ο Redis μπορεί να διατηρήσει τα δεδομένα είτε απορρίπτοντας περιοδικά το σύνολο δεδομένων στο δίσκο είτε προσθέτοντας κάθε εντολή σε ένα αρχείο καταγραφής που βασίζεται σε δίσκο. Διαθέτει επίσης την δυνατότητα απενεργοποίησης της «επιμονής του διακομιστή» (Server Persistence)¹⁰ εάν απαιτείται απλώς μια κρυφή δικτυωμένη μνήμη cache.

- *Λογισμικό εφαρμογής ελέγχου (Web Application Software)*

Το λογισμικό έλεγχου του ρομπότ είναι μια διαδικτυακή εφαρμογή στην οποία απεικονίζονται όλα τα αναλυμένα δεδομένα καθώς και η ροή τους σε πραγματικό χρόνο. Επίσης είναι δυνατός ο έλεγχος

⁷ **Serial Peripheral Interface (SPI)** σύγχρονη σειριακή διεπαφή επικοινωνίας για μικρή απόσταση [πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface]

⁸ **TCP (Transmission Control Protocol)** Το TCP είναι ένα από τα βασικότερα πρωτόκολλα επικοινωνίας του ιστού, όπου δημιουργείται μια σύνδεση μεταξύ πελάτη και διακομιστή πριν από την αποστολή δεδομένων. [πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Transmission_Control_Protocol]

⁹ **HTTP (Hypertext Transfer Protocol)** Πρωτόκολλο επιπέδου εφαρμογής στο σύνολο πρωτοκόλλων Διαδικτύου για κατανεμημένα, συνεργατικά συστήματα πληροφοριών υπερμέσων . Η ανάπτυξη του HTTP ξεκίνησε από τον Tim Berners-Lee στο CERN το 1989. [πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Hypertext_Transfer_Protocol]

¹⁰ **Server Persistence** Μια σύνδεση επιμονής διέπει τις ρυθμίσεις που θα αναγκάσουν έναν πελάτη να παραμείνει συνδεδεμένος στον ίδιο διακομιστή για μια καθορισμένη χρονική διάρκεια. Αυτό μερικές φορές αναφέρεται ως «κολλώδεις συνδέσεις». [πηγή: <https://avinetworks.com>]

του ρομπότ απομακρυσμένα και η ανάλυση του περιβάλλοντος όπου κινείται αυτό. Οι λόγοι που επικράτησε η ανάπτυξη μιας εφαρμογής ιστού για τον έλεγχο του ρομπότ, είναι αρχικά η εύκολη πρόσβαση από οποιαδήποτε συσκευή που διαθέτει πρόγραμμα περιήγησης στο συνδεδεμένο δίκτυο, όπως και η ευελιξία της εμβέλειας για την επικοινωνία με το ρομπότ. Ακόμη, η αμεσότητα που προσφέρεται από τα πρωτόκολλα επικοινωνίας για την ανταλλαγή δεδομένων αποτελεί μεγάλο ατού για την γρήγορη ανάλυση του περιβάλλοντος που ελέγχεται. Για την ανάπτυξη του λογισμικού εφαρμογής ελέγχου χρησιμοποιήθηκε το πλαίσιο Django[81] όπου είναι βασισμένο στη γλώσσα προγραμματισμού Python¹¹.

2.2.1 Ανάλυση και οπτικοποίηση δεδομένων

Η μεταφορά των δεδομένων στην κεντρική μονάδα επεξεργασίας του ρομπότ διακλαδώνεται σε δεδομένα προς επεξεργασία και σε δεδομένα προς οπτικοποίηση χωρίς επεξεργασία. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι μετρήσεις που εξάγουν αποτελέσματα κατόπιν ανάλυσης, όπως είναι ο εντοπισμός αντικειμένων (Object Detection) , ο ταυτόχρονος εντοπισμός και χαρτογράφηση (Simultaneous localization and mapping) και η χωρική ανάλυση για την αυτονομία πλοήγησης (Autonomous Navigation). Οι μετρήσεις που λαμβάνονται από το περιβάλλον οπτικοποιούνται σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας διαγράμματα, καθώς και η ζωντανή μετάδοση εικόνας από τον εκάστοτε χώρο που κινείται το ρομπότ.

- *Εντοπισμός αντικειμένων (Object Detection)*

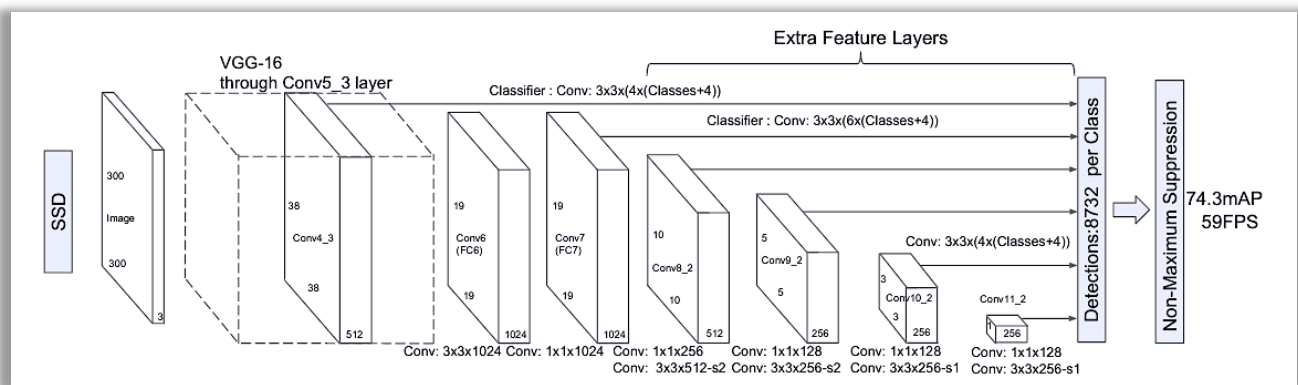
Στην ανάπτυξη αυτόνομων συστημάτων η κύρια πρόκληση που πρέπει να επιλυθεί αφορά την αντίληψη, δηλαδή την ικανότητα κατανόησης του περιβάλλοντος του αυτόνομου παράγοντα. Αυτό σημαίνει ότι το σύστημα πρέπει να είναι σε θέση να καταλάβει πού και ποια αντικείμενα βρίσκονται γύρω του. Η ανίχνευση αντικειμένων είναι μια εργασία όρασης υπολογιστή (computer vision task)¹² που αναφέρεται στη διαδικασία εντοπισμού και αναγνώρισης πολλαπλών αντικειμένων σε μια εικόνα. Οι αλγόριθμοι βαθιάς μάθησης (Deep Learning)¹³, όπως οι YOLO[82], SSD[83] και R-CNN[84] ανιχνεύουν αντικείμενα σε εικόνες χρησιμοποιώντας συνελκτικά νευρωνικά δίκτυα (Convolutional neural network)[85], ένα είδος τεχνητού νευρωνικού δικτύου εμπνευσμένο από τον οπτικό φλοιό. Αυτό το είδος νευρωνικών δικτύων είναι η πιο δημοφιλής κατηγορία αλγορίθμων βαθιάς μάθησης για την ανίχνευση αντικειμένων.

Ο κώδικας που χρησιμοποιείται στο ρομπότ, βασίζεται στον αλγόριθμο SSD (Single Shot Detector), όπου είναι ένα από τα πιο σύγχρονα μοντέλα ανίχνευσης και εντοπισμού αντικειμένων. Βασίζεται σε ένα συνελκτικό νευρωνικό δίκτυο τροφοδοσίας προς τα εμπρός το οποίο αποδίδει ένα σταθερό σύνολο οριοθετημένων πλαισίων και μια βαθμολογία εμπιστοσύνης που αντιπροσωπεύει πόσο σίγουρο είναι το δίκτυο για το πλαίσιο οριοθέτησης που περιέχει ένα αντικείμενο. Αυτό ακολουθείται από ένα βήμα μη μέγιστης καταστολής το οποίο εξάγει τις τελικές ανιχνεύσεις.

¹¹ **Python** Γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου , γενικής χρήσης . Η σχεδιαστική του φιλοσοφία δίνει έμφαση στην αναγνωσιμότητα κώδικα με τη χρήση σημαντικής εσοχής. [πηγή:[https://en.wikipedia.org/wiki/Python_\(programming_language\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Python_(programming_language))]

¹² **Computer vision** Διεπιστημονικό πεδίο που ασχολείται με την ικανότητα των υπολογιστών να αποκτήσουν κατανόηση υψηλού επιπέδου από ψηφιακές εικόνες ή βίντεο. [πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Computer_vision]

¹³ **Deep Learning** Η βαθιά μάθηση (γνωστή και ως βαθιά δομημένη μάθηση) είναι μέρος μιας ευρύτερης οικογένειας μεθόδων μηχανικής μάθησης που βασίζονται σε τεχνητά νευρωνικά δίκτυα με μάθηση αναπαράστασης. [πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Deep_learning]



Εικόνα 19. Αρχιτεκτονική αλγορίθμου “SSD: Single Shot MultiBox Detector” [87]

- Ταυτόχρονος εντοπισμός και χαρτογράφηση (*Simultaneous localization and mapping*)

Ο ταυτόχρονος εντοπισμός και η χαρτογράφηση (Simultaneous localization and mapping, SLAM) **Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.** είναι το υπολογιστικό πρόβλημα της κατασκευής ή της ενημέρωσης ενός χάρτη σε άγνωστο περιβάλλον, ενώ ταυτόχρονα παρακολουθείται η θέση ενός συστήματος σε αυτό. Οι δημοφιλείς μέθοδοι κατά προσέγγιση λύσης περιλαμβάνουν το φίλτρο σωματιδίων (Particle filter)[88], το εκτεταμένο φίλτρο Kalman (Kalman filter)[89], τη διασταύρωση συνδιακύμανσης (covariance intersection)[90] και το GraphSLAM[91]. Οι αλγόριθμοι SLAM βασίζονται σε έννοιες της υπολογιστικής γεωμετρίας και της υπολογιστικής όρασης, κερδίζοντας έδαφος στην πλοήγηση των ρομπότ, στη ρομποτική χαρτογράφηση και στην οδομετρία για εικονική πραγματικότητα ή επαυξημένη πραγματικότητα. Ωστόσο οι αλγόριθμοι είναι προσαρμοσμένοι στους διαθέσιμους πόρους, με αποτέλεσμα να μην στοχεύουν στην τελειότητα, αλλά στη λειτουργική συμμόρφωση. Μπορούν να εντοπιστούν σε αυτοοδηγούμενα αυτοκίνητα, μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα, αυτόνομα υποβρύχια οχήματα, πλανητικά ρόβερ, νεότερα οικιακά ρομπότ, ακόμη και μέσα στο ανθρώπινο σώμα.

Ο αλγόριθμος SLAM χρησιμοποιεί διαφορετικούς τύπους αισθητήρων και οι δυνατότητές τους έχουν αποτελέσει βασικό μοχλό την ανάπτυξη νέων αλγορίθμων. Η στατιστική ανεξαρτησία είναι υποχρεωτική απαίτηση για την αντιμετώπιση της μετρικής μεροληψίας και του θορύβου στις μετρήσεις. Ένα είδος αισθητήρων είναι οι οπτικοί αισθητήρες, όπου μπορεί να είναι μονοδιάστατοι (μονής δέσμης) ή διδιάστατοι (σαρωτικές) αποστάσεις λέιζερ, όπως είναι οι αισθητήρες της οικογένειας LiDAR[92]. Η αρχή λειτουργίας τους στηρίζεται στον προσδιορισμό εμβέλειας (μεταβλητής απόστασης) στοχεύοντας ένα αντικείμενο ή μια επιφάνεια με λέιζερ και μετρώντας το χρόνο για να επιστρέψει το ανακλώμενο φως στον εκπομπό. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία ψηφιακών τρισδιάστατων αναπαραστάσεων περιοχών στην επιφάνεια της Γης και στον πυθμένα του ωκεανού της διαπαλιρροιακής και κοντά στην παράκτια ζώνη μεταβάλλοντας το μήκος κύματος του φωτός.

- Χωρική ανάλυση για την αυτονομία πλοήγησης (*Autonomous Navigation*)

Παρόλο που έχουν περάσει σχεδόν 50 χρόνια από το πρώτο ρομπότ, το Shakey[93], που κινήθηκε αυτόνομα, η κίνηση των μηχανών χωρίς εμπόδια παραμένει σημαντικός τομέας στην έρευνα και ανάπτυξη για την πλήρη αυτονομία των ρομποτικών συστημάτων. Η αυτόνομη πλοήγηση είναι ένα σύνολο διαδικασιών που συνεργατικά οδηγούν σε ένα λειτουργικό αποτέλεσμα, όπως είναι ο τρόπος κινητικότητας, η ευκινησία, το σχήμα του ρομπότ, τα εμπόδια, ο εντοπισμός στον χώρο και η ταχύτητα. Με την βοήθεια της μηχανικής μάθησης, ένα από τα σημαντικότερα τμήματα μπορεί να λειτουργήσει καλύτερα, η αποφυγή συγκρούσεων καθώς εντοπίζεται αντικείμενο στο δρόμο που κινείται το ρομπότ.

Ωστόσο για την καλύτερη αυτονομία σε συνδυασμό με την αναγνώριση αντικειμένων μέσω κάμερας, χρησιμοποιείται η σάρωση του περιβάλλοντος με λέιζερ, τεχνολογία που χρησιμοποιείται και στην χαρτογράφηση από τον ίδιο αισθητήρα, το LiDAR.

Η ανάλυση των δεδομένων γίνεται με τη χρήση εργαλείων σε γλώσσα Python, εκμεταλλευόμενοι το μεγάλο εύρος των δυνατοτήτων της στα πλαίσια της μηχανικής μάθησης και κατ' επέκταση της τεχνητής νοημοσύνης.

- *TensorFlow*

Το TensorFlow[94] είναι μια βιβλιοθήκη λογισμικού για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη αριθμητικών υπολογισμών, με βασική εστίαση σε εφαρμογές στη μηχανική μάθηση. Η βιβλιοθήκη επιτρέπει στους αλγόριθμους να περιγράφονται ως ένα γράφημα συνδεδεμένων λειτουργιών που μπορούν να εκτελεστούν σε διάφορες πλατφόρμες με δυνατότητα GPU, που κυμαίνονται από φορητές συσκευές έως επιτραπέζιους υπολογιστές έως διακομιστές υψηλής τεχνολογίας.

Για την ανίχνευση αντικειμένων θα χρησιμοποιηθεί το πλαίσιο ανοιχτού κώδικα «TensorFlow object detection API[95]» το οποίο είναι βασισμένο πάνω στη βιβλιοθήκη TensorFlow και κατ'επέκταση στο μοντέλο νευρωνικών δικτύων SSD. Για την εκπαίδευση των δικτύων χρησιμοποιείται και το σύνολο δεδομένων (dataset) COCO[96], που αποτελείται από τεράστιο σύνολο πληροφοριών.

- *NumPy*

Το NumPy[97] είναι μια βιβλιοθήκη που επιτρέπει τον εύκολο χειρισμό διανυσμάτων, πινάκων ή γενικά μεγάλων πολυδιάστατων πινάκων. Εκτός από τις δομές δεδομένων, προσφέρει επίσης αποτελεσματικά υλοποιημένες συναρτήσεις για αριθμητικούς υπολογισμούς. Αποτελεί ένα θεμελιώδες εργαλείο για τη μελέτη της Μηχανικής Μάθησης, καθώς είναι γνωστό ότι τα μαθηματικά είναι θεμέλιος λίθος της. Για την αμεσότητα και αποτελεσματικότητα του NumPy ευθύνονται και οι βιβλιοθήκες που παίζουν σημαντικό ρόλο στις αριθμητικές πράξεις. Μια εξ' αυτών είναι η SciPy, η οποία περιλαμβάνει ενότητες για αριθμητική βελτιστοποίηση, γραμμική άλγεβρα, αριθμητική ολοκλήρωση, παρεμβολή, FFT, επεξεργασία σήματος, επεξεργασία εικόνας, αριθμητική ολοκλήρωση συνηθισμένων διαφορικών εξισώσεων και συμβολικά μαθηματικά¹⁴, μεταξύ άλλων.

- *PyTorch*

Πρόκειται για ένα πλαίσιο μηχανικής εκμάθησης ανοιχτού κώδικα που βασίζεται στη βιβλιοθήκη Torch[99], η οποία χρησιμοποιείται για εφαρμογές όπως η όραση υπολογιστή (computer vision) και η επεξεργασία φυσικής γλώσσας (natural language processing)¹⁵. Το PyTorch[100] ορίζει μια κλάση που ονομάζεται Tensor (torch.Tensor) για την αποθήκευση και την λειτουργία σε ομοιογενείς πολυδιάστατους ορθογώνιους πίνακες αριθμών. Οι τανυστές¹⁶ PyTorch είναι παρεμφερείς με τους NumPy Arrays, αλλά μπορούν επίσης να λειτουργήσουν σε GPU NVIDIA με δυνατότητα CUDA[101].

Η οπτικοποίηση των δεδομένων και η εξαγωγή των πληροφοριών μετά την ανάλυση, πραγματοποιείται στο λογισμικό εφαρμογής ελέγχου που αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, το οποίο υποστηρίζεται από πρόγραμμα περιήγησης ιστού.

¹⁴ **Εφαρμοσμένα μαθηματικά** https://en.wikipedia.org/wiki/Applied_mathematics

¹⁵ **NLP (Natural language processing)** είναι ένας υποτομέας της γλωσσολογίας, της επιστήμης των υπολογιστών και της τεχνητής νοημοσύνης που ασχολείται με τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των υπολογιστών και της ανθρώπινης γλώσσας, ιδιαίτερα με τον τρόπο προγραμματισμού των υπολογιστών για επεξεργασία και ανάλυση μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων φυσικής γλώσσας. [πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Natural_language_processing]

¹⁶ **Τανυστής (tensor)** Η σημασία της λέξης σε αυτές τις περιοχές σχετίζεται μόνο εφαπτομενικά με αυτήν της Μηχανικής Μάθησης. Στα μαθηματικά, ένας τανυστής είναι ένα ορισμένο είδος αντικειμένου στη γραμμική άλγεβρα, ενώ στη φυσική ο όρος "τανυστής" συνήθως αναφέρεται σε αυτό που οι μαθηματικοί αποκαλούν τανυστικό πεδίο. [πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Tensor_field]

- *Chart.js*

Χρησιμοποιώντας την δύναμη των APIs¹⁷, η Javascript[102] προσφέρει πολλές δυνατότητες και μεγάλη αποτελεσματικότητα στην επιστήμη της ανάλυσης δεδομένων (data analysis)[103], με βιβλιοθήκες που δημιουργούν διαδραστικά και ποικίλα γραφήματα σε ιστοσελίδες. Το Chart.js[104] είναι μια δωρεάν βιβλιοθήκη JavaScript ανοιχτού κώδικα για οπτικοποίηση δεδομένων, η οποία υποστηρίζει οκτώ τύπους γραφημάτων: ράβδος, γραμμή, περιοχή, πίτα (ντόνατ), φυσαλίδα, ραντάρ, πολικό και scatter. Η διαδικασία γίνεται ακόμη πιο απλή καθώς τα γραφήματα σχεδιάζονται μέσα σε καμβά της HTML[105][106].

3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : Ανάπτυξη του συστήματος SCOPUS

Καθότι πρόκειται για ένα νεοπαγές σύστημα, ο σχεδιασμός του βασίστηκε στην λειτουργικότητα των δυνατοτήτων που καλείται να διαθέτει η εκάστοτε κατασκευή. Κάθε μέρος του υλικού επιλέχθηκε για συγκεκριμένο σκοπό, τόσο μεμονωμένα όσο και συνεργατικά με το υπόλοιπο σύστημα. Ωστόσο υπάρχει η παράμετρος της κινητικής λειτουργίας και της περιήγησης στον χώρο, πράγμα που σημαίνει πως τα εξαρτήματα θα ακολουθούν την κατασκευαστική μορφολογία του ρομπότ. Η λίστα των απαιτήσεων όμως περιλαμβάνει ακόμη ένα στοιχείο, το τελευταίο στάδιο της αρχιτεκτονικής, που είναι το λογισμικό ελέγχου και ο προγραμματισμός. Εν κατακλείδι, η πρόκληση της υλοποίησης αφορά τον σχεδιασμό ενός ρομπότ όπου τα εξαρτήματά του πρέπει να διενεργούν αυτόνομα για την εκάστοτε λειτουργία, να είναι συμβατά μεταξύ τους, να ενσωματώνονται στις απαιτήσεις της μηχανολογικής κατασκευής και να δημιουργηθεί το κατάλληλο λογισμικό για τον προγραμματισμό τους και τον έλεγχο ολόκληρου τελικά του συστήματος.

3.1 Μελέτη

Ακολουθώντας την προαναφερθείσα λίστα απαιτήσεων σχετικά με τις δυνατότητες και τα μηχανολογικά χαρακτηριστικά του ρομπότ, επιλέχθηκαν εξαρτήματα τα οποία επιτυγχάνουν την μέγιστη δυνατή απόδοση με το λιγότερο κόστος, τόσο σε ενέργεια όσο και σε φυσικό μέγεθος.

- *Μονάδα κεντρικού ελέγχου*

Ο εγκέφαλος του συστήματος καλείται να ελέγχει όλα τα περιφερειακά, εκτελώντας συγχρόνως τις περίπλοκες διαδικασίες τόσο για την ανάλυση όσο και την συλλογή μεγάλου όγκου δεδομένων σε ζωντανή ροή. Για την περάτωση των περισσότερων ενεργειών απαιτείται η χρήση μοντέλων μηχανικής μάθησης, γεγονός που από μόνο του απαιτεί μεγάλη επεξεργαστική ισχύ. Επιπροσθέτως μια βασική διεργασία είναι η αναγνώριση αντικειμένων, κομμάτι που έγκειται στην υπολογιστική όραση. Λόγω της φύσης του σχεδιασμού, το ρομπότ πρέπει να είναι διαδραστικό με το χρήστη και να υπάρχει η δυνατότητα για έλεγχο ανά πάσα



Εικόνα 20 Αναπτυξιακή πλατφόρμα NVIDIA® Jetson Nano™ [107]

στιγμή. Για να εξυπηρετηθεί αυτός ο σκοπός, το σύστημα διαθέτει θύρες συνδεσιμότητας συσκευών εξωτερικά για άμεση προβολή και αποσφαλμάτωση αν χρειαστεί. Για τους ανωτέρω λόγους επιλέχθηκε το αναπτυξιακό **NVIDIA® Jetson Nano™ Developer Kit** (Εικόνα 20), το οποίο έχει τη μορφή πανίσχυρου μικροϋπολογιστή. Τα χαρακτηριστικά (Πίνακας 3-1) που επικράτησαν στην

¹⁷ (API) **Application Programming Interface** Τρόπος επικοινωνίας δύο ή περισσότερων προγραμμάτων μεταξύ υπολογιστών. Είναι ένας τύπος διεπαφής λογισμικού, που προσφέρει υπηρεσία σε άλλα κομμάτια λογισμικού. [πηγή: <https://en.wikipedia.org/wiki/API>]

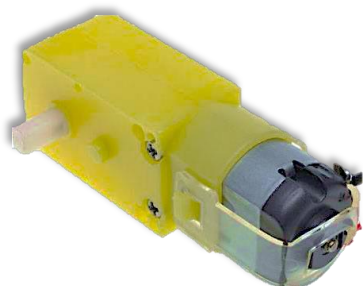
επιλογή του, είναι πρωτίστως το σύνολο των ικανοτήτων που διαθέτουν οι κάρτες γραφικών της NVIDIA [108], με το μεγαλύτερο πλεονέκτημα στο computer vision και την μηχανική μάθηση καθώς και ο ισχυρός επεξεργαστής που διαθέτει το συγκεκριμένο μοντέλο αναλογικά με το φυσικό του μέγεθος. Μια μικρή σύνοψη των χαρακτηριστικών του:

GPU	NVIDIA Maxwell architecture with 128 NVIDIA CUDA® cores
CPU	Quad-core ARM A57 @ 1.43 GHz
Memory	4 GB 64-bit LPDDR4 25.6 GB/s
Storage	microSD
Video Encode	4K @ 30 4x 1080p @ 30 9x 720p @ 30 (H.264/H.265)
Video Decode	4K @ 60 2x 4K @ 30 8x 1080p @ 30 18x 720p @ 30 (H.264/H.265)
Camera	2x MIPI CSI-2 DPHY lanes
Connectivity	Gigabit Ethernet, M.2 Key E
Display	HDMI and display port
USB	4x USB 3.0, USB 2.0 Micro-B
Others	GPIO, I2C, I2S, SPI, UART
Mechanical	69 mm x 45 mm, 260-pin edge connector

Πίνακας 3-1 Τεχνικά χαρακτηριστικά NVIDIA® Jetson Nano™

- **Έλεγχος κίνησης**

Η κίνηση του ρομπότ θα γίνεται με δύο τροχούς, σχεδιασμός που πλεονεκτεί έναντι της κίνησης με πόδια, εξαιτίας τόσο της απλότητας όσο και της ταχύτητας που μπορεί να αναπτύξει στο έδαφος.



