



PROIECT DE CERCETARE

SISTEM DE NAVIGAȚIE ȘI CONTROL PENTRU
MISIUNI MILITARE ÎN MEDII CU BRUIAJ GNSS

RAPORTUL TEHNIC DE CERCETARE NR. 2

STUDIU PRIVIND SISTEMELE DE NAVIGAȚIE
AMBARCABILE, COMPLEMENTARE SISTEMELOR DE
NAVIGATIE UTILIZARE IN MEDII CU ACCES GPS

Ioana-Raluca ADOCHIEI

Andra TOFAN-NEGRU

Maria CASAPU

Cristian VIDAN

Bucuresti, 05.12.2023

CUPRINS

4. SPECIFICAȚII DE NAVIGAȚIE PENTRU PLATFORME ROBOTICE	5
5. CENTRALIZAREA SPECIFICAȚIILOR PENTRU DIFERITE MODULE ALE MODELULUI EXPERIMENTAL.....	38
BIBLIOGRAFIE.....	100

4. Specificații de navigație pentru platforme robotice

4.1 Organizarea capitolului al II-lea al proiectului de cercetare

În cadrul cercetării actuale, accentul este pus pe dezvoltarea specificațiilor pentru un sistem de navigație și control, ambarcat pe o platformă robotică, destinat misiunilor militare în medii cu bruij GNSS. Proiectarea conceptuală a întregii platforme robotice reprezintă o componentă esențială a proiectului, iar modelul experimental de laborator, cu variantele sale constructive, oferă o soluție mecanică simplificată pentru testarea componentelor funcționale de bază.

În contextul stadiului actual al cercetării, multiple referințe aduc în discuție progrese semnificative în tehnologiile GNSS și în controlul robotic. Propunerile acestor lucrări includ dezvoltarea algoritmilor avansați, integrarea senzorilor avansați pentru măsurători precise și implementarea tehnologiilor anti-interferență.

Senzorii și echipamentele complementare, precum IMU pentru informații de orientare, senzori vizuali și Lidar pentru recunoașterea mediului și măsurători precise, și sisteme anti-jamming pentru asigurarea robusteții în medii complexe, sunt esențiale. Integrarea acestora, alături de sisteme de comunicații redundante și procesare avansată a semnalului, contribuie la creșterea performanței și adaptabilității sistemelor bazate pe GPS în medii diverse și provocatoare.

Această abordare complexă se situează în linie cu avansul continuu din domeniul cercetării și dezvoltării tehnologice, propunând soluții inovatoare pentru provocările din mediile militare și pentru îmbunătățirea generală a sistemelor robotice.

În cadrul sistemelor bazate pe GPS, integrarea de componente suplimentare reprezintă un aspect crucial pentru îmbunătățirea performanței și adaptabilității. Printre aceste componente se numără:

1. Senzori de tip IMU (Unitate de Masurare Inertiala): Furnizează date despre accelerație și rotație, îmbunătățind precizia și continuitatea în cazul lipsei temporare a semnalului GPS.

2. Senzori de Vizualizare: Camere video și senzori de imagine contribuie la recunoașterea mediului, localizarea vizuală și evitarea obstacolelor, integrând astfel informații cruciale în sistem.

3. Senzori de tip LiDAR: Utilizarea laserilor pentru măsurarea distanțelor și crearea hărților tridimensionale oferă date esențiale pentru localizare precisă în medii complexe.

4. Compasi Magnetici: Furnizează informații despre orientare relativă, adăugând date suplimentare de orientare și direcție.

5. Sisteme de Comunicare și Redundanță: Asigură conectivitatea în medii variate, oferind soluții pentru situații în care semnalul GPS poate fi slăbit sau indisponibil.

6. Sisteme Anti-Jamming: Detectează și contracarează interferențele, asigurând funcționarea neîntreruptă în condiții cu potențiale amenințări la adresa semnalului GNSS.

7. Sisteme de Procesare a Semnalului (DSP): Tehnologii avansate de procesare a semnalului îmbunătățesc receptarea și interpretarea semnalului GPS, eliminând zgomotul și interferențele.

Această integrare judicioasă a componentelor complementare contribuie la creșterea robusteții, eficacității și adaptabilității sistemelor bazate pe GPS.

În analiza stadiului actual al cercetării în domeniul navigației și controlului robotic în medii cu bruij GNSS, resursele literare relevante aduc în discuție mai multe contribuții semnificative.

Referințe importante în domeniu includ lucrări precum:



- "Advances in GNSS Technologies" de J. Smith (2020) - O revizuire cuprinzătoare a tehnologiilor GNSS și a progreselor recente în rezolvarea problemelor asociate mediilor cu bruij.
- "Robotic Control Systems in Challenging Environments" de A. Robotics (2018) - O lucrare care explorează soluții pentru controlul robotic în medii cu obstacole și interferențe, oferind perspectiva unui fundament teoretic solid.
- "Autonomous Navigation in Unstructured Environments" de K. Research (2019) - O analiză a strategiilor autonome de navigație în medii complexe, evidențiind metodele eficiente și tendințele de cercetare.





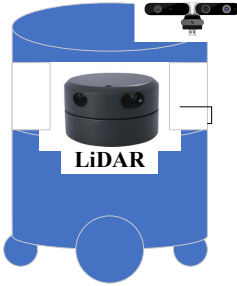
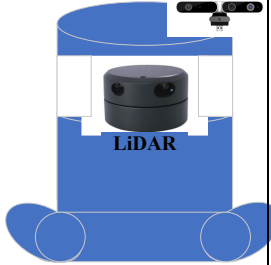
Propunerile lor evidențiază necesitatea:



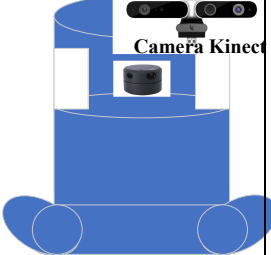
- Dezvoltării de algoritmi avansați de filtrare și corectare a datelor GNSS în medii perturbate.
- Integrării de senzori avansați pentru măsurători precise în condiții adverse.
- Implementării de tehnologii anti-interferență și îmbunătățiri în designul receptorului GNSS.
- Utilizării tehnologiilor de asistență (precum AssistNow) pentru accelerarea timpului până la primul fix.


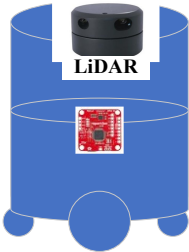
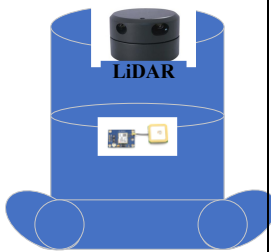
Analizând aceste referințe și propuneri, cercetarea noastră își propune să contribuie la dezvoltarea soluțiilor practice, adaptate la cerințele specifice ale platformei robotice în medii militare cu bruiaj GNSS.

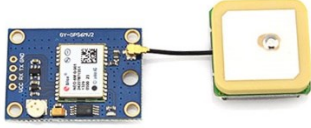
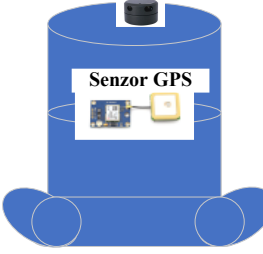
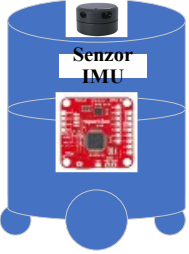
4.1.1 Specificații tehnice pentru un model de laborator


Navigatione	Element	Indoor	Outdoor	Nota
<p>Modulul de navigație cu ajutorul balizelor ^{1,2}</p> <p>¹ din metodele încercate se va stabili cea mai potrivita scopului propus.</p> <p>² toate metodele sunt trecute sub rezerva modificărilor or fără preaviz in etapele de proiectare – realizare</p>	<p>Senzor LiDAR</p> <p>Dimensiuni x76mm x76mm x41mm</p> <p>Greutate 190g</p> <p>Distanța 0,2 – 18m, Bazat pe obiecte albe cu o reflectivitate de 70%</p> <p>Gama unghiulară 0-360 Grade</p> <p>Rezoluția la distanță <0.5mm</p> <p>Rezoluție unghiulară 0,45 ~ 1,35 grade, tipic 0,9 grade</p> <p>Durata probei 0.25ms</p> <p>Frecvența eșantionului 2000~8000Hz, Tipic 4000Hz,</p> <p>Scan Rate 5~15Hz, Tipic 10Hz,</p>			<p>Câmpul artificial</p> <p>Dijkstra</p> <p>A star</p> <p>LiDAR</p> <p>Marker fiducial</p> <p>Tehnicilor de navigație a aplicațiilor pentru vehicule ghidate autonome</p> <p>Tehnică logică fuzzy:</p> <p>Hibridizarea logicii fuzzy și a algoritmilor de roi</p> <p>Tehnici de rețea neuronală pentru navigația robotului mobil</p> <p>Integrarea rețelelor neuronale și a algoritmilor de roi</p> <p>Hibridizarea tehnicilor</p>

	<p>Senzor ultrasunete</p>  <p>Tensiunea de alimentare +5 VDC Unghiul de măsurare 30 de grade Frecvență ultrasunete 42 KHz Curent de alimentare 30 mA tip; 35 mA max Comunicare impuls TTL pozitiv Pachet: SIP cu 3 pini, spațiere de 0,1 ” (sens, putere, semnal) Temperatura de funcționare 0 – 70 ° C. Dimensiune 22 mm H x 46 mm W x 16 mm D (0,84 in x 1,8 in x 0,6 in) Greutate 9 g (0,32 oz)</p>	 <p>Senzor ultrasunete</p>	 <p>Senzor ultrasunete</p>	<p>neuro-fuzzy</p> <p>Genetic Algorithm</p> <p>Algoritmul de optimizare a roiurilor de particule</p> <p>Algoritm de optimizare a coloniilor de furnici</p> <p>Modulul de navigație cu ajutorul balizelor</p> <p>Specificații și caracteristici ale tipurilor de senzori folosiți în navigație</p> <p>Tipuri de senzori ultrasonici</p> <p>Modulul senzor de ultrasunete tip A</p> <p>Tipuri de senzor LiDAR</p> <p>Modul senzor LiDAR – tip B</p>
<p>Modulul de navigație cu LiDAR și Camera^{1,2}</p> <p>¹din metodele încercate</p>	<p>Senzor LiDAR</p>  <p>Dimensiuni 76mm x76mm x41mm Greutate 190g</p>	 <p>LiDAR</p>	 <p>LiDAR</p>	<p>Câmpul senzor artificial</p> <p>Dijkstra</p> <p>A star</p> <p>LiDAR</p> <p>Marker fiducial</p> <p>Tehnicilor de navigație a</p>



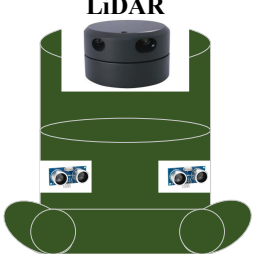
<p>se va stabili cea mai potrivita scopului propus.</p> <p>²toate metodele sunt trecute sub rezerva modificărilor</p> <p>fără preaviz in etapele de proiectare – realizare</p>	<p>Distanța 0,2 – 18m, Bazat pe obiecte albe cu o reflectivitate de 70%</p> <p>Gama unghiulară 0-360 Grade</p> <p>Rezoluția la distanță <0.5mm</p> <p>Rezoluție unghiulară 0,45 ~ 1,35 grade, tipic 0,9 grade</p> <p>Durata probei 0.25ms</p> <p>Frecvența eşantionului 2000~8000Hz, Tipic 4000Hz,</p> <p>Scan Rate 5~15Hz, Tipic 10Hz,</p>			<p>aplicațiilor pentru vehicule ghidate autonome</p> <p>Tehnică logică fuzzy:</p> <p>Hibridizarea logicii fuzzy și a algoritmilor de roi</p> <p>Tehnici de rețea neuronală pentru navigația robotului mobil</p> <p>Integrarea rețelelor neuronale și a</p>
	<p>Senzor Camera Kinect</p>  <p>Depth range(meter) 0.6m-8m</p> <p>Power consumption 2.5W Max, Peak current is less than 500mA</p> <p>Color image resolution 1280×720@30FPS 640×480@30FPS 320×240@30FPS</p> <p>Depth image resolution</p> <p>Size(mm) 165×40×30mm</p> <p>Precision ±1-3mm@1m</p> <p>Color FOV H66.1°V40.2°</p>			<p>algoritmilor de roi</p> <p>Hibridizarea tehnicilor neuro-fuzzy</p> <p>Genetic Algorithm</p> <p>Algoritmul de optimizare a roiurilor de particule</p> <p>Algoritm de optimizare a coloniilor de furnici</p> <p>Specificații și caracteristici ale tipurilor de senzori folosiți in navigație</p> <p>Modulul de navigație cu LiDAR si Camera</p>



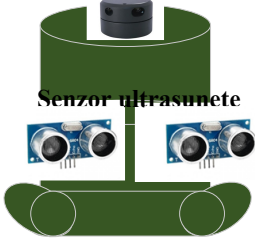

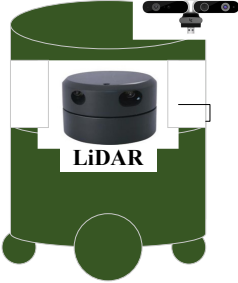
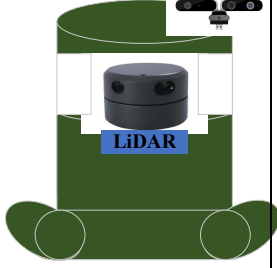
	<p>Depth FOV H58.4°V45.5°</p> <p>Delay(ms) 30-45</p> <p>data transmission USB2.0 or above</p> <p>Support operating system Android/Linux/Windows7/8/10/ROS</p> <p>Supply power USB</p>			<p>Tipuri de senzori LiDAR</p> <p>Modul senzor LiDAR – tip B</p> <p>Tipuri de senzor kinetic</p> <p>Modul senzor kinetic – tip A</p>
<p>Modulul de navigație utilizat LiDAR + GIS^{1,2}</p> <p>¹din metodele încercate se va stabili cea mai potrivita scopului propus.</p> <p>²toate metodele sunt trecute sub rezerva modificărilor or fara preazviz in etapele de proiectare – realizare</p>	<p>Senzor LiDAR</p>  <p>Dimensiuni 76mm x76mm x41mm</p> <p>Greutate 190g</p> <p>Distanța 0,2 – 18m, Bazat pe obiecte albe cu o reflectivitate de 70%</p> <p>Gama unghiulară 0-360 Grade</p> <p>Rezoluția la distanță <0.5mm</p> <p>Rezoluție unghiulară 0,45 ~ 1,35 grade, tipic 0,9 grade</p> <p>Durata probei 0.25ms</p> <p>Frecvența eșantionului 2000~8000Hz, Tipic 4000Hz,</p> <p>Scan Rate 5~15Hz, Tipic 10Hz,</p>			<p>Câmpul artificial</p> <p>Dijkstra</p> <p>A star</p> <p>LiDAR</p> <p>Marker fiducial</p> <p>Tehnicilor de navigație a aplicațiilor pentru vehicule ghidate autonome</p> <p>Cinematică și analiză dinamică a robotului mobil</p> <p>Navigarea cu GPS</p> <p>Tehnică logică fuzzy:</p> <p>Hibridizarea logicii fuzzy și a algoritmilor de roi</p>



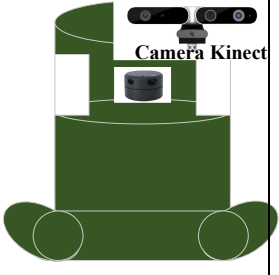
	<p>Senzor GPS</p>  <p>Receiver type 50-channel u-blox 6 engine GPS L1 C/A code SBAS: WAAS, EGNOS, MSAS</p> <p>Navigation update rate up to 5 Hz</p> <p>Accuracy1 Position 2.5 m CEP SBAS 2.0 m CEP</p> <p>Acquisition1 Cold starts: 26 s Aided starts2: 1 s Hot starts: 1 s</p> <p>Sensitivity3 Tracking: -162 dBm Cold starts: -148 dBm Hot starts: -157 dBm</p>			<p>Tehnici de rețea neuronală pentru navigația robotului mobil</p> <p>Integrarea rețelelor neuronale și a algoritmilor de roi</p> <p>Hibridizarea tehnicilor neuro-fuzzy</p> <p>Algoritm de optimizare a roii de particule</p> <p>J3.1.3.Algoritm de optimizare a coloniilor de furnici</p> <p>Modulul de navigatie utilizand LiDAR + GIS</p>
	<p>Senzor IMU</p> <p>Accelerometru / magnetometru cu 3 axe FXOS8700</p> <p>Tensiune 2-3.6V</p> <p>Accelerometru $\pm 2 \text{ g} / \pm 4 \text{ g} / \pm 8 \text{ g}$</p> <p>Magnetometru $\pm 1200 \mu\text{T}$</p> <p>Output 1.563 Hz - 800 Hz</p> <p>Rezolutie ADC 14 biti pentru accelerometru 16 biti pentru magnetometru</p> <p>FXAS21002 Gyroscop 3-axe</p> <p>Tensiune de alimentare 2-3.6V</p> <p>Gyroscop $\pm 250 / 500 / 1000 / 2000 \text{ }^\circ / \text{s}$</p> <p>Output 12,5 - 800 Hz</p> <p>Rezolutie 16 biti</p>			<p>Specificații și caracteristici ale tipurilor de senzori folosite in navigatie</p> <p>Modulul de navigatie cu LiDAR si Camera</p> <p>Tipuri de senzori LiDAR</p> <p>Modul senzor LiDAR – tip B</p>


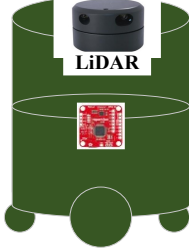
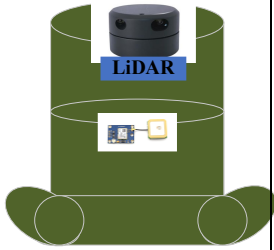
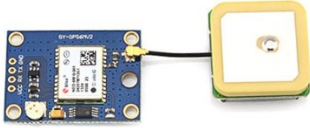
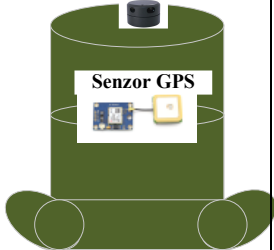
				<p>Tipuri de senzori de IMU</p> <p>Modul senzor inerțiali – tip B</p> <p>Tipuri de senzori de GPS</p> <p>Modul senzor GPS – tip B</p>
<p>Caracteristici de siguranță</p> <p>1,2</p> <p>din metodele încercate se va stabili cea mai potrivita scopului propus.</p> <p>toate metodele sunt trecute sub rezerva modificărilor fara preaviz in etapele de proiectare - realizare</p>	<p>Senzor infrarosu</p> <p>Specificatii Tehnice</p> <p>Unghiul de vizualizare 35 °</p> <p>Tensiune de funcționare 3,0V - 6,0V</p> <p>Domeniu de detectare 2cm - 60cm</p> <p>Dimensiunea plăcii 3,1 cm (L) x 1,4 cm (W)</p> <p>Tipuri de conexiunii USB Backboard: USB 2.0 Micro-B</p> <p>I2C/UART Backboard: DF13-7p connector</p> <p>Greutate 9 g (incl. backboard)</p> <p>Temperatura de Operare -20° C to 75° C</p> <p>Nivel activ de ieșire Ieșiri in modulatie nivel logic scăzut atunci când este detectat obstacol</p> <p>Nivel de ieșire inactiv Ieșiri in modulatie Nivel logic ridicat atunci când obstacolul nu este detectat</p> <p>Consum curent 3,3 V: ~ 23 mA 5,0 V: ~ 43 mA</p>	 <p>Senzor infrarosu</p>	<p>Caracteristici de siguranță</p> <p>Specificații și caracteristici ale tipurilor de senzori folositi in navigatie</p> <p>Tipuri de senzori infrarosi</p> <p>Modulul senzor infrarosu tip A</p>	




4.1.2 Specificația tehnică pentru un model utilizat in medii cu bruiaj GNSS

Navigație	Element	Indoor	Outdoor	Nota
<p>Modulul de navigație cu ajutorul balizelor^{1,2}</p> <p>¹din metodele incercate se va stabili cea mai potrivita scopului propus.</p> <p>²toate metodele sunt trecute sub rezerva modificarilor fara preaviz in etapele de proiectare - realizare</p>	<p>Senzor LiDAR</p>  <p>Dimensiuni 76mm x76mm x41mm</p> <p>Greutate 190g</p> <p>Distanța 0,2 - 18m, Bazat pe obiecte albe cu o reflectivitate de 70%</p> <p>Gama unghiulară 0-360 Grade</p> <p>Rezoluția la distanță <0.5mm</p> <p>Rezoluție unghiulară 0,45 ~ 1,35 grade, tipic 0,9 grade</p> <p>Durata probei 0.25ms</p> <p>Frecvența eșantionului 2000~8000Hz, Tipic 4000Hz,</p> <p>Scan Rate 5~15Hz, Tipic 10Hz,</p>			<p>Câmpul potențial artificial</p> <p>Dijkstra</p> <p>A star</p> <p>LiDAR</p> <p>Marker fiducial</p> <p>Tehnicilor de navigație a aplicațiilor pentru vehicule ghidate autonome</p> <p>Tehnică logică fuzzy:</p> <p>Hibridizarea logicii fuzzy și a algoritmilor de roi</p> <p>Tehnici de rețea neuronală pentru navigația robotului mobil</p> <p>Integrarea rețelelor neuronale și a algoritmilor de roi</p> <p>Hibridizarea tehnicilor neuro-fuzzy</p> <p>Genetic Algorithm</p>

	<p>Senzor ultrasunete</p>  <p>Tensiunea de alimentare +5 VDC Unghiul de măsurare 30 de grade Frecvență ultrasunete 42 KHz Curent de alimentare 30 mA tip; 35 mA max Comunicare impuls TTL pozitiv Pachet: SIP cu 3 pini, spațiere de 0,1" (masă, putere, semnal) Temperatura de funcționare 0 - 70 ° C. Dimensiune 22 mm H x 46 mm W x 16 mm D (0,84 in x 1,8 in x 0,6 in) Greutate 9 g (0,32 oz)</p>	 <p>Senzor ultrasunete</p>	 <p>Senzor ultrasunete</p>	<p>Algoritmul de optimizare a roii de particule</p> <p>Algoritmul de optimizare a coloniilor de furnici</p> <p>Modulul de navigație cu ajutorul balizelor</p> <p>Specificații și caracteristici ale tipurilor de senzori folosiți în navigație</p> <p>Tipuri de senzori ultrasonici</p> <p>Modulul senzor de ultrasunete tip A</p> <p>Tipuri de senzori LiDAR</p> <p>Modul senzor LiDAR – tip B</p>
<p>Modulul de navigație cu LiDAR și Camera^{1,2}</p> <p>¹din metodele încercate se va stabili cea mai potrivită scopului propus.</p> <p>²toate metodele sunt trecute sub rezerva modificărilor fără</p>	<p>Senzor LiDAR</p>  <p>Dimensiuni 76mm x76mm x41mm Greutate 190g Distanță 0,2 - 18m, Bazat pe obiecte albe cu o reflectivitate de 70% Gama unghiulară 0-360 Grade Rezoluția la distanță <0.5mm</p>	 <p>LiDAR</p>	 <p>LiDAR</p>	<p>Câmpul potențial artificial</p> <p>Dijkstra</p> <p>A star</p> <p>LiDAR</p> <p>Marker fiducial</p> <p>Tehnicilor de navigație a aplicațiilor pentru vehicule ghidate autonome</p> <p>Tehnică logică fuzzy:</p>

<p>preazviz in etapele de proiectare - realizare</p>	<p>Rezoluție unghiulară 0,45 ~ 1,35 grade, tipic 0,9 grade</p> <p>Durata probei 0.25ms</p> <p>Frecvența eșantionului 2000~8000Hz, Tipic 4000Hz,</p> <p>Scan Rate 5~15Hz, Tipic 10Hz,</p>			<p>Hibridizarea logicii fuzzy și a algoritmilor de roi</p> <p>Tehnici de rețea neuronală pentru navigația robotului mobil</p>
	<p>Senzor Camera Kinect</p>  <p>Depth range(meter) 0.6m-8m</p> <p>Power consumption 2.5W Max, Peak current is less than 500mA</p> <p>1280×720@30FPS</p> <p>Color image resolution 640×480@30FPS</p> <p>320×240@30FPS</p> <p>Depth image resolution</p> <p>Size(mm) 165×40×30mm</p> <p>Precision ±1-3mm@1m</p> <p>Color FOV H66.1°V40.2°</p> <p>Depth FOV H58.4°V45.5°</p> <p>Delay(ms) 30-45</p> <p>data transmission USB2.0 or above</p> <p>Support operating system Android/Linux/Windows7/8/10/ROS</p> <p>Supply power USB</p>			<p>Integrarea rețelelor neuronale și a algoritmilor de roi</p> <p>Hibridizarea tehnicilor neuro-fuzzy</p> <p>Genetic Algorithm</p> <p>Algoritmul de optimizare a roiurilor de particule</p> <p>Algoritm de optimizare a coloniilor de furnici</p> <p>Specificații și caracteristici ale tipurilor de senzori folosiți în navigație</p> <p>Modulul de navigație cu LiDAR și Camera</p> <p>Tipuri de senzori LiDAR</p> <p>Modul senzor LiDAR – tip B</p> <p>Tipuri de Senzor kinetic</p> <p>Modul senzor kinetic – tip A</p>

<p>Modulul de navigatie utilizant LiDAR + GIS^{1,2}</p> <p>¹din metodele incercate se va stabili cea mai potrivita scopului propus.</p> <p>²toate metodele sunt trecute sub rezerva modificarilor fara preaviz in etapele de proiectare - realizare</p>	<p>Senzor LiDAR</p> 			<p>Câmpul potențial artificial</p> <p>Dijkstra</p> <p>A star</p> <p>LiDAR</p> <p>Marker fiducial</p> <p>Tehnicilor de navigație a aplicațiilor pentru vehicule ghidate autonome</p> <p>Cinematică și analiză dinamică a robotului mobil</p> <p>Navigarea cu GPS</p> <p>Tehnică logică fuzzy:</p> <p>Hibridizarea logicii fuzzy și a algoritmilor de roi</p>
	<p>Senzor GPS</p> 	<p>Receiver type</p> <p>Navigation update rate</p> <p>Accuracy¹</p> <p>Acquisition¹</p>	<p>50-channel u-blox 6 engine GPS L1 C/A code SBAS: WAAS, EGNOS, MSAS up to 5 Hz</p> <p>Position 2.5 m CEP SBAS 2.0 m CEP</p> <p>Cold starts: 26 s Aided starts²: 1 s Hot starts: 1 s</p>	

	<p>Sensitivity3 Tracking: -162 dBm Cold starts: -148 dBm Hot starts: -157 dBm</p>			<p>Algoritm de optimizare a coloniilor de furnici</p> <p>Modulul de navigatie utilizand LiDAR + GIS</p> <p>Specificatii și caracteristici ale tipurilor de senzori folositi in navigatie</p> <p>Modulul de navigatie cu LiDAR si Camera</p>
	<p>Senzor IMU</p> <p>Accelerometru / magnetometru cu 3 axe FXOS8700</p> <p>Tensiune 2-3.6V</p> <p>Accelerometru ± 2 g / ± 4 g / ± 8 g</p> <p>Magnetometru ± 1200 μT</p> <p>Output 1.563 Hz - 800 Hz</p> <p>Rezolutie ADC 14 biti pentru accelerometru 16 biti pentru magnetometru</p> <p>FXAS21002 Gyroscop 3-axe</p> <p>Tensiune de alimentare 2-3.6V</p> <p>Gyroscop ± 250/ 500/ 1000/ 2000 ° / s</p> <p>Output 12,5 - 800 Hz</p> <p>Rezolutie 16 biti</p>			<p>Tipuri de senzori LIDAR</p> <p>Modul senzor LiDAR – tip B</p> <p>Tipuri de senzori de IMU</p> <p>Modul senzor inerțiali - tip B</p> <p>Tipuri de senzori de GPS</p> <p>Modul senzor GPS – tip B</p>
<p>Caracteristici de siguranță 1,2</p> <p>1din metodele incercate se va stabili cea mai potrivita</p>	<p>Senzor infrarosu</p> <p>Specificatii Tehnice</p> <p>Unghiul de vizualizare 35 °</p> <p>Tensiune de funcționare 3,0V - 6,0V</p> <p>Domeniu de detectare 2cm - 60cm</p> <p>Dimensiunea plăcii 3,1 cm (L) x 1,4 cm (W)</p> <p>Tipuri de conexiunii USB Backboard: USB 2.0 Micro-B I2C/UART Backboard: DF13-7p connector</p>			<p>Caracteristici de siguranță</p> <p>(J3.4Specificatii și caracteristici ale tipurilor de senzori folositi in navigatie</p> <p>Tipuri de senzori infrarosi</p> <p>Modulul senzor</p>

scopului propus. toate metodele sunt trecute sub rezerva modificărilor fara preaviz in etapele de proiectare - realizare	Greutate	9 g (incl. backboard)			infrarosu tip A
	Temperatura de Operare	-20° C to 75° C			
	Nivel activ de ieșire	Ieșiri in modulație nivel logic scăzut atunci când este detectat obstacol			
	Nivel de ieșire inactiv	Ieșiri in modulație Nivel logic ridicat atunci când obstacolul nu este detectat			
	Consum curent	3,3 V: ~ 23 mA 5,0 V: ~ 43 mA			

Caracteristici de siguranță	Lasere de scanare de siguranță	1 în față Clasa 1 Siguranță PLd conform ISO13849-1 15 m domeniu maxim 240 ° câmp vizual			Caracteristici de siguranță Caracteristici de siguranță robot Specificații și caracteristici ale tipurilor de senzori folosiți in navigatie Tipuri de senzori ultrasonici Modulul senzor de ultrasunete tip A
	Oprire de urgență	1 la panoul operatorului	1 la panoul operatorului		
	Sonar de proximitate	8 dispuse circular la 45 grade			Fiecare pereche include un emițător și un receptor care lucrează împreună
	Bara de protecție frontala	Frontala cu 3 senzori US Spate 3 senzori US 2 senzori lateral stanga si dreapta			
	Laser frontal	1 în față platformei Clasa 1 4 m domeniu maxim 126 ° câmp vizual			
	Laser lateral	Opțiune *	2 pe tuburi orizontale ale postului HMI Clasa 1		* 2 pe laturile structurii sarcinii utile , montate de utilizator

			4 m domeniu maxim 270 ° câmp vizual	
	Indicatori	Lumini mers înainte/ inapoi, cotire ca la masina	Lumini mers înainte/ inapoi, cotire ca la masina	
	Speaker	60 W max.		Caracteristici de siguranță Caracteristici de siguranță difuzor

4.2 Identificarea modulelor de navigație pentru roboti

Un robot autonom inteligent este indispensabil într-o varietate de domenii, precum spațiul, transportul, industria și apărarea [1]. Roboții mobili au capacitatea de a îndeplini o gamă diversă de sarcini, cum ar fi manipularea materialelor, salvarea în caz de dezastre, patrularea și misiunile de salvare. Prin urmare, se impune dezvoltarea unui robot autonom capabil să se deplaseze liber într-un mediu static sau dinamic. Scopul principal al navigației robotului mobil constă în realizarea unei deplasări fluide și sigure de la poziția de pornire la poziția obiectivului, urmărind o cale sigură și optimizând lungimea traseului. Această problemă a fost abordată printr-o varietate de tehnici de către cercetători, în efortul lor de a planifica căile de navigație ale roboților.

Navigarea robotului mobil reprezintă o provocare esențială în domeniul roboticii, cu accent deosebit pe planificarea traseului, cea mai proeminentă și esențială componentă a navigației autonome a robotului mobil. În decursul ultimelor două decenii, cercetătorii au focalizat atenția asupra planificării căilor, dezvoltând diverse metode pentru a rezolva această problemă. Planificarea căii presupune determinarea unei rute fără coliziuni de la un punct la altul, cu reducerea simultană a costului total asociat acestei căi.

În funcție de caracteristicile mediului, planificarea traseului poate fi împărțită în mediu static și dinamic. Dacă obstacolele își modifică poziția în timp, aceasta constituie planificare statică a traseului, iar dacă obstacolele își schimbă atât poziția, cât și orientarea în timp, atunci vorbim despre planificare dinamică a căilor. Aceste aspecte pot fi clasificate în algoritmi online și offline.

În planificarea traseului online, informațiile despre împrejurimi sunt colectate de la senzorul local separat instalat pe robot. Utilizând aceste informații, robotul construiește harta mediului din datele furnizate de senzorii locali. În contrast, în planificarea traseului offline, robotul dispune deja de informații complete despre mediul înconjurător, eliminând necesitatea senzorilor. Pentru a asigura o navigare satisfăcătoare, au fost propuse numeroase strategii până în prezent.

Navigarea poate fi împărțită în două tipuri: Navigație globală și locală. Pentru tipul de navigație globală, ar trebui să se cunoască cunoștințele anterioare despre mediu, care este, de asemenea, numit modul „off-line” pentru planificarea traseului, de exemplu: algoritmul Dijkstra [1], algoritmul A * [2], graficul de vizibilitate [3], Metoda câmpului cu potențial artificial [4] și metoda descompunerii celulare [5].

Pentru navigația locală, cunoscută și ca mod „on-line” pentru planificarea traseului în care robotul decide poziția și orientarea și poate controla mișcarea utilizând senzori echipați extern, de exemplu: senzor cu infraroșu, cu ultrasunete senzorul, laserul și senzorul de viziune (camera) pot fi utilizate pentru a corecta automat orientarea robot prin intermediul software-ului, alte tehnici implică rețelele neurale [6], Fuzzy logic [7], Neuro Fuzzy [8], PSO [9], GA [10] și ACO [11].

PSO [9]: Particle Swarm Optimization este un algoritm de optimizare bazat pe un model matematic inspirat din comportamentul social al unui roi de păsări sau pești. Particulele în algoritm se mișcă în spațiul de căutare și ajustează pozițiile pentru a găsi soluții optime.

GA [10]: Genetic Algorithms (Algoritmi Genetici) sunt o metodă de optimizare inspirată de procesele de selecție naturală și moștenire genetică din biologie. Algoritmii genetici utilizează concepte precum selecția naturală, împerecherea și mutația pentru a genera și optimiza soluții.

ACO [11]: Ant Colony Optimization (Optimizare prin Coloane de Furnici) este un alt algoritm de optimizare inspirat de comportamentul colectiv al coloniilor de furnici. Furnicile lasă în urmă substanțe chimice numite feromoni pentru a marca traseele optime între resurse și cuibul. Algoritmul utilizează această idee pentru a găsi soluții optime în spațiul de căutare.

În contextul navigației robotice, aceste tehnici pot fi utilizate pentru a optimiza traseele, a lua decizii privind direcțiile de deplasare sau pentru a ajusta parametrii sistemelor de navigație în funcție de condițiile și cerințele specifice.

4.3 Analiza metodelor de navigație globala

4.3.1 Câmpul potențial artificial

Câmpul Potențial Artificial (APF) reprezintă o tehnică de navigație inspirată din natură. Conceptul de bază al APF constă în umplerea mediului înconjurător al robotului cu un câmp de potențial artificial, în care obstacolele sunt respinse prin aplicarea unei forțe respingătoare, în timp ce robotul este atras către obiectiv printr-o forță atractivă. Acest câmp potențial depinde de două tipuri de forțe, și anume, forța atractivă și cea respingătoare. Obiectivul generează forța atractivă, orientând robotul către acesta, pe când obstacolele generează forța respingătoare, care este invers proporțională cu distanța dintre robot și obstacole, împingând robotul departe de acestea. În cadrul câmpului APF, robotul se deplasează de la un potențial înalt la unul scăzut pentru a atinge obiectivul propus.

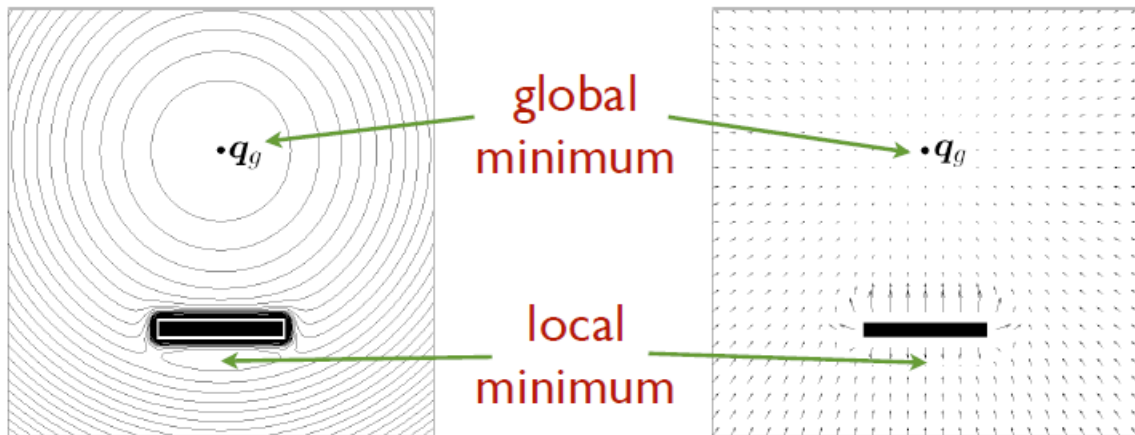


Figura 1 Câmpul de potențial artificial [12]

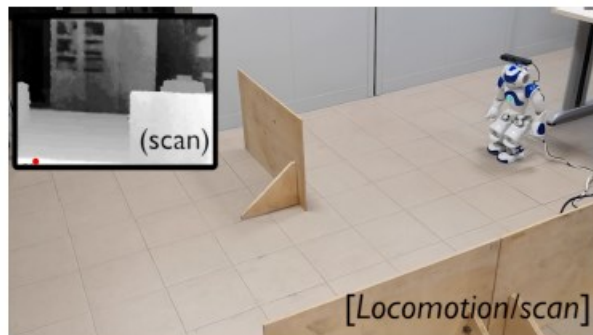


Figura 2 Roboți care se mișcă în formă de uniciclu [12]

4.3.1.1 Dijkstra

Metoda de căutare a traiectoriilor este recunoscută ca fiind cea mai simplă abordare pentru determinarea căilor pentru un robot. Această metodă este bine definită și eficientă, necesitând mai puțin timp și complexitate în calculul identificării unei căi neobstrucționate. Mediul este modelat specific pentru robot, iar calea este reprezentată printr-o linie conectată prin noduri, facilitând accesul robotului către destinație. Procesul se repetă până când se obține o soluție optimă, de la un nod la altul. Odată ce robotul atinge ținta dorită, acesta poate să se deplaseze către o nouă locație. Algoritmul Dijkstra este considerat o metodă de căutare a modelelor care rezolvă problema găsirii celei mai scurte căi în hărți fara muchii non-negative. Acesta este utilizat pentru determinarea căilor de la un singur punct la o destinație specifică.

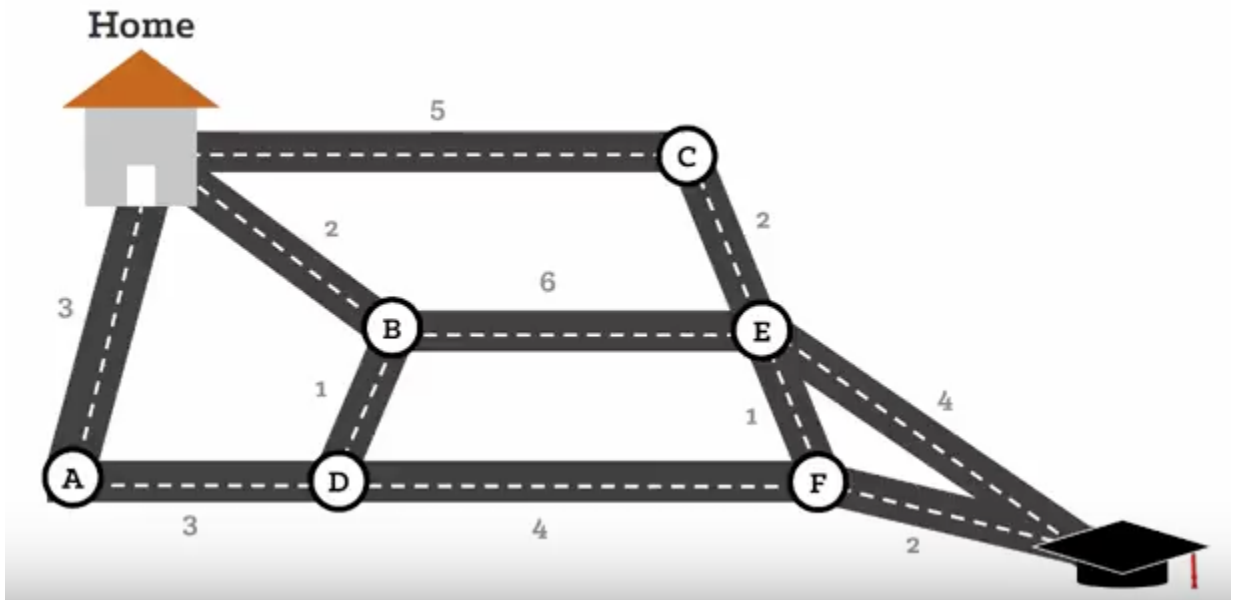


Figura 3 Un model de grafic ponderat care reprezintă drumurile între doua puncte in spațiu.

4.3.1.2 A*

A* este un algoritm de căutare utilizat în identificarea căilor. Acesta explorează continuu locațiile neexplorate dintr-un graf. Toate locațiile sunt căutate în graf până când se atinge locația țintă, moment în care algoritmul se oprește. În cazul în care ținta nu este atinsă, algoritmul determină toți vecinii pentru explorare, în căutarea celei mai scurte căi. Algoritmul A* este

recunoscut pentru eficacitatea sa în căutarea de căi, fiind des folosit în aplicații precum jocurile video [13] [14].

4.3.2 Analiza metodelor de navigație locala

4.3.2.1 LiDAR

În cadrul tehnicilor de navigație locală, senzorii sunt adesea utilizați pentru a monitoriza și controla orientarea precum și poziția robotului. În acest context, senzorul LiDAR este o opțiune frecventă, având aplicații extinse în automatizare.

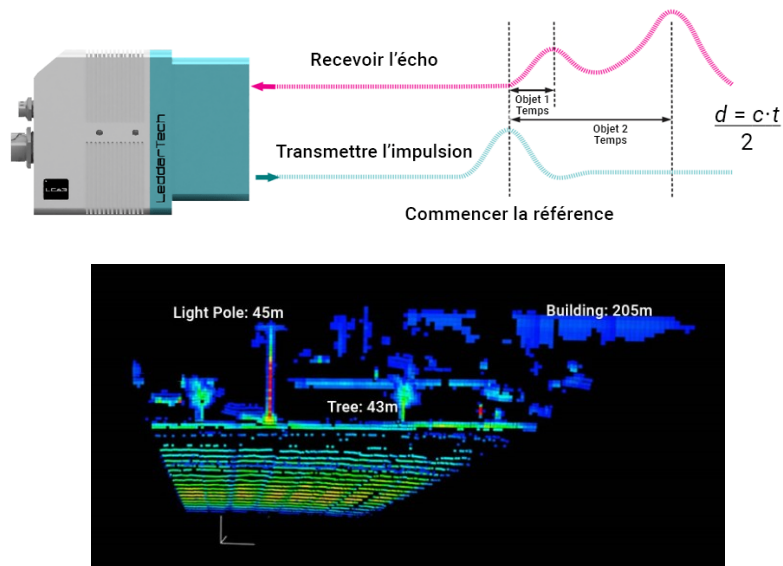


Figura 4 Mapare LiDAR

LiDAR funcționează independent în comparație cu sistemul GPS, având astfel capacitatea de a cartografia mediul înconjurător. Atunci când este asociat cu alți senzori, LiDAR poate furniza rezultate îmbunătățite.

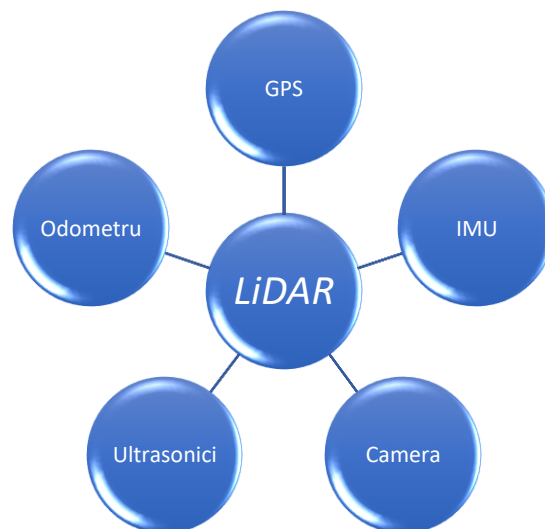


Figura 5 LiDAR asociat cu alți senzori.

4.3.2.2 Markerul fiducial

Un marker fiducial este un indicator artificial cu caracteristici geometrice prestabilite, proiectat pentru a se distinge de obiectele naturale și de alți markeri. Detectarea acestora se realizează în mod obișnuit prin captarea de înregistrări video ale markerelor cu ajutorul camerelor optice, urmată de analiza imaginii pentru a determina poziția relativă a markerului față de camera respectivă.

Marcatorii fiduciali unici trebuie plasați în locații strategice de-a lungul traseului de navigație a robotului (de exemplu, în coridoare, la intrările în camere etc.) pentru a forma o hartă a rețelei de marcatori (MNM). Acești markere acționează ca repere, iar locațiile strategice pot include capătul coridoarelor, intersecțiile holurilor și intrările în camere. Odată stabilite aceste poziții, se poate genera o rețea grafică $G = \{N, E\}$, unde N reprezintă nodurile ce reprezintă locațiile markerelor, iar E reprezintă legăturile marginale care conectează aceste noduri (de exemplu, coridoare și scări). Rețeaua formată astfel poate fi utilizată pentru a determina căile optime prin clădire și, ulterior, pentru navigația autonomă a roboților.