Εικόνα 21 Κινητήρες DC Gearbox Motor - "TT Motor" [109]

Ωστόσο η κίνηση με δύο τροχούς έχει ένα επιπλέον σημείο δυσκολίας, το οποίο ρυθμίζεται με την γωνία κλίσης και την διαρκή παρακολούθηση της θέσης ισορροπίας του ρομπότ. Οι κινητήρες που επιλέχθηκαν είναι συνεχούς ρεύματος (DC) και ιδιαίτερα ανθεκτικοί για το μικρό τους βάρος. Στα χαρακτηριστικά (Πίνακας 3-2) που πλεονεκτούν, προστίθεται και η απόδοση που έχουν σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας.

Ενδεικτικά οι μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί¹⁸ για εύρος 3VDC έως 6VDC:

- Στα 3VDC μετρήθηκαν 150mA @ 120 RPM χωρίς φορτίο και 1,1 Amps όταν ήταν ακινητοποιημένο.
- Στα 4,5 VDC μετρήθηκαν 155 mA @ 185 RPM χωρίς φορτίο και 1,2 Amps όταν ήταν ακινητοποιημένο
- Στα 6VDC μετρήθηκαν 160mA @ 250 RPM χωρίς φορτίο και 1,5 Amps όταν ήταν σταματημένο.

Rated Voltage	3~6V
Continuous No-Load Current	150mA +/- 10%
Min. Operating Speed (3V)	90+/- 10% RPM
Min. Operating Speed (6V)	200+/- 10% RPM
Stall Torque (3V)	0.4kg.cm
Stall Torque (6V)	0.8kg.cm

¹⁸ Οι μετρήσεις αναφέρονται στην επίσημη ιστοσελίδα του προμηθευτή **Adafruit** <https://www.adafruit.com/product/3777>

Gear Ratio	1:48
Body Dimensions	70 x 22 x 18mm
Wires Length	200mm & 28 AWG
Weight	30.6g

Πίνακας 3-2 Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρων DC Gearbox Motor - "TT Motor"

- **Μονάδα ελέγχου κίνησης**

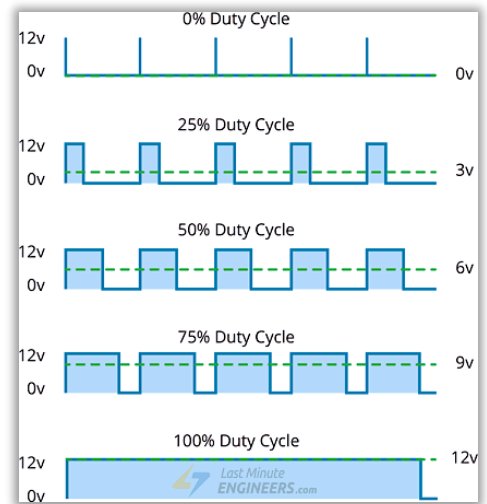
Για τον έλεγχο των κινητήρων συνεχούς ρεύματος (DC motors), πρέπει να προσαρμόζεται η ταχύτητα και η κατεύθυνση περιστροφής. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με το συνδυασμό των δύο τεχνικών:

- PWM (Pulse Width Modulation)

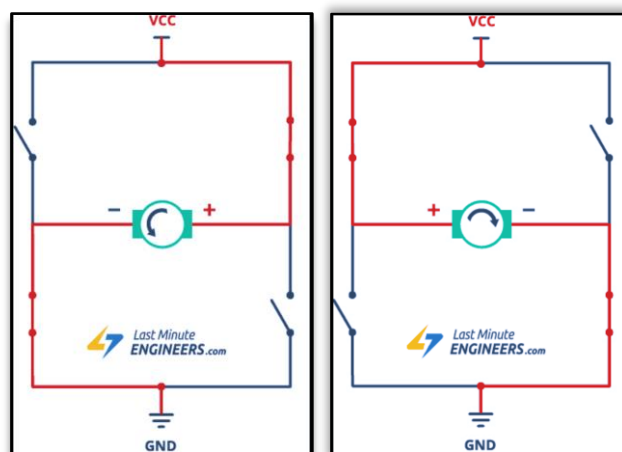
Η ταχύτητα μπορεί να ελεγχθεί αλλάζοντας την τάση εισόδου του. Το PWM είναι μια τεχνική όπου η μέση τιμή της τάσης εισόδου ρυθμίζεται με την αποστολή μιας σειράς παλμών ON-OFF. Η μέση τάση είναι ανάλογη με το πλάτος των παλμών που είναι γνωστοί ως κύκλος λειτουργίας. Όσο υψηλότερος είναι ο κύκλος λειτουργίας, τόσο υψηλότερη είναι η μέση τάση που εφαρμόζεται στον κινητήρα συνεχούς ρεύματος (με αποτέλεσμα υψηλότερη ταχύτητα) και όσο μικρότερος είναι ο κύκλος λειτουργίας, τόσο χαμηλότερη είναι η μέση τάση που εφαρμόζεται στον κινητήρα συνεχούς ρεύματος (με αποτέλεσμα χαμηλότερη ταχύτητα).

- H-Bridge (Γέφυρα H)

Η κατεύθυνση περιστροφής ενός κινητήρα συνεχούς ρεύματος μπορεί να ελεγχθεί αλλάζοντας την πολικότητα της τάσης εισόδου του. Ένα κύκλωμα H-γέφυρας αποτελείται από τέσσερις διακόπτες με τον κινητήρα στο κέντρο να σχηματίζει μια διάταξη τύπου H. Το κλείσιμο δύο συγκεκριμένων διακοπών κάθε φορά αντιστρέφει την πολικότητα της τάσης που εφαρμόζεται στον κινητήρα. Αυτό προκαλεί αλλαγή στην κατεύθυνση περιστροφής του κινητήρα.



Εικόνα 22 Τεχνική διαμόρφωσης πλάτους παλμού (PWM) [110]



Εικόνα 23 Κύκλωμα Γέφυρας-H [110]

Σύμφωνα με αυτές τις απαιτήσεις επιλέχθηκε το κατάλληλο τσιπ γέφυρας, το οποίο μεταξύ άλλων διαθέτει διπλή γέφυρα-H , γεγονός που σημαίνει ότι μπορεί να οδηγήσει ακόμα 2 κινητήρες ξεχωριστά. Σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά του (Πίνακας 3-3) έχει εύρος τροφοδοσίας από 5V έως 35V και έχει δυνατότητα συνεχούς ρεύματος 2A ανά κανάλι. Γι' αυτό το λόγο διαθέτει μεμονωμένη ψύκτρα. Στην κατασκευή θα χρησιμοποιηθεί τάση εισόδου 12V και θα προστεθεί ξεχωριστή τροφοδοσία από μπαταρία.



Εικόνα 24 Μονάδα ελέγχου κινητήρων «Motor Driver L298N» [111]

Motor output voltage	5V – 35V
Motor output voltage (Recommended)	7V – 12V
Logic input voltage	5V – 7V
Continuous current per channel	2A
Max Power Dissipation	25W

Πίνακας 3-3 Τεχνικά χαρακτηριστικά οδηγού «Motor Driver L298N»

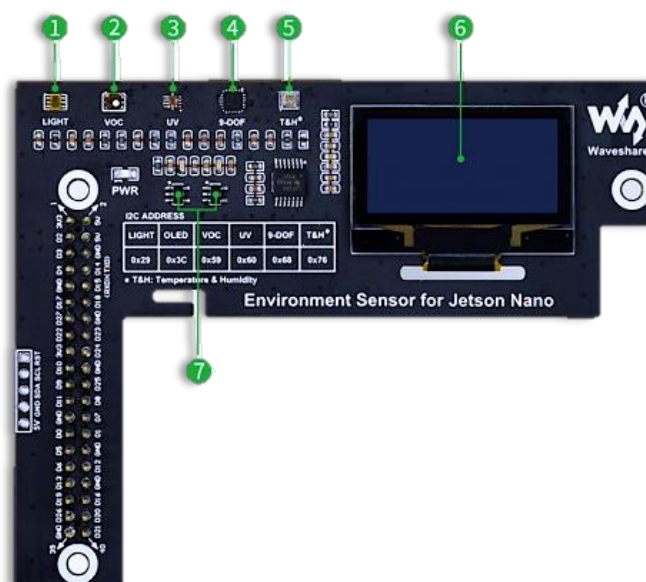
- **Αισθητήρες περιβαλλοντικών μετρήσεων**

Όπως έχει αναφερθεί στο κεφάλαιο 2, για την συλλογή δεδομένων και μετρήσεων από το περιβάλλον επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί ένα σύνολο αισθητήρων για μέτρηση υπέρυθρου και ορατού φωτός, για μέτρηση θερμοκρασίας, υγρασίας και πίεσης αέρα, μέτρηση ακτίνων IR/UV, ανίχνευση VOC περιβάλλοντος καθώς επιταχυνσιόμετρο, γυροσκόπιο και μαγνητόμετρο. Προκειμένου να διευκολυνθεί η διασύνδεση, επιλέχθηκε μια πλακέτα κατάλληλα σχεδιασμένη για το αναπτυξιακό του συστήματος, με ενσωματωμένους τους αισθητήρες καθώς και μια οθόνη OLED 1,3 ιντσών. Συνοπτικά περιλαμβάνει:



Εικόνα 25 Σύνδεση αισθητήρα "Environment Sensor for Jetson Nano"

- 1. TSL25911FN**
digital ambient light sensor, for measuring IR and visible light
- 2. SGP40**
VOC sensor
- 3. Si1145**
IR/UV sensor
- 4. ICM20948**
3-axis accelerometer, 3-axis gyroscope, 3-axis magnetometer
- 5. BME280**
temperature, humidity, and air pressure sensor
- 6. OLED 1.3inch**
128x64 resolution
- 7. Voltage level translator**
5V to 3.3V/1.8V



Εικόνα 26 Αισθητήρας "Environment Sensor for Jetson Nano" [112]

- **Αισθητήρας ανίχνευσης αντικειμένων και πλοήγησης**

Για την χαρτογράφηση των χώρων χρησιμοποιείται η τεχνολογία SLAM (κεφάλαιο 2.1), όπου ενσωματώνεται στους αισθητήρες Lidar (Light Detection and Ranging). Αυτό το είδος των αισθητήρων αποτελεί βασικό παράγοντα στην αυτονομία των οχημάτων, παρέχοντας τρισδιάστατη εικόνα του περιβάλλοντός τους σε υψηλή ανάλυση. Το Lidar επιτρέπει στα αυτόνομα οχήματα να «βλέπουν» μετρώντας εκατομμύρια σημεία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, δημιουργώντας έναν ακριβή χάρτη του συνεχώς μεταβαλλόμενου περιβάλλοντος του για ασφαλή πλοήγηση. Στην κατασκευή χρησιμοποιείται ο αισθητήρας *Slamtec RPLIDAR A1*, όπου διαθέτει μεγάλες δυνατότητες (Πίνακας 3-4) συγκριτικά με το μέγεθος και το κόστος του.



Εικόνα 27 Αισθητήρας Slamtec RPLIDAR A1 [113]

Ranging distance	0.15 ~ 12.00 m
Ranging accuracy	1% of actual distance (≤ 3 m) 2% of actual distance (3~5 m) 2.5% of actual distance (5~12 m)
Scanning frequency	5.5 Hz
Scanning angle	360°
Ranging frequency	8000 Hz
Resolution	$\leq 1\%$ of actual distance (≤ 12 m) $\leq 2\%$ of actual distance (within 12~16 m)
Wavelength	785 nm
Communication interface	UART
Power supply	5 V
Power consumption	0.5 W
Operating current	100 mA
Weight	248 g
Operating temperature	0°C ~ 40°C
Dimensions (l × w × h)	96.8 × 70.3 × 55.0mm

Πίνακας 3-4 Τεχνικά χαρακτηριστικά Slamtec RPLIDAR A1

- **Κάμερα παρακολούθησης πορείας**

Καθόσον πρόκειται για διαδραστικό ρομπότ όπου επιτελεί διεργασίες για αναγνώριση περιβάλλοντος και χαρτογράφηση χώρου, μια κάμερα είναι αδιαμφισβήτητα κομμάτι που δεν πρέπει να λείπει από το σύστημα. Εξετάζοντας τα χαρακτηριστικά (Πίνακας 3-5) στις προτάσεις του κατασκευαστή του αναπτυξιακού σύμφωνα με τη συμβατότητα, επιλέχθηκε η **IMX219-200 Camera**.



Εικόνα 28 Κάμερα IMX219 sensor, FOV 200 [114]

Pixels	8,000,000
Photosensitive chip	IMX219
Resolution	3280 x 2464
Camera parameters:	
CMOS size	1/4 inch
Aperture (F)	2.0
Focal Length	0.87mm
Diagonal Field of View (FOV)	200 degrees
Distortion	< 11%
4 screw holes:	
Available in fixed position	
Support 3.3V external power supply	
Dimensions	25mm × 24mm

Πίνακας 3-5 Τεχνικά χαρακτηριστικά IMX219-200

- **Μονάδα ασύρματης διασύνδεσης Wi-Fi**

Η αναπτυξιακή πλατφόρμα που χρησιμοποιείται, δεν περιλαμβάνει μονάδα ασύρματης σύνδεσης στο δίκτυο, επομένως είναι απαραίτητη η προσθήκη ενός εξωτερικού πομποδέκτη. Στην προκειμένη περίπτωση επιλέχθηκε το **Edimax EW-7811Un** με μικροσκοπικό μέγεθος και μεγάλη συμβατότητα σε διάφορα λογισμικά. Τα σημαντικά χαρακτηριστικά του (Πίνακας 3-6) είναι πως καλύπτει μεγάλο εύρος μετάδοσης και προσαρμόζεται στην κατανάλωση, χρησιμοποιώντας έξυπνη τεχνολογία διαχείρισης ενέργειας.



Εικόνα 29 Μονάδα σύνδεσης Wi-Fi Edimax EW-7811Un [115]

Hardware Interface	USB 2.0
Operating System	Windows XP / Vista / 7 / 8 / 8.1 / 10, Mac OS 10.7 ~ 10.13, Raspberry Pi & Pi 2, Linux Kernal 2.6 ~ 4.4
Color	Black/gold
Item Dimensions LxWxH	5.5 x 3.5 x 0.7 inches
Data Link Protocol	IEEE 802.11b, USB, IEEE 802.11n
Color	Black/gold
Item Dimensions LxWxH	5.5 x 3.5 x 0.7 inches

Πίνακας 3-6 Τεχνικά χαρακτηριστικά Edimax EW-7811Un

- **Σύστημα ψύξης**

Καθώς πρόκειται για ένα πανίσχυρο τσιπ που εκτελεί πολλές και ταυτόχρονες διεργασίες με υψηλές απαιτήσεις επεξεργασίας, έχει τοποθετηθεί ξεχωριστή ψύκτρα πάνω στο αναπτυξιακό, προκειμένου να διατηρείται σε ασφαλή επίπεδα η θερμοκρασία. Ωστόσο δεν επαρκεί και απαιτείται ξεχωριστός ανεμιστήρας ο οποίος στερεώνεται πάνω στην ψύκτρα και συνδέεται στο ανάλογο σημείο όπως έχει προβλέψει ο κατασκευαστής. Επιλέχθηκε το **NF-F12 5V PWM** της εταιρείας **Noctua** καθώς φέρει πληθώρα πλεονεκτημάτων.



Εικόνα 30 Ανεμιστήρας ψύξης Noctua NF-F12 5V PWM [116]

- Πλαίσιο Focused Flow™

Σχεδιασμένο για εφαρμογές που απαιτούν πίεση, όπως ψύκτρες και καλοριφέρ, το πλαίσιο Focused Flow™ διαθέτει έντεκα πτερύγια οδηγού στάτορα που ισιώνουν, διοχετεύουν και εστιάζουν τη ροή αέρα.

- Μεταβλητή γωνιακή απόσταση και εγκοπές ελέγχου στροβιλισμού

Τα πτερύγια οδηγών στάτορα του NF-F12 είναι τοποθετημένα σε Μεταβαλλόμενη Γωνιακή Απόσταση και διαθέτουν εγκοπές ελέγχου Vortex. Και τα δύο μέτρα βοηθούν στην εξάπλωση της εκπομπής θορύβου σε ένα ευρύτερο φάσμα συχνοτήτων και έτσι κάνουν το ηχητικό μοτίβο του ανεμιστήρα πιο ευχάριστο στο ανθρώπινο αυτί.

- Πτερωτή Heptaperf™

Προσαρμοσμένη για το νέο πλαίσιο Focused Flow™ και για να λειτουργεί παράλληλα με τα έντεκα πτερύγια οδηγού στάτορα, η πτερωτή Heptaperf™ των επτά λεπίδων του NF-F12 έχει βελτιστοποιηθεί προσεκτικά για την επίτευξη τέλει ισορροπίας μεταξύ ισχύος και ησυχίας.

- Σχεδιασμός βαθμιδωτής εισόδου

Το Steped Inlet Design της Noctua προσθέτει στροβιλισμό στην εισροή για να διευκολύνει τη μετάβαση από τη στρωτή ροή στην τυρβώδη ροή, η οποία μειώνει τον τονικό θόρυβο εισαγωγής, βελτιώνει τη σύνδεση ροής και αυξάνει την ικανότητα αναρρόφησης, ειδικά σε περιβάλλοντα περιορισμένου χώρου.

- Μικροδομές εσωτερικής επιφάνειας

Με τις άκρες των πτερυγίων του ανεμιστήρα να περνούν μέσα από το οριακό στρώμα που δημιουργείται από τις μικροδομές εσωτερικής επιφάνειας, ο διαχωρισμός ροής από την πλευρά αναρρόφησης των πτερυγίων καταστέλλεται σημαντικά, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα μειωμένο θόρυβο διέλευσης πτερυγίων και βελτιωμένη ροή αέρα και απόδοση πίεσης.

- Ενσωματωμένα αντικραδασμικά μαξιλαράκια

Τα ενσωματωμένα αντικραδασμικά μαξιλαράκια κατασκευασμένα από εξαιρετικά μαλακή σιλικόνη ελαχιστοποιούν τη μετάδοση λεπτών κραδασμών διατηρώντας παράλληλα την πλήρη συμβατότητα με όλες τις τυπικές βίδες και άλλα συστήματα στερέωσης.

- Προσαρμοσμένο IC PWM με SCD

Υποστηρίζοντας πλήρως αυτόματο έλεγχο ταχύτητας PWM, το NF-F12 5V PWM χρησιμοποιεί το νέο, ειδικά σχεδιασμένο IC NE-FD3 PWM της Noctua που ενσωματώνει την τεχνολογία Smooth

Commutation Drive (SCD). Παρέχοντας ομαλότερους παλμούς ροπής, το SCD καταστέλλει τους θορύβους μεταγωγής PWM και έτσι κάνει τον ανεμιστήρα πιο αθόρυβο σε χαμηλότερες ταχύτητες.

- Προστασία πολικότητας

Καθώς πολλές συσκευές που χρησιμοποιούν ανεμιστήρες 5V διαθέτουν ιδιόκτητους συνδέσμους και η τεκμηρίωση της ευθυγράμμισης των ακροδεκτών ενδέχεται να μην είναι διαθέσιμη, ο ανεμιστήρας διαθέτει μια ενσωματωμένη δίοδο για προστασία από πολικότητα. Με αυτόν τον τρόπο, βρίσκεται στην ασφαλή πλευρά εάν συνδεθεί κατά λάθος με αντίστροφη πολικότητα.

- Ρουλεμάν SSO2

Το NF-F12 είναι ο πρώτος ανεμιστήρας που διαθέτει την περαιτέρω βελτιστοποιημένη δεύτερη γενιά του διάσημου, δοκιμασμένου χρόνου SSO ρουλεμάν της Noctua. Με το SSO2, ο πίσω μαγνήτης τοποθετείται πιο κοντά στον άξονα για να παρέχει ακόμα καλύτερη σταθεροποίηση, ακρίβεια και ανθεκτικότητα.

- Κάρτα μνήμης

Το αναπτυσσόμενο καθώς έχει τη μορφή μικροϋπολογιστή, χρειάζεται έναν σκληρό δίσκο για να φορτωθεί το λογισμικό του και τον ρόλο του σκληρού δίσκου έχει αναλάβει μια κάρτα μνήμης SD. Επιλέχθηκε η **SanDisk 64GB MicroSDXC Ultra Memory Card A1** η οποία συνδυάζει τα χαρακτηριστικά (Πίνακας 3-7) που απαιτούνται για την συγκεκριμένη χρήση.



Εικόνα 31 Κάρτα μνήμης SanDisk 64GB MicroSDXC Ultra Memory Card [117]

Up to 100MB/s Transfer Speed

Load apps faster with Class A1 performance

UHS Speed Class U1 and Speed Class 10 for Full HD video recording/playback

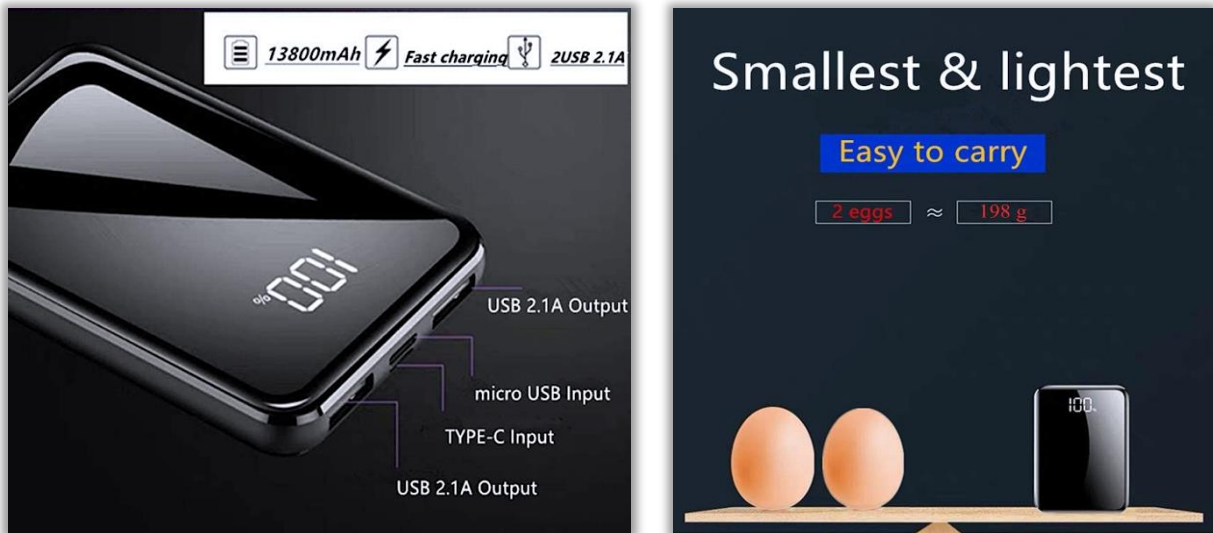
Operating Temperature: -13°F to 185°F (-25°C to 85°C)

Storage temperature: -40°F to 185°F (-40°C to 85°C)

Πίνακας 3-7 Τεχνικά χαρακτηριστικά SanDisk 64GB MicroSDXC Ultra Memory Card

- Τροφοδοσία συστήματος

Για ενέργεια το σύστημα χρησιμοποιεί μια επαναφορτιζόμενη φορητή μπαταρία (power bank) μεγέθους 13800 mAh, η οποία επιλέχθηκε χάρη στο μικρό μέγεθος που έχει. Πρόκειται για μια συσκευή μόλις 198 γραμμάρια βάρους και μεγέθους 95 x 64 x 23 mm. Στα πλεονεκτήματα προστίθεται ακόμη η γρήγορη φόρτιση καθώς διαθέτει έξοδο DC 5V/2A, όπως επίσης και η προστασία για τις συσκευές (Αντίσταση θερμοκρασίας, αποτροπή υπερέντασης εξόδου, προστασία υπερτάσεων εξόδου, αποτροπή βραχυκυκλώματος, προστασία από υπέρταση εισόδου, αποτροπή υπερφόρτισης και υπερφόρτισης, προστασία αντίστροφης εισόδου, κύκλωμα προστασίας PTC μπαταρίας).