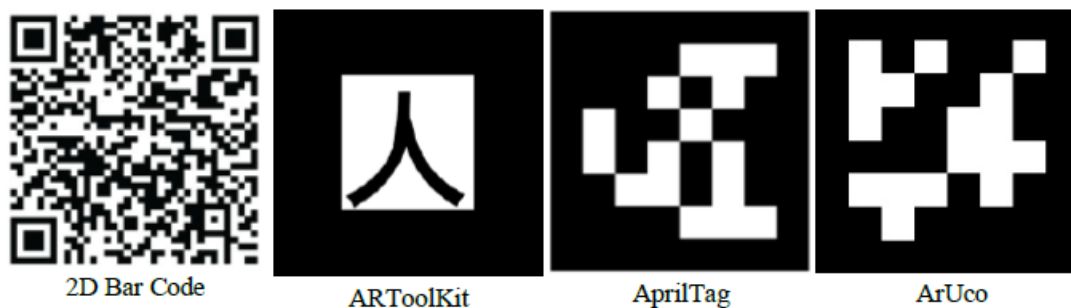


Figura 6 Diferite tipuri de markeri

4.3.2.3 Histogramă de câmp vector

Histograma de Câmp Vector (Vector Field Histogram - VFH) reprezintă o altă metodă utilizată pentru navigația locală, abordând problema planificării traseelor pentru roboții mobili. Conceptul VFH se inspiră din metoda Câmpului de Forțe Virtuale (VFF). Așa cum sugerează și numele, aceasta operează într-un domeniu, unde obstacolele detectate la o anumită distanță de vehicul aplică o forță respingătoare asupra acestuia pentru a se distanța de obstacole, în timp ce o forță atractivă îl îndreaptă către punctul țintă.

VFH utilizează o grilă radar asemănătoare cu o rețea de siguranță, unde obstacolele identificate de senzori contribuie la valoarea de siguranță asociată coordonatelor corespunzătoare din rețeaua de siguranță. Astfel, o valoare mai mare a certitudinii indică prezența reală a unui obiect detectat în domeniul sensorului. În timp real, grila este actualizată în mod continuu, făcând această metodă potrivită pentru detectarea obiectelor în mișcare rară.

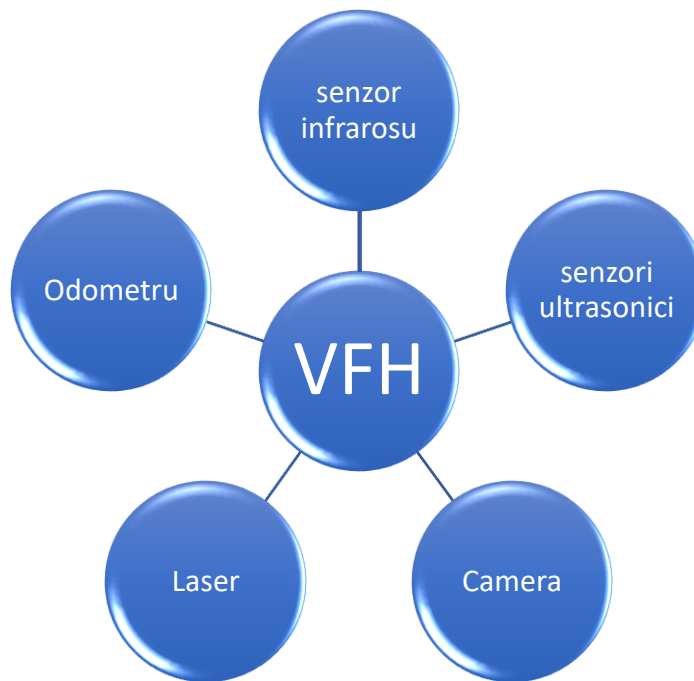


Figura 7 Senzori folosiți în VFH.

4.3.2.4 Tehnicilor de navigație a aplicațiilor pentru vehicule ghidate autonome

Sistemul Autovehiculului Ghidat (AGV) poate fi clasificat în două categorii distincte în funcție de numărul de unități de încărcare pe care le poate transporta simultan: o singură unitate de încărcare sau încărcare multiplă.

În cadrul unui sistem de încărcare unică, o sarcină este definită ca o singură unitate, transportând vehiculul de la punctul său de preluare la punctul de predare. Astfel, vehiculul parcurge distanța de la poziția sa inițială la locul de încărcare pentru a prelua încărcătura și apoi revine la destinația de predare. În timpul desfășurării acestei sarcini, vehiculul nu este afectat de alte sarcini.

În contrast, în cadrul unui sistem de încărcare multiplă, vehiculele încărcate pot fi întrerupte în timpul sarcinilor lor pentru a prelua încărcături suplimentare. Alocarea vehiculului pentru o altă sarcină poate afecta atât sarcina curentă, cât și cea suplimentară pe care vehiculul urmează să o transporte. Prin urmare, este imperativ să se introducă parametri specifici în controler pentru planificarea și programarea sarcinilor, astfel încât să se determine alocarea optimă a vehiculului în transportul sarcinilor.

Sistemul poate fi clasificat în sistem direct, relativ și absolut, în funcție de tipul de sistem utilizat. Această delimitare aduce claritate asupra caracteristicilor și a funcționalităților sistemului AGV utilizat în contextul specific al încărcării unitare sau multiple.

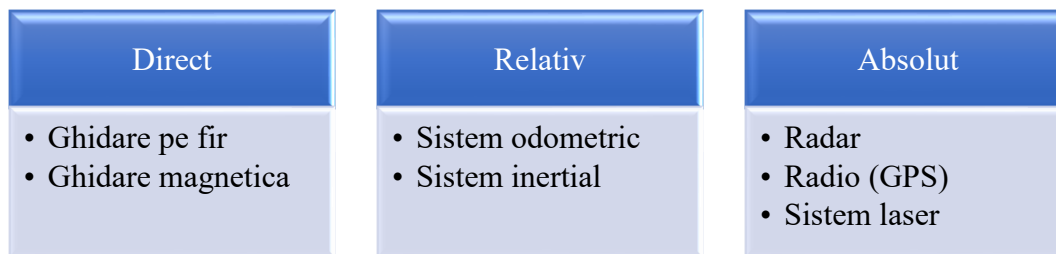


Figura 8 Diviziunea sistemului de navigație.

Tip cu fir	<p>Navigationa de tip cu fir foloseste un slot sau fir care este taiat si plasat sub suprafata. Un senzor este instalat in partea de jos a AGV, care detecteaza pozitia in functie de semnalul radio transmis la cablu, informatiile sunt utilizate pentru circuitul de directie, care ajuta AGV sa urmeze calea.</p>
Tipul ghidajului	<p>In cazul senzorului de tip ghidare, vehiculul isi urmeaza traseul pe banda sau linia vopsita, utilizand o camera pentru orientare. Informatiile sunt transferate prin intermediul comunicarii radio. Principala facilitate a acestei metode de ghidare consta in posibilitatea mutarii si eliminarii traseului in orice loc dorit.</p>
Tipul laser	<p>Navigationa cu laser este recunoscuta ca fiind cea mai eficienta tehnica de evitare a obstacolelor si urmarire a traseului. Aceasta metoda nu necesita fire, sine sau urme pentru deplasarea sa.</p>
Gyro	<p>Navigationa poate fi realizata prin intermediul unui sistem de control al computerului, care atribuie si directioneaza sarcinile catre vehicul. Pentru acest scop, se utilizeaza transpondere ingropate sub podea, sprijinind vehiculul in verificarea pozitiei si orientarii sale. Aceasta forma de navigatie este implementata cu ajutorul senzorului giroscopic. Prin combinarea senzorului laser si a masuratorilor giroscopice, se obtine o alta metoda pentru determinarea intervalului de navigatie.</p>
Camera	<p>AGV-urile bazate pe viziune utilizeaza camere pentru a captura caracteristicile mediului inconjurator si iau decizii bazate pe aceste caracteristici pentru a-si ghida miscarile. Aceste decizii pot include identificarea si evitarea obstacolelor, precum si urmarirea unei rute planificate. AGV-urile bazate pe viziune beneficiaza de capacitatea de a procesa informatiile vizuale pentru a naviga si a efectua sarcini specifice in medii variate.</p>

Figura 9 Diviziunea sistemului de navigatie.

4.3.2.5 Metodele aplicate in sistemul de navigatie

Logica fuzzy are o importanta semnificativa in contextul robotului mobil si controlului autonom al vehiculului. Aceasta este eficienta in tratarea informatiilor inexacte si imprecise provenite de la masuratorile senzorilor si cunostintele euristice. Integrarea logicii fuzzy cu sistemele AGV (Autonomous Guided Vehicle) permite controlul miscarii si directiei motoarelor.

Deoarece logica fuzzy operează pe baza unui sistem de reguli, pot fi definite reguli diferite pentru a ghida AGV-ul. În cadrul procesului de fuzzificare, informațiile despre poziția vehiculului și obstacolelor sunt obținute de la senzorii utilizați pe AGV. Apoi, sunt create reguli pentru evitarea obstacolelor și planificarea traseului, care sunt ulterior integrate cu un sistem de inferență fuzzy pentru a determina direcția dorită a mișcării AGV-ului.

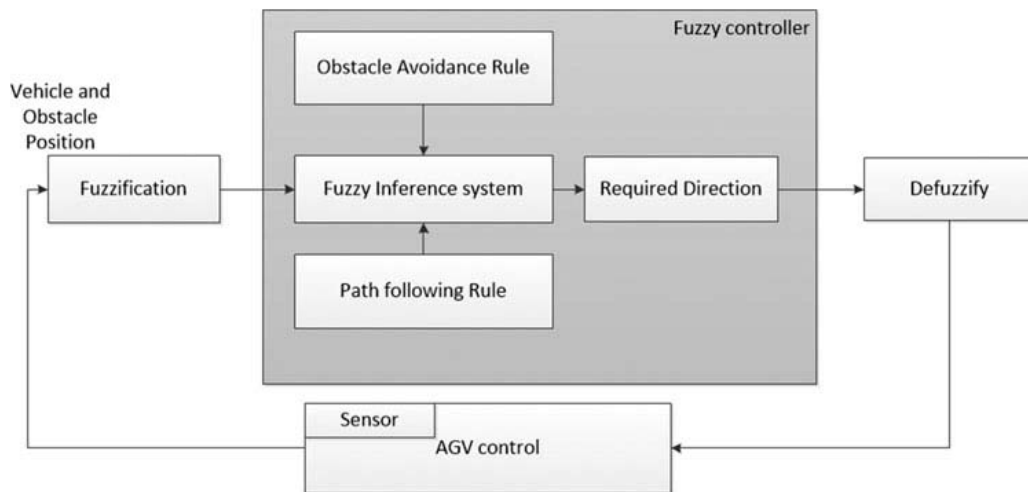


Figura 10 Bloc funcțional pentru controler fuzzy [15]

În același mod, rețelele neurale (NN) pot fi aplicate în cadrul sistemului AGV într-un mod similar. Sistemul NN se inspiră din sistemul nervos biologic, asemenea modului în care creierul procesează informațiile. Constituit din neuroni artificiali interconectați, aceștia lucrează împreună pentru a genera o ieșire specifică. Procesul de învățare al sistemului biologic implică ajustarea conexiunilor sinaptice extrem de interconectate dintre neuroni, adaptându-se la setul de date. NN-urile au tendința de a învăța din mediul înconjurător și sunt programate să dobândească cunoștințe din experiență pentru a-și îmbunătăți eficiența.

Există diverse abordări propuse de cercetători, precum cea prezentată de B. B. Abu Bakar și colaboratorii [16], care au introdus metoda de inferență Sugeno. Aceasta implică modificarea ghidajului magnetic cu senzor de linie de 8 biți într-un număr ponderat pentru a determina ieșirea dorită. Numărul ponderat este ulterior utilizat ca intrare într-un alt controler logic fuzzy pentru a obține viteza exactă necesară robotului care urmărește linia. Folosirea diferitelor tipuri de senzori ajută, de asemenea, la ghidarea robotului pentru evitarea obstacolelor și urmărirea traseului. Senzorul cu infraroșu este folosit pentru a estima poziția și pentru a evita obstacolele.

Metoda de urmărire a căii utilizează, de asemenea, tehnici ghidate de fir, unde sârma de transport a curentului este îngropată în podea, iar vehiculul se ghidează înapoi în linie cu ajutorul senzorului cu ultrasunete odată ce un obstacol este detectat. Utilizarea senzorului cu ultrasunete este considerată o abordare mai puțin sofisticată pentru evitarea și detectarea obstacolelor [17].

Julliere și colaboratorii [18] au propus o metodă de evitare a obstacolelor folosind logica fuzzy, utilizând senzori de intrare separați. Li și colaboratorii [19] au aplicat logica fuzzy pentru controlul și urmărirea traiectoriei unui robot monociclu autonom. În cazul lui Oscar și colaboratorii [20], logica fuzzy a fost discutată în contextul controlului robotului mobil educativ, pentru a evita obstacolele.

Surmann și colaboratorii [21] au dezvoltat un robot autonom capabil să gestioneze informații aproximative și incerte, fiind necesar să identifice situații de manevră în timp real. Lucrarea explorează o abordare bazată pe reguli fuzzy pentru controlul mișcării și acțiunilor unui robot autonom. Controlul și ghidarea robotului sunt realizate prin combinarea strategiilor globale și a acțiunilor locale în cadrul controlorului fuzzy.

4.3.3 Cinematică și analiză dinamică a robotului mobil

Pentru măsurarea distanței obstacolului, se utilizează patru senzori de infraroșu, iar datele referitoare la distanța acestora sunt transmise controlorului pentru a menține viteza motoarelor. Jia și colaboratorii [22] au dezvoltat un controlor fuzzy pentru gestionarea scaunului inteligent de tenis, care utilizează roți omnidirecționale și senzori de presiune.

4.3.3.1 Navigarea cu GPS

Sistemul de poziționare globală (GPS) este larg utilizat în navigație și localizare, fiind încorporat într-un număr considerabil de vehicule pentru ghidarea lor pe traseul dorit. Utilizatorul GPS poate determina direcția de deplasare în timp, împreună cu alte date precum timpul și coordonatele spațiale. Un aspect crucial în acest context îl reprezintă receptorul GPS cu 12 canale, proiectat pentru a opera la frecvența L1. Acesta urmărește și utilizează semnalul pentru a calcula și actualiza constant poziția vehiculului.

În domeniul robotic, sistemul GPS este adesea folosit pentru a poziționa și ghida roboții pe distanțe lungi. Comparând datele GPS ale robotului cu cele ale țintei, robotul determină poziția

relativă între cele două, furnizând astfel informații esențiale pentru stabilirea direcției de deplasare ulterioare a robotului.

Procesul sistemului este divizat în două componente principale: navigarea GPS și navigarea vizuală. În prima etapă, controlorul principal primește datele GPS ale destinației de la utilizator, iar robotul primește propriile date GPS și informații despre poziție de la giroscop. Apoi, controlorul combină aceste date pentru a determina poziția destinației în raport cu robotul, ghidând astfel direcția mișcării acestuia. Procedura se repetă continuu până când robotul se află la o distanță mică de țintă.

În etapa de navigare vizuală, când datele GPS ale robotului sunt aproape de destinație, acesta activează sistemul de navigație vizuală, oprind sistemul GPS. Robotul rotește cu rază zero și utilizează o cameră pentru a captura imagini și a identifica destinația prin potrivirea acestora. Acest proces asigură o abordare precisă și flexibilă pentru atingerea obiectivelor stabilite.

4.3.3.2 Navigație acustică

Un sistem de poziționare acustică subacvatică [23] reprezintă o soluție destinată urmăririi și navigației vehiculelor subacvatice sau a scafandrilor, bazată pe măsurătorile acustice ale distanței și/sau direcției și pe triangulația ulterioară a poziției. Aceste sisteme au o gamă variată de aplicații în contextul lucrărilor subacvatice, inclusiv în explorarea petrolului și gazelor, în domeniul științelor oceanului, în operațiunile de salvare, în arheologia marină, în activitățile desfășurate de forțele de ordine și în operațiuni militare.

4.3.4 Tehnici de calcul soft utilizate pentru navigarea robotului

În ultimii ani, comunitatea științifică a dezvoltat și propus o gamă diversificată de tehnici de calcul soft menite să rezolve provocările navigației robotice în medii complexe, abordând în special problema evitării obstacolelor. Aceste abordări inovatoare au fost concepute pentru a face față diverselor condiții de teren și pentru a îmbunătăți capacitatea robotilor de a se deplasa eficient și sigur. Astfel, cercetătorii au adus contribuții semnificative în direcția dezvoltării soluțiilor tehnologice care să permită roboților să navigheze autonom într-o varietate de domenii, de la explorarea spațiului la intervenții în situații de urgență și alte aplicații industriale critice.

4.3.4.1 Tehnică logică fuzzy

Are aplicații extinse în domeniul procesării semnalelor și informațiilor, ingineriei controlului, recunoașterii modelelor, luării deciziilor și în dezvoltarea sistemelor expert. Sistemele logice fuzzy generează entități inteligente independente, fiind inspirate de modul natural de raționament uman, care se bazează pe percepție.

În logica fuzzy, un set clar de valori de intrare este acumulat și transformat într-un set fuzzy, cu un set de reguli de inferență, în cadrul procesului de fuzzificare. Apoi, în etapa de defuzzificare, ieșirea generată este transformată într-un set clar utilizând funcția de apartenență.

Boubertakh și colaboratorii [24] au dezvoltat opt controlere fuzzy bazate pe reguli pentru urmărirea traseului și evitarea obstacolelor pentru roboții mobili. Într-un alt context, Yousfi și colaboratorii [25], în scopul evitării obstacolelor și navigației robotului, au implementat un controler fuzzy Takagi-Sugeno bazat pe metoda Gradient pentru a ajusta diferiți parametri ai funcției de apartenență și a obține rezultate optime în procesul de navigare.

Figueiredo și colaboratorii [26], folosind simulatorul Khepera cu agenți pentru controlul roboților, au integrat agenți bazati pe logica fuzzy. Acești agenți sunt guvernați de seturi de reguli fuzzy definite pentru controlul comportamentului fiecărui agent, care include aspecte precum unghiul de direcție, poziția robotului și valorile senzorilor. Eficiența sistemului a fost îmbunătățită prin adăugarea unui sistem de memorie, facilitând căutarea unei rute alternative în situații de blocare.

4.3.4.2 Hibridizarea logicii fuzzy și a algoritmilor de tip roi

Algabri și colab. (Algabri, Mathkour, Ramdane și Alsulaiman, 2015) au integrat tehnica logicii fuzzy cu tehnicile de calcul soft, cum ar fi NN, PSO și GA, pentru a optimiza diferenții parametri ai funcțiilor de membru pentru a îmbunătăți performanța de navigare a robotului. Au prezentat două comportamente logice fuzzy: Comportamentul de evitare a obstacolelor (AFLC) și comportamentul de mișcare către țintă (MFLC).

În Hui & Pratihari [27], au creat un controler genetic-neuronal și genetic-fuzzy pentru planificarea adaptivă a căii de navigație a robotului mobil între obstacolele dinamice. În cercetările lor, GA este utilizat pentru ajustarea greutateii funcțiilor de membru NN și fuzzy.

Selekwa și colab. [28] au dezvoltat controlerul fuzzy pentru navigația robotului într-un mediu cu obstacole profund populate. Autorii au creat doi controlori de comportament și anume căutarea de obiective și evitarea obstacolelor. Tehnica de măsurare a busolei este utilizată pentru comportamentul de căutare a obiectivelor și senzorul de identificare a distanței utilizat pentru comportamentul de evitare a obstacolelor.

4.3.4.3 Tehnici de rețea neuronală pentru navigația robotului mobil

Sistemul NN se bazează pe sistemul nervos biologic, precum creierul procesează informațiile. Este alcătuit din neuroni artificiali care se interconectează unii cu alții, lucrând împreună pentru a produce o ieșire specifică. Învățarea sistemului biologic implică ajustarea la conexiunile sinaptice foarte interconectate existente între neuroni, acestea se adaptează la setul de date. Zou și colab. [29] au prezentat studiul din literatura de specialitate a NN și a aplicațiilor acestora în domeniul roboticii.

4.3.4.4 Integrarea rețelelor neuronale și a algoritmilor de tip roi

Rossomando și Soria [30] au abordat problema urmăririi traiectoriei, prezentând un controler adaptiv NN PID. Într-un alt context, Al-Jarrah și colaboratorii [31] au propus o arhitectură probabilistică neuro-fuzzy, combinând sistemul adaptiv de inferență neuro-fuzzy (ANFIS) cu modelul de inferență Sugeno de ordinul I. Această abordare a fost utilizată pentru coordonarea mai multor roboți și planificarea căilor. Autorii au implementat metoda leader-

follower pentru controlul orientării și poziției robotului în mediu. ANFIS este responsabil pentru generarea regulilor automate din date numerice, în timp ce modelul fuzzy controlează viteza unghiulară și liniară a robotului lider și a celui care îl urmărește.

4.3.4.5 Hibridizarea tehnicilor neuro-fuzzy

Zhu și Yang [8] au propus un sistem de navigație neuro-fuzzy bazat pe reactivitate pentru roboții mobili. Au creat două comportamente, evitarea obstacolelor și căutarea obiectivelor, împreună cu 48 de reguli concepute în cadrul acestui model. Pentru a ajusta parametrii funcțiilor de apartenență, au utilizat o tehnică bazată pe NN, reducând astfel distanța căii de navigație de la punctul de plecare la destinație.

Godjevac și Steele [32] au rezolvat problema traseului pentru robotul mobil prin integrarea rețelei neuronale cu funcție de bază radială (RBFNN) și a unui controler de tip Takagi-Sugeno. În această abordare, NN reglează parametrii funcției de apartenență, în timp ce logica fuzzy gestionează incertitudinea mediului. Al Mutib și Mattar [33] au utilizat opt senzori cu ultrasunete pentru detectarea obstacolelor, propunând un sistem de navigație bazat pe senzori, care utilizează arhitectura neuro-fuzzy. Autorii au integrat această arhitectură cu o bază comportamentală pentru navigația robotului într-un mediu necunoscut. NN este folosit pentru antrenarea robotului pentru a atinge ținta, iar controlerul fuzzy este utilizat pentru reglarea vitezei robotului [34]. Kim și colaboratorii [35] au prezentat o metodă de evitare a obstacolelor pentru stabilizarea poziției robotului mobil cu roți, folosind un controler NN fuzzy de tip 2.

4.3.4.6 Genetic Algoritm

Metoda GA este un proces care simulează evoluția biologică și este utilizată pentru rezolvarea problemelor de optimizare bazate pe selecția naturală. Lamini și colaboratorii [36] au abordat problema planificării căii, sugerând un operator de crossover îmbunătățit pentru problemele de planificare a căii în mediu static. Kubota și colaboratorii [37] au folosit un controler fuzzy pentru ghidarea robotului într-un mediu dinamic și static, integrând GA pentru optimizarea lungimii căii de navigare.

4.3.4.7 Algoritm de optimizare a roiurilor de particule

PSO este o metodă de calcul, un algoritm de optimizare stocastică bazat pe populație, inspirat de comportamentul social al bancurilor de pești sau al stolurilor de păsări. Propus de J. Kennedy și R.C. Eberhard în 1995, PSO folosește funcția de fitness pentru a găsi soluții optime sau aproape optime ale problemei. Acesta constă în particule, fiecare având viteză și poziție. Fiecare particulă își ajustează viteza în funcție de experiențele colegilor săi, adaptându-și și modificându-și poziția în funcție de poziția curentă, viteza curentă și distanța față de poziția curentă.