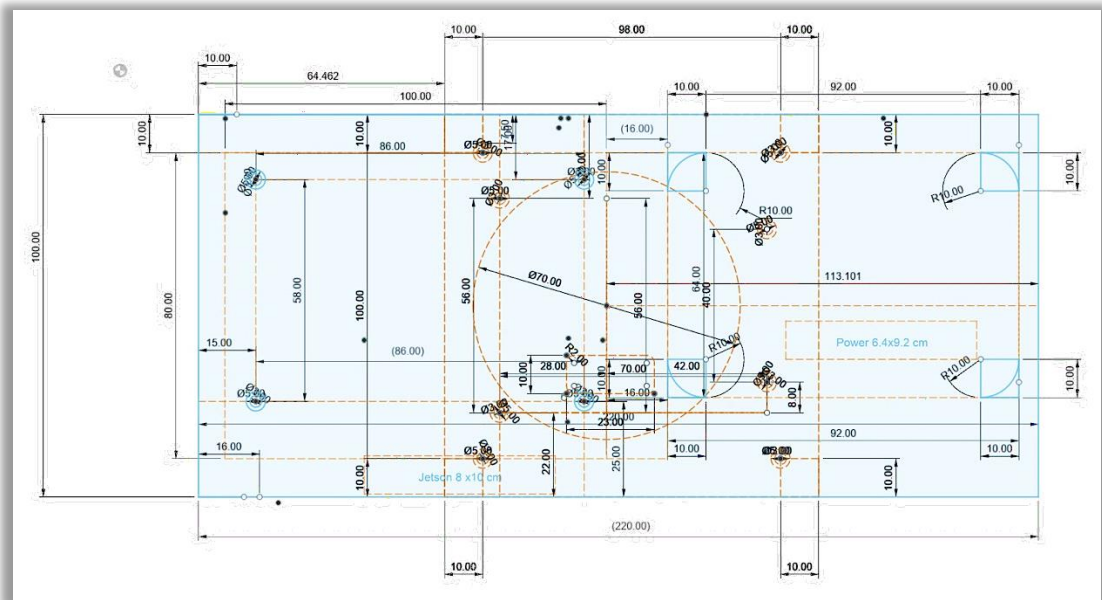
Εικόνα 32 Επαναφορτιζόμενη μπαταρία "Mini Power Bank" [118]

3.2 Σχεδιασμός

Το ρομπότ, όπως αναφέρεται στην ενότητα 3.1, θα κινείται με την χρήση τροχών στο έδαφος, επομένως ο σχεδιασμός του πρέπει να βασιστεί στην ευελιξία των κινήσεων και την εργονομία. Καθώς η κατασκευή του προορίζεται για διενέργειες σε διάφορους χώρους, η απροσδόκητη ύπαρξη αντικειμένων και η άγνωστη ταυτότητα του εκάστοτε περιβάλλοντος, προσθέτουν μια ακόμη δυσκολία στην κίνηση του ρομπότ. Επομένως η μορφή του, πρέπει να μπορεί να ανταπεξέλθει στις περισσότερες καταστάσεις τουλάχιστον, να διαβαίνει πιθανά εμπόδια χωρίς μεγάλο ρίσκο για καταστροφή της κατασκευής. Σύμφωνα με αυτά, η μορφή του ρομπότ κατέληξε να είναι κυλινδρική με τους τροχούς εκατέρωθεν.

- Σχέδια κατασκευής

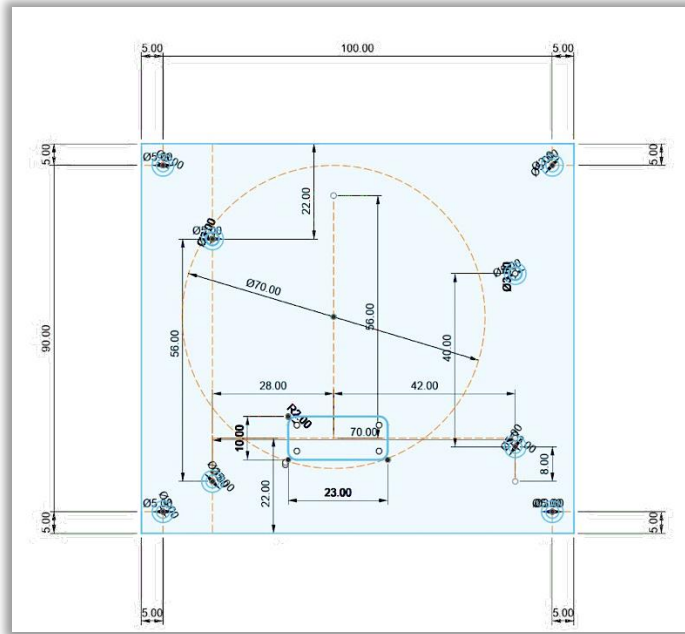
Η δημιουργία των βασικών σχεδίων έγινε στο λογισμικό *Autodesk Fusion 360*, το οποίο προσφέρεται για 3D εκτυπώσεις.



Εικόνα 33 Κάτοψη βασικής δομής Scorpus

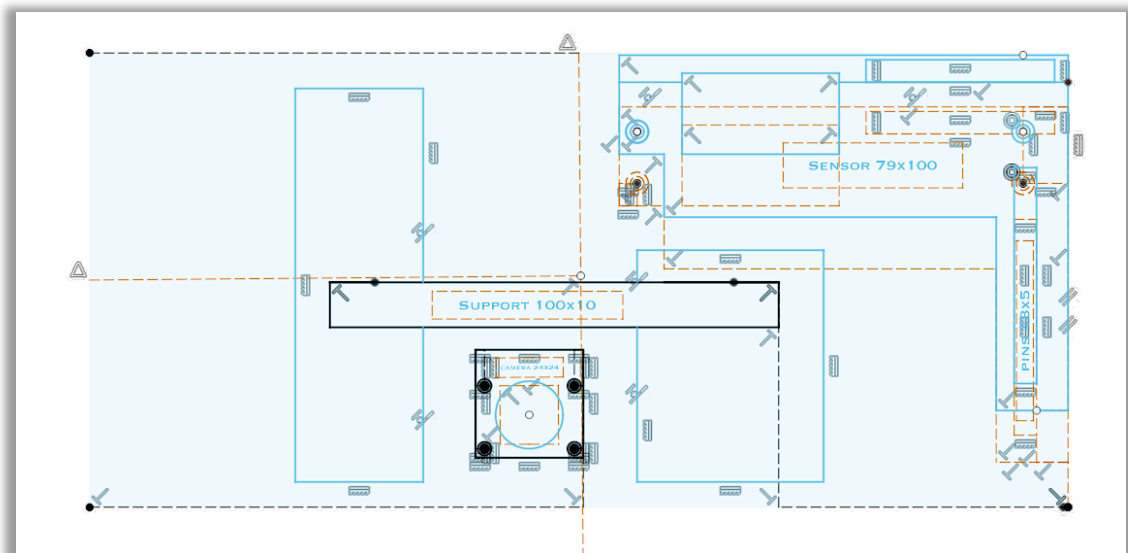
Όπως φαίνεται στην Εικόνα 33, η σχεδίαση ξεκίνησε με την μέτρηση των διαστάσεων των εξαρτημάτων, διατεταγμένα με γνώμονα την καλύτερη λειτουργική στοίχιση καταλαμβάνοντας τον μικρότερο δυνατό χώρο. Ακολουθώντας αυτή τη λογική, στο κάτω μέρος του κυρίως σώματος τοποθετείται αριστερά το Jetson Nano και δεξιά το power bank. Ωστόσο για να διευκολύνεται η προσβασιμότητα τόσο στις θύρες του αναπτυξιακού όσο και στο κουμπί λειτουργίας της μπαταρίας καθώς και στις θύρες φόρτισής της, στο πίσω μέρος θα υπάρχει κενό το οποίο καλύπτεται με ένα ξεχωριστό κάλυμμα.

Το LiDAR χρησιμοποιεί laser για να πραγματοποιήσει τις μετρήσεις του, άρα επιβάλλεται να βρίσκεται στην κορυφή του ρομπότ χωρίς εμπόδια γύρω του. Για τον λόγο αυτό σχεδιάστηκε ξεχωριστό κομμάτι ώστε να τοποθετηθεί πάνω από το jetson, σε δυο πλαϊνά υποστηρίγματα.



Εικόνα 34 Υποστήριγμα LiDAR

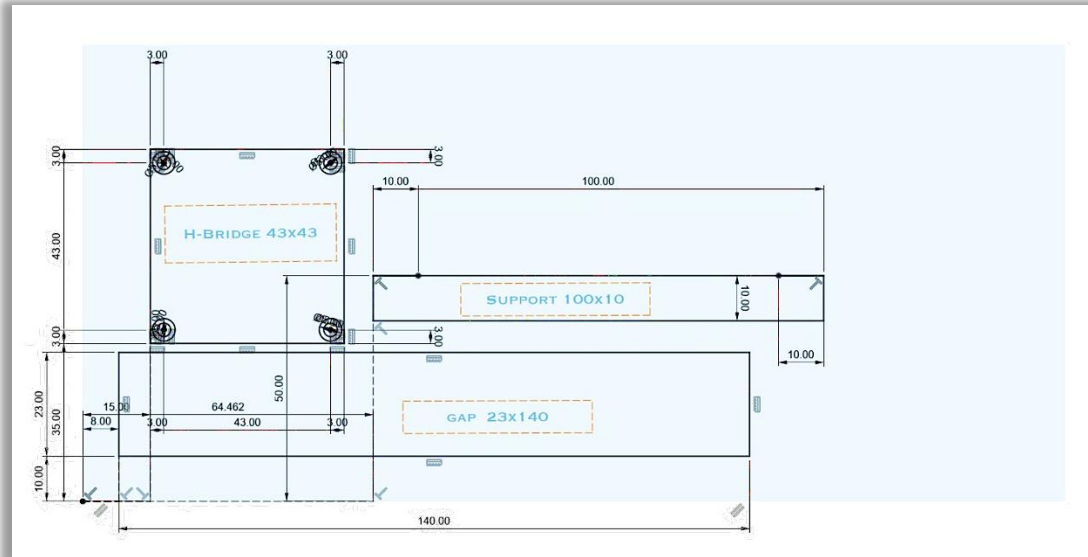
Η κάμερα σχεδιάστηκε να τοποθετηθεί στο μπροστινό τμήμα του ρομπότ, εφόσον θα χρησιμοποιείται για οπτική επαφή με το χώρο και αναγνώριση αντικειμένων. Το ύψος επιλέχθηκε συνυπολογίζοντας τους βαθμούς της διαγωνίου που μετράει η συγκεκριμένη κάμερα και το μήκος του καλωδίου σύνδεσής της.



Εικόνα 35 Σχέδιο πρόσοψης

Η πλακέτα με τους αισθητήρες βρίσκεται επίσης στην άνω δεξιά πλευρά της πρόσοψης (Εικόνα 35), σε σημείο όπου θα μπορούν να λαμβάνουν τα δεδομένα τους χωρίς να επικαλύπτονται από υλικό και να φαίνεται η οθόνη που διαθέτει.

Όπως αναφέρθηκε ανωτέρω, στην πίσω πλευρά του ρομπότ σχεδιάστηκε να υπάρχει ένα κενό για πρόσβαση στον εγκέφαλο και την μπαταρία. Ακόμη, προβλέφθηκε να στηριχθεί η γέφυρα-H για τους κινητήρες, καθώς η ιδιαίτερη κατασκευή της, με την ψύκτρα να προεξέχει, δεν άφησε πολλά περιθώρια επιλογής.

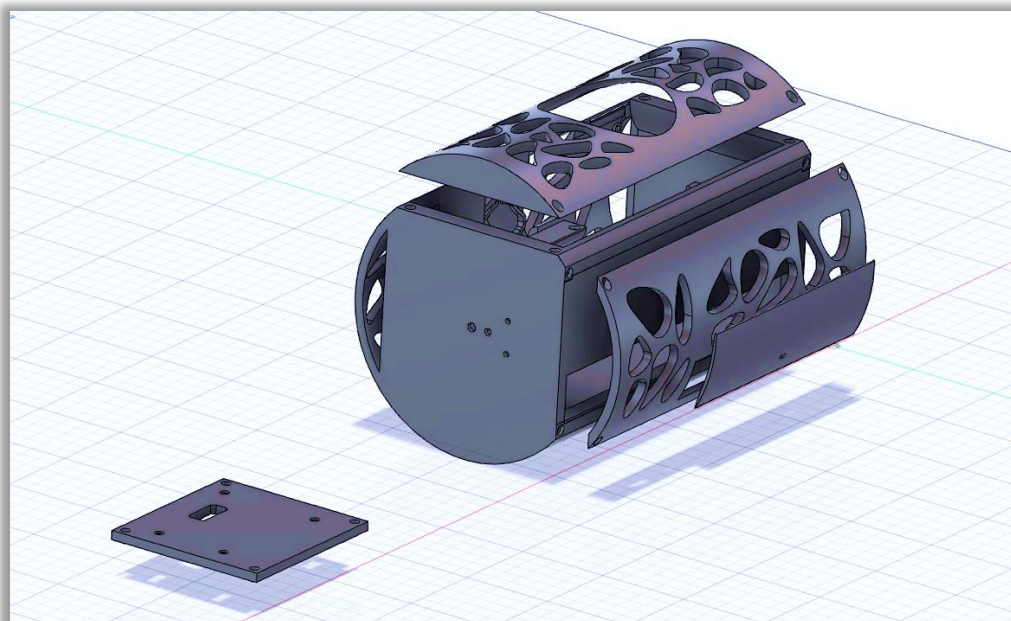


Εικόνα 36 Σχέδιο πίσω όψης

Στα πλάγια τοιχώματα δημιουργήθηκαν κατάλληλες οπές και υποδοχές για την τοποθέτηση των κινητήρων. Τέλος στην πάνω πλευρά υπάρχει το κενό για την τοποθέτηση του laser του LiDAR.

- **Παρουσίαση κατασκευής**

Η κατασκευή αποτελείται από επτά ξεχωριστά τμήματα, το στήριγμα του αισθητήρα LiDAR, το σώμα, το πίσω τμήμα, το κάλυμμα του πίσω τμήματος, το κάλυμμα της κάτωσης και τους δύο τροχούς. Όλα τα κομμάτια εκτυπώθηκαν σε 3D εκτυπωτή, χρησιμοποιώντας υλικό PLA μαύρου χρώματος. Στους τροχούς τοποθετήθηκαν εξωτερικά ελαστικά.



Εικόνα 37 Τμήματα κατασκευής

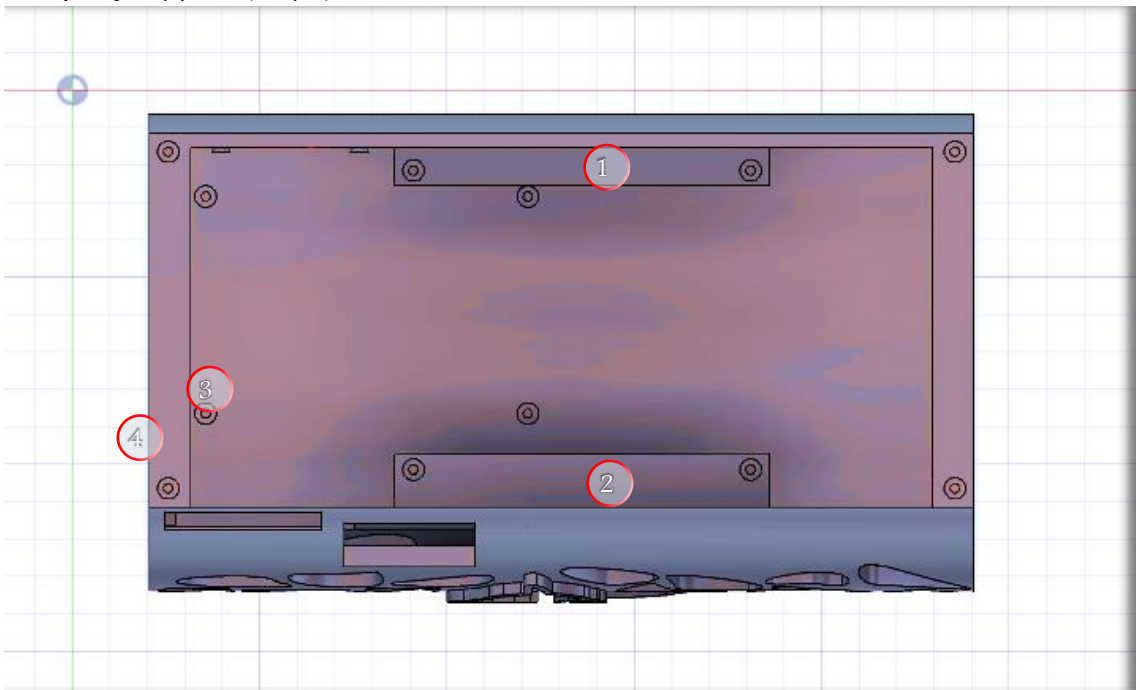


Εικόνα 38 Μπροστινή και πίσω όψη των τροχών

Τα κομμάτια συνδέονται μεταξύ τους χρησιμοποιώντας βίδες M3 με σπείρωμα 0.5 mm. Ωστόσο για την τοποθέτηση των ηλεκτρονικών στις οπές, επιλέχθηκε να μεσολαβήσουν υποδοχές στήριξης (stand off).

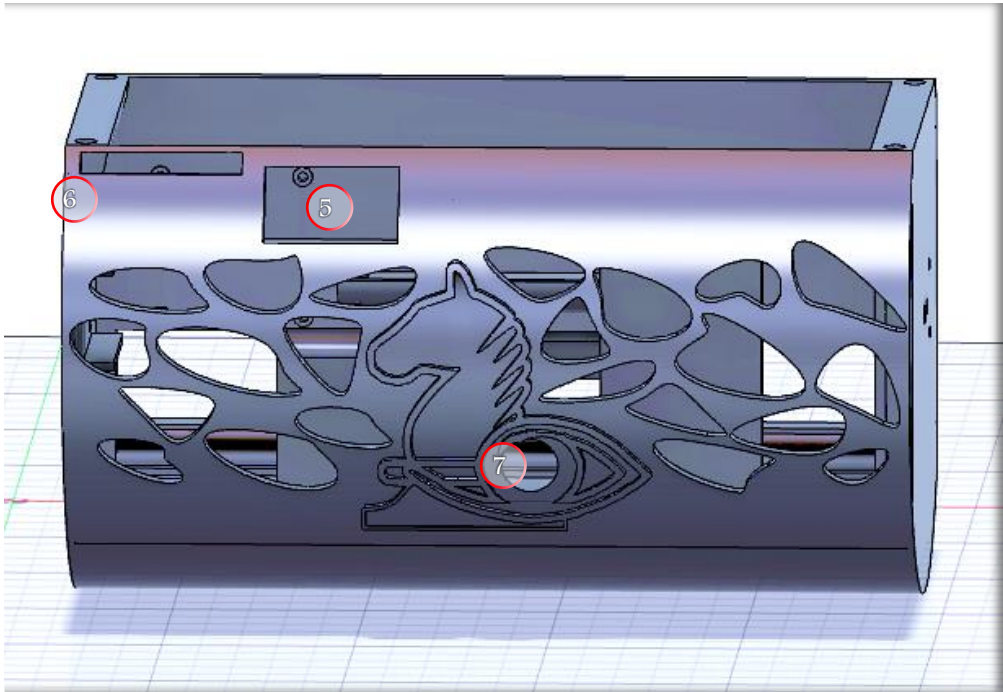
Ακολουθεί μια αναλυτική επεξήγηση για ένα από τα κατασκευαστικά μέρη:

- Κυρίως κομμάτι (σώμα)



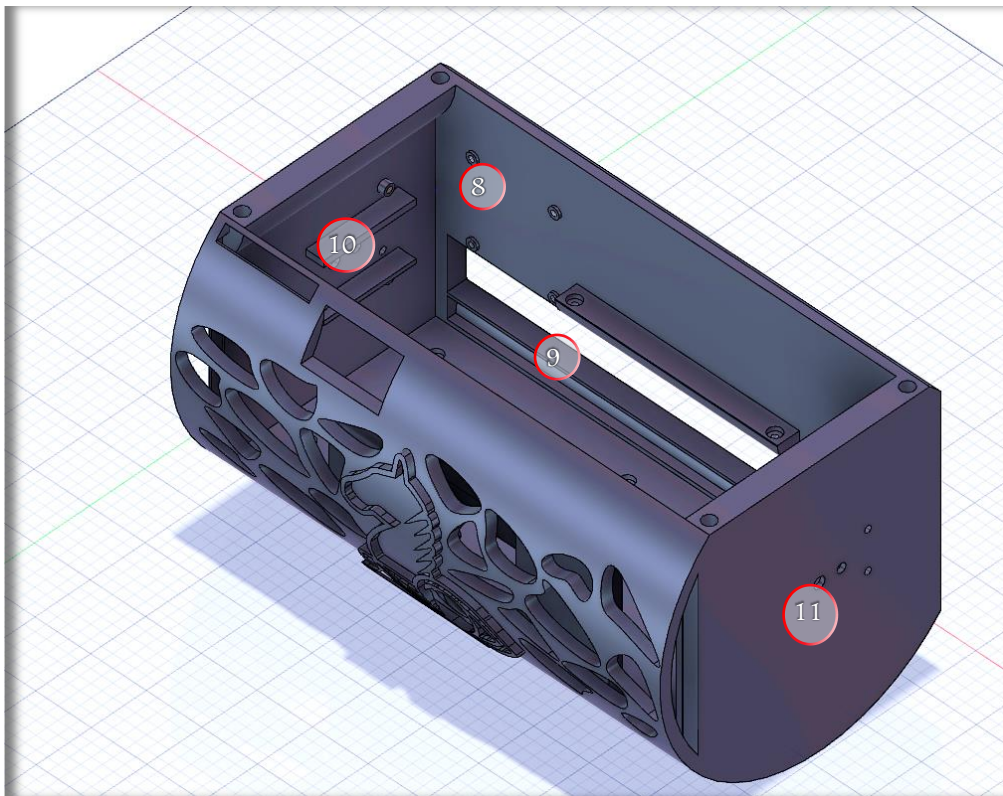
Εικόνα 39 Κάτοψη κυρίως τμήματος

- 1,2 : Υποστηρίγματα για το LiDAR
- 3 : Υποδοχές για το Jetson
- 4 : Υποδοχές για το άνω κάλυμμα



Εικόνα 40 Πρόσψη κυρίως τμήματος

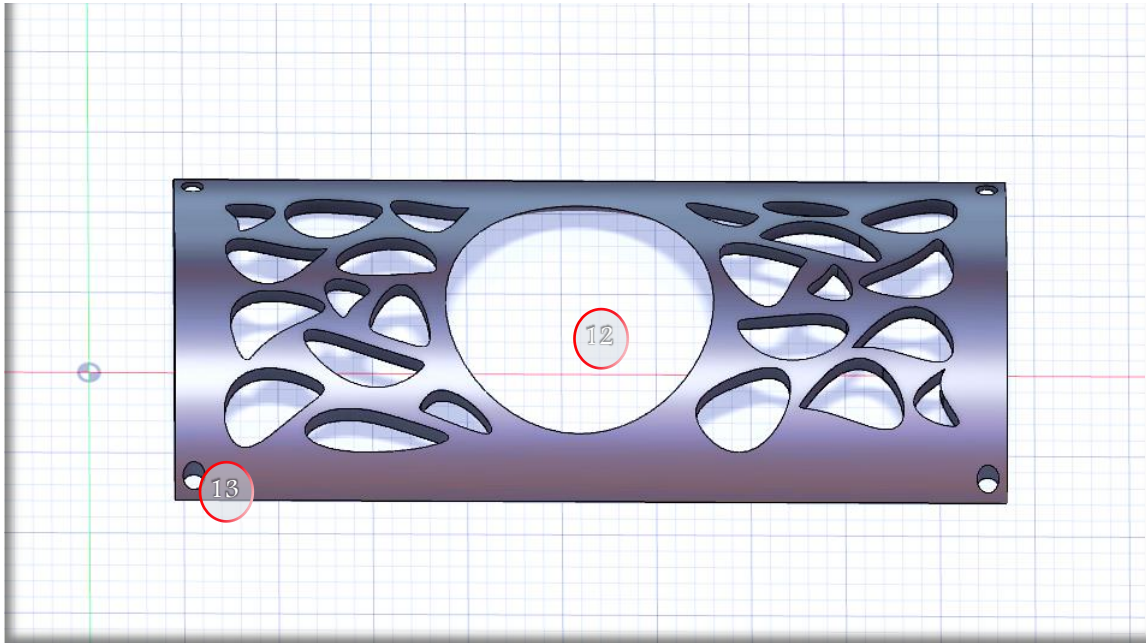
- 5 : Οθόνη πλακέτας αισθητήρων
- 6 : Αισθητήρες
- 7 : Φακός κάμερας



Εικόνα 41 Πλάγια όψη κυρίως τμήματος

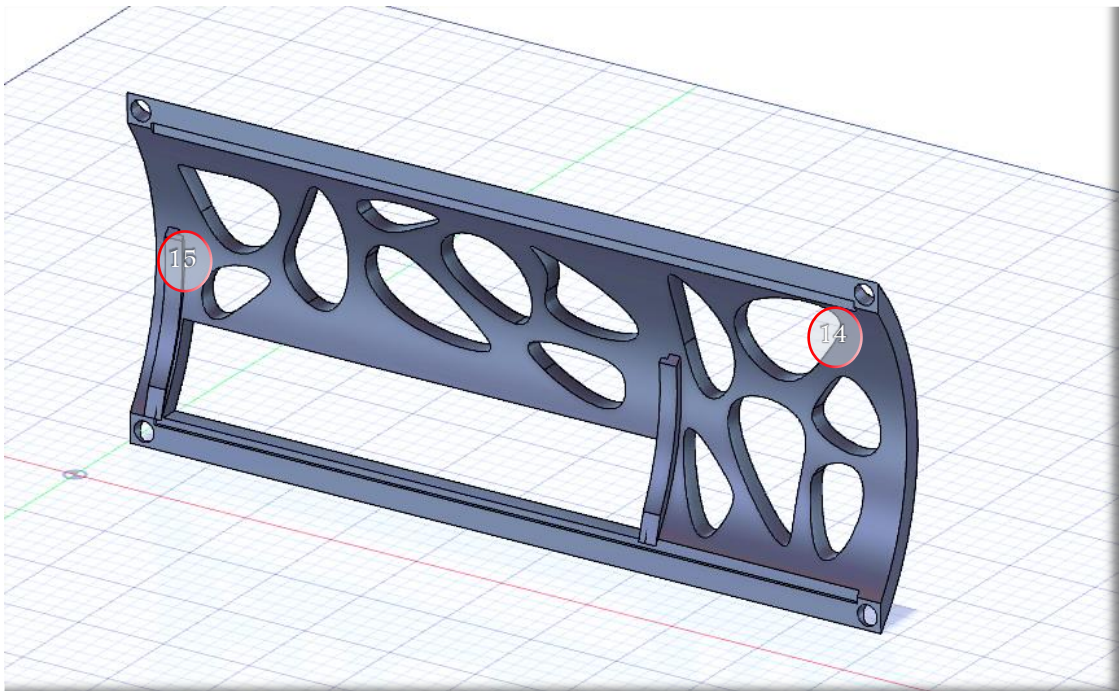
- 8 : Υποδοχή γέφυρας-Η
- 9 : Άνοιγμα πρόσβασης
- 10,11 : Υποδοχές κινητήρων

▪ Άνω κάλυμμα



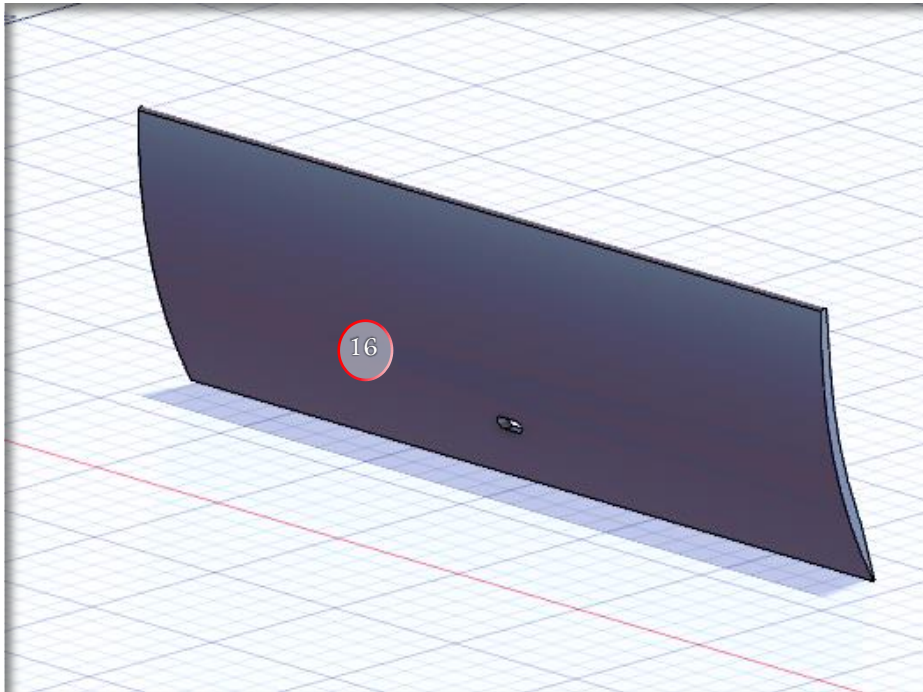
Εικόνα 42 Άνω κάλυμμα κατασκευής

- 12 : Αισθητήρας laser LiDAR
 - 13 : Οπές για βίδες στήριξης
- Οπίσθιο τμήμα κατασκευής



Εικόνα 43 Οπίσθιο τμήμα κατασκευής

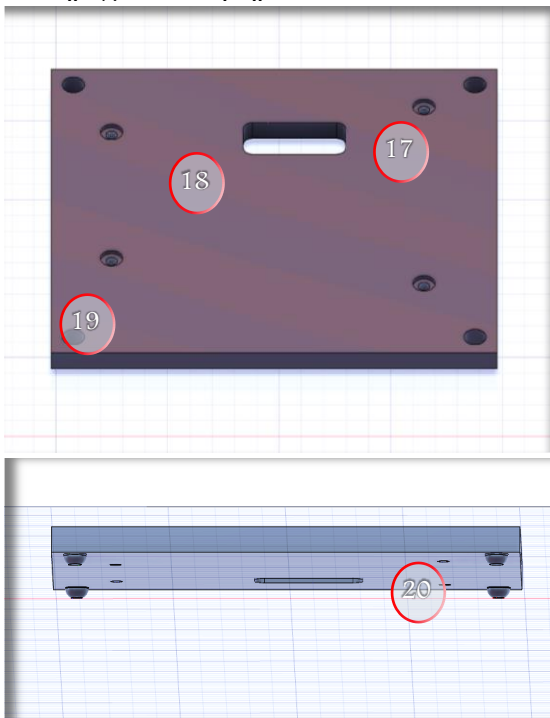
- 14 : Οπές για βίδες στήριξης
- 15 : Υποστηρίγματα οπίσθιου καλύμματος



Εικόνα 44 Οπίσθιο κάλυμμα κατασκευής

- 16 : Οπίσθιο κάλυμμα

▪ Στήριγμα αισθητήρα LiDAR



- 17 : Υποδοχές στήριξης αισθητήρα
- 18 : Οπή για καλώδιο σύνδεσης
- 19 : Οπές τοποθέτησης στηρίγματος
- 20 : Εξοχές προσαρμογής στήριξης

Εικόνα 45 Κάτοψη και πρόσοψη στηρίγματος LiDAR

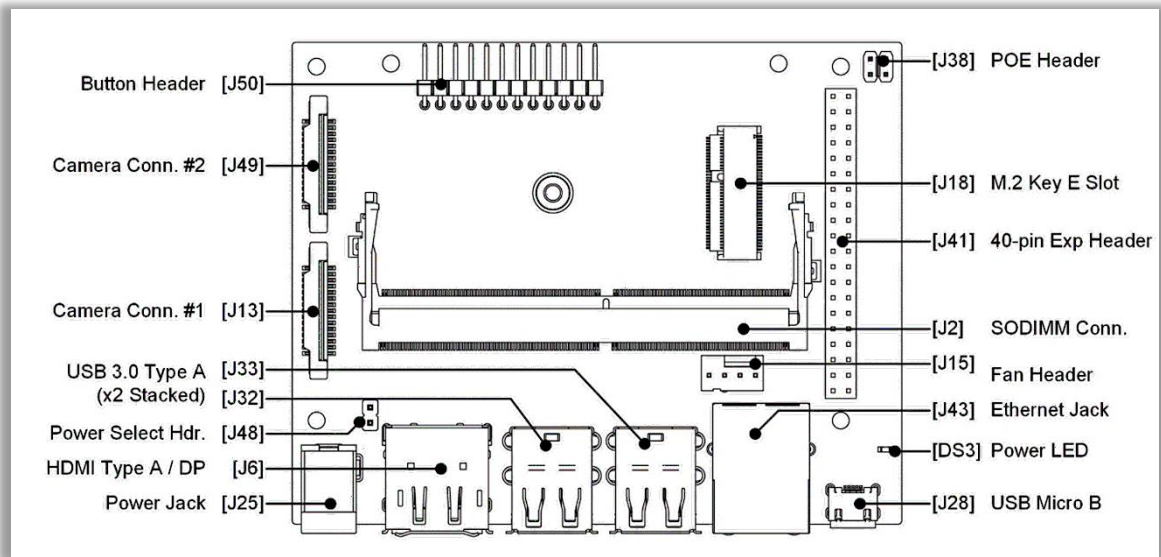
3.3 Ανάπτυξη

Συνέχεια της μελέτης και του σχεδιασμού, είναι η υλοποίηση του συστήματος όπου περιλαμβάνει τα στάδια της συνδεσμολογίας της κατασκευής, την εγκατάσταση του λογισμικού στο ρομπότ, τις δοκιμές λειτουργίας και τέλος τον προγραμματισμό.

3.3.1 Συνδεσμολογία

Το σύστημα απαρτίζεται από τον βασικό εγκέφαλο, το Jetson Nano και τα περιφερειακά εξαρτήματα -ονομαστικά- τους αισθητήρες περιβάλλοντος, την κάμερα, τον αισθητήρα ανίχνευσης και τους κινητήρες. Για την συνδεσμολογία χρησιμοποιήθηκαν τα ανάλογα καλώδια για τα pins και τις θύρες USB.

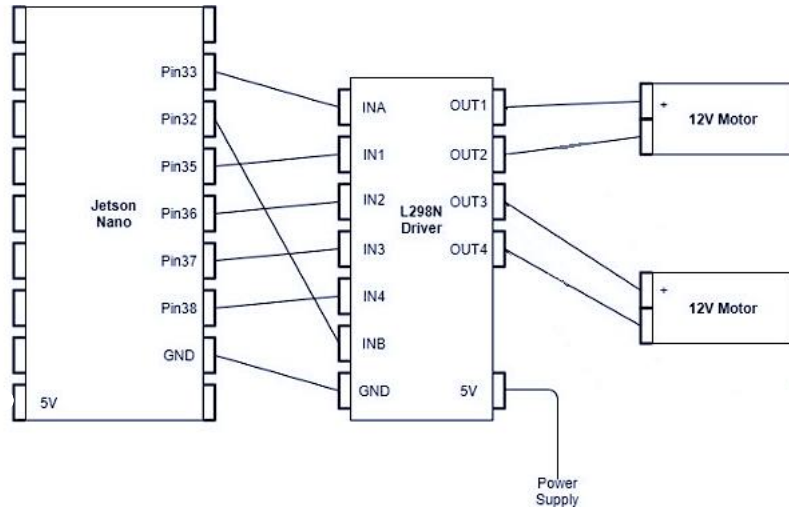
Όπως αναφέρθηκε στην αρχή του κεφαλαίου 3.2, πρόκειται για ένα μικροϋπολογιστή της NVIDIA [108], ο οποίος διαθέτει αρκετές επαφές διασύνδεσης διαφόρων τύπων.



Εικόνα 46 Σχηματικό διάγραμμα Jetson Nano Developer kit

Ξεκινώντας από τις συνδέσεις του αναπτυξιακού, τοποθετήθηκε ανεμιστήρας για την αποφυγή υπερθέρμανσης πάνω στην ψύκτρα του τσιπ και συνδέθηκε στον κονέκτορα J15. Κατόπιν η μονάδα ασύρματου δικτύου τοποθετήθηκε στην θύρα USB J33 και τέλος η τροφοδοσία γίνεται από την θύρα J28. Επίσης η παροχή ενέργειας διασφαλίζεται με την ύπαρξη της θύρας J25, όπου μπορεί να συνδεθεί απευθείας τροφοδοτικό των 5A. Ωστόσο για να γίνει η αλλαγή στην πηγή τροφοδοσίας πρέπει αντίστοιχα να αφαιρεθεί η γέφυρα που βραχυκυκλώνει τα pins στην θέση J48. Η κάμερα συνδέθηκε στην θέση J49 και τέλος ο αισθητήρας LiDAR συνδέεται στη θύρα USB J33. Ακόμη, οι κινητήρες και οι αισθητήρες περιβάλλοντος συνδέθηκαν στα pins J41, όπου αναλυτικά φαίνεται η θέση τους στην

Εικόνα 48. Το κύκλωμα σύνδεσης των κινητήρων φαίνεται στην Εικόνα 47.



Εικόνα 47 Συνδεσμολογία κινητήρων και γέφυρα-H

Οι συνδέσεις στο αναπτυξιακό έχουν ως εξής:

- J15 : Ανεμιστήρας τσιπ
- J33 : Wi-Fi μονάδα
- J28 : Τροφοδοσία
- J49 : Κάμερα
- J33 : LiDAR
- J41 : GPIO Pins

Οι συνδέσεις στα Pins είναι:

- 1 : Τροφοδοσία
- 3 : Γείωση
- 4 : Αισθητήρες περιβάλλοντος
- 5 : Αισθητήρες περιβάλλοντος
- 6 : Αισθητήρες περιβάλλοντος
- 7 : Αισθητήρες περιβάλλοντος
- 12 : Αισθητήρες περιβάλλοντος
- 18 : Αισθητήρες περιβάλλοντος
- 33 : Γέφυρα H- Κινητήρες-ENA
- 21 : Γέφυρα H- Κινητήρες-IN1
- 22 : Γέφυρα H- Κινητήρες-IN2
- 26 : Γέφυρα H- Κινητήρες-IN3

Jetson Nano J41 Header					
Sysfs GPIO	Name	Pin	Pin	Name	Sysfs GPIO
	3.3 VDC Power	1	2	5.0 VDC Power	
	I2C_2_SDA I2C Bus 1	3	4	5.0 VDC Power	
	I2C_2_SCL I2C Bus 1	5	6	GND	
gpio216	AUDIO_MCLK	7	8	UART_2_TX /dev/ttyTHS1	
	GND	9	10	UART_2_RX /dev/ttyTHS1	
gpio50	UART_2_RTS	11	12	I2S_4_SCLK	gpio79
gpio14	SPI_2_SCK	13	14	GND	
gpio194	LCD_TE	15	16	SPI_2_CS1	gpio232
	3.3 VDC Power	17	18	SPI_2_CS0	gpio15
gpio16	SPI_1_MOSI	19	20	GND	
gpio17	SPI_1_MISO	21	22	SPI_2_MISO	gpio13
gpio18	SPI_1_SCK	23	24	SPI_1_CS0	gpio19
	GND	25	26	SPI_1_CS1	gpio20
	I2C_1_SDA I2C Bus 0	27	28	I2C_1_SCL I2C Bus 0	
gpio149	CAM_AF_EN	29	30	GND	
gpio200	GPIO_PZ0	31	32	LCD_BL_PWM	gpio168
gpio38	GPIO_PE6	33	34	GND	
gpio76	I2S_4_LRCK	35	36	UART_2_CTS	gpio51
gpio12	SPI_2_MOSI	37	38	I2S_4_SDIN	gpio77
	GND	39	40	I2S_4_SDOUT	gpio78

24 : Γέφυρα H- Κινητήρες-IN4

32 : Γέφυρα H- Κινητήρες-ENB

Πίνακας 3-8 Συνδεσμολογία Jetson Nano

Εικόνα 48 Διάγραμμα GPIO pins [119]

3.3.2 Εγκατάσταση λογισμικού

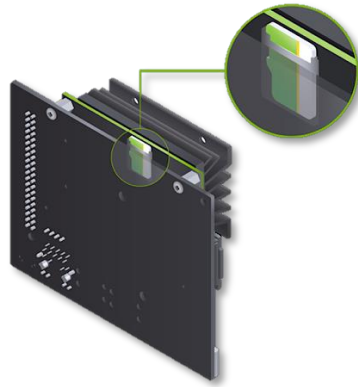
Η διαδικασία που προτείνει ο κατασκευαστής για το αναπτυξιακό Jetson Nano, δεν διαφοροποιείται από την κλασική μέθοδο εγκατάστασης του λογισμικού σε έναν σκληρό δίσκο υπολογιστή.

- i. Λήψη της διανομής **JetPack SDK 4.5.1** από τον επίσημο ιστότοπο της NVIDIA

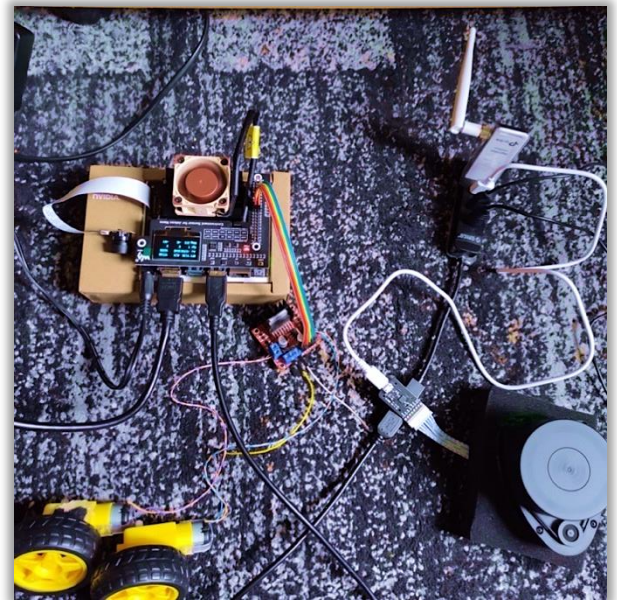
(<https://developer.nvidia.com/embedded/jetpack-sdk-451-archive>)

- ii. Δημιουργία της εκτελέσιμης εικόνας μέσω του Etcher¹⁹ στον εξωτερικό χώρο αποθήκευσης (flash image onto SD card)
- iii. Τοποθέτηση της κάρτας μνήμης στο αναπτυξιακό και εκκίνηση (boot)

¹⁹ **Etcher (Balena Etcher)** πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα για την δημιουργία εκτελέσιμων εξωτερικών χώρων αποθήκευσης <https://etcher.download/>



Εικόνα 49 Τοποθέτηση SD κάρτας στο Jetson Nano



- iv. Εγκατάσταση λογισμικού, το οποίο JetPack περιλαμβάνει ένα σύστημα αρχείων αναφοράς που προέρχεται από το Ubuntu²⁰.



Εικόνα 50 Αρχική οθόνη μετά την εγκατάσταση λογισμικού

3.3.3 Δοκιμές λειτουργίας

Μετά την κατασκευή του υλικού το επόμενο βήμα είναι οι έλεγχοι για την διασύνδεση και επικοινωνία των περιφερειακών. Ακολουθώντας τα εγχειρίδια του εκάστοτε εξαρτήματος, ελέγχθηκε η επικοινωνία με την κάθε συσκευή ξεχωριστά. Για τους ελέγχους στο αναπτυξιακό χρησιμοποιήθηκαν οι βιβλιοθήκες που συνιστά η NVIDIA για τα δικά της ρομπότ της σειράς Jetbot²¹.

• Δοκιμαστικές συνδέσεις

Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν τα διαθέσιμα εξαρτήματα πριν την προμήθεια του τελικού εξοπλισμού που επιλέχθηκε και γι' αυτό όπως φαίνεται στην Εικόνα 51, κάποια τμήματα όπως το Wi-Fi Module και η πηγή τροφοδοσίας είναι διαφορετικά από τα αναφερθέντα.

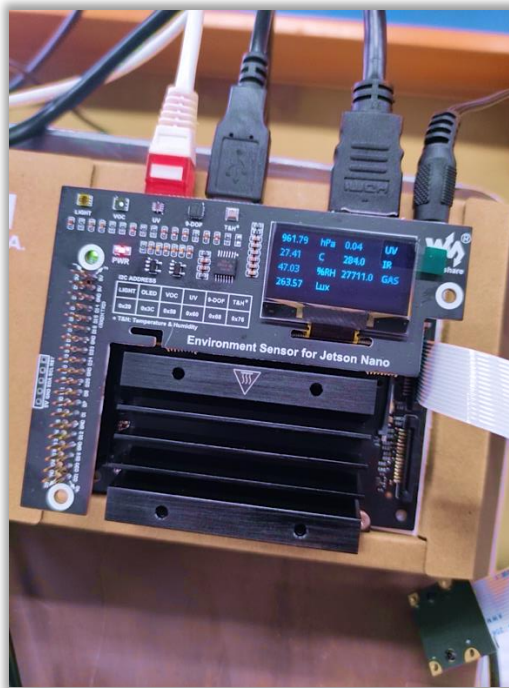
²⁰ Ubuntu Διανομή του Linux kernel <https://ubuntu.com/>

²¹ Jetbot σειρά ρομπότ τεχνητής νοημοσύνης της NVIDIA <https://www.nvidia.com/en-us/autonomous-machines/embedded-systems/jetbot-ai-robot-kit/>

Εικόνα 51 Δοκιμαστικές συνδέσεις Scorpus

- **Δοκιμές περιφερειακών συσκευών**

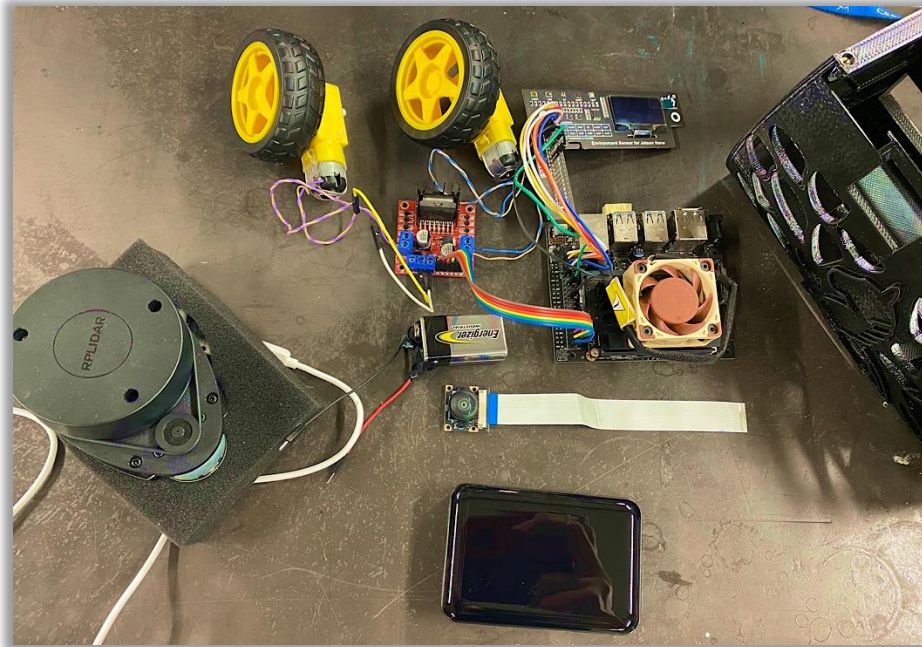
Στη συνέχεια τρέχοντας τους κώδικες που προτείνει η εταιρεία, έγιναν δοκιμές για τα περιφερειακά, κάμερα, τροχοί και αισθητήρες.



Εικόνα 52 Δοκιμαστική λειτουργία αισθητήρων περιβάλλοντος

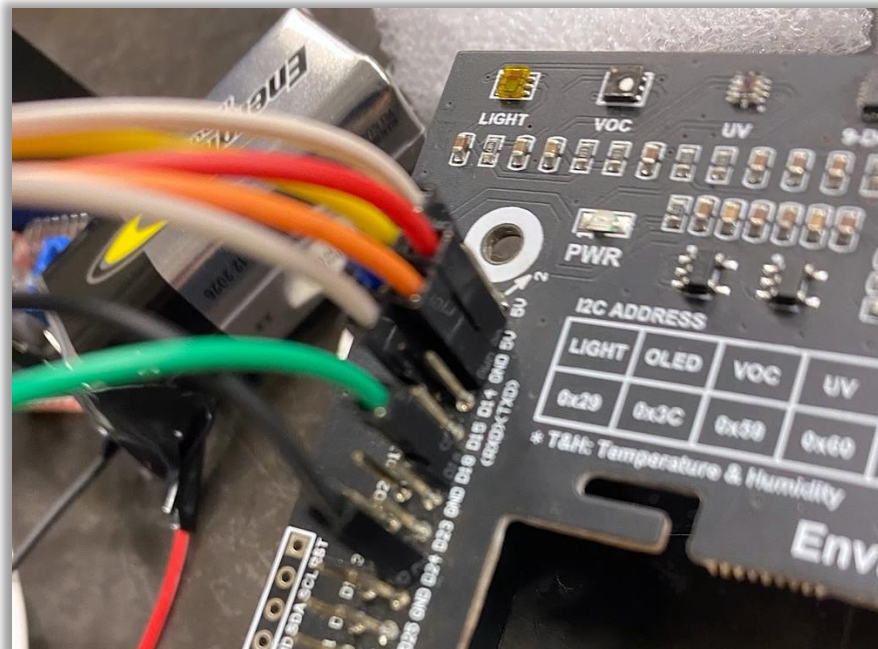
3.3.4 Κατασκευαστική πορεία

Έχοντας λάβει υπόψη τόσο τα προβλήματα όσο και τις αλλαγές που εντοπίστηκαν στις δοκιμαστικές συνδέσεις, η τελική υλοποίηση βασίστηκε εν γένει στην δομή της σχεδίασης.