4.3.4.8 Algoritm de optimizare a coloniilor de furnici (ACO)

ACO este un alt algoritm inspirat de sistemul biologic al comportamentului natural al furnicilor. Furnicile folosesc feromoni pentru a găsi cea mai scurtă cale între sursă și țintă, depunând feromoni pe sol pentru a ghida alți membri ai coloniei către aceeași rută. ACO este folosit, în principal, pentru evitarea obstacolelor și navigarea în diferite medii. Contreras și colaboratorii [38] au propus ACO împreună cu un algoritm evolutiv pentru rezolvarea problemei de planificare a căilor pentru roboții mobili. Ei au propus o cale sigură, lină și fără coliziuni pentru robotul mobil înconjurat de obstacole. Guan-Zheng și colaboratorii [39] au abordat planificarea căii pentru roboți, implementând algoritmul Dijkstra și algoritmul Ant Colony System (ACS). Purian și Sadeghian [40] au studiat controlul fuzzy și algoritmul ACO pentru a găsi calea optimă într-un mediu dinamic necunoscut. Algoritmul ACO determină valoarea optimă din tabelul logicii fuzzy, reducând astfel lungimea traseului între punctul de plecare și obiectivul robotului, cu capacitatea de evitare a obstacolelor.

4.4 CONCLUZII

Planificarea traseului implică o mulțime de factori care trebuie luați în considerare pentru a obține cele mai bune rezultate posibile, cum ar fi lungimea traseului, stabilitatea, eficiența și siguranța vehiculului, cu prioritate acordată acestuia. Pentru a obține cea mai bună performanță, este necesară hibridizarea algoritmilor care să ofere o combinație optimă de robustețe, timp de răspuns, precizie și eficiență în gestionarea erorilor. Cu toate acestea, sistemele hibride nu asigură întotdeauna cea mai bună performanță, astfel încât este crucial să se găsească un echilibru între factorii care fac ca un anumit algoritm să fie potrivit și eficient.

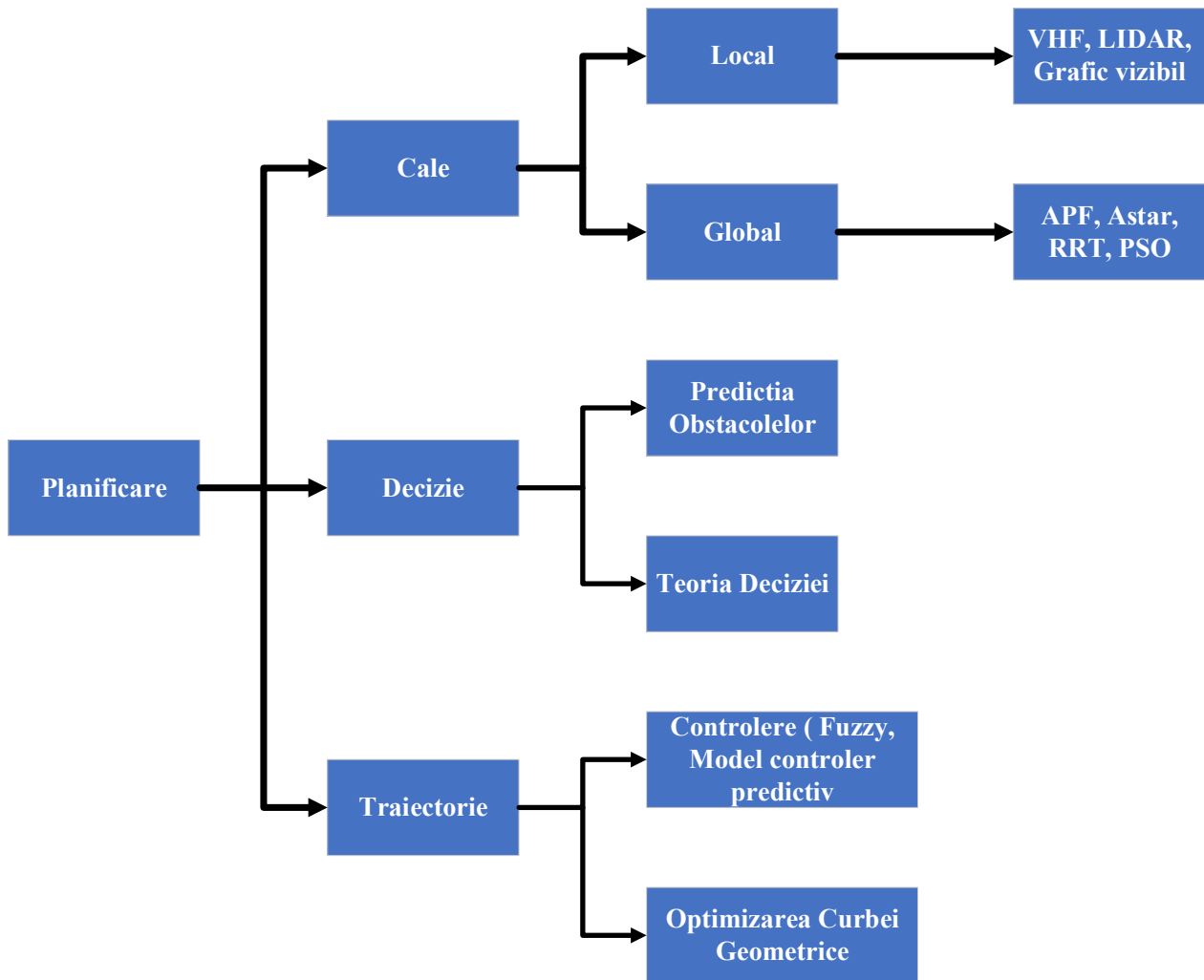



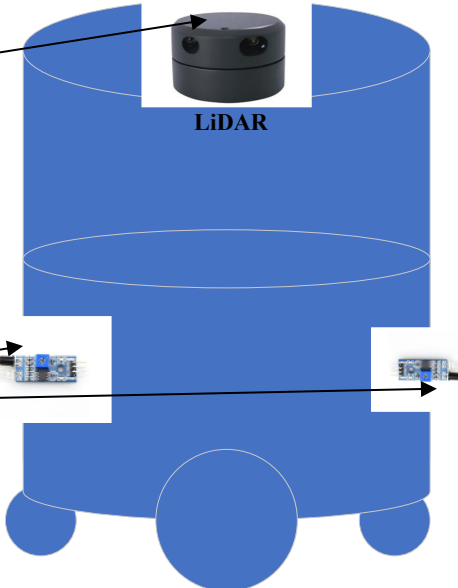

Figura 11 Arborele de clasificare pentru planificarea traseului.

5. Centralizarea specificațiilor pentru diferite module ale modelul experimentalui

5.1. Modulul de navigație cu ajutorul balizelor



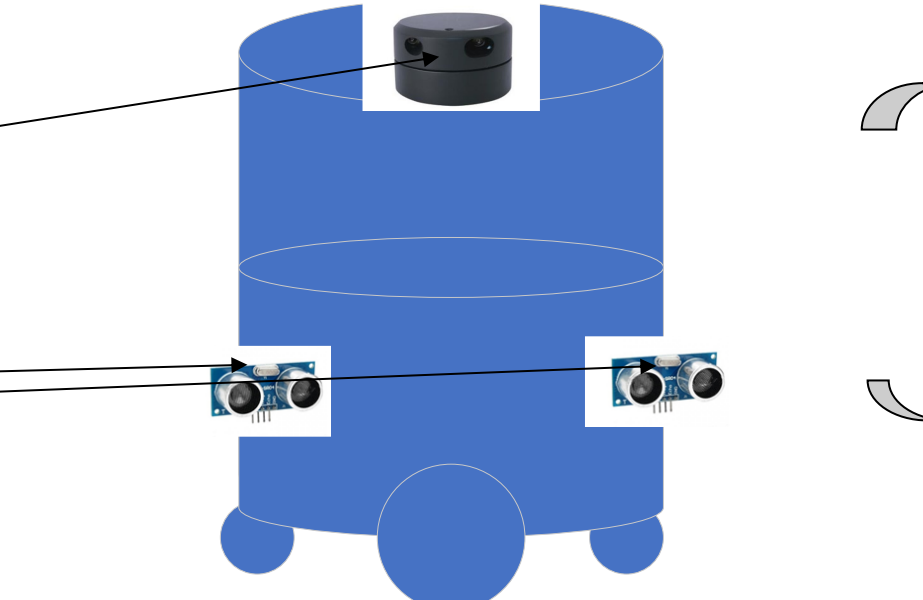


Sistemele active de navigație cu baliză reprezintă soluții frecvente în domeniul navigației, utilizate pe nave, avioane și în sistemele de robot mobil comercial. Balizele, atât active, cât și pasive, sunt detectate fiabil, furnizând informații precise de poziționare cu o prelucrare minimă. Această abordare permite rate de eșantionare ridicate și asigură o fiabilitate înaltă, însă impune costuri semnificative în ceea ce privește instalarea și întreținerea. Pentru a asigura o poziționare precisă, este esențială montarea precisă a balizelor. Din perspectiva construcției, performanțelor și costurilor, varianta constructivă 2 reprezintă alegerea optimă.

Navigatia cu ajutorul Balizelor - Varianta 1

Prelevare semnal	Amplasare senzori	Calculator punct local platforma navigare
 <p style="text-align: center;">LiDAR</p> <p style="text-align: center;">Senzor infraroșu</p>	 <p style="text-align: center;">LiDAR</p>	 <p style="text-align: center;">Calculator server central</p> <p style="text-align: center;">Mini calculator îmbarcat pe robot</p>
Tip senzor	Caracteristici minime	Nota
Senzor infrarosu	<p>Specificații Tehnice</p> <p>Unghiul de vizualizare 35 °</p> <p>Tensiune de funcționare 3,0V - 6,0V</p> <p>Domeniu de detectare 2cm - 60cm</p> <p>Dimensiunea plăcii 3,1 cm (L) x 1,4 cm (W)</p> <p>Tipuri de conexiunii USB Backboard: USB 2.0 Micro-B I2C/UART Backboard: DF13-7p connector</p>	<p>Indicator de clasificare a obstacolelor mobile.</p> <p>Specificații și caracteristici ale tipurilor de senzori infraroșii sunt prezentați în anexa 1. Pentru acesta varianta</p>



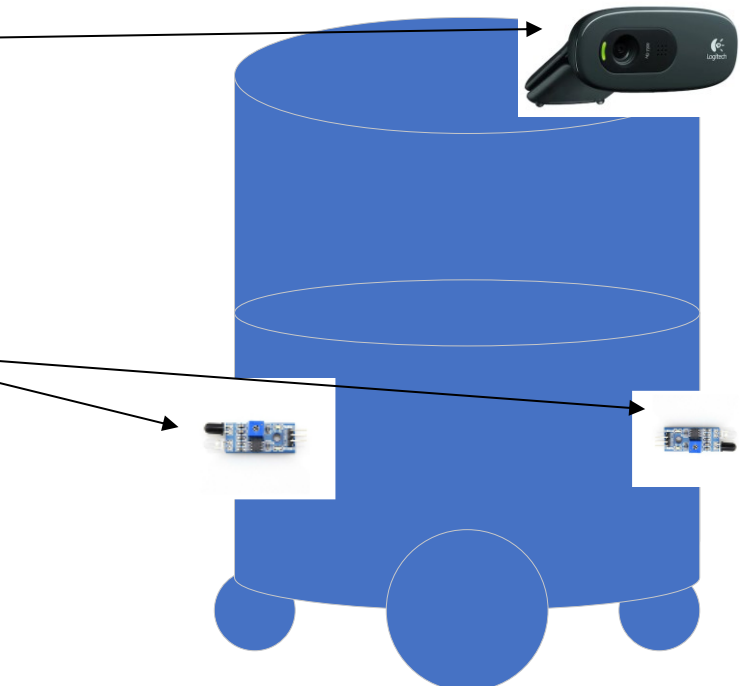


	<p>Greutate 9 g (incl. backboard)</p> <p>Temperatura de Operare -20° C to 75° C</p> <p>Nivel activ de ieșire Ieșiri nivel logic scăzut atunci când este detectat obstacol in modulatie</p> <p>Nivel de ieșire inactiv Ieșiri Nivel logic ridicat atunci când obstacolul nu este detectat in modulatie</p> <p>Consum curent 3,3 V: ~ 23 mA 5,0 V: ~ 43 mA</p>	<p>constructiva din punc de vedere al performantelor si al costurilor se poate folosi senzorul infrarosu de tip A</p>
Senzor LiDAR	<p>Dimensions 76mm x76mm x41mm</p> <p>Weight G.W 190g</p> <p>Battery Exclude</p> <p>Distance Range 0.2 - 18m,Based om white objects with 70% reflectivity</p> <p>Angular Range 0-360 Degree</p> <p>Distance Resolution <0.5mm</p> <p>Angular Resolution 0.45~1.35 degree,Typical 0.9 degree</p> <p>Sample Duration 0.25ms</p> <p>Sample Frequency 2000~8000Hz,Typical 4000Hz,</p> <p>Scan Rate 5~15Hz,Typical 10Hz,</p>	<p>Indicator de clasificare a Balizelor.</p> <p>Specificații și caracteristici ale tipurilor de senzori LiDAR sunt prezentati in anexa 1. Pentru acesta varianta constructiva din punc de vedere al performantelor si al costurilor se poate folosi senzorul LiDAR de tip B</p>

Navigatia cu ajutorul Balizelor - Varianta 2

Prelevare semnal	Amplasare senzori	Calculator punct local platforma navigare												
 <p style="text-align: center;">LiDAR</p>  <p style="text-align: center;">Senzor ultrasunete</p>		 <p style="text-align: center;">Calculator server central</p>  <p style="text-align: center;">Mini calculator imbarcat pe robot</p>												
Tip senzor	Caracteristici minime	Nota												
Senzor ultrasunete	<table border="0"> <tr> <td>Tensiunea de alimentare</td> <td>+5 VDC</td> </tr> <tr> <td>Unghiul de măsurare</td> <td>30 de grade</td> </tr> <tr> <td>Frecvență ultrasunete</td> <td>42 KHz</td> </tr> <tr> <td>Curent de alimentare</td> <td>30 mA tip; 35 mA max</td> </tr> <tr> <td>Comunicare</td> <td>impuls TTL pozitiv Pachet: SIP cu 3 pini, spațiere de 0,1 " (masă, putere, semnal)</td> </tr> <tr> <td>Temperatura de funcționare</td> <td>0 - 70 ° C.</td> </tr> </table>	Tensiunea de alimentare	+5 VDC	Unghiul de măsurare	30 de grade	Frecvență ultrasunete	42 KHz	Curent de alimentare	30 mA tip; 35 mA max	Comunicare	impuls TTL pozitiv Pachet: SIP cu 3 pini, spațiere de 0,1 " (masă, putere, semnal)	Temperatura de funcționare	0 - 70 ° C.	<p>Indicator de clasificare a obstacolelor mobile.</p> <p>Specificații și caracteristici ale tipurilor de senzori ultrasonici sunt prezentati in anexa 1. Pentru acesta varianta</p>
Tensiunea de alimentare	+5 VDC													
Unghiul de măsurare	30 de grade													
Frecvență ultrasunete	42 KHz													
Curent de alimentare	30 mA tip; 35 mA max													
Comunicare	impuls TTL pozitiv Pachet: SIP cu 3 pini, spațiere de 0,1 " (masă, putere, semnal)													
Temperatura de funcționare	0 - 70 ° C.													



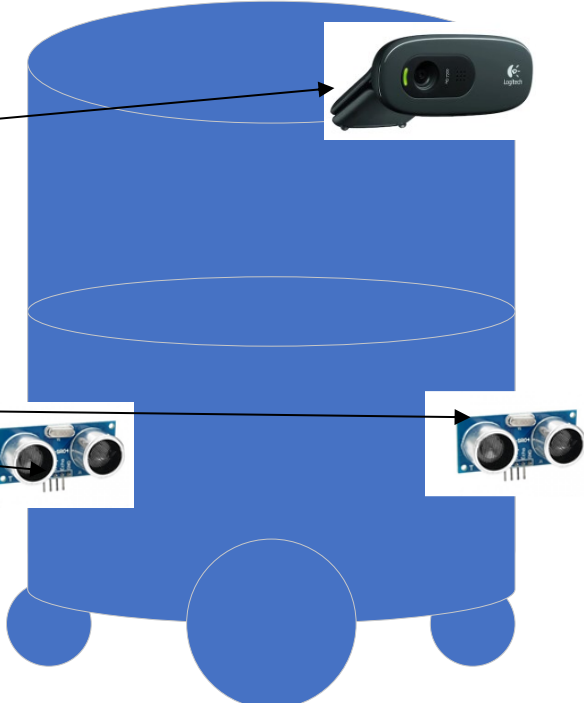


	<p>Dimensiune 22 mm H x 46 mm W x 16 mm D (0,84 in x 1,8 in x 0,6 in)</p> <p>Greutate 9 g (0,32 oz)</p>	<p>constructiva din punct de vedere al performanțelor și al costurilor se poate folosi senzorul ultrasonici de tip A</p>
Senzor LiDAR	<p>Dimensions 76mm x76mm x41mm</p> <p>Weight G.W 190g</p> <p>Battery Exclude</p> <p>Distance Range 0.2 - 18m, Based on white objects with 70% reflectivity</p> <p>Angular Range 0-360 Degree</p> <p>Distance Resolution <0.5mm</p> <p>Angular Resolution 0.45~1.35 degree, Typical 0.9 degree</p> <p>Sample Duration 0.25ms</p> <p>Sample Frequency 2000~8000Hz, Typical 4000Hz,</p> <p>Scan Rate 5~15Hz, Typical 10Hz,</p>	<p>Indicator de clasificare a Balizelor.</p> <p>Specificații și caracteristici ale tipurilor de senzori LiDAR sunt prezentate în anexa 1. Pentru această variantă constructiva din punct de vedere al performanțelor și al costurilor se poate folosi senzorul LiDAR de tip B</p>

Navigatia cu ajutorul Balizelor - Varianta 3

Prelevare semnal	Amplasare senzori	Calculator punct local platforma navigare										
<div style="text-align: center;">  <p>Camera video</p>  <p>Senzor infrarosu</p> </div>		<div style="text-align: center;">  <p>Calculator server central</p>  <p>Mini calculator imbarcat pe robot</p> </div>										
Tip senzor	Caracteristici minime	Nota										
Senzor infrarosu	<p>Specificatii Tehnice</p> <table border="0"> <tr> <td>Unghiul de vizualizare</td> <td style="text-align: right;">35 °</td> </tr> <tr> <td>Tensiune de funcționare</td> <td style="text-align: right;">3,0V - 6,0V</td> </tr> <tr> <td>Domeniu de detectare</td> <td style="text-align: right;">2cm - 60cm</td> </tr> <tr> <td>Dimensiunea plăcii</td> <td style="text-align: right;">3,1 cm (L) x 1,4 cm (W)</td> </tr> <tr> <td>Tipuri de conexiunii</td> <td style="text-align: right;">USB Backboard: USB 2.0 Micro-B</td> </tr> </table>	Unghiul de vizualizare	35 °	Tensiune de funcționare	3,0V - 6,0V	Domeniu de detectare	2cm - 60cm	Dimensiunea plăcii	3,1 cm (L) x 1,4 cm (W)	Tipuri de conexiunii	USB Backboard: USB 2.0 Micro-B	<p>Indicator de clasificare a obstacolelor mobile.</p> <p>Specificații și caracteristici ale tipurilor de senzori infrarosi sunt prezentati in anexa 1. Pentru acesta varianta</p>
Unghiul de vizualizare	35 °											
Tensiune de funcționare	3,0V - 6,0V											
Domeniu de detectare	2cm - 60cm											
Dimensiunea plăcii	3,1 cm (L) x 1,4 cm (W)											
Tipuri de conexiunii	USB Backboard: USB 2.0 Micro-B											



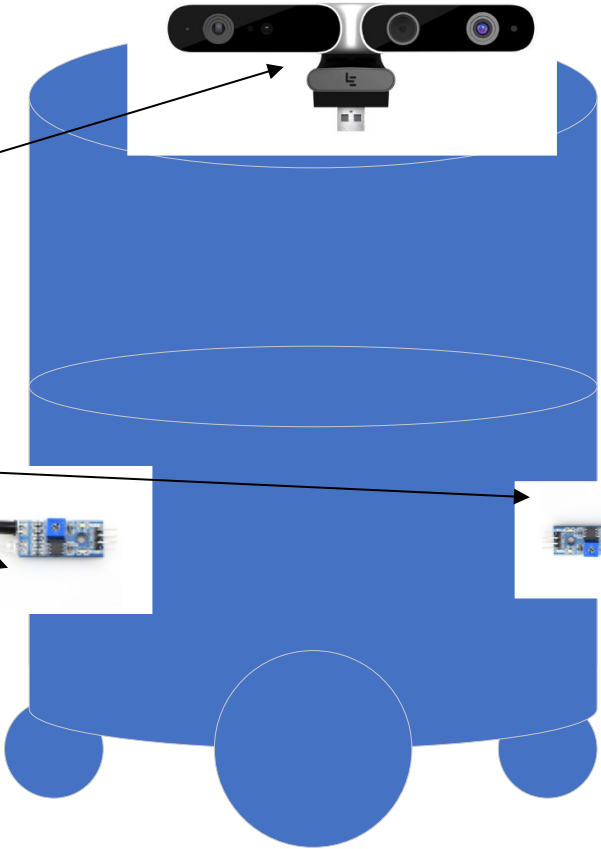


	<p>I2C/UART Backboard: DF13-7p connector Hub Evo Backboard for use with TeraRanger Hub Evo</p> <p>Greutate Temperatura de Operare Nivel activ de ieșire Nivel de ieșire inactiv Consum curent</p> <p>9 g (incl. backboard) -20° C to 75° C</p> <p>Ieșiri nivel logic scăzut atunci când este detectat obstacol</p> <p>Ieșiri Nivel logic ridicat atunci când obstacolul nu este detectat</p> <p>3,3 V: ~ 23 mA 5,0 V: ~ 43 mA</p>	<p>constructiva din punc de vedere al performantelor si al costurilor se poate folosi senzorul infrarosu de tip A</p>
Senzor Camera	<p>Rezolutie senzor (pixeli) 2 MP</p> <p>Rezolutie video (pixeli) 1920 x 1080</p> <p>Interfata USB 2.0</p> <p>Microfon Da</p> <p>Lentile 3.6 mm</p> <p>Dimensiune (mm) 71.5 x 120 x 35 mm</p> <p>Greutate 138 g</p>	<p>Indicator de clasificare a Balizelor.</p> <p>Specificații și caracteristici ale tipurilor de senzori camera sunt prezentati in anexa 1. Pentru acesta varianta constructiva din punc de vedere al performantelor si al costurilor se poate folosi senzorul camera de tip B</p>

Navigatia cu ajutorul Balizelor - Varianta 4		
Prelevare semnal	Amplasare senzori	Calculator punct local platforma navigare