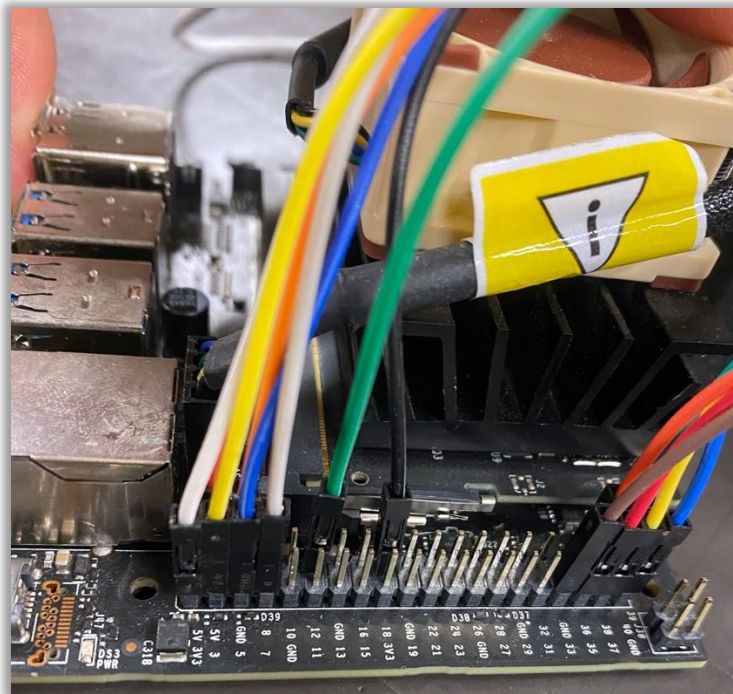


Εικόνα 53 Τμήματα κατασκευής

Κατόπιν έγινε η μεταφορά των εξαρτημάτων στο εκτυπωμένο κέλυφος του ρομπότ, στις προσαρμοσμένες θέσεις που είχαν σχεδιαστεί. Παρόλο που ο αισθητήρας περιβάλλοντος προσάπτεται στα Pins του αναπτυξιακού, η διάταξη που έχει το ρομπότ απαιτεί την διασύνδεση με εξωτερικά καλώδια στις αντίστοιχες θέσεις σύμφωνα με το διάγραμμα στην Εικόνα 48.



Εικόνα 54 Σύνδεση των Pins του αισθητήρα περιβάλλοντος



Εικόνα 55 Συνδέσεις στα GPIO Pins του Jetson

Ένα αρκετά σημαντικό κομμάτι στη συνδεσμολογία είναι η διάταξη των καλωδίων, τόσο για την ευκολότερη πρόσβαση όσο και την καλύτερη κατανομή του διαθέσιμου χώρου.



Εικόνα 56 Εγκατάσταση του αναπτυξιακού Jetson



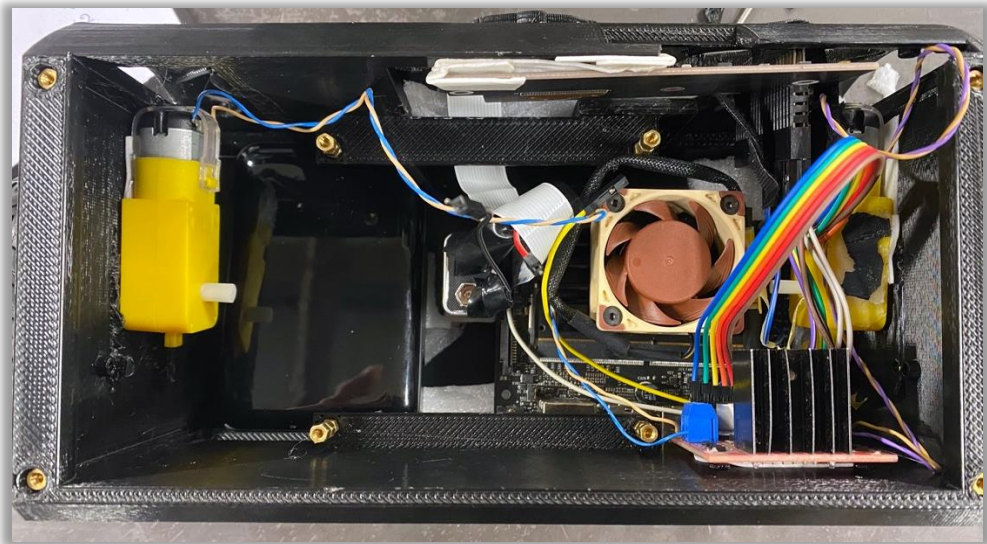
Εικόνα 57 Τοποθέτηση κάμερας στην μπροστινή όψη του Scopus

Η πίσω όψη του ρομπότ, όπου δίνει την δυνατότητα πρόσβασης στις θύρες του συστήματος, δεξιά το αναπτυξιακό και αριστερά η πηγή τροφοδοσίας (power bank).

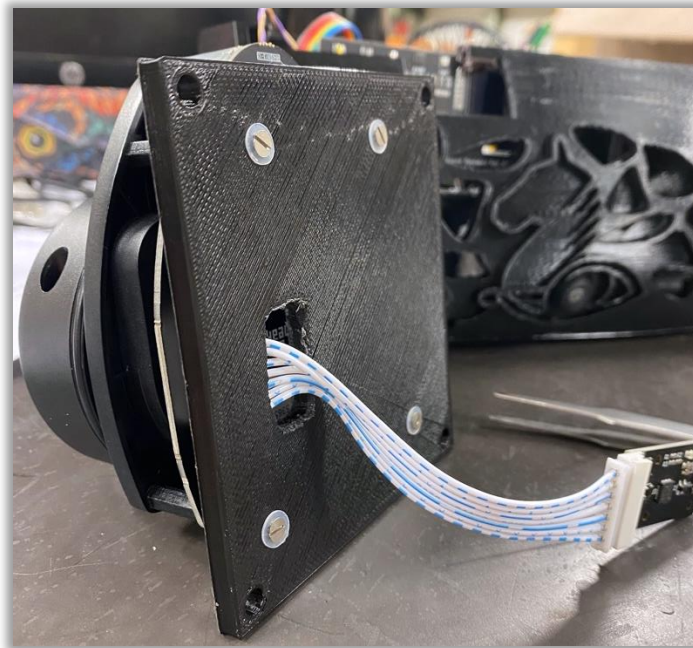


Εικόνα 58 Πίσω όψη της κατασκευής με τις διαθέσιμες θύρες συνδεσιμότητας

Η τελική μορφή του συστήματος με τους κινητήρες, την κάμερα, το αναπτυξιακό και τους αισθητήρες λίγο πριν την τοποθέτηση του LiDAR. Από αυτή την άποψη διακρίνονται τα stand offs που χρησιμοποιήθηκαν για την τοποθέτηση των στηριγμάτων με βίδες.



Εικόνα 59 Η βασική συνδεσμολογία του ρομπότ



Εικόνα 60 Προσαρμογή του LiDAR στο στήριγμα της βάσης του



Εικόνα 61 Άποψη του ρομπότ με την τοποθέτηση όλων των τμημάτων



Εικόνα 62 Ολοκληρωμένη μορφή του ρομπότ Scorpus

3.3.5 Προγραμματισμός

Το Scorpus είναι ένα ρομπότ διαδραστικό όπως έχει ήδη επισημανθεί, επομένως η φόρτωση και εκτέλεση κώδικα γίνεται σε πρώτο χρόνο, μεγαλώνοντας ακόμα περισσότερο το εύρος των ικανοτήτων του. Η βασικότερη και συχνότερη μέθοδος είναι να συνδεθεί ο χρήστης μέσω SSH²² απευθείας πάνω στο ρομπότ και να εκτελέσει όποιο κώδικα επιθυμεί. Ωστόσο με αυτό ελλοχεύουν κίνδυνοι ασφαλείας, από κάποιο κακόβουλο χρήστη για παράδειγμα. Για να μειωθεί αυτός ο κίνδυνος έγιναν κάποιες ρυθμίσεις στο Scorpus, ώστε να εξασφαλισθεί στο μέγιστο δυνατό η κρυπτογράφηση των πληροφοριών και η αποτροπή πρόσβασης σε μη εξουσιοδοτημένους χρήστες. Μια γρήγορη

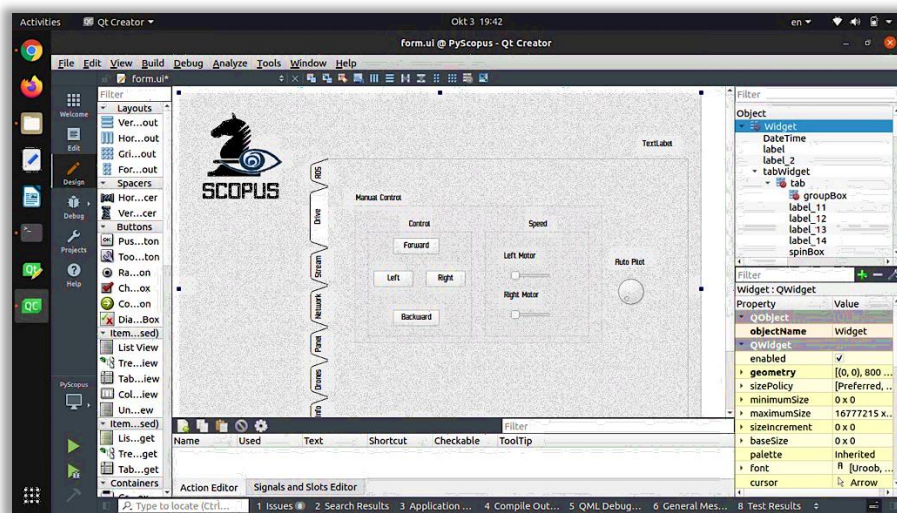
²² SSH (Secure Shell Protocol) κρυπτογραφικό πρωτόκολλο δικτύου https://en.wikipedia.org/wiki/Secure_Shell
ΠΑΔΑ, Τμήμα Η&ΗΜ, Διπλωματική Εργασία, Φωτεινή Κολίτση

επισκόπηση είναι στο αρχείο ρυθμίσεων (configuration file) του SSH Server, το οποίο βρίσκεται στην περιοχή etc του πυρήνα (linux kernel) όπου είναι η κεντρική περιοχή διαμόρφωσης ρυθμίσεων. Ένας τρόπος διασφάλισης του απορρήτου πρόσβασης είναι η επιλογή συγκεκριμένης IP διεύθυνσης η οποία έχει την άδεια να συνδεθεί. Πάνω σε αυτή τη λογική βασίστηκε και η δημιουργία του λογισμικού ελέγχου του ρομπότ.

3.3.5.1 Λογισμικό έλεγχο

Αν όχι το βασικότερο, σίγουρα το πιο χρονοβόρο και δύσκολο κομμάτι ήταν η επιλογή του κατάλληλου λογισμικού για τις δυνατότητες του ρομπότ. Θα αναφερθούν πολύ περιληπτικά τα στάδια πριν την επιλογή της τελικής μορφής του.

Αρχικά η σκέψη ήταν να δημιουργηθεί στο QT²³, ένα πολύ δημοφιλές λογισμικό πολλαπλών πλατφορμών για τη δημιουργία γραφικών διεπαφών χρήστη. Ιδέα που γρήγορα απορρίφθηκε για λόγους κυρίως συνδεσιμότητας και διαδραστικότητας (Εικόνα 63).



Εικόνα 63 Δοκιμαστική δημιουργία διεπαφής χρήστη με το λογισμικό QT

Έπειτα ο επόμενος σταθμός ήταν η δημιουργία μιας διαδικτυακής εφαρμογής (Web app), όπως και τελικά επιλέχθηκε. Το πρόβλημα πλέον ήταν ποιο πλαίσιο (framework) θα χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή του λογισμικού ελέγχου (web interface). Συνοψίζοντας τις επιθυμητές δυνατότητες του συστήματος και το λογισμικό που φέρει, η επιλογή της γλώσσας Python ήταν μονόδρομος. Για την δημιουργία διεπαφών χρήστη με ρομπότ μέσω διαδικτυακής εφαρμογής είθισται να χρησιμοποιείται το πλαίσιο Flask²⁴, το οποίο είναι ελαφρύ και αρκετά συμβατό με πολλά εργαλεία και βιβλιοθήκες. Εντούτοις, τελικά επιλέχθηκε το Django, λόγω μεγαλύτερης εξοικείωσης και επειδή είναι ένα πανίσχυρο πλαίσιο υψηλού επιπέδου.

4 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο : Αποτίμηση λειτουργίας του συστήματος SCOPUS

Η ροή της λειτουργίας του συστήματος αποτελείται από τα στάδια της δημιουργίας κώδικα για την κάθε λειτουργία του ρομπότ, στη συνέχεια η διεπαφή του λογισμικού χρήστη (user interface) και έπειτα η διασύνδεση μεταξύ τους.

²³ QT λογισμικό δημιουργίας διεπαφών χρήστη <https://www.qt.io/>

²⁴ Flask μικρο-πλαίσιο διαδικτύου γραμμένο σε Python <https://flask.palletsprojects.com/en/2.2.x/>

4.1 Βασικές λειτουργίες του συστήματος

Σύμφωνα με το κεφάλαιο 2, οι λειτουργίες του συστήματος βασίζονται στη διάγνωση μιας κατάστασης, τις επικρατούσες συνθήκες ενός χώρου και την αναμετάδοση σε πρώτο χρόνο. Ξεκινώντας από τα πρώτα στάδια, είναι ο έλεγχος των περιφερειακών συσκευών και η συλλογή των δεδομένων από τους αισθητήρες του συστήματος.

- **Έλεγχος κίνησης**

Η συνδεσμολογία, όπως φαίνεται στην Εικόνα 47, γίνεται πάνω στα GPIO Pins του αναπτυξιακού. Ο έλεγχος γίνεται με PWM μέσω του οδηγού κινητήρων (*Μονάδα ελέγχου κινητήρων*), διαβάζοντας την διεύθυνση στο αντίστοιχο Pin. Χρησιμοποιώντας τις βιβλιοθήκες του Jetson για τα GPIO, αρχικοποιούνται οι συνθήκες και στη συνέχεια δημιουργούνται υπορουτίνες ελέγχου για τον κάθε τροχό σύμφωνα με την επιθυμητή κατεύθυνση. Όταν για παράδειγμα το ρομπότ θέλει να στρίψει αριστερά, ρυθμίζεται ο αριστερός τροχός σε χαμηλής ισχύος κατάσταση και ο δεξιά στην μέγιστη. Ο κώδικας είναι διαθέσιμος στο παράρτημα I.

- **Διάγνωση περιβαλλοντικών συνθηκών**

Οι αισθητήρες σύμφωνα με τον Πίνακα 3-8, συνδέονται επίσης στα Pins του αναπτυξιακού, ωστόσο για την ανάγνωσή τους χρησιμοποιούνται οι διευθύνσεις I²C. Ανάλογα με το είδος της μέτρησης που κάνει ο κάθε αισθητήρας, αρχικοποιούνται οι συνθήκες και γίνεται μετατροπή της τιμής στην αντίστοιχη κλίμακα. Η εξαγωγή των δεδομένων γίνεται σε αρχεία μορφής JSON, όπου διαβάζεται η κάθε τιμή της μέτρησης ανά συγκεκριμένο χρονικό διάστημα για να δημιουργούνται γραφήματα σε ζωντανή ροή. Τμήμα κώδικα για την συλλογή των δεδομένων είναι διαθέσιμο στο παράρτημα I.

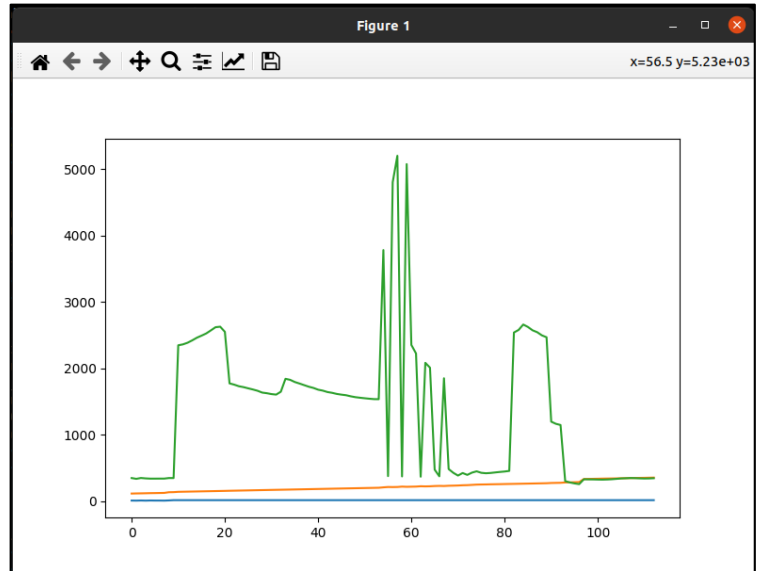
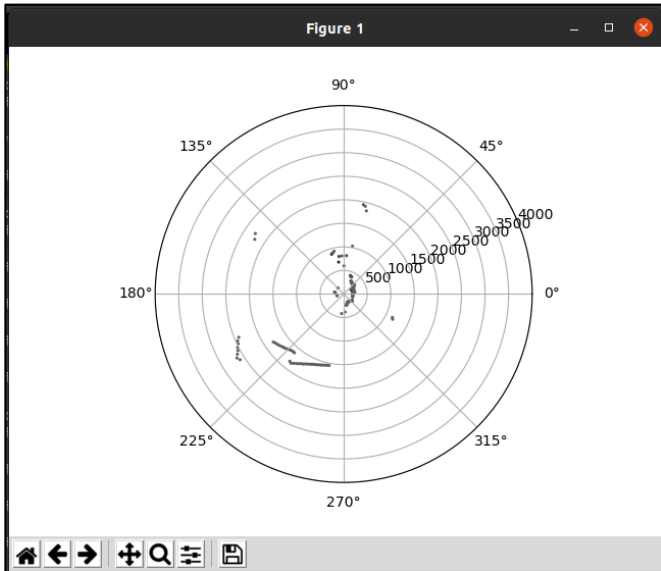
- **Χαρτογράφηση χώρου και εντοπισμός θέσης**

Για την συλλογή των δεδομένων του χώρου και της θέσης, ο αισθητήρας LiDAR συνδέεται στην θύρα USB του αναπτυξιακού. Η εξαγωγή των δεδομένων του, μπορεί να γίνει σε διάφορες μορφές (π.χ. Las, laz²⁵, txt, tiff²⁶, npy²⁷), ανάλογα με την ανάλυση που χρειάζεται η εκάστοτε περίπτωση. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιούνται δεδομένα μορφής .txt και .npy, όπου αναλύονται σε γραφήματα με τη χρήση της βιβλιοθήκης matplotlib [120]. Τμήμα του κώδικα διατίθεται στο Παράρτημα I.

²⁵ **LAS Files (*.las;*.laz)** μορφή δεδομένων για τρισδιάστατη χωρική ανάλυση [πηγή: https://manifold.net/doc/mfd9/las_laz_lidar.htm]

²⁶ **GeoTIFF** μορφή δεδομένων για ανάλυση και χαρτογράφηση [πηγή: <https://fr.wikipedia.org/wiki/GeoTIFF>]

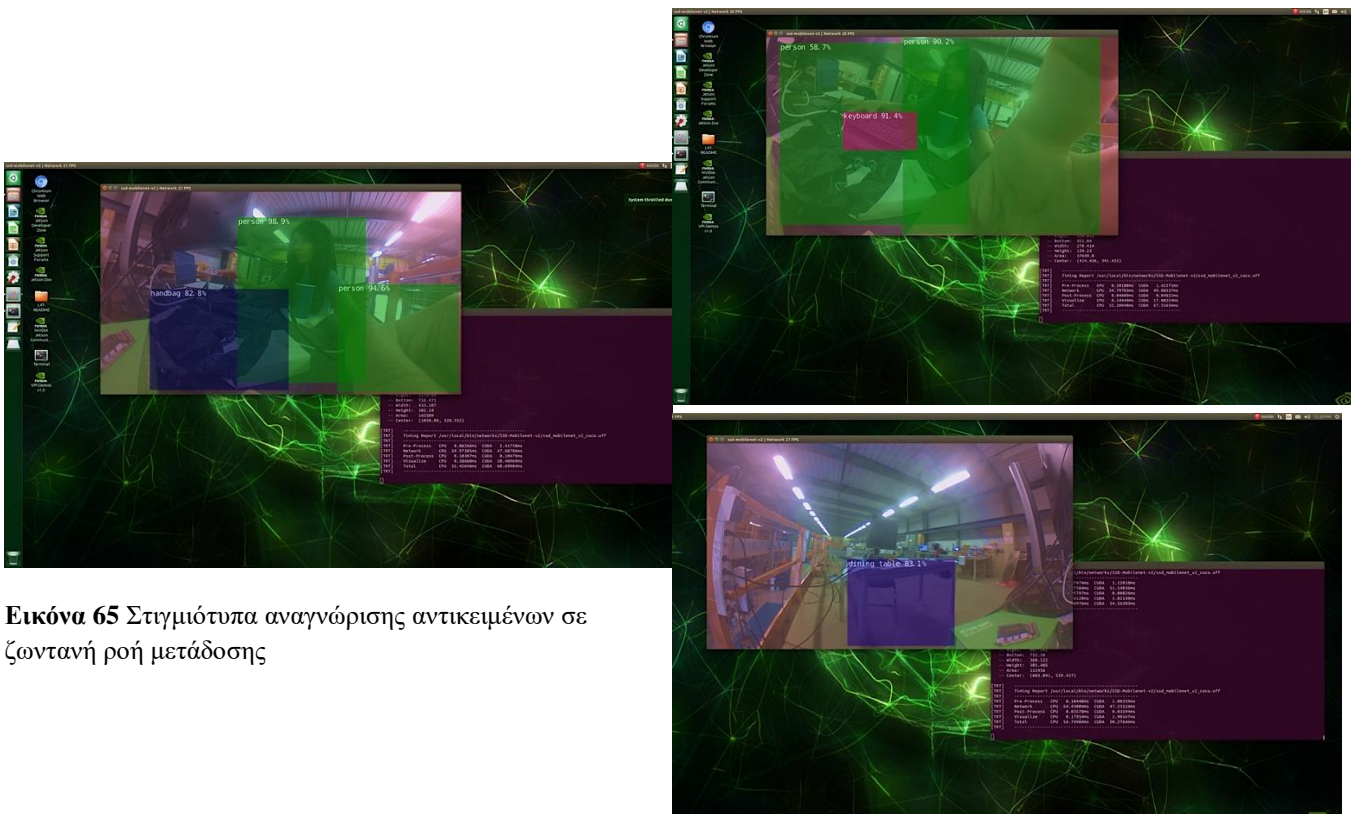
²⁷ **NPY** μορφή δεδομένων για την εισαγωγή σε πίνακες του numpy [πηγή: <https://numpy.org/devdocs/reference/generated/numpy.lib.format.html>]



Εικόνα 64 Χωρική ανάλυση με το LiDAR

- **Ζωντανή μετάδοση εικόνας και αναγνώριση αντικειμένων**

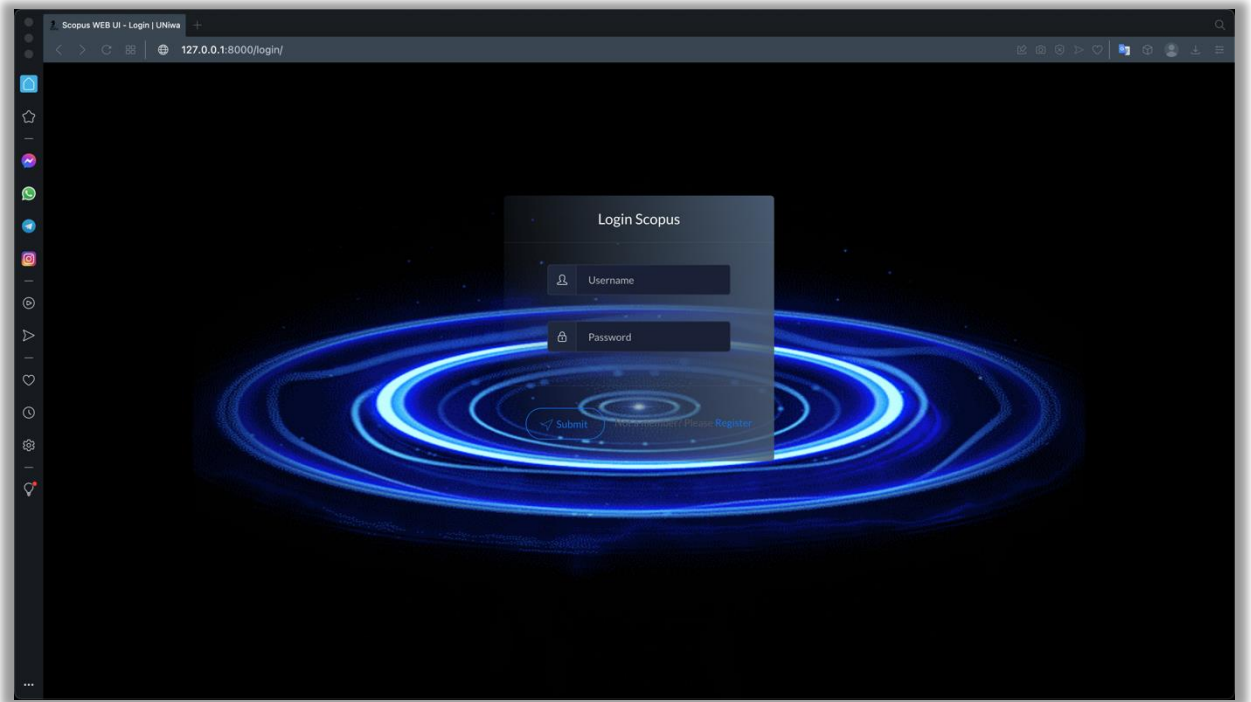
Η μετάδοση εικόνας γίνεται μέσω κάμερας που συνίσταται από τον κατασκευαστή για την ενίσχυση του computer vision που χαρακτηρίζει την σειρά Jetson. Για την απλή ροή μετάδοσης χρησιμοποιείται μια απλή υπορουτίνα όπου ανοίγει το παράθυρο της κάμερας με την βιβλιοθήκη OpenCV. Ενσωματώνοντας τα εργαλεία CUDA, Tensorrt και PyTorch καθώς και τα μοντέλα Deep Learning SSD και COCO, γίνεται αναγνώριση αντικειμένων σε ζωντανή ροή μετάδοσης. Τμήματα του κώδικα διατίθενται στο παράρτημα I.



Εικόνα 65 Στιγμιότυπα αναγνώρισης αντικειμένων σε ζωντανή ροή μετάδοσης

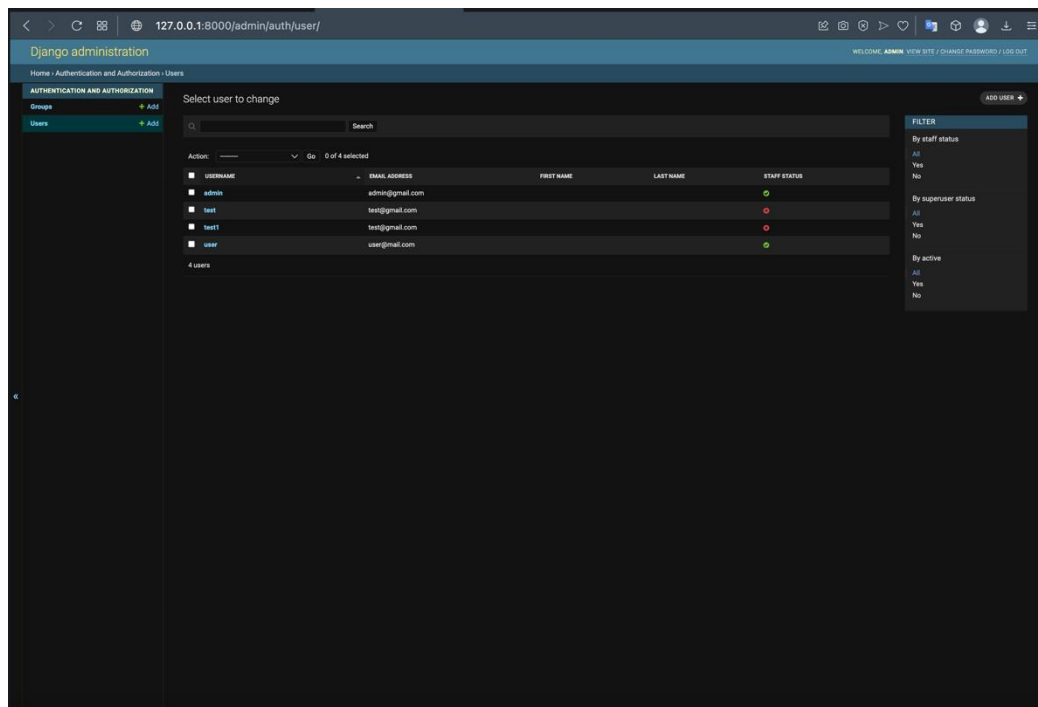
4.2 Λογισμικό ελέγχου

Όπως αναφέρθηκε στην ενότητα 3.3.5.1, η διεπαφή χρήστη δημιουργήθηκε με τη χρήση του πλαισίου Django στην μορφή διαδικτυακής εφαρμογής.



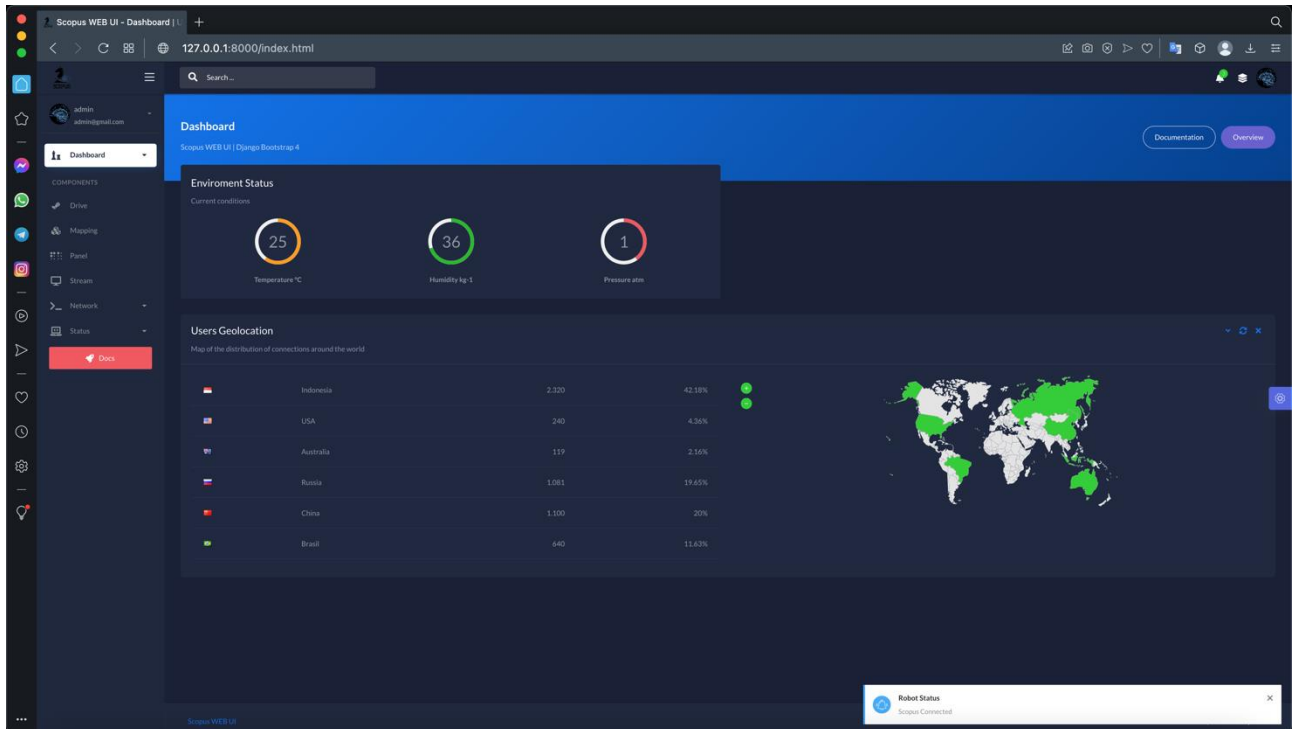
Εικόνα 66 Λογισμικό ελέγχου Scopus σελίδα σύνδεσης χρήστη

Υπάρχει η βάση δεδομένων του Django Admin όπου γίνεται η εγγραφή και προσθήκη του χρήστη, δίνοντας τη δυνατότητα για περιορισμούς πρόσβασης με τη χρήση επιπλέον κωδικών ασφαλείας.



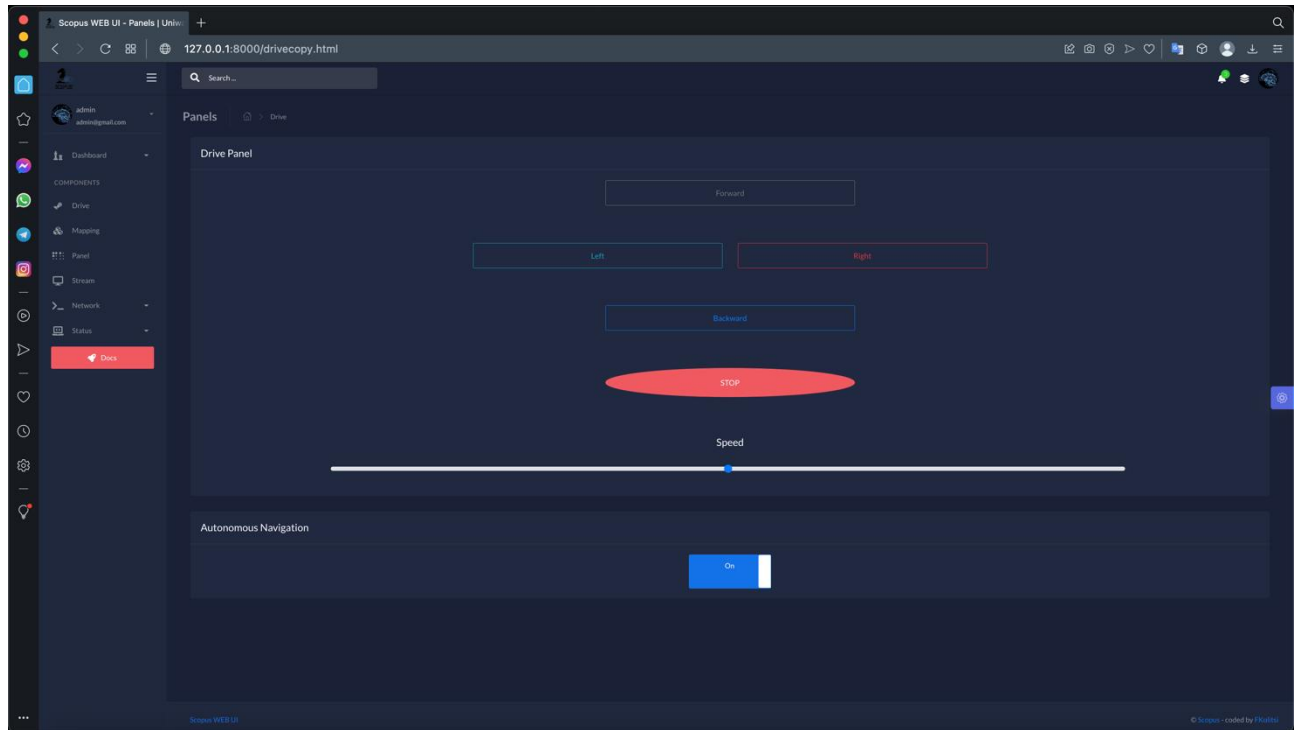
Εικόνα 67 Διαχείριση βάσης δεδομένων του λογισμικού

Μετά την αυθεντικοποίηση του χρήστη η αρχική σελίδα δείχνει μια γρήγορη στατιστική ανάλυση για τις βασικές περιβαλλοντικές συνθήκες και τις τοποθεσίες που έγιναν οι συνδέσεις χρηστών. Καθότι προορίζεται για εφαρμογές ασφαλείας, τα εξουσιοδοτημένα άτομα θεωρητικά φέρουν μοναδικά στοιχεία ταυτοποίησης και ο γεωεντοπισμός γίνεται με βιβλιοθήκες της Python, όπως το Geocoder, όπου δίνουν την τοποθεσία σύμφωνα με τη διεύθυνση IP.



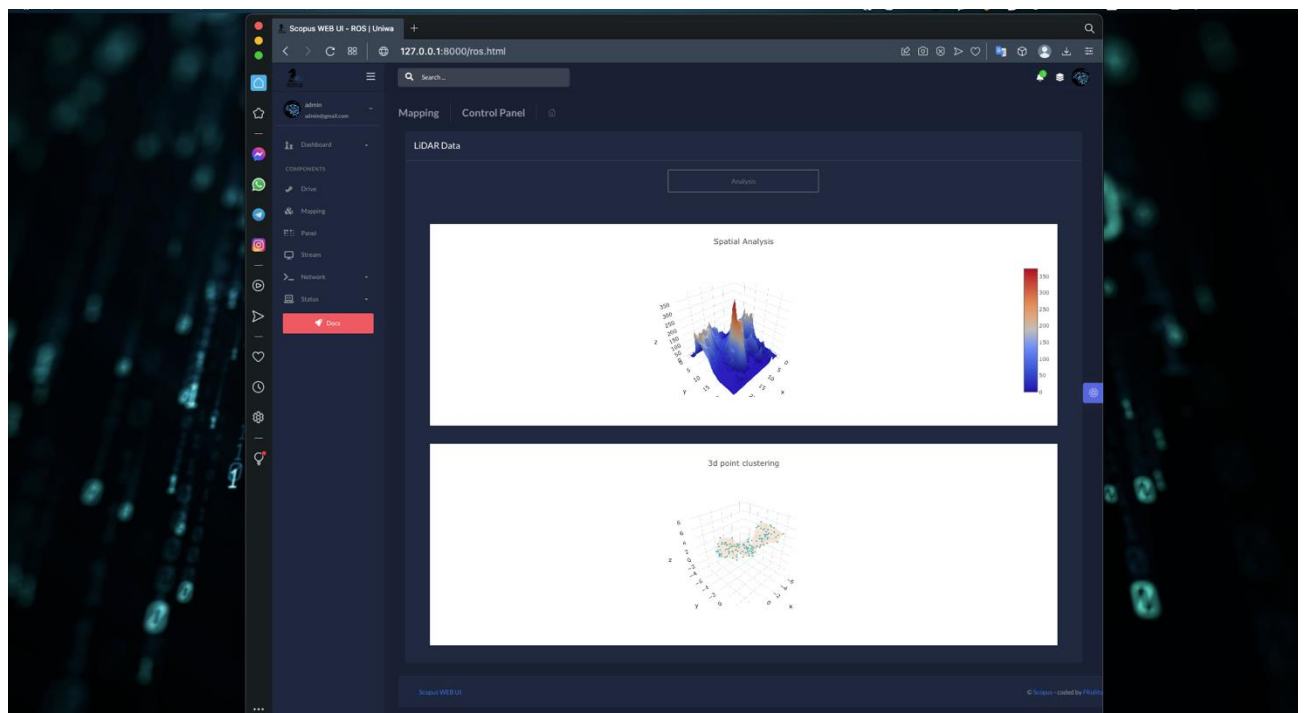
Εικόνα 68 Αρχική σελίδα λογισμικού ελέγχου

Ο έλεγχος κίνησης του ρομπότ πραγματοποιείται από την καρτέλα “Drive” όπου βρίσκονται κουμπιά για την επιθυμητή κίνηση μπροστά, πίσω, αριστερά, δεξιά και έλεγχος ταχύτητας. Επίσης έχει προστεθεί και το κουμπί για την ενεργοποίηση/ απενεργοποίηση της αυτόνομης πλοήγησης.



Εικόνα 69 Καρτέλα ελέγχου κίνησης του ρομπότ

Στην καρτέλα “Mapping” γίνεται η χωρική ανάλυση των δεδομένων του LiDAR, όπου αναλύονται σε τρισδιάστατες απεικονίσεις με τη χρήση της βιβλιοθήκης Plotly.js, καθώς και ο εντοπισμός του ρομπότ στον χώρο που κινείται.



Εικόνα 70 Χωρική ανάλυση των δεδομένων σε τρισδιάστατη απεικόνιση

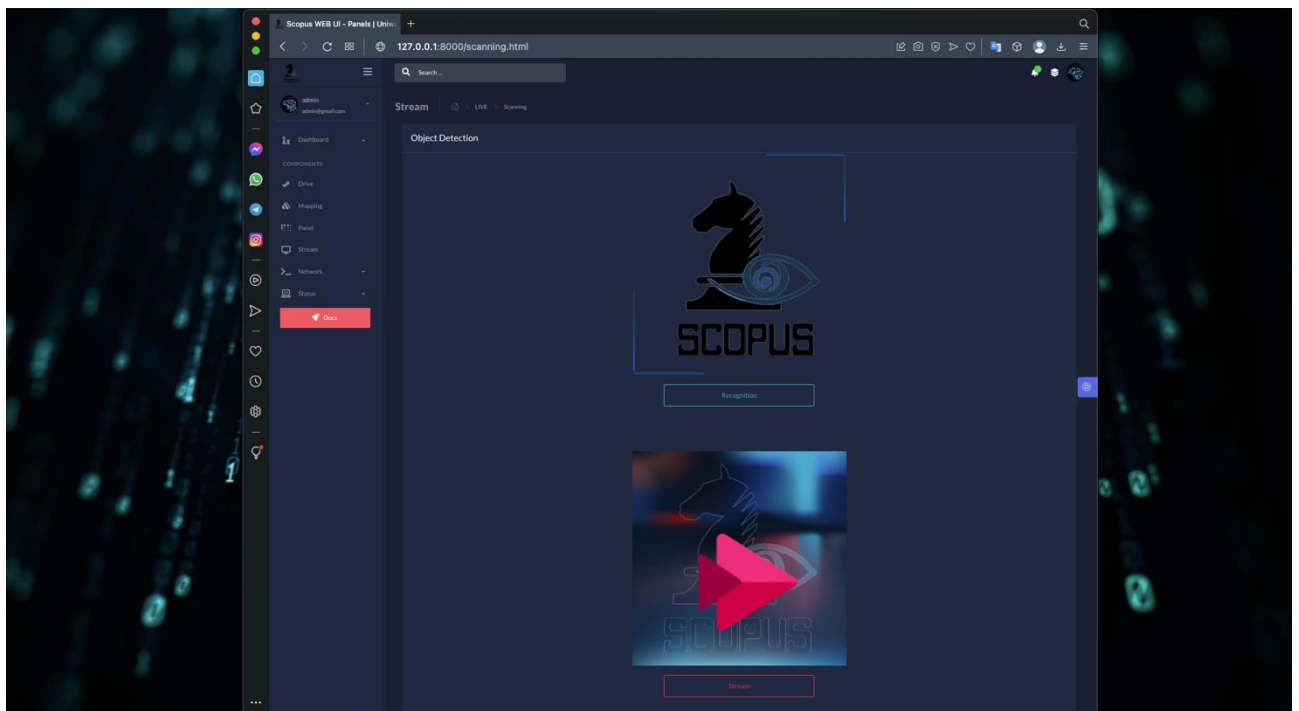
Οι περιβαλλοντικές συνθήκες αναλύονται σε γραφήματα ζωντανής ροής με την βιβλιοθήκη Chart.js, όπου ανανεώνονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα και δείχνουν τις επικρατούσες συνθήκες στο χώρο. Περιλαμβάνονται η θερμοκρασία, η υγρασία, η ατμοσφαιρική πίεση, η ποιότητα του αέρα, οι

υπέρυθρες και υπεριώδεις ακτινοβολίες, η φωτεινότητα του περιβάλλοντος και το υψόμετρο με σημείο αναφοράς το επίπεδο της θάλασσας.



Εικόνα 71 Γραφική απεικόνιση των περιβαλλοντικών συνθηκών

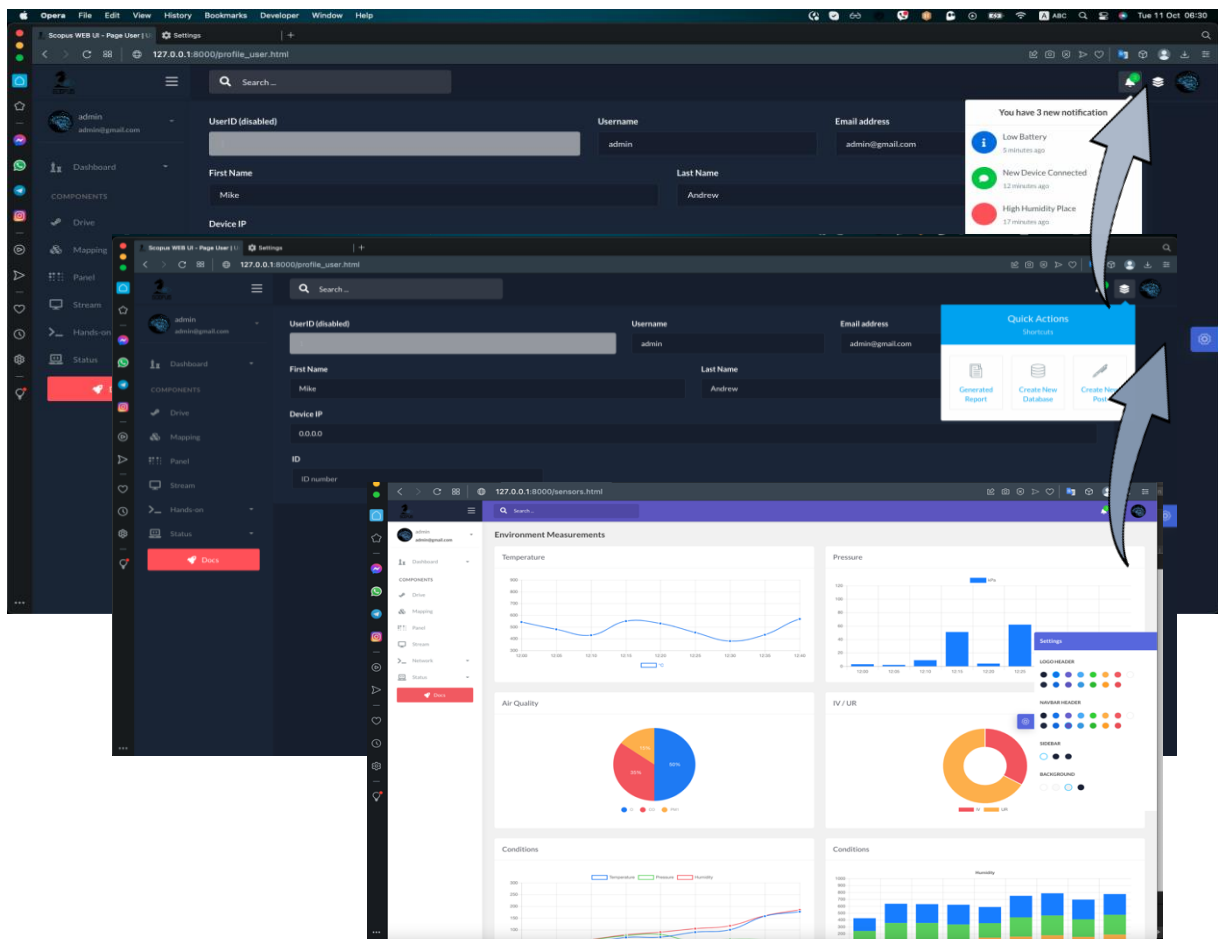
Για την αναμετάδοση εικόνας χρησιμοποιείται η καρτέλα “Stream” όπου περιλαμβάνει τις διαδικασίες για ζωντανή ροή και για αναγνώριση αντικειμένων, με τη χρήση της βιβλιοθήκης OpenCV. Προκειμένου να μην επιβαρύνεται περισσότερο το σύστημα με τη διαρκή μετάδοση εικόνας, έχουν δημιουργηθεί δύο κουμπιά με τις αντίστοιχες επιλογές.



Εικόνα 72 Ζωντανή ροή μετάδοσης

Στην καρτέλα “PyCompiler” βρίσκονται δύο υποενότητες, όπου στην μία περιλαμβάνεται τερματικό εντολών (terminal) το οποίο έχει πρόσβαση στο bash του ρομπότ και δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να εκτελέσει εντολές και το δεύτερο περιλαμβάνει κελιά εισαγωγής εντολών Py-repl, με την βιβλιοθήκη PyScript της Python, όπου εισάγεται η εντολή και εκτελείται σε πραγματικό χρόνο στην σελίδα.

Η παρακολούθηση της κατάστασης του ρομπότ, όπως είναι η μπαταρία και το ποσοστό χρήσης επεξεργαστικής ισχύος, εμφανίζονται στην καρτέλα “Status” με τη μορφή γραφημάτων της Plotly.js. Η εφαρμογή περιλαμβάνει μερικές προσθήκες για την καλύτερη πλοήγηση του χρήστη, στην γραμμή πλοήγησης (navigation bar) όπου εμπεριέχεται η δυνατότητα αναζήτησης στην εφαρμογή, εικονίδιο με ειδοποιήσεις για κάποια τιμή που υπερβαίνει τα όρια, ένα αναπτυσσόμενο μενού για γρήγορη επιλογή ενέργειας και το προφίλ του χρήστη. Στην δεξιά πλευρά υπάρχει ένα «γρανάζι» όπου περιλαμβάνει την εξατομίκευση της εφαρμογής σχετικά με τα χρώματα και τις αντιθέσεις. Επίσης το κουμπί “Docs” περιέχει το documentation όπου εμπεριέχονται οι οδηγίες χρήσης.



Εικόνα 73 Εργαλεία πλοήγησης και εξατομίκευσης χρήστη

5 Επίλογος

Η βασική ιδέα της δημιουργίας του Scopus στηρίχτηκε στην δημιουργία ενός συστήματος όπου θα ενισχύσει τον ανθρώπινο παράγοντα σε εφαρμογές ασφαλείας, ενσωματώνοντας την απλότητα μιας κατασκευής με τις απεριόριστες δυνατότητες της ενσωμάτωσης εργαλείων με τεχνητή νοημοσύνη σε διαδικτυακές εφαρμογές. Η βαρύτητα δόθηκε στην συλλογή και ανάλυση των δεδομένων από τον εκάστοτε αισθητήρα με σκοπό την ανάλυση του χώρου και των συνθηκών που επικρατούν.