 <p>Camera video</p>  <p>Senzor ultrasunete</p>		 <p>Calculator server central</p>  <p>Mini calculator imbarcat pe robot</p>																
<p>Tip senzor</p>	<p>Caracteristici minime</p>	<p>Nota</p>																
<p>Senzor ultrasunete</p>	<table border="0"> <tbody> <tr> <td>Tensiunea de alimentare</td> <td>+5 VDC</td> </tr> <tr> <td>Unghiul de măsurare</td> <td>30 de grade</td> </tr> <tr> <td>Frecvență ultrasunete</td> <td>42 KHz</td> </tr> <tr> <td>Curent de alimentare</td> <td>30 mA tip; 35 mA max</td> </tr> <tr> <td>Comunicare</td> <td>impuls TTL pozitiv Pachet: SIP cu 3 pini, spațiere de 0,1 ” (masă, putere, semnal)</td> </tr> <tr> <td>Temperatura de funcționare</td> <td>0 - 70 ° C.</td> </tr> <tr> <td>Dimensiune</td> <td>22 mm H x 46 mm W x 16 mm D (0,84 in x 1,8 in x 0,6 in)</td> </tr> <tr> <td>Greutate</td> <td>9 g (0,32 oz)</td> </tr> </tbody> </table>	Tensiunea de alimentare	+5 VDC	Unghiul de măsurare	30 de grade	Frecvență ultrasunete	42 KHz	Curent de alimentare	30 mA tip; 35 mA max	Comunicare	impuls TTL pozitiv Pachet: SIP cu 3 pini, spațiere de 0,1 ” (masă, putere, semnal)	Temperatura de funcționare	0 - 70 ° C.	Dimensiune	22 mm H x 46 mm W x 16 mm D (0,84 in x 1,8 in x 0,6 in)	Greutate	9 g (0,32 oz)	<p>Indicator de clasificare a obstacolelor mobile.</p> <p>Specificații și caracteristici ale tipurilor de senzori ultrasonici sunt prezentați în anexa 1. Pentru această variantă constructivă din punct de vedere al performanțelor și al costurilor se poate</p>
Tensiunea de alimentare	+5 VDC																	
Unghiul de măsurare	30 de grade																	
Frecvență ultrasunete	42 KHz																	
Curent de alimentare	30 mA tip; 35 mA max																	
Comunicare	impuls TTL pozitiv Pachet: SIP cu 3 pini, spațiere de 0,1 ” (masă, putere, semnal)																	
Temperatura de funcționare	0 - 70 ° C.																	
Dimensiune	22 mm H x 46 mm W x 16 mm D (0,84 in x 1,8 in x 0,6 in)																	
Greutate	9 g (0,32 oz)																	



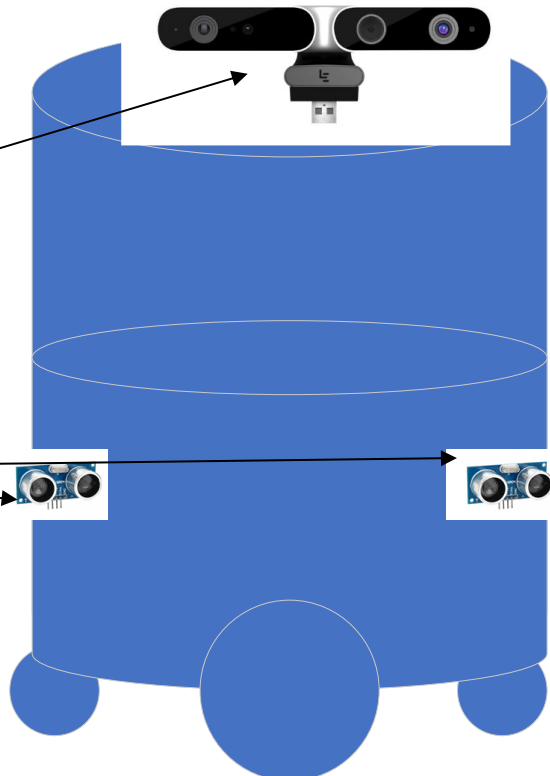


			folosi senzorul ultrasonici de tip A
Senzor Camera	Rezolutie senzor (pixeli) 2 MP Rezolutie video (pixeli) 1920 x 1080 Interfata USB 2.0 Microfon Da Lentile 3.6 mm Dimensiune (mm) 71.5 x 120 x 35 mm Greutate 138 g		Indicator de clasificare a Balizelor. Specificații și caracteristici ale tipurilor de senzori camera sunt prezentati in anexa 1. Pentru acesta varianta constructiva din punc de vedere al performantelor si al costurilor se poate folosi senzorul camera de tip B

Navigatia cu ajutorul Balizelor - Varianta 5		
Prelevare semnal	Amplasare senzori	Calculator punct local platforma navigare

 <p>Camera Kinect</p>  <p>Senzor infrarosu</p>		 <p>Calculator server central</p>  <p>Mini calculator imbarcat pe robot</p>
<p>Tip senzor</p>	<p>Caracteristici minime</p>	<p>Nota</p>
<p>Senzor infrarosu</p>	<p>Specificatii Tehnice</p> <p>Unghiul de vizualizare 35 °</p> <p>Tensiune de funcționare 3,0V - 6,0V</p> <p>Domeniu de detectare 2cm - 60cm</p> <p>Dimensiunea plăcii 3,1 cm (L) x 1,4 cm (W)</p> <p>Tipuri de conexiunii USB Backboard: USB 2.0 Micro-B</p>	<p>Indicator de clasificare a obstacolelor mobile.</p> <p>Specificații și caracteristici ale tipurilor de senzori infrarosi sunt prezentati</p>

	<p>I2C/UART Backboard: DF13-7p connector</p> <p>Greutate Temperatura de Operare Nivel activ de ieșire Nivel de ieșire inactiv Consum curent</p>	<p>9 g (incl. backboard)</p> <p>-20° C to 75° C</p> <p>Ieșiri nivel logic scăzut atunci când este detectat obstacol</p> <p>Ieșiri Nivel logic ridicat atunci când obstacolul nu este detectat</p> <p>3,3 V: ~ 23 mA 5,0 V: ~ 43 mA</p>	<p>in anexa 1. Pentru acesta varianta constructiva din punc de vedere al performantelor si al costurilor se poate folosi sensorul infrarosu de tip A</p>
Senzor Camera Kinect	<p>Depth range(meter) Power consumption Color image resolution Depth image resolution Size(mm) Precision Color FOV Depth FOV Delay(ms) data transmission Support operating system Supply power</p>	<p>0.6m-8m</p> <p>2.5W Max, Peak current is less than 500mA</p> <p>1280×720@30FPS 640×480@30FPS 320×240@30FPS</p> <p>1280×1024@7FPS 640×480@30FPS 320×240@30FPS 160×120@30FPS</p> <p>165×40×30mm</p> <p>±1-3mm@1m</p> <p>H66.1'V40.2'</p> <p>H58.4'V45.5'</p> <p>30-45</p> <p>USB2.0 or above</p> <p>Android/Linux/Windows7/8/10/ROS</p> <p>USB</p>	<p>Indicator de clasificare a Balizelor.</p> <p>Specificații și caracteristici ale tipurilor de senzori Camera Kinect sunt prezentati in anexa 1. Pentru acesta varianta constructiva din punc de vedere al performantelor si al costurilor se poate folosi sensorul Camera Kinect de tip A</p>

Navigatia cu ajutorul Balizelor - Varianta 6



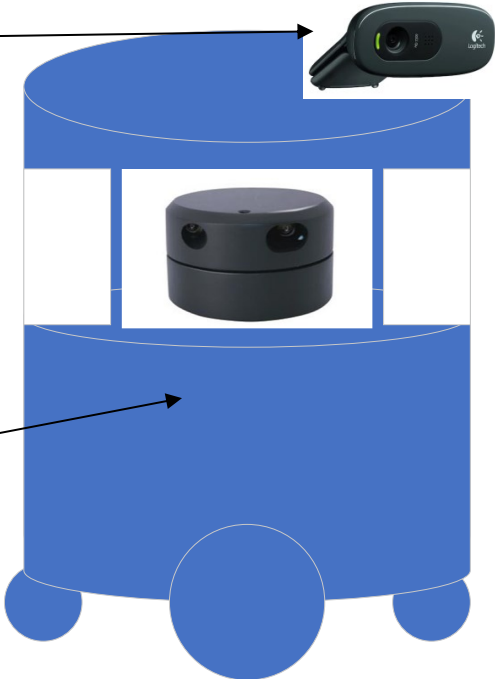


Prelevare semnal	Amplasare senzori	Calculator punct local platforma navigare								
 <p>Camera Kinect</p>  <p>Senzor ultrasunete</p>		 <p>Calculator server central</p>  <p>Mini calculator imbarcat pe robot</p>								
Tip senzor	Caracteristici minime	Nota								
Senzor ultrasunete	<table border="0"> <tr> <td>Tensiunea de alimentare</td> <td>+5 VDC</td> </tr> <tr> <td>Unghiul de măsurare</td> <td>30 de grade</td> </tr> <tr> <td>Frecvență ultrasunete</td> <td>42 KHz</td> </tr> <tr> <td>Curent de alimentare</td> <td>30 mA tip; 35 mA max</td> </tr> </table>	Tensiunea de alimentare	+5 VDC	Unghiul de măsurare	30 de grade	Frecvență ultrasunete	42 KHz	Curent de alimentare	30 mA tip; 35 mA max	<p>Indicator de clasificare a obstacolelor mobile.</p> <p>Specificații și caracteristici ale tipurilor de senzori ultrasonici sunt</p>
Tensiunea de alimentare	+5 VDC									
Unghiul de măsurare	30 de grade									
Frecvență ultrasunete	42 KHz									
Curent de alimentare	30 mA tip; 35 mA max									

	<p>Comunicare</p> <p>Temperatura de funcționare</p> <p>Dimensiune</p> <p>Greutate</p>	<p>impuls TTL pozitiv Pachet: SIP cu 3 pini, spațiere de 0,1 ” (masă, putere, semnal)</p> <p>0 - 70 ° C.</p> <p>22 mm H x 46 mm W x 16 mm D (0,84 in x 1,8 in x 0,6 in)</p> <p>9 g (0,32 oz)</p>	<p>prezentati in anexa 1. Pentru acesta varianta constructiva din punc de vedere al performantelor si al costurilor se poate folosi senzorul ultrasonici de tip A</p>
Senzor Camera Kinect	<p>Depth range(meter)</p> <p>Power consumption</p> <p>Color image resolution</p> <p>Depth image resolution</p> <p>Size(mm)</p> <p>Precision</p> <p>Color FOV</p> <p>Depth FOV</p> <p>Delay(ms)</p> <p>data transmission</p> <p>Support operating system</p> <p>Supply power</p>	<p>0.6m-8m</p> <p>2.5W Max, Peak current is less than 500mA</p> <p>1280×720@30FPS 640×480@30FPS 320×240@30FPS</p> <p>1280×1024@7FPS 640×480@30FPS 320×240@30FPS 160×120@30FPS</p> <p>165×40×30mm</p> <p>±1-3mm@1m</p> <p>H66.1°V40.2'</p> <p>H58.4°V45.5'</p> <p>30-45</p> <p>USB2.0 or above</p> <p>Android/Linux/Windows7/8/10/ROS</p> <p>USB</p>	<p>Indicator de clasificare a Balizelor.</p> <p>Specificații și caracteristici ale tipurilor de senzori Camera Kinect sunt prezentati in anexa 1. Pentru acesta varianta constructiva din punc de vedere al performantelor si al costurilor se poate folosi senzorul Camera Kinect de tip A</p>

5.2. Modulul de navigație cu LiDAR și Camera


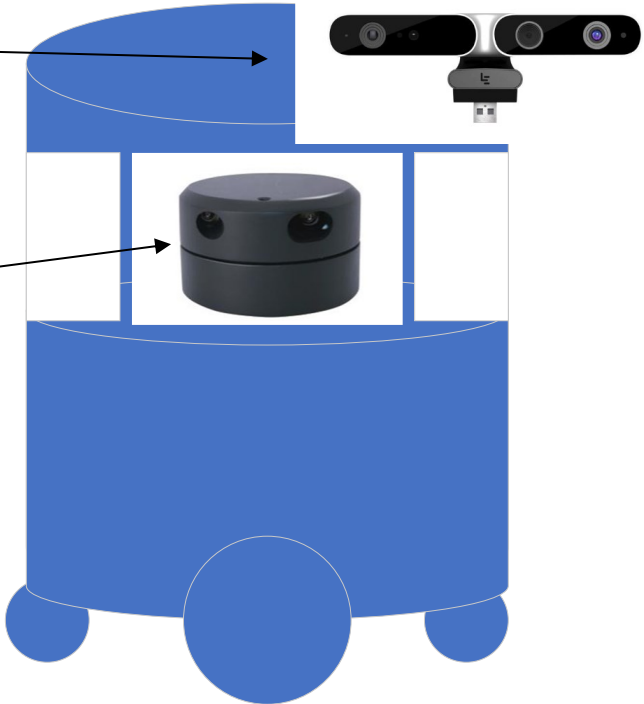
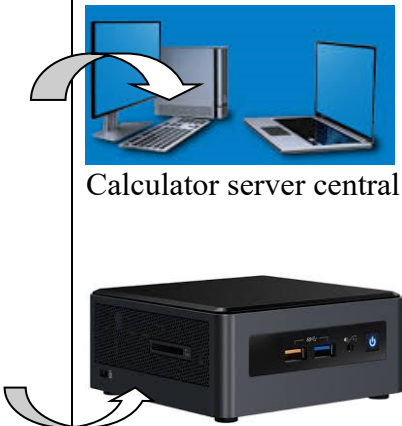
Metoda propusă pentru fuziunea datelor este structurată în patru etape distincte. În prima etapă, informațiile provenite de la camera video și sistemul LiDAR 3D sunt integrate în sistem. Datele de la LiDAR și camera sunt colectate în paralel și, concomitent, imaginea color a camerei este calibrată cu informațiile furnizate de LiDAR. În scopul optimizării eficienței, se poate realiza o eșantionare orizontală în trei puncte distincte. În cea de-a doua etapă, denumită etapa de segmentare, suprafața tridimensională este subdivizată în mai multe grupuri în funcție de distanța față de senzor, estimarea fiind efectuată secvențial în raport cu planurile locale, începând de la planul apropiat și continuând cu planul îndepărtat. Estimarea planurilor locale se realizează prin intermediul analizei statistice. Grupul de puncte mai aproape de senzor este utilizat pentru a calcula planul inițial. Prin utilizarea planului local curent, următorul plan local este estimat printr-o actualizare iterativă.

Din perspectiva construcției, performanțelor și costurilor, varianta constructivă 2 reprezintă alegerea optimă.

Navigatia cu Slam si Camera - Varianta 1		
Prelevare semnal	Amplasare senzori	Calculator punct local platforma navigare
 <p>Camera video</p>  <p>LiDAR</p>		 <p>Calculator server central</p>  <p>Mini calculator imbarcat pe robot</p>
Tip senzor	Caracteristici minime	Nota
Senzor Camera	Rezolutie senzor (pixeli) 2 MP Rezolutie video (pixeli) 1920 x 1080 Interfata USB 2.0 Microfon Da Lentile 3.6 mm	Specificații și caracteristici ale tipurilor de senzori camera sunt prezentati in anexa 1. Pentru acesta varianta


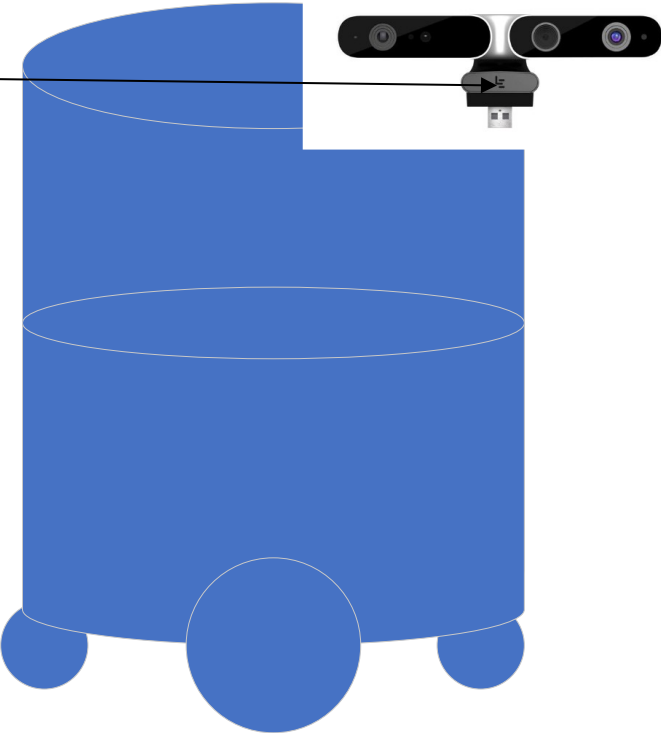


	Dimensiune (mm) Greutate	71.5 x 120 x 35 mm 138 g	constructiva din punct de vedere al performantelor si al costurilor se poate folosi senzorul camera de tip B
Senzor LiDAR	Dimensions Weight Battery Distance Range Angular Range Distance Resolution Angular Resolution Sample Duration Sample Frequency Scan Rate	76mm x76mm x41mm G.W 190g Exclude 0.2 - 18m,Based om white objects with 70% reflectivity 0-360 Degree <0.5mm 0.45~1.35 degree,Typical 0.9 degree 0.25ms 2000~8000Hz,Typical 4000Hz, 5~15Hz,Typical 10Hz,	Specificatii și caracteristici ale tipurilor de senzori LiDAR sunt prezentati in anexa 1. Pentru acesta varianta constructiva din punct de vedere al performantelor si al costurilor se poate folosi senzorul LiDAR de tip B

Navigatia cu Slam si Camera - Varianta 2		
Prelevare semnal	Amplasare senzori	Calculator punct local platforma navigare

 <p>Camera Kinect</p> <p>LiDAR</p>		 <p>Calculator server central</p> <p>Mini calculator imbarcat pe robot</p>												
<p>Tip senzor</p>	<p>Caracteristici minime</p>	<p>Nota</p>												
<p>Senzor LiDAR</p>	<table border="0"> <tr> <td>Dimensions</td> <td>76mm x76mm x41mm</td> </tr> <tr> <td>Weight</td> <td>G.W 190g</td> </tr> <tr> <td>Battery</td> <td>Exclude</td> </tr> <tr> <td>Distance Range</td> <td>0.2 - 18m,Based om white objects with 70% reflectivity</td> </tr> <tr> <td>Angular Range</td> <td>0-360 Degree</td> </tr> <tr> <td>Distance Resolution</td> <td><0.5mm</td> </tr> </table>	Dimensions	76mm x76mm x41mm	Weight	G.W 190g	Battery	Exclude	Distance Range	0.2 - 18m,Based om white objects with 70% reflectivity	Angular Range	0-360 Degree	Distance Resolution	<0.5mm	<p>Specificații și caracteristici ale tipurilor de senzori LiDAR sunt prezentati in anexa 1. Pentru acesta varianta constructiva din punct de vedere al performantelor si al</p>
Dimensions	76mm x76mm x41mm													
Weight	G.W 190g													
Battery	Exclude													
Distance Range	0.2 - 18m,Based om white objects with 70% reflectivity													
Angular Range	0-360 Degree													
Distance Resolution	<0.5mm													

	Angular Resolution 0.45~1.35 degree, Typical 0.9 degree Sample Duration 0.25ms Sample Frequency 2000~8000Hz, Typical 4000Hz, Scan Rate 5~15Hz, Typical 10Hz,	costurilor se poate folosi senzorul LiDAR de tip B
Senzor Camera Kinect	Depth range(meter) 0.6m-8m Power consumption 2.5W Max, Peak current is less than 500mA 1280×720@30FPS Color image resolution 640×480@30FPS 320×240@30FPS Depth image resolution Size(mm) 165×40×30mm Precision ±1-3mm@1m Color FOV H66.1°V40.2' Depth FOV H58.4°V45.5' Delay(ms) 30-45 data transmission USB2.0 or above Support operating system Android/Linux/Windows7/8/10/ROS Supply power USB	Specificații și caracteristici ale tipurilor de senzori Camera Kinect sunt prezentati in anexa 1. Pentru acesta varianta constructiva din punc de vedere al performantelor si al costurilor se poate folosi senzorul Camera Kinect de tip A

Navigatia cu Slam si Camera - Varianta 3		
Prelevare semnal	Amplasare senzori	Calculator punct local platforma navigare



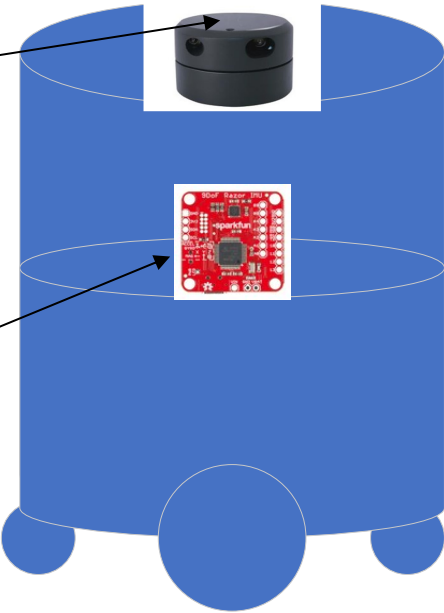


 <p>Camera Kinect</p>		 <p>Calculator server central</p>  <p>Mini calculator imbarcat pe robot</p>
<p>Tip senzor</p>	<p>Caracteristici minime</p>	<p>Nota</p>
<p>Senzor Camera Kinect</p>	<p>Depth range(meter) 0.6m-8m Power consumption 2.5W Max, Peak current is less than 500mA Color image resolution 1280×720@30FPS</p>	<p>Specificații și caracteristici ale tipurilor de senzori Camera Kinect sunt prezentati in anexa 1. Pentru acesta varianta</p>

		640×480@30FPS	constructiva din punct de vedere al performantelor si al costurilor se poate folosi senzorul Camera Kinect de tip A
		320×240@30FPS	
		1280×1024@7FPS	
		640×480@30FPS	
	Depth image resolution	320×240@30FPS	
		160×120@30FPS	
	Size(mm)	165×40×30mm	
	Precision	±1-3mm@1m	
	Color FOV	H66.1°V40.2°	
	Depth FOV	H58.4°V45.5°	
	Delay(ms)	30-45	
	data transmission	USB2.0 or above	
	Support operating system	Android/Linux/Windows7/8/10/ROS	
	Supply power	USB	

5.2.1. Modulul de navigație utilizând LiDAR + GIS


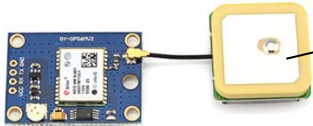
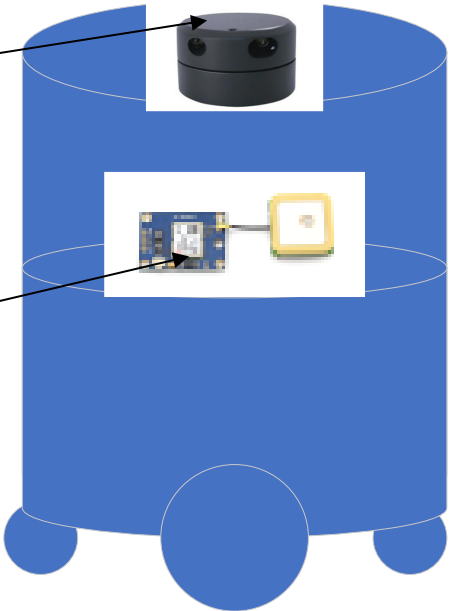


Sistemele Informaționale Geografice (GIS) reprezintă un ansamblu complex format din persoane, echipamente, programe, metode și norme, având ca obiectiv colectarea, validarea, stocarea, analiza și vizualizarea datelor geografice. Abordarea informației este realizată luând în considerare localizarea sa spațială și geografică, folosind coordonate în teritoriu. Conceptul presupune tratarea unitară într-o bază de date unică și neredundantă a componentelor grafice, cartografice, topologice și tabelare. Sistemele GIS includ o colecție de operatori spațiali care acționează asupra unei baze de date spațiale pentru a face referire geografică la informații reale. Modelul de date GIS este complex, deoarece trebuie să reprezinte și să interconecteze atât date grafice (hărți) cât și date tabelare (atribute).

Din perspectiva construcției, performanțelor și costurilor, varianta constructivă 2 reprezintă alegerea optimă.

Navigatia cu ajutorul GIS - Varianta 1		
Prelevare semnal	Amplasare senzori	Calculator punct local platforma navigare
 <p>LiDAR</p>  <p>Senzor de Navigatie Inertial (IMU)</p>		 <p>Calculator server central</p>  <p>Mini calculator imbarcat pe robot</p>
Tip senzor	Caracteristici minime	Nota
Senzor IMU	<p>Accelerometru / magnetometru cu 3 axe FXOS8700</p> <p>Tensiune 2-3.6V</p> <p>Accelerometru $\pm 2 \text{ g} / \pm 4 \text{ g} / \pm 8 \text{ g}$</p> <p>Magnetometru $\pm 1200 \mu\text{T}$</p> <p>Output 1.563 Hz - 800 Hz</p> <p>Rezolutie ADC 14 biti pentru accelerometru</p>	<p>Specificatii și caracteristici ale tipurilor de senzori IMU sunt prezentati in anexa 1. Pentru acesta varianta constructiva din punc de vedere al</p>

	<p style="text-align: right;">16 biti pentru magnetometru</p> <p>FXAS21002 Gyroscop 3-axe Tensiune de alimentare 2-3.6V Gyroscop ± 250/500/1000/2000 ° / s Output 12,5 - 800 Hz Rezolutie 16 biti</p>	performantelor si al costurilor se poate folosi senzorul GPS de tip B
Senzor LiDAR	Dimensions 76mm x76mm x41mm Weight G.W 190g Battery Exclude Distance Range 0.2 - 18m, Based om white objects with 70% reflectivity Angular Range 0-360 Degree Distance Resolution <0.5mm Angular Resolution 0.45~1.35 degree, Typical 0.9 degree Sample Duration 0.25ms Sample Frequency 2000~8000Hz, Typical 4000Hz, Scan Rate 5~15Hz, Typical 10Hz,	Indicator de clasificare a Balizelor. Specificații și caracteristici ale tipurilor de senzori LiDAR sunt prezentati in anexa 1. Pentru acesta varianta constructiva din punc de vedere al performantelor si al costurilor se poate folosi senzorul LiDAR de tip B

Naviğația cu ajutorul GIS - Varianta 2

Prelevare semnal	Amplasare senzori	Calculator punct local platforma navigare	
<div style="text-align: center;">  <p>LiDAR</p>  <p>Senzor GPS</p> </div>	<div style="text-align: center;">  </div>	<div style="text-align: center;">  <p>Calculator server central</p>  <p>Mini calculator imbarcat pe robot</p> </div>	
Tip senzor	Caracteristici minime		Nota
Senzor GPS	Receiver type Navigation update rate Accuracy1 Acquisition1	50-channel u-blox 6 engine GPS L1 C/A code SBAS: WAAS, EGNOS, MSAS up to 5 Hz Position 2.5 m CEP SBAS 2.0 m CEP Cold starts: 26 s Aided starts2: 1 s Hot starts: 1 s 1	Specificații și caracteristici ale tipurilor de senzori GPS sunt prezentati in anexa 1. Pentru acesta varianta constructiva din punc de vedere al performantelor si al costurilor se poate

	<p>Sensitivity3</p> <p>Tracking: -162 dBm Cold starts: -148 dBm Hot starts: -157 dBm</p>	folosi senzorul GPS de tip B
Senzor LiDAR	<p>Dimensions 76mm x76mm x41mm</p> <p>Weight G.W 190g</p> <p>Battery Exclude</p> <p>Distance Range 0.2 - 18m,Based om white objects with 70% reflectivity</p> <p>Angular Range 0-360 Degree</p> <p>Distance Resolution <0.5mm</p> <p>Angular Resolution 0.45~1.35 degree,Typical 0.9 degree</p> <p>Sample Duration 0.25ms</p> <p>Sample Frequency 2000~8000Hz,Typical 4000Hz,</p> <p>Scan Rate 5~15Hz,Typical 10Hz,</p>	<p>Indicator de clasificare a Balizelor.</p> <p>Specificații și caracteristici ale tipurilor de senzori LiDAR sunt prezentati in anexa 1. Pentru acesta varianta constructiva din punc de vedere al performantelor si al costurilor se poate folosi senzorul LiDAR de tip B</p>

5.3. Caracteristici de siguranță

5.3.1. Caracteristici de siguranță robot

Roboții pot executa mișcări puternice și extrem de rapide în cadrul unui spațiu operațional extins. În proiectarea și realizarea roboților, tehnologia de siguranță joacă un rol fundamental. Portofoliul diversificat al soluțiilor de siguranță permite o intervenție umană neîntreruptă și sigură în sistemul robotului. Acest obiectiv poate fi atins prin implementarea unei percepții adaptative a mediului înconjurător, folosind senzori și sisteme sigure inteligente, robuste și fiabile.

ANSI / RIA R15.06-2012 (ISO 10218-1: 2011): manipulator multifuncțional controlat, reprogramabil, programabil în trei sau mai multe axe, care poate fi fixat în loc sau mobil pentru utilizare în aplicații de automatizare industrială

ISO 8373: 2012: mecanism acționat programabil în două sau mai multe axe cu un grad de autonomie, deplasându-se în mediul său, pentru a îndeplini sarcinile prevăzute

EN 1525 Siguranța camioanelor industriale. Camioane fără șofer și sistemele acestora

EN1526 Siguranța camioanelor industriale. Cerințe suplimentare pentru funcții automate pe camioane

ISO 3691-4 camioane industriale fără șofer și sistemele acestora (proiect de comitet)

ISO 13482: 2014 Cerințe de siguranță pentru roboții de îngrijire personală

ISO TS 15066: 2016 Robots and Robotic Devices

- Roboti colaborativi
- Opreire monitorizată evaluată de siguranță
- Îndrumare manual
- Monitorizarea vitezei și separării

- Limitarea puterii și forței
- Silențios pe tema mobilității

SR EN ISO 13482:2014 - Roboți și dispozitive pentru robotică. Cerințe de securitate pentru roboți de utilitate și asistență personală


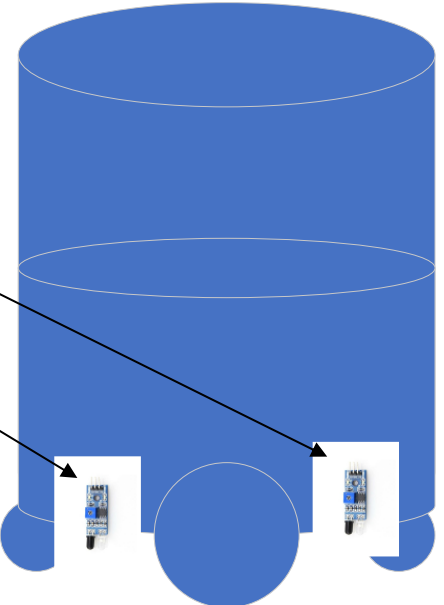


SR EN 50410:2008 - Aparate electrice pentru uz casnic și scopuri similare. Securitate. Prescripții particulare pentru roboți decorativi

SR EN 50636-2-107:2015 - Securitatea aparatelor electrice pentru uz casnic și scopuri similare.

SR EN 50636-2-107:2015/A1:2018 - Securitatea aparatelor electrice pentru uz casnic și scopuri similare.


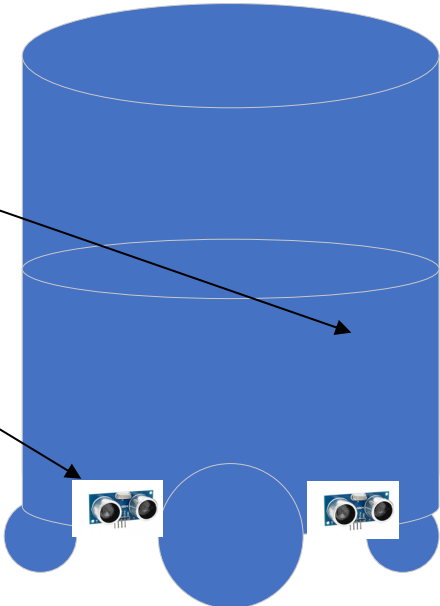

SR EN 50636-2-107:2015/A2:2020 - Securitatea aparatelor electrice pentru uz casnic și scopuri similare.

ISO13849-1 - Siguranță PLd

Caracteristici de siguranta - Varianta 1		
Prelevare semnal	Amplasare senzori	Calculator punct local platforma navigare
 <p>Senzor infrarosu</p>		 <p>Calculator server central</p>  <p>Mini calculator imbarcat pe robot</p>
Tip senzor	Caracteristici minime	Nota
Senzor infrarosu	Specificatii Tehnice Unghiul de vizualizare 35 ° Tensiune de funcționare 3,0V - 6,0V	Specificații și caracteristici ale tipurilor de senzori infrarosi sunt prezentati in anexa 1. Pentru acesta varianta constructiva din punc de

	<p>Domeniu de detectare 2cm - 60cm</p> <p>Dimensiunea plăcii 3,1 cm (L) x 1,4 cm (W)</p> <p>Tipuri de conexiunii USB Backboard: USB 2.0 Micro-B I2C/UART Backboard: DF13-7p connector Hub Evo Backboard for use with TeraRanger Hub Evo</p> <p>Greutate 9 g (incl. backboard)</p> <p>Temperatura de Operare -20° C to 75° C</p> <p>Nivel activ de ieșire Ieșiri in modulație nivel logic scăzut atunci când este detectat obstacol</p> <p>Nivel de ieșire inactiv Ieșiri in modulație Nivel logic ridicat atunci când obstacolul nu este detectat</p> <p>Consum curent 3,3 V: ~ 23 mA 5,0 V: ~ 43 mA</p>	vedere al performanțelor si al costurilor se poate folosi senzorul infrarosu de tip A
--	--	---

Caracteristici de siguranta - Varianta 2

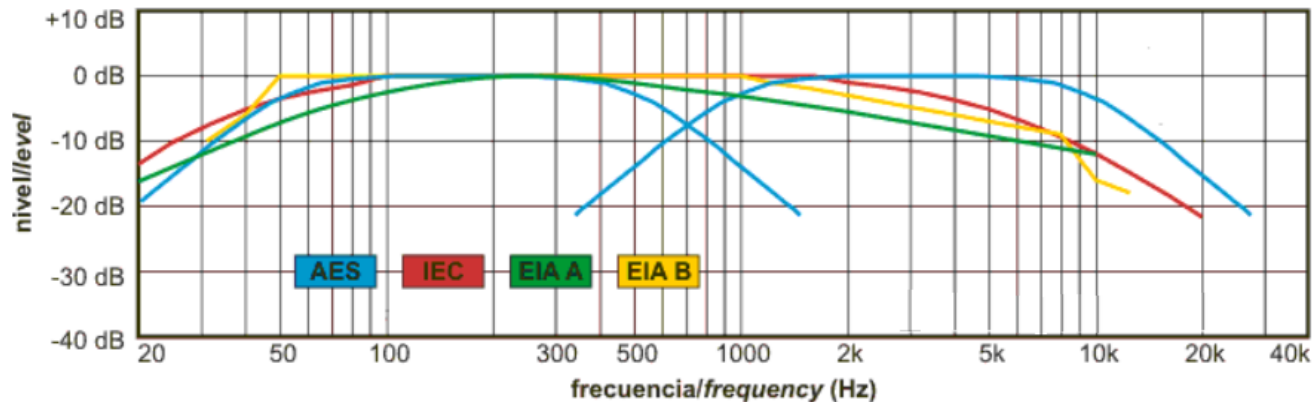
Prelevare semnal	Amplasare senzori	Calculator punct local platforma navigare
 <p>Senzor ultrasunete</p>		 <p>Calculator server central</p> <p>Mini calculator imbarcat pe robot</p>
Tip senzor	Caracteristici minime	Nota
Senzor ultrasunete	<p>Tensiunea de alimentare +5 VDC</p> <p>Unghiul de măsurare 30 de grade</p> <p>Frecvență ultrasunete 42 KHz</p> <p>Curent de alimentare 30 mA tip; 35 mA max</p> <p>Comunicare impuls TTL pozitiv Pachet: SIP cu 3 pini, spațiere de 0,1 ” (masă, putere, semnal)</p> <p>Temperatura de funcționare 0 - 70 ° C.</p>	<p>Specificații și caracteristici ale tipurilor de senzori ultrasonici sunt prezentati in anexa 1. Pentru acesta varianta constructiva din punc de vedere al performantelor si al costurilor se poate folosi senzorul ultrasonici de tip A</p>

Dimensiune	22 mm H x 46 mm W x 16 mm D (0,84 in x 1,8 in x 0,6 in)
Greutate	9 g (0,32 oz)

5.3.2. Caracteristici de siguranță difuzor

IEC 60268-5 reprezintă un standard al Comisiei Electrotehnice Internațională care furnizează specificații pentru difuzoare și sisteme de difuzoare, excludând cele cu amplificatoare încorporate. Pe de altă parte, AES 2, un standard emis de Audio Engineering Society (AES), oferă practici și specificații recomandate pentru difuzoare și sisteme de difuzoare destinate utilizării în domeniul audio.

AES 2 este un standard recunoscut în industria audio, având aplicabilitate extinsă, chiar dacă este inițial destinat componentelor difuzoarelor. Acest standard adresează aspecte precum un factor de creștere de 6 dB pentru raportul semnal-zgomot, cu o lățime de bandă de un deceniu. De exemplu, difuzoarele de bas pot utiliza o bandă de 50-500 Hz, în timp ce unitățile de înaltă frecvență pot acoperi intervalul de la 1000 la 10000 Hz. Spectrul semnalului AES este ilustrat pentru ambele exemple menționate, iar testarea standard prevede o durată de 2 ore, după care componenta nu ar trebui să prezinte deteriorări semnificative.



Modificările aduse standardului AES2, trecând de la versiunea din 1984 la AES2-2012, includ o creștere a factorului de creștere pentru semnalul de zgomot la 12 dB (raport de 4:1), iar acum impedanța nominală este utilizată pentru calculul puterii. Această schimbare implică, în general, un nivel de putere rezultat cu aproximativ 20% mai mic pentru o anumită componentă a difuzorului în

comparație cu versiunea anterioară a standardului din 1984, care utiliza impedanța minimă pentru calculul puterii. De asemenea, filtrarea care limitează banda a fost crescută la 24 dB pe octavă, comparativ cu versiunea din 1984, care folosea 12 dB/octavă.

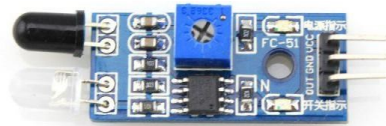
În ceea ce privește IEC 62537, această serie standard a Comisiei Electrotehnice Internaționale abordează interfețele pentru difuzoare care acceptă semnale de intrare digitale. În particular, IEC 62537-1 este destinat difuzoarelor de uz general, IEC 62537-3 este conceput pentru difuzoarele de consum, iar IEC 62537-4 se ocupă de difuzoarele destinate aplicațiilor profesionale.

Pe de altă parte, standardul de siguranță UL 6500 de la Underwriters Laboratories, Inc. se aplică dispozitivelor audio și video destinate uzului casnic, comercial și altor utilizări, inclusiv difuzoarelor.

5.4. Specificații și caracteristici ale tipurilor de senzori folosiți in navigație

5.4.1. Tipuri de senzori infraroșu

5.4.1.1. Modulul senzor infraroșu tip A



6. TeraRanger Evo Mini

Circuitul LM393 de detecție bazat pe comparator este foarte stabil și precis

Potențiometrul permite setarea domeniului de detectare a obstacolelor

Indicator LED de detectare a observatorului

Bună precizie: Prin utilizarea transmițătorului cu LED-uri infraroșii, modulul funcționează bine în lumina ambientală

7. Caracteristici cheie

Tabelul 1 Specificații tehnice

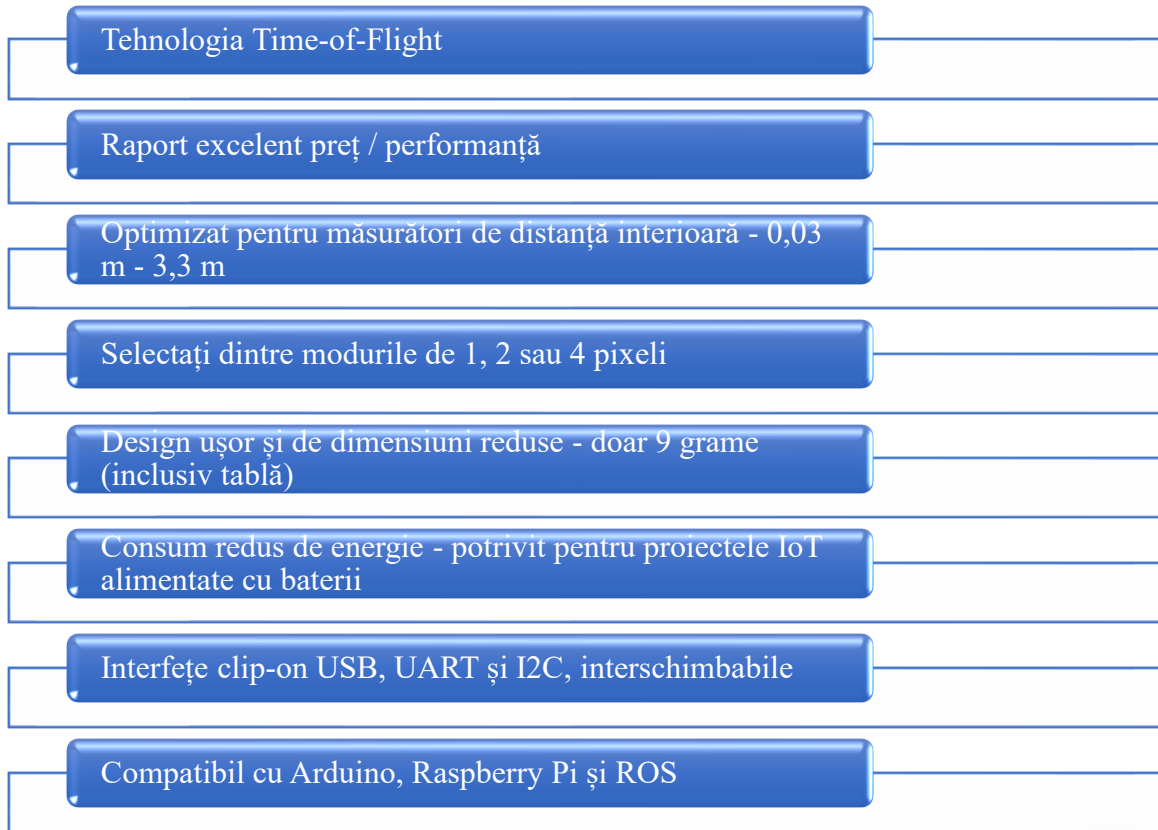
Model	FC-51
Unghiul de vizualizare	35 °
Tensiune de funcționare	3,0V - 6,0V
Domeniu de detectare	2cm - 30cm (reglabil cu ajutorul potențiometrului)
Dimensiunea plăcii	3,1 cm (L) x 1,4 cm (W)
Dimensiune generală	4,5cm (L) x 1,4 cm (W), 0,7cm (H)
Nivel activ de ieșire	Ieșiri nivel logic scăzut atunci când este detectat obstacol
Nivel de ieșire inactiv	Ieșiri Nivel logic ridicat atunci când obstacolul nu este detectat
Consum curent	3,3 V: ~ 23 mA 5,0 V: ~ 43 mA
Pinouts	
<i>VCC</i>	<i>Pin de intrare de putere 3,3V-5V</i>
<i>GND</i>	<i>Pin de alimentare 0V</i>
<i>OUT</i>	<i>Pin de ieșire digitală</i>

5.4.1.2. Modulul senzor infraroșu tip B

Este folosit pentru măsurarea distanțe, detecția mișcării, monitorizarea nivelurilor de stoc și recunoașterea gesturilor simple.