5.1 Σύνοψη της εργασίας

Το έργο που επιτελέστηκε στο πλαίσιο αυτής της διπλωματικής εργασίας περιελάμβανε τις ακόλουθες διαδοχικές φάσεις υλοποίησης: επινόηση βασικής ιδέας, διαμόρφωση της ερευνητικής πρότασης, διενέργεια έρευνας του σχετικού θεωρητικού υποβάθρου και βιβλιογραφικής αναζήτησης των αντίστοιχων τεχνολογιών, κατάστρωση της σχεδιαστικής πορείας του έργου, σχεδιασμός του κατασκευαστικού μέρους, ανάλυση των απαιτήσεων λογισμικού και επιλογή του κατάλληλου λογισμικού και τέλος υλοποίηση των διαδικασιών και κατασκευή του συστήματος. Οι φάσεις αυτές απεικονίζονται μαζί με την αντίστοιχη χρονοσήμανσή τους στην Εικόνα 74.



Εικόνα 74 Φάσεις και χρονοδιάγραμμα εργασίας

5.2 Προβλήματα και αντιμετώπιση

Όπως ήδη έγινε μια σύντομη αναφορά, υπήρξαν ανά διαστήματα αρκετά προβλήματα, τα οποία αφορούσαν το λογισμικό, την κατασκευή, τον προγραμματισμό και την υλοποίηση. Επόμενο είναι, σε μια καινούρια κατασκευή η αναζήτηση και η μελέτη να καταναλώνουν αρκετό χρόνο, πόσο μάλλον δε όταν η διαδικασία όλων των σταδίων γίνεται αποκλειστικά από μία πηγή.

Ειδικότερα, ο θεωρητικός σχεδιασμός για το υλικό που χρησιμοποιήθηκε στην κατασκευή, στηρίχτηκε πάνω στο αναπτυξιακό Jetson Nano και τις δυνατότητες που προσφέρει με τον σωστό συνδυασμό. Όμως, η επιλογή των κατάλληλων περιφερειακών συστημάτων ήταν μια δύσκολη

διαδικασία, καθώς πρόκειται για ένα αναπτυξιακό με μεγάλες δυνατότητες αλλά υπό συγκεκριμένες συνθήκες. Το κρίσιμο σημείο ήταν η επικοινωνία με τα υπόλοιπα υποσυστήματα και πως θα μπορέσουν να συνδυαστούν χωρίς να δημιουργούν αλληλεπίδραση μεταξύ τους. Αποδείχτηκε ότι η συλλογή των δεδομένων από τη ρίζα τους είναι πιο περίπλοκη από την χρήση των διαθέσιμων εργαλείων που έχουν αναπτυχθεί για αυτό το σκοπό.

Η συνέχεια επιφύλασσε ακόμη περισσότερα εμπόδια, όταν γινόταν έρευνα για την επιλογή της πλατφόρμας που θα αναπτυχθεί το λογισμικό ελέγχου. Έπρεπε να είναι ένα μέσο που να συνδυάζονται τα διάφορα εργαλεία ανάλυσης των δεδομένων με την οπτικοποίηση, τον έλεγχο και την πρόσβαση. Ήταν ένα αρκετά χρονοβόρο κομμάτι της εργασίας, καθώς γινόταν μια επιλογή πλατφόρμας, έφτανε μέχρι ένα σημείο κορεσμού και πολύ απλά έπρεπε να επιλεγεί νέα, ξεκινώντας από την αρχή. Τελικά, το λογισμικό έγινε διαδικτυακή εφαρμογή, καθώς αναπτύσσονται διαρκώς νέα εργαλεία συμβατά με πολύ περισσότερους κόμβους.

Τα άγνωστα μονοπάτια τελικά εντοπίστηκαν στον σχεδιασμό της κατασκευής του ρομπότ, στην μορφή, τη μέθοδο κίνησης και τον τρόπο υλοποίησης. Ένα πολύ απλό παράδειγμα είναι ότι είχε ξεκινήσει η εκτύπωση του κελύφους, όταν διαπιστώθηκε πως πρέπει να τοποθετηθούν οι αισθητήρες με διαφορετική διάταξη για την ορθότητα των μετρήσεων. Γεγονός που άλλαξε όλο το σχέδιο και ξεκίνησε από την αρχή.

Επίσης, το αναπτυξιακό παρόλο που περιλαμβάνει linux kernel, σε αρκετά σημεία είναι περιοριστικό. Αναμενόμενο ωστόσο, καθώς είναι νεοφυής η συγκεκριμένη σειρά των αναπτυξιακών, δεν υπάρχει αρκετή πληροφορία και διαθεσιμότητα στα πλαίσια της επεκτασιμότητας.

Αναπτύσσοντας ένα λογισμικό βασισμένο στο διαδίκτυο και στην Python, υπάρχουν πολλά σημεία που πρέπει να δοθεί προσοχή, προκειμένου να αποφευχθούν οι αποτυχίες. Η εφαρμογή στο Django, ξεκίνησε από άλλο λογισμικό παρόμοιο με του Jetson, ωστόσο την στιγμή της μεταβίβασης από το ένα μηχάνημα στο άλλο, απλά δεν ήταν εφικτό να γίνει. Πολλές βιβλιοθήκες και εξαρτήσεις που ήταν εμπλεκόμενες στο πρόγραμμα, δεν μπορούσαν να συνυπάρξουν στο νέο μηχάνημα.

Παρόλο που υπήρχε ένα υπόβαθρο σχετικά με την εκτύπωση τρισδιάστατων μοντέλων, ο σχεδιασμός αποδείχτηκε διαφορετικού βεληνεκούς δεξιότητα. Το κέλυφος του ρομπότ σχεδιάστηκε από την αρχή ως και το τέλος με κάθε μέτρηση και κάθε λεπτομέρεια, συνυπολογίζοντας και τους εξωγενείς παράγοντες που θα το επηρέαζαν. Παρόλη την μελέτη, τελικά στην υλοποίηση εντοπίστηκαν πολύ σοβαρά προβλήματα, όπου για ένα μόλις χιλιοστό δεν μπορούσε το ρομπότ καν να κινηθεί.

Λαμβάνοντας υπόψη κάθε εμπόδιο που ξεπεράστηκε και κάθε σφάλμα που θα μπορούσε να είχε αποφευχθεί, τα επόμενα βήματα θα είναι μόνο εξέλιξη.

5.3 Συμπεράσματα

Το πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας που περιγράφει τη σχεδίαση και ανάπτυξη του συστήματος Scopus, είναι μελέτη, σχεδιασμός, ανάπτυξη. Βήματα αλληλένδετα, που αν δεν εξεταστούν προσεκτικά μπορεί να κάνουν αναδρομή στο προηγούμενο και ούτω καθεξής.

Η μελέτη είναι πολύ βασικό συστατικό για μια καλή σχεδίαση που θα επιφέρει την σωστή ανάπτυξη. Επίσης, όπως ήδη αναφέρθηκε, η επιλογή των εξαρτημάτων και των ηλεκτρονικών πράγματι είναι αρκετά δύσκολη.

Για την κατασκευή ενός ρομποτικού συστήματος, οφείλεται να ελεγχθούν πολλές παράμετροι, σύμφωνα με την εκάστοτε χρήση. Ειδικότερα, αποδείχθηκε ότι σε μια κατασκευή όλα μπορούν να πάνε λάθος και όλα μπορούν να γίνουν. Με την τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης μπορεί να υλοποιηθεί μια ιδέα, αλλά υπό συγκεκριμένες συνθήκες και με πολλές παραμέτρους στην εξίσωση. Ο σχεδιασμός μοντέλων για τρισδιάστατη εκτύπωση, είναι πολύ γοητευτικός, αλλά η πιθανότητα λάθους αυξάνεται εκθετικά. Έτσι, για να πετύχει ένα σχέδιο, χρειάζεται η πρόβλεψη, η ανάλυση και η μηχανική που υφίσταται.

Η μέθοδος κίνησης, η επικοινωνία, ο προγραμματισμός, η τροφοδοσία και η συλλογή των δεδομένων από το περιβάλλον που αλληλεπιδρά, είναι οι θεμέλιοι λίθοι για την κατάλληλη μελέτη και σχεδίασή του.

5.4 Μελλοντική εξέλιξη

Το Scopus είναι ένα έργο, ένα project που ξεκίνησε από το μηδέν και δεν θα σταματήσει να εξελίσσεται. Στην παρούσα εργασία ξεκίνησε η ανάπτυξή του, ο σχεδιασμός και η κατασκευή του, ωστόσο αποτελούν μόλις την αρχή του.

Το αμέσως επόμενο βήμα είναι η προσάρτηση όλων των λειτουργιών στο λογισμικό ελέγχου που δημιουργήθηκε. Βήμα-βήμα θα γίνονται προσθήκες στους κώδικες που θα διευρύνουν τις δυνατότητες και θα απαλλάσσουν από επιπλέον φόρτο διεργασιών.

Μόλις αποκτήσει την επιθυμητή σταθερότητα το σύστημα, θα επέλθει η αναβάθμιση, όπου θα περιλαμβάνει επιπλέον μεθόδους κίνησης και ελέγχου του ρομπότ. Θα είναι ένα επίγειο ρομπότ, που μπορεί να ίπταται σαν drone και να πλέει σαν UAV.

Στο κομμάτι του ελέγχου στόχος είναι να προστεθεί η δυνατότητα ελέγχου με ηλεκτρομαγνητικά κύματα, όπως εγκεφαλικά σήματα. Το μεγαλύτερο στοίχημα είναι να αποκτήσει μια οικογένεια, σμήνος, (SWARM) ρομπότ, έκαστο με δύο ρόδες οι οποίες θα περιέχουν έλικες όπου θα μετατρέπονται σε πτερύγια.

Ο έλεγχος της λειτουργίας του συστήματος και μέσω της χρήσης εγκεφαλικών σημάτων του χειριστή του είναι μια ακόμα ενδιαφέρουσα πρόκληση για εφαρμογή σε μελλοντική εξέλιξη του [121].

Τέλος, η σύμπραξη του ρομποτικού οχήματος με τους κόμβους ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων είναι μια επιλογή που θα επαυξήσει τη χρηστικότητα των εφαρμογών του [122].

Βιβλιογραφία – Αναφορές - Διαδικτυακές Πηγές

- [1] *Definition of the Term 'Military Capability' Per Official Documentation of the United States Department of Defense* [Available Online: [CrossRef](#)]
- [2] James Johnson (2019) *Artificial intelligence & future warfare: implications for international security*, *Defense & Security Analysis*, 35:2,147-169, DOI: 10.1080/14751798.2019.1600800 [Available Online: [CrossRef](#)]
- [3] Wong, Yuna Huh, John Yurchak, Robert W. Button, Aaron B. Frank, Burgess Laird, Osonde A. Osoba, Randall Steeb, Benjamin N. Harris, and Sebastian Joon Bae, *Deterrence in the Age of Thinking Machines*. Santa Monica, CA: RAND Corporation, 2020. [Available Online: [CrossRef](#)]
- [4] Marta Bistrion and Zbigniew Piotrowski, *Artificial Intelligence Applications in Military Systems and Their Influence on Sense of Security of Citizens*, *Journal: Electronics*, 2021, Volume 10, Number 7, Page 871 DOI: [10.3390/electronics10070871](#) [Available Online: [CrossRef](#)]
- [5] Simon, B., Insa, N., Lothar, F. (2019). *Real-Time Water Level Prediction Based on Artificial Neural Networks*. In: Mannina, G. (eds) *New Trends in Urban Drainage Modelling*. UDM 2018. *Green Energy and Technology*. Springer, Cham. [Available Online: https://doi.org/10.1007/978-3-319-99867-1_104]
- [6] S. Madichetty and M. Sridevi, "Detecting Informative Tweets during Disaster using Deep Neural Networks," 2019 11th International Conference on Communication Systems & Networks (COMSNETS), 2019, pp. 709-713, doi: 10.1109/COMSNETS.2019.8711095. [Available Online: [CrossRef](#)]
- [7] S. Ranjit, S. Shrestha, S. Subedi and S. Shakya, "Foreign Rate Exchange Prediction Using Neural Network and Sentiment Analysis," 2018 International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking (ICACCCN), 2018, pp. 1173-1177, doi: 10.1109/ICACCCN.2018.8748819. [Available Online: [CrossRef](#)]
- [8] A. Varma, A. Sarma, S. Doshi and R. Nair, "House Price Prediction Using Machine Learning and Neural Networks," 2018 Second International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies (ICICCT), 2018, pp. 1936-1939, doi: 10.1109/ICICCT.2018.8473231. [Available Online: [CrossRef](#)]
- [9] R. Lotfidereshgi and P. Gournay, "Speech Prediction Using an Adaptive Recurrent Neural Network with Application to Packet Loss Concealment," 2018 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 2018, pp. 5394-5398, doi: 10.1109/ICASSP.2018.8462185. [Available Online: [CrossRef](#)]
- [10] D. Pietrow and J. Matuszewski, "Objects detection and recognition system using artificial neural networks and drones," 2017 Signal Processing Symposium (SPSymo), 2017, pp. 1-5, doi: 10.1109/SPS.2017.8053689. [Available Online: [CrossRef](#)]
- [11] *Three Laws of Robotics* (2022,27 August) https://en.wikipedia.org/wiki/Three_Laws_of_Robotics
- [12] R.J. Firby: *An Investigation into Reactive Planning In Complex Domains*, *Proc. of the Fifth National Conference on Artificial Intelligence (1987)* [Available Online: [CrossRef](#)]
- [13] *Oxford Vocabulary Artificial Intelligence*, Oxford University Press <https://www.oxfordreference.com/view/10.1093/oi/authority.20110803095426960>
- [14] *Artificial general intelligence-WikiPedia* (2022,12 October) https://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_general_intelligence

- [15] *Supervised Learning-IBM* IBM Cloud Education,(2022, 19 August)
<https://www.ibm.com/cloud/learn/supervised-learning>
- [16] 'Artificial Intelligence' Has Become Meaningless; *The Atlantic*; 4 March 2017 [Available Online: [CrossRef](#)]
- [17] Copeland, B.J.. "Colossus". *Encyclopedia Britannica*, 16 Aug. 2017,
<https://www.britannica.com/technology/Colossus-computer> . Accessed 13 October 2022.
- [18] *Modeling and simulation(M&S)*, Wikipedia(2022,4 July)
https://en.wikipedia.org/wiki/Modeling_and_simulation
- [19] *ModSAF (Modular Semi-Automated Forces) Artificial Intelligence and its Applications* Institute-Informatics Forum,The University of Edinburgh(2020,17 August)
<http://www.aiai.ed.ac.uk/~arpi/SUO/MODULES/modsaf.html>
- [20] *Computer Generated Forces (CGF)*, Presagis
<https://www.presagis.com/en/glossary/detail/cgf/>
- [21] *Big Data and Artificial Intelligence for Military Decision Making*, NATO Science and Technology Organization's (STO), doi: 10.14339/STO-MP-IST-160
Available Online: [CrossRef](#)
- [22] DeepMind, AlphaGo computer program <https://deepmind.com/research/case-studies/alphago-the-story-so-far>
- [23] 'Are You Still Using Real Data to Train Your AI?' *IEEE Spectrum*(2022, 17 February)
<https://spectrum.ieee.org/synthetic-data-ai>
- [24] *Command and control (abbr. C2)*, WikiPedia(2022, 10 October)
https://en.wikipedia.org/wiki/Command_and_control
- [25] *NATO Modelling & Simulation Centre of Excellence (NATO M&S COE)*, Available Online: [CrossRef](#)
- [26] *BEL Battle Field Surveillance Radar*, WikiPedia (2022, 24 January)
https://en.wikipedia.org/wiki/BEL_Battle_Field_Surveillance_Radar
- [27] *Data Analytics in the Combatant Command: Improving the Approach to Decision-Making*, Strategy Bridge(2021, 6 September), Available Online: [CrossRef](#)
- [28] *Kashmir, The Case For Freedom*, WikiPedia (2022,4 July)
https://en.wikipedia.org/wiki/Kashmir:_The_Case_for_Freedom
- [29] *2002 Gujarat riots*, WikiPedia (2022,9 October)
https://en.wikipedia.org/wiki/2002_Gujarat_riots
- [30] Fugini, Maria & Finocchi, Jacopo. (2018). *Innovative Big Data Analytics: A System for Document Management*. 267-274. 10.1109/WETICE.2018.00058. [Available Online: [CrossRef](#)]
- [31] T. M. Sobb and B. Turnbull, "Assessment of Cyber Security Implications of New Technology Integrations into Military Supply Chains," 2020 *IEEE Security and Privacy Workshops (SPW)*, 2020, pp. 128-135, doi: 10.1109/SPW50608.2020.00038. [Available Online: [CrossRef](#)]
- [32] Campbell, D. (2000). J. P. Roth, *The Logistics of the Roman Army at War (264 B.C.–A.D. 235)* (Columbia Studies in the Classical Tradition 23). Leiden / Boston / Köln: Brill, 1999. Pp. xxi 400, 9 figs, ISBN 90-04-11271-5. Fl. 210/US\$123.50. *Journal of Roman Studies*, 90, 224-224. doi:10.2307/300224 [Available Online: [CrossRef](#)]
- [33] 'Accelerating the Exploration of Promising Artificial Intelligence Concepts', DARPA:
<https://www.darpa.mil/news-events/2018-07-20a>

- [34] Sanchez, S.L. *Artificial Intelligence (AI) Enabled Cyber Defence*. Available Online: [CrossRef](#)
- [35] J. Wang, L. Cao, Y. Shen and G. Zheng, "Research on Design of Military Logistics Support System Based on IoT," *2018 Prognostics and System Health Management Conference (PHM-Chongqing)*, 2018, pp. 829-832, doi: 10.1109/PHM-Chongqing.2018.00148. [Available Online: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8603456>]
- [36] Buchler, Norbou & Marusich, Laura & Sokoloff, Stacey. (2014). *The Warfighter Associate: Decision-support software agent for the management of intelligence, surveillance, and reconnaissance (ISR) assets*. *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*. 9079. 907902. 10.1117/12.2054646. [Available Online: [CrossRef](#)]
- [37] Kim, H.M.; Laskowski, M. *Toward an ontology-driven blockchain design for supply-chain provenance*. *Intell. Syst. Account. Financ. Manag.* 2018, 25, 18–27. [Available Online: [CrossRef](#)]
- [38] JAIC-United States Department of Defense <https://www.ai.mil/about.html>
- [39] *Autonomic Logistics Information System (ALIS)*, Lockheed Martin Corporation, Available Online: [CrossRef](#)
- [40] *Logistics Data Analysis Center -LDAC*, US Army (2019, 21 March), Available online: [CrossRef](#)
- [41] *Defense Logistics Agency (DLA)*, USA GOV, <https://www.dla.mil/>
- [42] *Telemedicine & Advanced Technology Research Center TATRC*, US Army <https://www.tatrc.org>
- [43] *Automated Critical Care System (ACCS)*, AthenaGTX <https://athenagtx.com/>
- [44] *Joint Tactical Aerial Resupply Vehicle (JTARV)*, Malloy Aeronautics <https://www.hover-bike.com/>
- [45] *Significant Cyber Incidents*, Center for Strategies & International Studies (CSIS), Available Online: [CrossRef](#)
- [46] 'What Is an Intrusion Detection System? How an IDS Spots Threats', CSO (2018, 19 February) Available Online: [CrossRef](#)
- [47] K. Ghanem, F. J. Aparicio-Navarro, K. G. Kyriakopoulos, S. Lambotharan and J. A. Chambers, "Support Vector Machine for Network Intrusion and Cyber-Attack Detection," *2017 Sensor Signal Processing for Defence Conference (SSPD)*, 2017, pp. 1-5, doi: 10.1109/SSPD.2017.8233268. [Available Online: [CrossRef](#)]
- [48] A. Shah, S. Clachar, M. Minimair and D. Cook, "Building Multiclass Classification Baselines for Anomaly-based Network Intrusion Detection Systems," *2020 IEEE 7th International Conference on Data Science and Advanced Analytics (DSAA)*, 2020, pp. 759-760, doi: 10.1109/DSAA49011.2020.00102. [Available Online: [CrossRef](#)]
- [49] *Decision tree*, Wikipedia (2022, 27 August) https://en.wikipedia.org/wiki/Decision_tree
- [50] *k-nearest neighbors algorithm*, Wikipedia (2022, 12 October) https://en.wikipedia.org/wiki/K-nearest_neighbors_algorithm
- [51] *Random Forest*, Wikipedia (2022, 12 October) https://en.wikipedia.org/wiki/Random_forest
- [52] Ruder, S. (2016). *An overview of gradient descent optimization algorithms*. arXiv. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.1609.04747>
- [53] 'The Future of Artificial Intelligence in ISR Operations', US Air Force, Available Online: [CrossRef](#)
- [54] *UAVs in the U.S. military*, Wikipedia (2022, 1 October) https://en.wikipedia.org/wiki/UAVs_in_the_U.S._military

- [55] Uttam Majumder; Erik Blasch; David Garren, *Deep Learning for Radar and Communications Automatic Target Recognition*, Artech, 2020. Available Online: [CrossRef](#)
- [56] DSB Reports <https://dsb.cto.mil/reports.htm>
- [57] Air Technology <https://www.airtechnology.com/>
- [58] *The Improvement of DS Evidence Theory and Its Application in IR/MMW Target Recognition* <https://www.hindawi.com/journals/js/2016/1903792/>
- [59] F. L. Lewis, "Wireless Sensor Networks, Smart Environments: Technology, Protocols, and Applications," In: D. J. Cook and S. K. Das, Eds., *Smart Environments: Technologies, Protocols, and Applications*, John Wiley, New York, 2004. doi:10.1002/047168659X [Available Online: [CrossRef](#)]
- [60] I. F. Akyildiz, T. Melodia, K. R. Chowdhury, "A survey on wireless multimedia sensor networks", *Elsevier Computer Networks*, vol. 51, pp.921-960, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2006.10.002>.
- [61] Thayaparan, Thayananthan & Frangos, Panayiotis & Stankovic, Ljubisa & Stergioulas, Lampros & Lazarov, A.D.. (2008). Editorial: Signal processing techniques for ISAR and feature extraction. *Iet Signal Processing - IET SIGNAL PROCESS*. 2. 10.1049/iet-spr:20089020. DOI:10.1049/iet-spr:20089020 [Available Online: [CrossRef](#)]
- [62] V. Zeljkovic, Q. Li, R. Vincelette, C. Tameze, F. Liu, F., "Automatic algorithm for inverse synthetic aperture radar images recognition and classification", *IET Radar, Sonar & Navig.*, vol. 4, no. 1, pp. 96 – 109,2010. DOI: [10.1049/iet-rsn.2009.0112](https://doi.org/10.1049/iet-rsn.2009.0112)
- [63] Zheng. Y., Blasch, E., Liu, Z., [Multispectral Image Fusion and Colorization], SPIE Press, (2018). Available Online: [CrossRef](#)
- [64] Roy, Debashri & Mukherjee, Tathagata & Chatterjee, Mainak & Blasch, Erik & Pasilio, Eduardo. (2019). RFAL: Adversarial Learning for RF Transmitter Identification and Classification. *IEEE Transactions on Cognitive Communications and Networking*. PP. 1-1. 10.1109/TCCN.2019.2948919. Available Online: [CrossRef](#)
- [65] Wissinger, J., Washburn, R. B., Friedland, N. S., et al., "Search algorithms for model-based SAR ATR," *Proc. SPIE 2757*, (1996). Available Online: [CrossRef](#)
- [66] Blasch, Erik & Majumder, Uttam & Zelnio, Edmund & Velten, Vincent. (2020). Review of recent advances in AI/ML for SAR (Conference Presentation). 12. 10.1117/12.2559035. Available Online: [CrossRef](#)
- [67] FAQs about Boston Dynamics. Available online: <https://www.bostondynamics.com/about>
- [68] Guizzo, E. By Leaps and Bounds: An exclusive look at how Boston dynamics is redefining robot agility. *IEEE Spectr.* 2019, 56, 34–39. [<http://doi.org/10.1109/MSPEC.2019.8913831>]
- [69] Loesch, A.; Bourgeois, S.; Gay-Bellile, V.; Gomez, O.; Dhome, M. Localization of 3D objects using model-constrained SLAM. *Mach. Vis. Appl.* 2018, 29, 1041–1068. <http://doi.org/10.1007/s00138-018-0951-x>
- [70] Y. Watanobe, Y. Yaguchi, T. Miyaji, R. Yamada and K. Naruse, "Data Acquisition Framework for Cloud Robotics," 2019 IEEE 10th International Conference on Awareness Science and Technology (iCAST), 2019, pp. 1-7, doi: 10.1109/ICAwST.2019.8923436. Available Online: [CrossRef](#)
- [71] Geos 306, Fall 2011, Lecture 12, Raman Spectroscopy Available Online: <https://www.geo.arizona.edu/xtal/geos306/fall11-12.htm>
- [72] TDK, World's Lowest Power 9-Axis MEMS MotionTracking™ Device, ICM-20948 Available Online: [CrossRef](#)