6. TeraRanger Evo Mini

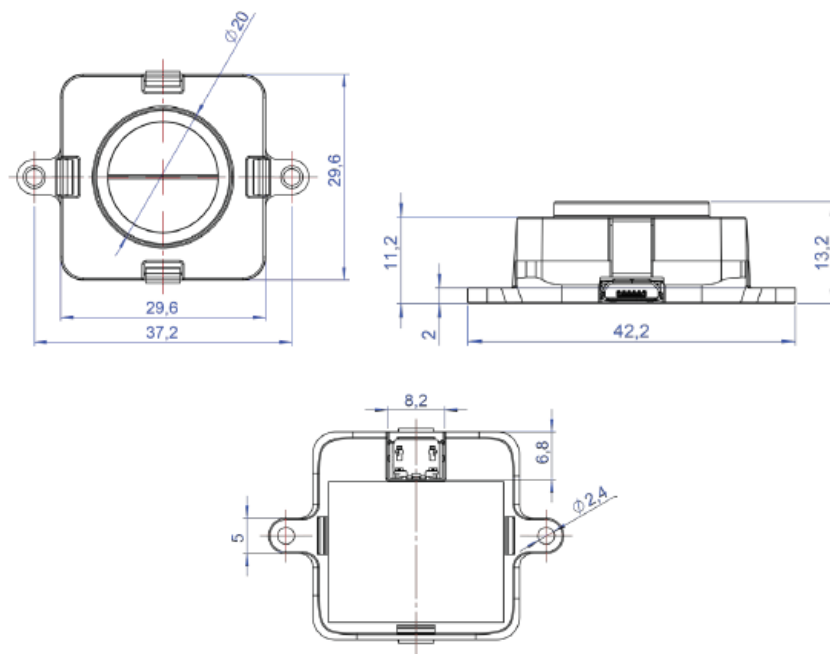


7. Caracteristici cheie

Tabelul 2 Specificații tehnice

Performanță	
Principiul de detectare	Infrared Time-of-Flight
Lungimea de undă a sursei de lumină	940 nm
Mediul utilizat	În interior
Repetabilitate	< 5 mm
Rezoluția distanței de ieșire	1 mm
Unghiul de vizualizare	27°
Zona de recepție proiectată	48 cm x 48 cm @ 1 m
Operațiune	Model pixel (px): 1px, 2px, 4px (2x2) Moduri de autonomie: cu rază scurtă, cu rază lungă de acțiune
Electronică	

Tensiunea de alimentare	5V DC +/-5%
Consum mediu curent	50 mA
Timp de inițializare	< 1 s
Comunicare	
Interfețe seriale	USB 2.0 Micro-B UART, +3.3V level, 115200,8,1, None I2C, +3.3V level, 400 kHz
Notificare vizuală	2 x LEDs (built-in backboard)
Date mecanice	
Dimensiuni	42 x 30 x 13 mm (incl. backboard)
Greutate	9 g (incl. backboard)
Temperatura de Operare	-20° C to 75° C
Material carcasă	ABS
Tipuri de conexiunii	USB Backboard: USB 2.0 Micro-B I2C/UART Backboard: DF13-7p connector Hub Evo Backboard for use with TeraRanger Hub Evo



8. Dimensiuni dispozitiv

Tabelul 3 Matricea de performanță

Range mode		Short-Range		
Pixel mode	1px mode	2px mode	4px mode	
Range	0.03 m to 1.35 m	0.03 m to 1.35 m	0.03 m to 1.35 m	
Accuracy	Up to +/-1.5 cm	Up to +/-1.5 cm	Up to +/- 2 cm	
Update Rate	Fixed 40 Hz	Fixed 13 Hz	Fixed 6 Hz	
Range mode		Long-Range		
Pixel mode	1px mode	2px mode	4px mode	
Range	0.03 m to 3.3 m	0.03 m to 2.3 m	0.03 m to 1.65 m	
Accuracy	Up to +/- 2 cm	Up to +/-1.5 cm	Up to +/- 3 cm	
Update Rate	Fixed 20 Hz	Fixed 8 Hz	Fixed 4Hz	

5.4.1.3 Modulul senzor infraroșu tip C



9. TeraRanger Duo

Tabelul 4 Specificatii tehnice

Principiu	Infrared Time-of-flight (TOF), ultrasunete
Gama	14m (în condiții de lumină solară non-directă $\geq 6m$ în caz contrar) pentru ToF, Sonar până la 7,65m
Rata de actualizare	1kHz (în modul viteză) - până la 600Hz (în modul de precizie), Sonar 1-20Hz
Gama de rezoluție	0,5 cm pentru ToF, 1 cm pentru Sonar
Precizie	$\pm 2cm$ (în modul de precizie) pentru ToF
Câmp vizual	$\pm 1,7^\circ$

Tensiunea de alimentare:	10 -20V DC
Curent de alimentare	50mA @ 12V = consum mediu, 100mA @ 12V = consum de vârf
Interfețe posibile	UART, nivel + 5V, până la 115200,8, N, 1, programabil de utilizator * SPI (partajat cu JTAG), o linie CS, + 5V nivel (numai cu SDK) Două linii I / O utilizator, nivel + 5V, de ex. pentru PWM, întreruperi, LED-uri etc. (cu SDK numai)
Interfață auxiliară	+ 5V ieșire disponibilă pe conector (max. 20mA)
Conector	15 pini DF13
Greutate	16g



10. Dimensiuni dispozitiv

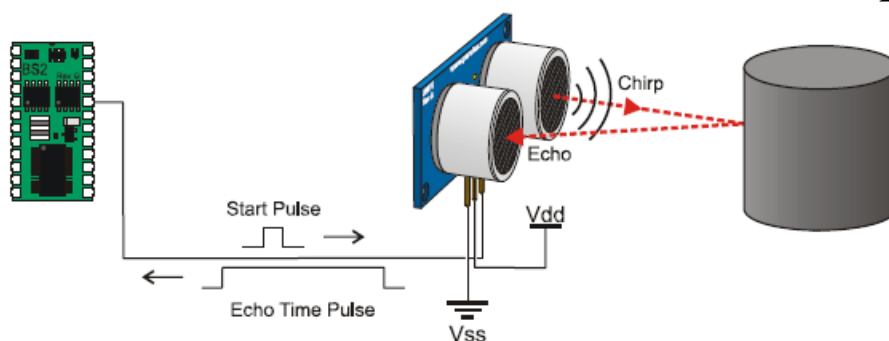
Tabelul 5 Iesire Pini

Pin	Funcție
15	GND
14	Vcc (10V, accepta 1020V)
13	Serial out (TXD), 5V level
12	Serial in (RXD), 3.35V level
11	TWI** SDA
10	TWI** SCL
9	User I/O 1
8	User I/O 2
7	Arduino compatible reset in (to DTR)
6	Reset in (pull to GND to reset)

5	MOSI (for SPI or flashing)
4	MISO (for SPI or flashing)
3	SCLK (for SPI or flashing)
2	+5V out (use only to provide voltages levels to programming devices, max. 10mA!)
1	GND

5.4.2 Tipuri de senzori ultrasonici

5.4.2.1 Modulul senzor de ultrasunete tip A



11. The Parallax PING))) Ultrasonic Distance Sensor

Interval: 2 cm până la 3 m (0,8 in până la 3,3 yd)

LED-ul de indicare activitate senzorului

Interfața de impuls TTL bidirecțională pe un singur pin I / O poate comunica cu microcontrolere CMOS de 5 V TTL sau 3,3 V

Trigger de intrare: impuls TTL pozitiv, 2 μ s min, 5 μ s tip.

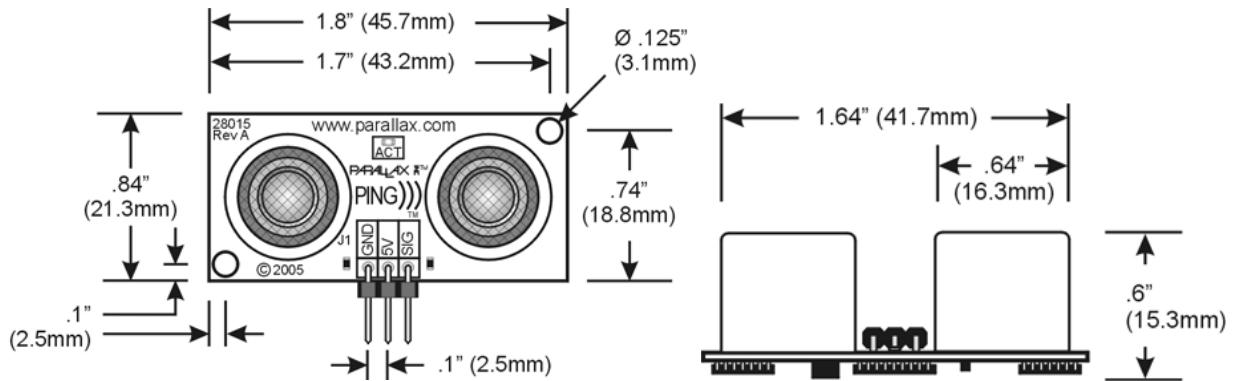
Echo impuls: impuls TTL pozitiv, 115 μ s minim până la 18,5 ms maxim.

Conform cu RoHS

12. Caracteristici cheie

Tabelul 6 Specificații tehnice

Tensiunea de alimentare	+5 VDC
Curent de alimentare	30 mA tip; 35 mA max
Comunicare	impuls TTL pozitiv Pachet: SIP cu 3 pini, spațiere de 0,1" (masă, putere, semnal)
Temperatura de funcționare	0 - 70 ° C.
Dimensiune	22 mm H x 46 mm W x 16 mm D (0,84 in x 1,8 in x 0,6 in)
Greutate	9 g (0,32 oz)



13. Dimensiuni dispozitiv

Tabelul 7 Pini iesire

Pinouts	
VCC	Pin de intrare de putere 5V
GND	Pin de alimentare 0V
SIG	Pin de ieșire digitală

5.4.2.2 Modulul senzor de ultrasunete tip B



14. Me Ultrasonic Sensor

Protecție anti-inversare - conectarea inversă a sursei de alimentare nu va deteriora IC
Suportă programarea GUI mBlock
Portul RJ25 pentru o conexiune ușoară
Furnizați un port tip pin pentru a sprijini majoritatea plăcilor de dezvoltare, inclusiv seria Arduino

15. Caracteristici cheie

Tabelul 8 Specificații tehnice

Tensiune de funcționare	5V DC
Unghiul de măsurare	30 de grade
Domeniu de măsurare	3-400cm (cu eroare mai mică de 1cm)
Frecvență ultrasunete	42 KHz
Mod de control	control port digital unic
Dimensiunea modulului	56 x 36 x 31 mm (L x L x Î)

Tabelul 9 Pini iesire

Pinouts	
VCC	Pin de intrare de putere 5V
GND	Pin de alimentare 0V
SIG	Pin de ieșire digitală

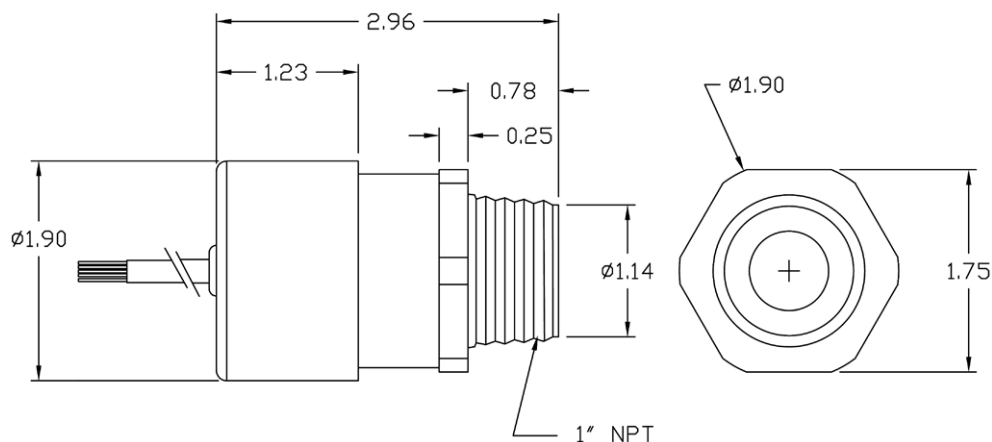
5.4.2.3 Modul senzor de ultrasunete tip C



16. PulStar Series Sensors

Tabelul 10 Specificații tehnice

	Ieșire de tensiune	Ieșire curente
Ieșiri programabile	0-10 V DC	4 to 20 mA sau 0 - 20 mA DC
Putere necesară	12 to 24 V DC (inverse polarity protected), 30 mA, typical	12 to 24 V DC (inverse polarity protected), 30 mA, typical (not including I-out)
Puncte de referință	0 sau 10.25 V DC	0 sau 20.5 mA DC
Impedanță de ieșire	100 ohms	N/A
Ieșire curentă de buclă	N/A	4 to 20 mA or 0 to 20 mA DC
Ieșire curentă de buclă	Programabil de la 0 la 10,25 V DC	Programabil de la 0 la 20,5 mA DC
Moduri de declanșare	Intern sau Software Trigger	
Rata de eșantionare	0.1 Hz to 20 Hz in 0.1 Hz	
Convertor de comunicații	USB/RS-485 or RS-232/RS-485	



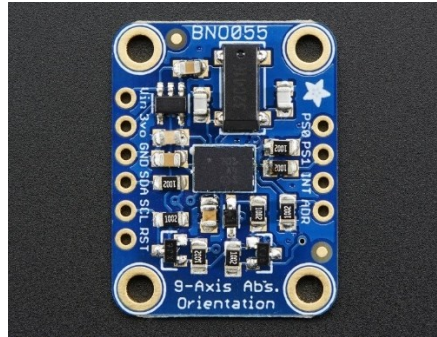
17. Dimensiuni dispozitiv

Tabelul 11 Specificatii performante

Distanțe de detectare	Distanță scurtă (150 kHz)		Distanță medie (95 kHz)	
	PulStar	PulStar Plus	PulStar 12 inches (300 mm) to 13 feet (4 m)	PulStar Plus
	4 inches (100 mm) to 7 feet (2.1 m)	4 inches (100 mm) to 9 feet (2.7 m)		8 inches (200 mm) to 20 feet (6 m)
Rezoluție de măsurare	0.01 inches (0.25 mm)			
Precizia măsurării	± 0.1% din gama			
Unghiul fasciculului sistemului	8° Conic			
Timp de răspuns	60 mS			
Rezoluție	11 bit			
Compensarea temperaturii	Internal Probe			
Material	PVC or PVDF			
Cablu	5 Conductor, 24 AWG, Shielded, PVC Jacket			
Temperatura operațională	-40°C la 70°C			
Umiditate relativă	0 to 95%, non-condensing			

5.4.3 Tipuri de senzori de tip IMU

5.4.3.1 Modul senzor inerțiali - tip A



18. *Senzorul BNO055*

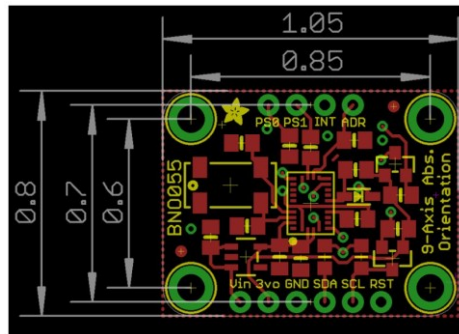
Date furnizate de senzor	<ul style="list-style-type: none"> • Cuaternion • Eulerangle • Vector de rotație • Accelerație liniară • Gravitate
3 senzori într-un singur dispozitiv	<ul style="list-style-type: none"> • giroscop triaxial de 16 biți • accelerometru triaxial de 14 biți • senzor geomagnetic de performanță
Dimensiuni	• 28 de pini Amprentă 3,8 x 5,2 mm ² , înălțime 1,13 mm ²
Managementul energiei	<ul style="list-style-type: none"> • normal • mod redus de putere • suspendare
Digital interface	<ul style="list-style-type: none"> • HID-I2C • I²C

19. *Caracteristici cheie*

Tabelul 12 Specificatii tehnice

Accelerometru / magnetometru cu 3 axe FXOS8700	
Tensiune	2-3.6V
Accelerometru	± 2 g / ± 4 g / ± 8 g
Magnetometru	± 1200 μT

Output	1.563 Hz - 800 Hz
Rezolutie ADC	14 biti pentru accelerometru 16 biti pentru magnetometru
FXAS21002 Gyroscop 3-axe	
Tensiune de alimentare	2-3.6V
Gyroscop	$\pm 250/500/1000/2000$ ° / s
Output	12,5 - 800 Hz
Rezolutie	16 biti



20. Dimensiuni dispozitiv

5.4.3.2 Modul senzor inerțiali - tip B



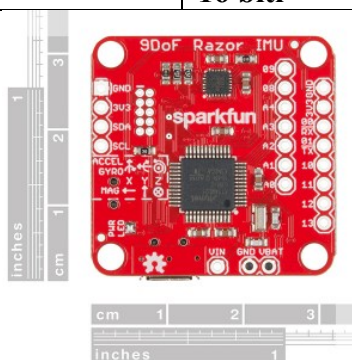
21. SparkFun 10DoF Razor IMU M0

- incarcator baterie LiPo
- μSD
- firmware preprogramat
- Se poate programa prin USB

22. Caracteristici cheie

Tabelul 13 Specificatii tehnice

Accelerometru ADXL345 / magnetometru cu 3 axe HMC5883L	
Tensiune	2 - 3.6V
Accelerometru	$\pm 2 \text{ g} / \pm 4 \text{ g} / \pm 8 \text{ g}$
Magnetometru	$\pm 1000 \mu\text{T}$
Output	1.563 Hz - 800 Hz
Rezolutie ADC	16 biti pentru accelerometru 16 biti pentru magnetometru
FXAS21002 Gyroscop 3-axe	
Tensiune de alimentare	2-3.6V
Gyroscop	$\pm 250/500/1000/2000 \text{ }^\circ / \text{s}$
Output	12,5 - 800 Hz
Rezolutie	16 biti



23. Dimensiuni

5.4.3.3 Modul senzor inerțiali - tip C



24. MPU9025 9dof

- Accelerometru cu trei axe cu ieșire digitală cu o gamă programabilă de scală completă de $\pm 2\text{g}$, $\pm 4\text{g}$, $\pm 8\text{g}$ și $\pm 16\text{g}$ și ADC integrate pe 16 biți
- Senzor magnetic cu 3 axe cu efect Hall;

- Filtru Gyroscop cu trepte low-pass programabil digital;
- Curent de funcționare a giroscopului: 3.2mA;
- Curent normal de funcționare pentru accelerometru: 450μA;
- Curent normal de funcționare pentru magnetometru: 280μA la rata de repetiție de 8Hz;
- Tensiune de alimentare VDD de 2.4 - 3.6V.

Tabelul 14 Specificatii tehnice

Pin Label	Pin Function	Notes
SCL	I ² C serial clock SPI serial port clock	100 or 400 kHz I ² C Up to 1 MHz SPI (20 MHz in certain cases)
SDA	I ² C serial data	Can also be used for SPI serial data input (SDI)
VDD	Power supply	+2.4V to +3.6V
GND	Ground reference	+0V
INT	Interrupt signal	Interrupt digital output (totem pole or open-drain)
CS	Chip select	Chip select (SPI mode only)
AD0/ SDO	Address selection	I ² C Slave Address LSB (AD0): Low: 0b1101000 ⇔ 0x68 High: 0b1101001 ⇔ 0x69 SPI serial data output (SDO)
VDDIO	Power supply for I/O pins	+1.71V up to VDD

5.4.4 Tipuri de senzori LiDAR

5.4.4.1 Modul senzor LiDAR - tip A



25. LiDAR-Lite v3 Senzor Laser

Tabelul 15 Specificații tehnice

Precizie:	+/- 2.5 cm
Interval distanta:	0-40 m
Putere:	4.75-5 V DC; 6 V Max
Consumul de curent:	105 mA, cand este inactiv; 130 mA, cand este activ
Frecventa:	1-500 Hz
Interfata:	I2C sau PWM
Temperatura	pana la 60 ° C de functionare: -20
Lungime unda laser / Putere maxima:	905 nm / 1.3 W
Divergenta a fascicului:	4 m Radian X 2 m Radian
Diafragma optica:	12.5 mm

Dimensiuni si greutate:

- Dimensiuni modul: 20 x 48 x 40 mm
- Dimensiuni PCB : 44.5 x 16.5 mm
- Greutate modul: 16 g
- Greutate PCB: 4.5 g

5.4.4.2 Modul senzor LiDAR – tip B



26. RPLiDAR A1 A1M8 360 Degree

- Măsoară datele de distanță în peste 8000 de eșantioane pe secundă.
- Scanare laser omnidirecțională la 360 de grade
- Rată de eșantionare de 8000 de ori, cea mai mare din industria actuală a LIDAR-urilor economice
- Design original OPTMAG, pentru o durată de viață prelungită
- Rată de scanare configurabilă între 2-10Hz
- Ideal pentru navigare și localizare robotică
- Conectează și folosește (Plug and Play)

Tabelul 16 Specificatii tehnice

Dimensions	98.5mm x70mm x60mm
Weight	G.W 170g
Battery	Exclude
Distance Range	0.15 - 6m, White objects
Angular Range	0-360 Degree
Distance Resolution	<0.5mm
Angular Resolution	≤1Degree
Sample Duration	0.5ms
Sample Frequency	2000~2010Hz
Scan Rate	1~10Hz, Typical 5.5Hz,

5.4.4.3 Modul senzor LiDAR – tip C



27. RPLiDAR A2M6 360 Degree Laser

Caracteristici:

- Cea mai mare rată de eşantionare în industria actuală a LIDAR-urilor economice: 8000 de ori rata de eşantionare
- Scanare cu rază laser de 360 de grade
- Distanță mare de acoperire: Rază de acoperire de 18 m
- Design ultra-subțire de 4 cm, ușor și portabil
- Zgomot redus, motor fără perii, nou sistem de conducere fără contact
- Design original OPTMAG, prelungește durata de viață
- Standard de siguranță laser de clasă 1
- Motor de gamă RPVision de înaltă viteză: RPVision 2.0
- Cinci ani de viață ultra-lungă
- Ideal pentru toate tipurile de roboți de serviciu

Tabelul 17 Specificatii tehnice

Dimensiuni	76mm x76mm x41mm
Masă	G.W 190g
Baterie	Exclude
Plajă Angulară (sau Interval Angular)	0.2 - 18m, Based om white objects with 70% reflectivity
Distanță de Acoperire	0-360 Degree
Rezoluție a Distanței	<0.5mm
Rezoluție Angulară	0.45~1.35 degree, Typical 0.9 degree
Durată a Eşantionului	0.25ms
Frecvență a Eşantionului	2000~8000Hz, Typical 4000Hz,
Dimensiuni	5~15Hz, Typical 10Hz,

5.4.5 Tipuri de senzori de Camera

5.4.5.1 Modul senzor Camera – tip A



28. web Logitech C270

Tabelul 18 Specificatii tehnice

Rezolutie foto (pixeli)	3 MP
Rezolutie video (pixeli)	1280 x 720
Interfata	USB 2.0
Microfon	Da
Altele	Tehnologie RightLight
Greutate	227 g

5.4.5.2 Modul senzor Camera – tip B



29. web Xiaomi Imilab W88S

Tabelul 19 Specificatii tehnice

Rezoluție senzor (pixeli)	2 MP
Rezoluție video (pixeli)	1920 x 1080
Interfață	USB 2.0
Microfon	Da
Lentile	3.6 mm
Dimensiune (mm)	71.5 x 120 x 35 mm
Greutate	138 g

5.4.5.3 Modul senzor Camera – tip C



30. web, Oem, model 25643, HD, 4K

Tabelul 20 Specificații tehnice

Rezoluție foto (pixeli)	8 MP
Rezoluție video (pixeli)	1024 x 768 1280 x 720 1920 x 1080 640 x 480 2048 x 1536 3840 x 2160 4K 3264 x 2448 1440 16/9 30fps @ 50Hz
Interfață	USB 2.0
Microfon	Da, incorporat
Altele	Include tripod, cover și cablu
Greutate	0.1 Kg
Software inclus	Soluție Plug-and-Play, Nu necesită Driver

5.4.6 Tipuri de Senzor Kinetic

5.4.6.1 Modul senzor Kinetic – tip A



31. Somatosensory Camera 3D Scanner Z17or for 3d Printer Handheld

Tabelul 21 Specificații tehnice

Nume	Astra pro
Plajă de Adâncime (metri)	0.6m-8m
Consum de Energie	2.5W Max, Peak current is less than 500mA
Rezoluție Imagine Color	1280×720@30FPS 640×480@30FPS 320×240@30FPS
Rezoluție Imagine Adâncime	1280×1024@7FPS 640×480@30FPS 320×240@30FPS 160×120@30FPS
Dimensiuni (mm)	165×40×30mm
Precizie	±1-3mm@1m
Câmp Vizual Color	H66.1°V40.2°
Câmp Vizual Adâncime	H58.4°V45.5°
Întârziere (ms)	30-45
Transmisie de Date	USB2.0 or above
Sistem de Operare Suportat	Android/Linux/Windows7/8/10/ROS
Alimentare Electrică	USB

5.4.6.2 Modul senzor Kinetic – tip B



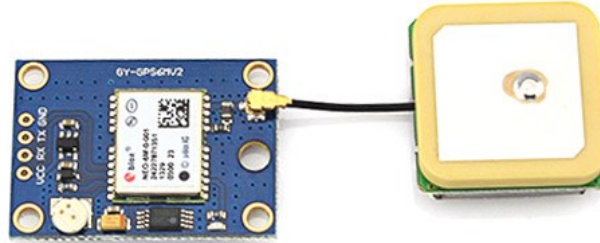
32. Astrapro 3d stereo camera

Tabelul 22 Specificații tehnice

HW Specs	Depth Image Res.	640 x 480 (VGA) 16 bit @ 30 FPS
		320 x 240 (QVGA) 16 bit @ 30 FPS
		160 x 120 (QQVGA) 16 bit @ 30 FPS
	RGB Image Res.	1280 x 960 @ 10 FPS
		640 x 480 @ 30 FPS
		320 x 240 @ 30 FPS
	FOV	73D x 60H x 49.5V
	Size	165mm x 30mm x 40mm
	Operation Range	0.4m to 8.0m Optimized Range 0.4m to 6.0m
	Operating Temp.	-10°C to 50°C
	Data Interface	USB 2.0
	Microphones	2 (Build-in)
	Power Supply	USB 2.0
Power Consumption	Full 1.85W Standby 1.465W	
SW Support	OS	Android/Linux/Windows 7/8/10
	SDK	Astra SDK or OpenNI 2or 3rdParty SDK
	Middleware	Astra Middleware or 3rdParty Middleware
Accuracy	@ 1m	±1-3mm
	@ 2-3m	±12.7mm