- [73] Ding, Z.; Huang, R.; Hu, B. *Robust Indoor SLAM based on Pedestrian Recognition by Using RGB-D Camera*. In *Proceedings of the 532019 Chinese Automation Congress (CAC), Hangzhou, China, 22–24 November 2019*; pp. 292–297.
[<http://doi.org/10.1109/CAC48633.2019.8996770>]
- [74] Rizk, M.; Mroue, A.; Farran, M.; Charara, I. *Real-Time SLAM Based on Image Stitching for Autonomous Navigation of UAV in GNSS-Denied Regions*. In *Proceedings of the 2020 2nd IEEE International Conference on Artificial Intelligence Circuits and Systems (AICAS), Genova, Italy, 31 August–2 September 2020*; pp. 301–304.
[<http://doi.org/10.1109/AICAS48895.2020.9073793>]
- [75] Hiejima, T.; Kawashima, S.; Ke, M.; Kawahara, T. *Effectiveness of Synchronization and Cooperative Behavior of Multiple Robots based on Swarm AI*. *2019 IEEE Asia Pacific Conference on Circuits and Systems (APCCAS), Bangkok, Thailand, 11–14 November 2019*; pp. 341–344.
[<http://doi.org/10.1109/APCCAS47518.2019.8953108>]
- [76] *Definition of the Term ‘Military Capability’ Per Official Documentation of the United States Department of Defense* https://www.militaryfactory.com/dictionary/military-terms-defined.php?term_id=3357
- [77] Texas instruments, *Application Report SLVA704–June 2015 “Understanding the I²C Bus”* <https://www.ti.com/lit/an/slva704/slva704.pdf>
- [78] *Resources for Developers by Developers, Working with JSON*
<https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/JavaScript/Objects/JSON>
- [79] *The WebSocket API (WebSockets)*
https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/WebSockets_API
- [80] *Redis (Remote Dictionary Server)*
<https://redis.io/docs/about/>
- [81] *Django (web framework)*
[https://en.wikipedia.org/wiki/Django_\(web_framework\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Django_(web_framework))
- [82] *YOLO, You only look once (Deep Learning Algorithm)*
<https://arxiv.org/pdf/1612.08242v1.pdf>
- [83] *SSD, Single Shot MultiBox Detector (Deep Learning Algorithm)*
<https://arxiv.org/abs/1512.02325>
- [84] *R-CNN, Region-based convolutional neural network (Deep Learning Algorithm)*
<https://ch.mathworks.com/help/vision/>
- [85] *Convolutional neural network (CNN, or ConvNet)*
https://en.wikipedia.org/wiki/Convolutional_neural_network
- [86] *SLAM (Simultaneous localization and mapping)*
https://en.wikipedia.org/wiki/Simultaneous_localization_and_mapping
- [87] Wei Liu, Dragomir Anguelov, Dumitru Erhan, Christian Szegedy, Scott Reed, Cheng-Yang Fu, Alexander C. Berg, *SSD: Single Shot MultiBox Detector Related*
DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-46448-0_2
- [88] *Particle filters*
https://en.wikipedia.org/wiki/Particle_filter
- [89] *Kalman filter*
https://en.wikipedia.org/wiki/Kalman_filter
- [90] *Covariance intersection*
https://en.wikipedia.org/wiki/Covariance_intersection

- [91] *GraphSLAM*
Sebastian Thrun, Michael Montemerlo, *The Graph SLAM Algorithm with Applications to Large-Scale Mapping of Urban Structures*, *The International Journal of Robotics Research* 25(5):403-429 [DOI:10.1177/0278364906065387](https://doi.org/10.1177/0278364906065387)
- [92] *LiDar, light detection and ranging*
<https://en.wikipedia.org/wiki/Lidar>
- [93] *Shakey the robot*
https://en.wikipedia.org/wiki/Shakey_the_robot
- [94] *TensorFlow*
<https://github.com/tensorflow/tensorflow>
- [95] *TensorFlow object detection API*
https://github.com/tensorflow/models/tree/master/research/object_detection
- [96] *COCO*
<https://cocodataset.org/#home>
- [97] *NumPy*
<https://de.wikipedia.org/wiki/NumPy>
- [98] *SciPy*
<https://de.wikipedia.org/wiki/SciPy>
- [99] *Torch*
[https://en.wikipedia.org/wiki/Torch_\(machine_learning\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Torch_(machine_learning))
- [100] *PyTorch*
<https://en.wikipedia.org/wiki/PyTorch>
- [101] *GPU NVIDIA- CUDA*
<https://en.wikipedia.org/wiki/CUDA>
- [102] *Javascript*
<https://en.wikipedia.org/wiki/JavaScript>
- [103] *Data Analysis*
https://en.wikipedia.org/wiki/Data_analysis
- [104] *Chart.js*
<https://www.chartjs.org/>
- [105] *HTML*
<https://en.wikipedia.org/wiki/HTML>
- [106] *HTML Canvas*
https://www.w3schools.com/html/html5_canvas.asp
- [107] *NVIDIA® Jetson Nano™ Developer Kit, Available Online:*
<https://developer.nvidia.com/embedded/jetson-nano-developer-kit>
- [108] *NVIDIA*
<https://en.wikipedia.org/wiki/Nvidia>
- [109] *DC Gearbox Motor - "TT Motor" Available Online:*
<https://www.adafruit.com/product/3777>
- [110] *Pulse-width modulation(PWM) Available online:*
<https://lastminuteengineers.com/l298n-dc-stepper-driver-arduino-tutorial/>
- [111] *Motor Driver L298N, Available Online:*
<https://bc-robotics.com/shop/l298n-motor-driver-board/>
- [112] *Environment Sensor for Jetson Nano Available Online:*
https://www.waveshare.com/wiki/Environment_Sensor_for_Jetson_Nano

- [113] *Slamtec RPLIDAR A1* , Available Online: <https://www.slamtec.com/en/Lidar/A1>
- [114] *Camera IMX219 sensor, FOV 200* , Available Online: <https://www.waveshare.com/imx219-200-camera.htm>
- [115] *Module Wi-Fi Edimax EW-7811Un* Available Online: [CrossRef](#)
- [116] *Cooling fan Noctua NF-F12 5V PWM* Available Online: <https://noctua.at/en/products/fan/nf-f12-5v-pwm>
- [117] *SanDisk 64GB MicroSDXC Ultra Memory Card* Available Online: [CrossRef](#)
- [118] *Mini Power Bank*, Available Online: [CrossRef](#)
- [119] *GPIO Pinout*, Available Online: <https://jetsonhacks.com/nvidia-jetson-nano-j41-header-pinout/>
- [120] *Matplotlib* Available Online: <https://matplotlib.org/>
- [121] *Korovesis, N., Kandris, D., Koulouras, G., & Alexandridis, A. (2019). Robot motion control via an EEG-based brain–computer interface by using neural networks and alpha brainwaves. Electronics, 8(12), 1387.*
- [122] *Kandris, D., Nakas, C., Vomvas, D., & Koulouras, G. (2020). Applications of wireless sensor networks: an up-to-date survey. Applied System Innovation, 3(1), 14.*

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Κώδικας ελέγχου κίνησης

Χειροκίνητος έλεγχος

```
#!/usr/bin/env python

import Jetson.GPIO as GPIO
import time
GPIO.setwarnings(False)
GPIO.setmode(GPIO.BOARD)
class Robot():
    def __init__(self, *args, **kwargs):
        super(Robot, self).__init__(*args, **kwargs)
        self.left_motor = [35,36]
        self.right_motor = [37,38]
        self.left_speed = 0
        self.right_speed = 0
        GPIO.setup(32,GPIO.OUT)
        GPIO.setup(33,GPIO.OUT)
        self.pwm=[GPIO.PWM(32,50),GPIO.PWM(33,50)]
        GPIO.setup(self.left_motor[0],GPIO.OUT,initial=GPIO.LOW)
        GPIO.setup(self.right_motor[0],GPIO.OUT,initial=GPIO.LOW)
        GPIO.setup(self.left_motor[1],GPIO.OUT,initial=GPIO.LOW)
        GPIO.setup(self.right_motor[1],GPIO.OUT,initial=GPIO.LOW)
        self.pwm[0].start(0)
        self.pwm[1].start(0)

    def set_motors(self, left_speed=1.0, right_speed=1.0):
        GPIO.output(self.left_motor[0],GPIO.HIGH)
        GPIO.output(self.right_motor[0],GPIO.HIGH)
        self.left_speed = ((left_speed - (-1))/2)*100
        self.right_speed = ((right_speed - (-1))/2)*100
        print()
        print()
        self.pwm[0].ChangeDutyCycle(self.left_speed)
        self.pwm[1].ChangeDutyCycle(self.right_speed)

    def forward(self, speed=1.0, duration=None):
        GPIO.output(self.left_motor[0],GPIO.HIGH)
        GPIO.output(self.right_motor[0],GPIO.HIGH)
        GPIO.output(self.left_motor[1],GPIO.LOW)
        GPIO.output(self.right_motor[1],GPIO.LOW)
        self.speed = ((speed - (-1))/2)*100
        self.pwm[0].ChangeDutyCycle(self.speed)
        self.pwm[1].ChangeDutyCycle(self.speed)

    def backward(self, speed=1.0):
        GPIO.output(self.left_motor[0],GPIO.LOW)
        GPIO.output(self.right_motor[0],GPIO.LOW)
        GPIO.output(self.left_motor[1],GPIO.HIGH)
        GPIO.output(self.right_motor[1],GPIO.HIGH)
        self.speed = ((speed - (-1))/2)*100
```

```
self.pwm[0].ChangeDutyCycle(self.speed)
self.pwm[1].ChangeDutyCycle(self.speed)

def left(self, speed=1.0):
    GPIO.output(self.left_motor[0], GPIO.LOW)
    GPIO.output(self.right_motor[0], GPIO.HIGH)
    GPIO.output(self.left_motor[1], GPIO.HIGH)
    GPIO.output(self.right_motor[1], GPIO.LOW)
    self.speed = ((speed - (-1))/2)*100
    self.pwm[0].ChangeDutyCycle(self.speed)
    self.pwm[1].ChangeDutyCycle(self.speed)

def right(self, speed=1.0):
    GPIO.output(self.left_motor[0], GPIO.HIGH)
    GPIO.output(self.right_motor[0], GPIO.LOW)
    GPIO.output(self.left_motor[1], GPIO.LOW)
    GPIO.output(self.right_motor[1], GPIO.HIGH)
    self.speed = ((speed - (-1))/2)*100
    self.pwm[0].ChangeDutyCycle(self.speed)
    self.pwm[1].ChangeDutyCycle(self.speed)

def stop(self):
    GPIO.output(self.left_motor[0], GPIO.LOW)
    GPIO.output(self.right_motor[0], GPIO.LOW)
    GPIO.output(self.left_motor[1], GPIO.LOW)
    GPIO.output(self.right_motor[1], GPIO.LOW)
    self.left_speed = 0
    self.right_speed = 0
    self.pwm[0].ChangeDutyCycle(self.left_speed)
    self.pwm[1].ChangeDutyCycle(self.right_speed)
```

Αυτόνομη πλοήγηση με χρήση κάμερας

```
import traitlets
from traitlets.config.configurable import SingletonConfigurable
import atexit
import cv2
import threading
import numpy as np
class Camera(SingletonConfigurable):

    value = traitlets.Any()

    # config
    width = traitlets.Integer(default_value=224).tag(config=True)
    height = traitlets.Integer(default_value=224).tag(config=True)
    fps = traitlets.Integer(default_value=21).tag(config=True)
    capture_width = traitlets.Integer(default_value=640).tag(config=True)
    capture_height = traitlets.Integer(default_value=480).tag(config=True)
    def __init__(self, *args, **kwargs):
        self.value = np.empty((self.height, self.width, 3), dtype=np.uint8)
        super(Camera, self).__init__(*args, **kwargs)
    try:
        self.cap = cv2.VideoCapture(self._gst_str(), cv2.CAP_GSTREAMER)
    re, image = self.cap.read()
    if not re:
```

```
        raise RuntimeError('Could not read image from camera.')
self.value = image
    self.start()
except:
    self.stop()
    raise RuntimeError(
        'Could not initialize camera. Please see error trace.')
atexit.register(self.stop)
def _capture_frames(self):
    while True:
        re, image = self.cap.read()
        if re:
            self.value = image
        else:
            break

def _gst_str(self):
    return 'v4l2src ! video/x-raw, width=640, height=480, format=(string)YUY2, framerate=(fraction)30 ! nvvidconv !
video/x-raw(memory:NVMM) ! nvvidconv ! video/x-raw, width=(int)224, height=(int)224, format=(string)BGRx !
videoconvert ! appsink'

def start(self):
    if not self.cap.isOpened():
        self.cap.open(self._gst_str(), cv2.CAP_GSTREAMER)
    if not hasattr(self, 'thread') or not self.thread.isAlive():
        self.thread = threading.Thread(target=self._capture_frames)
        self.thread.start()
def stop(self):
    if hasattr(self, 'cap'):
        self.cap.release()
    if hasattr(self, 'thread'):
        self.thread.join()

def restart(self):
    self.stop()
    self.start()
```

Διάγνωση περιβαλλοντικών συνθηκών

Κώδικας συλλογής και εξαγωγής δεδομένων του αισθητήρα BME280 για τις ενδείξεις θερμοκρασία, πίεση και υγρασία

```
#coding: utf-8
from asyncore import write
import smbus
import time
import json
import csv
I2C_ADDR = 0x76

digT = []
digP = []
digH = []
x = time.time()
t_fine = 0.0
```

```
class BME280:
    def __init__(self, address = I2C_ADDR):
        self.i2c = smbus.SMBus(1)
        self.address = address

        self.calib = []
        self.osrs_t = 1      #Temperature oversampling x 1
        self.osrs_p = 1      #Pressure oversampling x 1
        self.osrs_h = 1      #Humidity oversampling x 1
        self.mode = 3        #Normal self.mode
        self.t_sb = 5        #Tstandby 1000ms
        self.filter = 0      #self.filter off
        self.spi3w_en = 0    #3-wire SPI Disable

        ctrl_meas_reg = (self.osrs_t << 5) | (self.osrs_p << 2) | self.mode
        config_reg = (self.t_sb << 5) | (self.filter << 2) | self.spi3w_en
        ctrl_hum_reg = self.osrs_h

        self.writeReg(0xF2, ctrl_hum_reg)
        self.writeReg(0xF4, ctrl_meas_reg)
        self.writeReg(0xF5, config_reg)

    def writeReg(self, reg_address, data):
        self.i2c.write_byte_data(self.address, reg_address, data)

    def get_calib_param(self):
        for i in range(0x88, 0x88+24):
            self.calib.append(self.i2c.read_byte_data(self.address, i))
        self.calib.append(self.i2c.read_byte_data(self.address, 0xA1))
        for i in range(0xE1, 0xE1+7):
            self.calib.append(self.i2c.read_byte_data(self.address, i))

        digT.append((self.calib[1] << 8) | self.calib[0])
        digT.append((self.calib[3] << 8) | self.calib[2])
        digT.append((self.calib[5] << 8) | self.calib[4])
        digP.append((self.calib[7] << 8) | self.calib[6])
        digP.append((self.calib[9] << 8) | self.calib[8])
        digP.append((self.calib[11]<< 8) | self.calib[10])
        digP.append((self.calib[13]<< 8) | self.calib[12])
        digP.append((self.calib[15]<< 8) | self.calib[14])
        digP.append((self.calib[17]<< 8) | self.calib[16])
        digP.append((self.calib[19]<< 8) | self.calib[18])
        digP.append((self.calib[21]<< 8) | self.calib[20])
        digP.append((self.calib[23]<< 8) | self.calib[22])
        digH.append( self.calib[24] )
        digH.append((self.calib[26]<< 8) | self.calib[25])
        digH.append( self.calib[27] )
        digH.append((self.calib[28]<< 4) | (0x0F & self.calib[29]))
        digH.append((self.calib[30]<< 4) | ((self.calib[29] >> 4) & 0x0F))
        digH.append( self.calib[31] )

        for i in range(1,2):
            if digT[i] & 0x8000:
```

```

        digT[i] = (-digT[i] ^ 0xFFFF) + 1

    for i in range(1,8):
        if digP[i] & 0x8000:
            digP[i] = (-digP[i] ^ 0xFFFF) + 1

    for i in range(0,6):
        if digH[i] & 0x8000:
            digH[i] = (-digH[i] ^ 0xFFFF) + 1

def readData(self):
    data = []
    for i in range (0xF7, 0xF7+8):
        data.append(self.i2c.read_byte_data(self.address, i))
    pres_raw = (data[0] << 12) | (data[1] << 4) | (data[2] >> 4)
    temp_raw = (data[3] << 12) | (data[4] << 4) | (data[5] >> 4)
    hum_raw = (data[6] << 8) | data[7]

    pressure = self.compensate_P(pres_raw)
    temperature = self.compensate_T(temp_raw)
    var_h = self.compensate_H(hum_raw)
    # print "pressure : %7.2f hPa" % (pressure/100)
    # print "temp : %-6.2f °C" % (temperature)
    # print "hum : %6.2f %" % (var_h)
    return [pressure, temperature, var_h]

def compensate_P(self, adc_P):
    global t_fine
    pressure = 0.0

    v1 = (t_fine / 2.0) - 64000.0
    v2 = (((v1 / 4.0) * (v1 / 4.0)) / 2048) * digP[5]
    v2 = v2 + ((v1 * digP[4]) * 2.0)
    v2 = (v2 / 4.0) + (digP[3] * 65536.0)
    v1 = (((digP[2] * ((v1 / 4.0) * (v1 / 4.0)) / 8192)) / 8) + ((digP[1] * v1) / 2.0) / 262144
    v1 = ((32768 + v1) * digP[0]) / 32768

    if v1 == 0:
        return 0
    pressure = ((1048576 - adc_P) - (v2 / 4096)) * 3125
    if pressure < 0x80000000:
        pressure = (pressure * 2.0) / v1
    else:
        pressure = (pressure / v1) * 2
    v1 = (digP[8] * (((pressure / 8.0) * (pressure / 8.0)) / 8192.0)) / 4096
    v2 = ((pressure / 4.0) * digP[7]) / 8192.0
    pressure = pressure + ((v1 + v2 + digP[6]) / 16.0)
    return (pressure/100)
    # print "pressure : %7.2f hPa" % (pressure/100)

def compensate_T(self, adc_T):
    global t_fine
    v1 = (adc_T / 16384.0 - digT[0] / 1024.0) * digT[1]
    v2 = (adc_T / 131072.0 - digT[0] / 8192.0) * (adc_T / 131072.0 - digT[0] / 8192.0) * digT[2]

```

```
t_fine = v1 + v2
temperature = t_fine / 5120.0
# print "temp : %-6.2f °C" % (temperature)
return temperature

def compensate_H(self, adc_H):
    global t_fine
    var_h = t_fine - 76800.0
    if var_h != 0:
        var_h = (adc_H - (digH[3] * 64.0 + digH[4]/16384.0 * var_h)) * (digH[1] / 65536.0 * (1.0 + digH[5] / 67108864.0 *
var_h * (1.0 + digH[2] / 67108864.0 * var_h)))
    else:
        return 0
    var_h = var_h * (1.0 - digH[0] * var_h / 524288.0)
    if var_h > 100.0:
        var_h = 100.0
    elif var_h < 0.0:
        var_h = 0.0
    # print "hum : %6.2f %" % (var_h)
    return var_h

if __name__ == '__main__':
    sensor = BME280()
    sensor.get_calib_param()
    time.sleep(1)
    try:
        while True:
            data = []
            data = sensor.readData()
            time.sleep(1)

            #print("pressure : %7.2f hPa" %data[0])
            #print("temp : %-6.2f °C" %data[1])
            #print("hum : %6.2f %" %data[2])

            print("/-----Next Measurement-----/")
            file = open("logs/logBME280PE.json", "w")
            file.write ('{"Pressure" : ' + str(data[0]) + '}' + '\n')
            file.flush()
            time.sleep(0.5)

            file = open("logs/logBME280TE.json", "w")
            file.write ('{"Temperature" : ' + str(data[1]) + '}' + '\n')
            file.flush()
            time.sleep(0.5)

            file = open("logs/logBME280HU.json", "w")
            file.write ('{"Humidity" : ' + str(data[2]) + '}' + '\n')
            file.flush()
            time.sleep(0.5)

    except KeyboardInterrupt:
```

```
# sensor.Disable()
exit()
```

Χαρτογράφηση χώρου και εντοπισμός θέσης

Real-time χαρτογράφηση και εντοπισμός θέσης

```
from rplidar import RPLidar
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
import matplotlib.animation as animation

PORT_NAME = '/dev/ttyUSB0'
DMAX = 4000
IMIN = 0
IMAX = 50

def update_line(num, iterator, line):
    scan = next(iterator)
    offsets = np.array([(np.radians(meas[1]), meas[2]) for meas in scan])
    line.set_offsets(offsets)
    intens = np.array([meas[0] for meas in scan])
    line.set_array(intens)
    return line,

def run():
    lidar = RPLidar(PORT_NAME)
    fig = plt.figure()
    ax = plt.subplot(111, projection='polar')
    line = ax.scatter([0, 0], [0, 0], s=5, c=[IMIN, IMAX],
                    cmap=plt.cm.Greys_r, lw=0)
    ax.set_rmax(DMAX)
    ax.grid(True)

    iterator = lidar.iter_scans()
    ani = animation.FuncAnimation(fig, update_line,
                                fargs=(iterator, line), interval=50)
    plt.show()
    lidar.stop()
    lidar.disconnect()

if __name__ == '__main__':
    run()
```

Χωρική ανάλυση με χρήση πινάκων

```
import sys
import numpy as np
from rplidar import RPLidar

PORT_NAME = '/dev/ttyUSB0'
```

```
def run(path):
    """Main function"""
    lidar = RPLidar(PORT_NAME)
    data = []
    try:
        print('Recording measurments... Press Ctrl+C to stop.')
        for scan in lidar.iter_scans():
            data.append(np.array(scan))
    except KeyboardInterrupt:
        print('Stopping.')
    lidar.stop()
    lidar.disconnect()
    np.save(path, np.array(data))

if __name__ == '__main__':
    run(sys.argv[1])
```

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

data = np.load('out.npy', allow_pickle=True)
plt.plot(data[0])
plt.show()
```

Ανάγνωση δεδομένων του LiDAR

```
import sys
from rplidar import RPLidar

PORT_NAME = '/dev/ttyUSB0'

def run(path):
    """Main function"""
    lidar = RPLidar(PORT_NAME)
    outfile = open(path, 'w')
    try:
        print('Recording measurments... Press Ctrl+C to stop.')
        for measurement in lidar.iter_measurments():
            line = '\t'.join(str(v) for v in measurement)
            outfile.write(line + '\n')
    except KeyboardInterrupt:
        print('Stopping.')
    lidar.stop()
    lidar.disconnect()
    outfile.close()

if __name__ == '__main__':
    run(sys.argv[1])
```


Ζωντανή μετάδοση εικόνας και αναγνώριση αντικειμένων

```
import sys
import argparse

from jetson_inference import detectNet
from jetson_utils import videoSource, videoOutput, logUsage

parser = argparse.ArgumentParser(description="Locate objects in a live camera stream using an object detection DNN.",
                                formatter_class=argparse.RawTextHelpFormatter,
                                epilog=detectNet.Usage() + videoSource.Usage() + videoOutput.Usage() + logUsage())

parser.add_argument("input_URI", type=str, default="", nargs='?', help="URI of the input stream")
parser.add_argument("output_URI", type=str, default="", nargs='?', help="URI of the output stream")
parser.add_argument("--network", type=str, default="ssd-mobilenet-v2", help="pre-trained model to load (see below for options)")
parser.add_argument("--overlay", type=str, default="box,labels,conf", help="detection overlay flags (e.g. --overlay=box,labels,conf)\ninvalid combinations are: 'box', 'labels', 'conf', 'none'")
parser.add_argument("--threshold", type=float, default=0.5, help="minimum detection threshold to use")

is_headless = ["--headless"] if sys.argv[0].find('console.py') != -1 else []

try:
    args = parser.parse_known_args()[0]
except:
    print("")
    parser.print_help()
    sys.exit(0)

input = videoSource(args.input_URI, argv=sys.argv)
output = videoOutput(args.output_URI, argv=sys.argv+is_headless)

net = detectNet(args.network, sys.argv, args.threshold)
while True:
    img = input.Capture()
    detections = net.Detect(img, overlay=args.overlay)
    print("detected {:d} objects in image".format(len(detections)))

    for detection in detections:
        print(detection)

    output.Render(img)
    output.SetStatus("{:s} | Network {:.0f} FPS".format(args.network, net.GetNetworkFPS()))
    net.PrintProfilerTimes()
    if not input.IsStreaming() or not output.IsStreaming():
        break
```