5.4.7 Tipuri de senzori de GPS

5.4.7.1 Modul senzor GPS – tip A



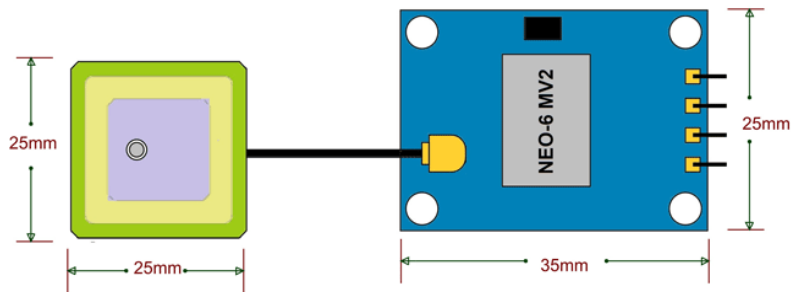
33. NEO 6M GPS Module

Caracteristici cheie:

- Motor de poziționare u-blox 6:
- Navigare la -162 dBm și -148 dBm la pornire la rece
- Aducere mai rapidă cu AssistNow Autonomous
- Management de energie configurabil
- Motor hibrid GPS/SBAS (WAAS, EGNOS, MSAS)
- Tehnologie anti-interferență
- Integrare simplă cu modulele wireless u-blox
- A-GPS: servicii AssistNow Online și AssistNow Offline,
- Conform OMA SUPL
- Pachet LCC pentru fabricare fiabilă și eficientă din punct de vedere al costurilor
- Compatibil cu Soluția GPS u-blox pentru Android
- Bazat pe cipuri GPS calificate conform AEC-Q100
- Fabricat în situri de producție certificate conform ISO/TS 16949
- Calificat conform ISO 16750

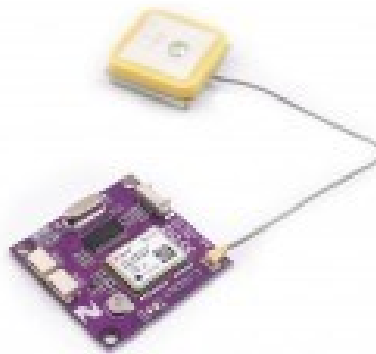
Tabelul 23 Specificații tehnice

Tip receptor	50-channel u-blox 6 engine GPS L1 C/A code SBAS: WAAS, EGNOS, MSAS
Rată actualizare navigație	up to 5 Hz
Precizie	Position 2.5 m CEP SBAS 2.0 m CEP
Achiziție	Cold starts: 26 s Aided starts: 1 s Hot starts: 1 s
Sensibilitate	Tracking: -162 dBm Cold starts: -148 dBm Hot starts: -157 dBm



34. Dimensiuni

5.4.7.2 Modul senzor GPS – tip B



35. U-blox, NEO-M8N-0-10

Tabelul 24 Specificații tehnice

Tensiune:	Tensiune: 3.3V
Precizie Orizontală a Poziției:	Precizie Orizontală a Poziției: 2.5 m
Precizie a Orientării (Heading):	Precizie a Orientării (Heading): 0.3 grade
Precizie a Vitezei:	Precizie a Vitezei: 0.05 m/s
Timp până la primul fix (Time-To-First-Fix):	Timp până la primul fix (Time-To-First-Fix): 27 - 30s (rece), 1s (cald)
Interfață:	Interfață: I2C și UART
Circuit Integrat (IC):	Circuit Integrat (IC): SC16IS752
Adresă:	Adresă: 0x4D, 0x4C, 0x49, 0x48 (Implicit: 0x4D)
Dimensiune:	Dimensiune: 35.5 x 35.8mm
Greutate:	Greutate: 7.8g

5.4.7.3 Modul senzor GPS – tip C



Tabelul 25 Figura 45: Receptor GPS USB GLONASS GALILEO M8030, receptor dual GNSS

Tabelul 26 Specificații tehnice

CHIP GNSS	UBX-M8030-KT
frecvență	L1, 1575,42MHz
protocol	NMEA 0183 v2.3,4.x GPS / QZSS L1 C / A, GLONASS L10F Bei Dou B1 SBAS L1 C / A: WASS, EGNOS, MSAS, Suport Galileo E1B / C. Mod implicit GPS + GLONASS Implicit: GGA, GSA, GSV, RMC Suport: VTG, GLL, binar TXT și comandă NMEA
Rată de transmisie disponibilă	(Implicit 9600) Poate fi setat, 4800, 19200, 38400, 57600, 115200 BPS
Canal de recepție	72
Sensibilitate	Sensibilitate de urmărire: -160Dbm Sensibilitate de captare: -157dBm
Precizie	Poziție orizontală: autonomă <2,5maverage, SBAS <2,0m viteza medie : 0,1 m / s Semnal de timp: RMS 30 ns
înălțimea maximă	18000 metri
Viteza maxima	515 m / s
Accelerație maximă	4G
Frecvență de actualizare	1-10Hz (implicit 1Hz)
A-GPS	AssistNow on-line și off-line
Caracteristici fizice	

Cod PIN	USB
Dimensiuni	50 mm * 500 mm * 19,0 mm
Tensiunea de funcționare	3.3V-5.4VDC ± 5%
greutate	8,5g
Formular conector	1,0 6 PIN
Lungimea cablului:	150CM
Temperatura de Operare	-40 până la 85

5.5 CONCLUZII

Planificarea traseului implică evaluarea unui set complex de factori pentru a obține rezultate optime, printre aceștia numărându-se lungimea traseului, stabilitatea, eficiența și, cel mai important, siguranța vehiculului. Pentru a atinge cea mai bună performanță, este esențială hibridizarea algoritmilor, selectând o combinație optimă care să ofere robustețe, timp de răspuns rapid și precizie, precum și o abilitate inteligentă de a gestiona erorile generate în procesul algoritmilor.

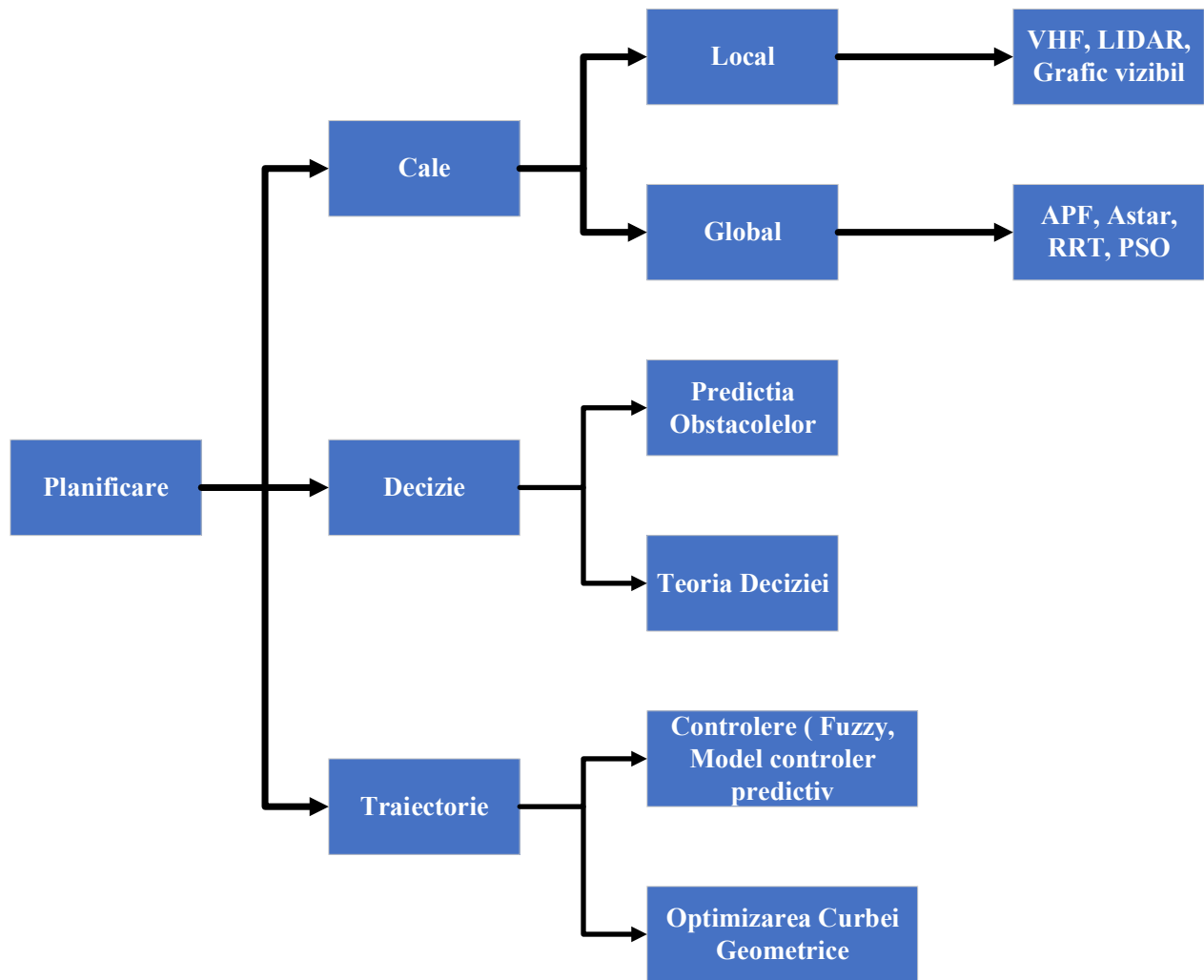
Sistemul de poziționare și navigare autonomă se compune din două componente esențiale: navigarea GPS și navigația vizuală. Integrarea acestor două aspecte poate asigura o funcționare eficientă a sistemului. În cadrul sistemului, identificarea imaginii bazată pe analiza Wavelet reprezintă o abordare fiabilă și eficientă pentru îmbunătățirea mișcării generale a vehiculului.

Este evident că metodele hibride sunt preferate atunci când se urmăresc mai multe obiective simultan. Acestea presupun integrarea și combinarea mai multor metode, maximizând avantajele fiecăreia și minimizând dezavantajele. Prin integrarea diverselor tehnici, se poate reduce zgomotul, complexitatea de calcul și de timp, incertitudinea datelor și se pot aborda problemele de minim local. Concluzionând, abordarea hibridă rămâne o opțiune populară și eficientă în planificarea traseului, oferind soluții cuprinzătoare și robuste.

Tabelul 27 Compararea tehnicilor deterministe cu tehnicile nedeterminate

Nr.	Soft Computing	Robust	Răspunsul	Precizia	Intelligent	Complexitatea Computațională	Complexitatea timp
1	Fuzzy logic	Medium	Medium	Scăzut	Medium	Înalt	Înalt
2	Neural Network	Înalt	Medium	Înalt	Înalt	Înalt	Înalt
3	PSO	Medium	Înalt	Medium	Înalt	Medium	Medium
4	GA	Înalt	Înalt	Medium	Medium	Medium	Medium
5	ACO	Medium	Medium	Înalt	Medium	Înalt	Înalt

Deși utilizarea metodelor hibride poate părea o strategie eficientă pentru atingerea multiplelor obiective cu un cost redus, aceste metode se confruntă cu provocări semnificative în privința compatibilității. Un aspect crucial este că nu toate metodele sunt universal compatibile. Incompatibilitatea între metode poate conduce la obținerea unor rezultate suboptimale în comparație cu utilizarea unei singure metode. Procesul de integrare a două metode poate genera noi probleme și provocări, afectând performanța generală a sistemului de control și generând oscilații. Acest context poate contribui la rezultate nesatisfăcătoare și la incertitudini în eficacitatea abordării hibride.



36. Arborele de clasificare pentru planificarea traseului.

Percepția joacă un rol esențial în contextul cercetării roboților mobili, deoarece abilitatea acestora de a percepe mediul înconjurător într-un mod corect și eficient influențează în mod direct

capacitatea lor de a îndeplini sarcini variate. În acest sens, alegerea adecvată a senzorilor devine crucială pentru îndeplinirea misiunilor și pentru adaptabilitatea la diverse medii. Sensorii Sonar sunt adesea preferați pentru funcții precum evitarea coliziunilor, oferind robotului capacitatea de a reacționa la obstacole în timp real. În paralel, senzorii de vedere sunt utilizați pentru localizare, permițând robotului să își cunoască poziția în raport cu mediul său.

Într-un context specific de cercetare privind soluțiile de navigație în medii cu acces restricționat la GPS, percepția devine cu atât mai crucială, deoarece lipsa informațiilor precise de poziționare poate impune o dependență mai mare de alte tipuri de senzori. Astfel, adaptabilitatea și performanța acestor senzori devin criterii esențiale pentru succesul roboților mobili în astfel de medii, unde restricțiile asupra accesului la sistemul GPS pot fi semnificative. Designerii de roboți se confruntă astfel cu provocări semnificative în identificarea și implementarea senzorilor potriviți pentru a asigura o navigare eficientă și sigură în astfel de condiții restrictive.

Bibliografie

- [1] T. Fernando, J. Y. Goulermas, H. Tawfik, and A. R. Soltani, "Path planning in construction sites: Performance evaluation of the dijkstra, a*, and GA search algorithms," *Adv. Eng. Informatics*, vol. 16, no. 4, pp. 291–303, 2002, doi: 10.1016/S1474-0346(03)00018-1.
- [2] D. Gong and X. Liu, "A comparative study of A-star algorithms for search and rescue in perfect maze," 2011 Int. Conf. Electr. Inf. Control Eng. ICEICE 2011 - Proc., pp. 24–27, 2011, doi: 10.1109/ICEICE.2011.5777723.
- [3] M. R. Amin-Naseri and E. Masehian, "A voronoi diagram-visibility graph-potencial field compound algorithm for robot path planning," *J. Robot. Syst.*, vol. 21, no. 6, pp. 275–300, 2004, doi: 10.1002/rob.20014.
- [4] Martinez Santa M. S. Gomez, "Comparative study of geometric path planning methods for a mobile robot: Potential field and voronoi diagrams," *IEEE International Congr. Eng. Mechatronicand Autom. (CIIMA)*, Colombia, p. 1–6., 2013.
- [5] Kim Y. J., K. Kim, and J. H. Park, "Modular Q-learning based multi-agent cooperation for robot soccer.," *ELSEVIER Robot. Auton. Syst.* 35(2), 109–122. doi10.1016/S0921-8890(01)00114-2, 2001.
- [6] I. Horvath and G. Engedy, "Artificial neural networkbased local motion planning of a wheeled mobile robot.," *IEEE Int. Symp. onComputational Intell. Informatics(CINTI)*, Hungary, pp. 213–218., 2010.
- [7] M. B. Ramirez-Serrano and A. Montaner, "Fuzzy knowledge-based controller design for autonomous robot navigation," *Elsevier Expert Syst. with Applications*, 14(1), 179–186. doi10.1016/S0957-4174(97)00059-6, 1998.
- [8] S. X. Yang and A. Zhu, "Neurofuzzy-based approach to mobile robot navigation in unknown environments," *IEEE Trans. Syst. Man Cybern. Part C Appl. Rev.*, vol. 37, no. 4, pp. 610–621, 2007, doi: 10.1109/TSMCC.2007.897499.
- [9] S. Ghanavati and A. Ahmadzadeh, "Navigation of mobile robot using the PSO particle swarm optimization.," *J. Acad. Applied Studies (JAAS)*, 2(1), 32–38., 2012.
- [10] S. Nodehi, S. Shiry, and A. Ghorbani, "Using genetic algorithm for a mobile robot path planning.," *IEEE International Conf. Futur. Comput. and Communication* (pp. 164–166). Malaysia., 2009.
- [11] R. Sepúlveda, P. Melin, O. Castillo, O. Montiel, and M. A. P. Garcia, "Path planning for autonomous mobile robot navigation with ant colony optimization and fuzzy cost function evaluation," *Appl. Soft Comput. J.*, vol. 9, no. 3, pp. 1102–1110, 2009, doi: 10.1016/j.asoc.2009.02.014.
- [12] K. F. Uyanik, "Artificial Potential Fields."
- [13] A. Saleh Alija, "Analysis of Dijkstra's and A* algorithm to find the shortest path," (Doctoral Diss. Univ. Tun Hussein Onn Malaysia., 2015.
- [14] X. Shi and H. Cui, "A*-based pathfinding in modern computer games.," *Int. J. Comput. Sci. Netw. Secur.* 11(1), 125–130., 2011.
- [15] S. S. Nazli Alhady, W. Rahiman, and F. Gul, "A comprehensive study for robot navigation techniques," *Cogent Eng.*, vol. 6, no. 1, 2019, doi: 10.1080/23311916.2019.1632046.
- [16] S. S. Adam, S. S., Mohmad, B. B., and I. Abu Bakar, "Navigation of an automated guided vehicle based on Sugeno inference engine," *J. Appl. Sci.* 16, 570–579. doi10.3923/jas.2016.570.579, 2016.

- [17] R. A. Cooke, "Microcomputer control of free-ranging robots.," Proc. 13th Int. Symp. Ind. Robot. Robot. 7, 2, 109–120., 1983.
- [18] H. Bazin, M. et al. Julliere, Place, and E., "A guidance system for a mobile robot.," J. Intell. Robot. Syst. 1, 243. doi 10.1007/ BF00238768., 1988.
- [19] H. Yang, S. X. Li, and "A behavior-based mobile robot with a visual landmark recognition system.," IEEE Trans. Mechatronics, 8(3), 390–400. doi10.1109/TMECH.2003.816818, 2003.
- [20] Cárdenas L. T, O. Aguilar, S. Castillo, and "Fuzzy logic tracking control for unicycle mobile robots.," Eng. Lett. 13(3), 73–82., 2006.
- [21] J. Peters, H., Huser, L. Surmann, and "A fuzzy system for indoor mobile robot navigation," Fourth IEEE Int. Conf. Fuzzy Syst. FUZZIEEE 95 (pp 83–88). doi10.1177/ 014860719501900183, 1995.
- [22] X. Li, J., Fan, J., and & G. Jia, S., Yan, "Multimodal intelligent wheelchair control based on fuzzy algorithm," Proc. IEEE Int. Conf. Inf. Autom. (ICIA '12) (pp. 582–587). Shenyang, China, June 2012. doi10.1094/ PDIS-11-11-0999-PDN, 2012.
- [23] P. H. Milne, "Underwater Acoustic Positioning Systems," ISBN 0-87201-012-0, 1983.
- [24] P. Labiod, M., Glorennec, M. Tadjine, and S. Boubertakh, "A simple goal seeking navigation method for a mobile robot using human sense," Fuzzy Log. Reinf. Learn. J. Autom. Control. 18(1), 23–27. doi10.2298/JAC0801023B, 2008.
- [25] N. Derbel, M., Jallouli, C., Rekik, and "Optimized fuzzy controller for mobile robot navigation in a cluttered environment," IEEE 7th Int. Multi-Conference Syst. Signals Devices (pp. 1–7). Amman, Jordan., 2010.
- [26] M. Vellasco, M., & Pacheco, and K. A. Figueiredo, "Hierarchical neuro-fuzzy models based on reinforcement learning for intelligent agents," Int. Work. Artif. Neural Networks (pp. 424–432). Berlin, Heidelb. Springer., 2005.
- [27] N. B. Hui, D. K., and & Pratihari, "A comparative study on some navigation schemes of a real robot tackling moving obstacles," Robot. Comput. Manuf. 25(4), 810–828. doi10.1016/j. rcim.2008.12.003, 2009.
- [28] D. D. Shi, D., Collins, D., Dunlap, and M. F. Selekwa, "Robot navigation in very cluttered environments by preference-based fuzzy behaviors," Robot. Auton. Syst. 56(3), 231–246. doi10.1016/j. Robot., 2008.
- [29] Z. G. Fu, H. Yan, J., Fan, S. Y. and & M. Tan, "Neural networks for mobile robot navigation: A survey.," Adv. Neural Networks-ISNN(pp. 1218–1226). China. doi10.1037/0735- 7044.120.6.1218, 2006.
- [30] F. G. Soria, and C. M. Rossomando, "Design and Linear, implementation of adaptive neural PID for non America, dynamics in mobile robots.," IEEE Lat. Trans. 13(4), 913–918. doi10.1109/ TLA.2015.7106337, 2005.
- [31] A. Roth, A., & Shahzad, and R. Al-Jarrah, "Path planning and motion coordination for multi-robots system using probabilistic neuro-fuzzy," ELSEVIER IFAC-Papers Online, 48(10), 46–51. doi:10.1016/j., 2015.
- [32] J. Steele, and & N. Godjevac, J., "Neuro-fuzzy control of a mobile robot.," Elsevier Neurocomputing, 28(1), 127–143. doi:10.1016/S0925-2312(98)00119-2, 1999.
- [33] K. Mattar, and & E. Al Mutib, "Neuro-fuzzy controlled autonomous mobile robotics system.," IEEE 13th Int. Conf. Model. Simulation, UK, p. 1–7., 2011.

- [34] C. Wahl, C., & Ma, W., and F. M. Li, "A neuro-fuzzy system architecture for behavior-based control of a mobile robot in unknown environments," *Fuzzy Sets Syst.* 87(2), 133–140. doi10.1016/S0165- 0114(95)00015-1, 1997.
- [35] C. J. Chwa, and D. Kim, "Obstacle avoidance method for wheeled mobile robots using interval type-2 fuzzy neural network," *IEEE Trans. Fuzzy Syst.* 23(3), 677–687. doi10.1109/TFUZZ.2014.2321771, 2015.
- [36] S. Elbekri, S., and S. Benhlina, and A. Lamini, "Genetic algorithm based approach for autonomous mobile robot path planning," *Procedia Comput. Sci.* 127, 180–189. doi10.1016/j.procs.2018.01.113, 2018.
- [37] F. Fukuda, M., and N. Kubota, and T. Kojima, "Learning of mobile robots using perception-based genetic algorithm," *ELSEVIER Meas.* 29(3), 237–248. doi10.1016/S0263-2241(00)00044-0, 2001.
- [38] U. H. Belmonte, and A. Ayala-Ramirez, M. A., Contreras-Cruz, H.- and V., "Mobile robot path planning using artificial bee colony and evolutionary programming.," *Appl. Soft Comput.* 30, 319–328. doi10.1016/j.asoc.2015.01.067, 2015.
- [39] H. Guan-Zheng, H., and N. A. T., and Huan, "Ant colony system algorithm for real-time globally optimal path planning of mobile robots," *Acta Autom. Sin.* 33 (3), 279–285., 2007.
- [40] F. K. Sadeghian, and E. Purian, "Mobile robots path planning using ant colony optimization and fuzzy logic algorithms in unknown dynamic environments," *IEEE Int. Conf. Control. Autom. Robot. Embed. Syst.* (pp. 1–6). India.