



PROIECT DE CERCETARE
PLATFORMA AI DE BIOMONITORIZARE
ȘI LOCALIZARE PENTRU MISIUNI
MILITARE

RAPORTUL TEHNIC DE CERCETARE Nr. 3

Conf. Dr. Ing. Felix-Constantin ADOCHIEI

Drd. Matei GEORGE

Simona-Narcisa ARGHIR

Cuprins

1. Introducere	4
2. Sistemul de poziționare globală (Global Positioning System – GPS)	7
3.1. Stadiu actual al cercetărilor	9
3.1 Detectarea stării de sănătate a soldatului și implemntarea unui sistem de urmărire folosind Internet of Things (IoT) [20].....	9
3.2 Sistem de monitorizare al sănătății și localizarea soldaților folosind LabVIEW	10
3.3 Sistemul de monitorizare a soldatului și de indicare a sănătății [25].....	12
4. Materiale si metoda	15
4.1. NodeMCU-32S – Platformă de dezvoltare pentru aplicații IoT bazate pe ESP32	16
4.2. Modulul accelerometru si giroscop MPU6050	17
4.3. Modulul GPS NEO-6M – Receptor de poziționare geografică cu precizie ridicată	18
5. Dezvoltarea aplicației prototip	20
5.1. Schema electrică	21
5.2. Inițializarea componentelor.....	22
5.3. Achizitiia datelor.....	25
6. Inițializarea sistemului software.....	27
6.1 Docker	27
6.2. Baza de date	28
6.3. Grafana.....	29
7. Rezultate publicate	33
Concluzii	35
Referințe	37

1. Introducere

Securitatea națională este asigurată prin cooperarea strategică a forțelor armate, inclusiv a armatei terestre, marinei și aviației militare. În centrul acestui sistem de apărare se află soldații, a căror contribuție este esențială și adesea presupune riscuri extreme, inclusiv sacrificiul propriei vieți. Cu toate acestea, siguranța personalului militar aflat în teatrele de operațiuni rămâne o provocare majoră, în special în contextul lipsei de conectivitate și a imposibilității de a transmite în timp real informații critice despre poziția geografică și starea fiziologică a fiecărui militar.

În mod tradițional, soldații indieni (ca exemplu frecvent utilizat în literatura de specialitate) sunt recunoscuți pentru curajul și determinarea lor, chiar și în condiții de dotare precară și expunere crescută la pericole. În prezent, caracterul hibrid al conflictelor armate și complexitatea terenului impun adoptarea de soluții tehnologice avansate pentru a spori capacitatea de reacție și protecția personalului militar în teren.

În contextul geopolitic actual, conflictele armate influențează direct securitatea națională. Rolul soldatului devine, prin urmare, unul critic, nu doar din perspectiva acțiunii militare, ci și ca punct central al eforturilor de monitorizare, coordonare și protecție. Riscurile la care este expus în timpul misiunilor impun dezvoltarea de soluții tehnologice capabile să furnizeze date în timp real despre poziționare și parametrii biomedicali esențiali.

O abordare actuală constă în echiparea soldaților cu dispozitive purtabile inteligente, bazate pe bio-senzori și module de transmisie, capabile să colecteze și să transmită continuu date privind starea lor fiziologică și poziția geografică. Aceste sisteme integrează senzori miniaturizați, platforme de procesare locală (ex. Arduino), precum și module de comunicație wireless precum GSM și GPS, oferind astfel o soluție scalabilă și rentabilă pentru monitorizare avansată în timp real [1].

Deși tehnologia nu poate elimina conflictul în sine, aceasta poate reduce impactul său uman și poate spori capacitatea de reacție în situații critice. Comunicarea militară tradițională, deși robustă în multe privințe, suferă în continuare de vulnerabilități legate de factori naturali (teren dificil, climă), bruiaj electromagnetic, pierderi de semnal și limitări de alimentare energetică. În plus, majoritatea sistemelor actuale de urmărire pun accentul exclusiv pe

mobilitatea soldatului, fără a corela aceste date cu indicatori de sănătate sau context operațional, ceea ce limitează capacitatea de a reacționa eficient în cazuri de urgență [2].

Lucrarea de față propune dezvoltarea unui sistem integrat de monitorizare și localizare în timp real a personalului militar activ în teatrele de operațiuni. Sistemul urmărește atingerea următoarelor obiective:

- **Determinarea în timp real a poziției geografice** a fiecărui soldat cu ajutorul modulului GPS;
- **Transmisia bidirecțională a datelor** între soldați și centrul de comandă, utilizând tehnologia GSM;
- **Monitorizarea parametrilor fiziologici esențiali** (puls, temperatură, nivel de oxigen, mișcare), prin intermediul unui ansamblu de biosenzori portabili;
- **Semnalarea rapidă a situațiilor de urgență** prin intermediul unui buton de alertă, integrat în echipamentul portabil al soldatului.

Sistemul propus integrează o unitate centrală portabilă bazată pe o platformă Arduino, care colectează și transmite datele către un server central, facilitând astfel supravegherea continuă a fiecărui militar chiar și în zone de conflict intens [3].

Principala provocare abordată constă în lipsa unor sisteme fiabile care să permită localizarea exactă și monitorizarea constantă a sănătății soldaților în medii ostile. Proiectarea unui „Sistem de monitorizare și localizare a personalului din teatrele de operațiuni” reprezintă un pas semnificativ în direcția reducerii pierderilor umane prin intervenții prompte și decizii informate.

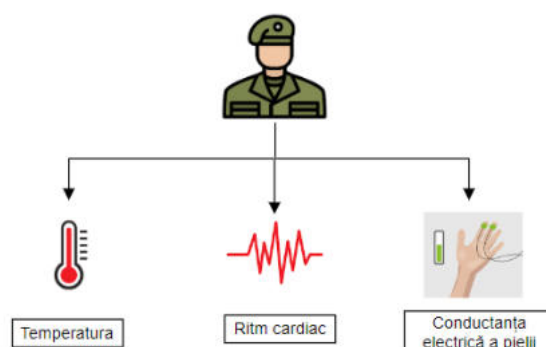


Fig.1 Parametri de sănătate monitorizați

Soluția propusă permite supravegherea continuă a trupelor, chiar și în condiții de mobilitate ridicată sau în poziții avansate, și oferă o bază solidă pentru extinderea ulterioară către sisteme autonome de sprijin decizional și analiză predictivă a riscurilor.

2. Sistemul de poziționare globală (Global Positioning System – GPS)

Sistemul de Poziționare Globală (GPS) reprezintă o tehnologie avansată de navigație prin satelit, concepută pentru a furniza informații precise privind localizarea geografică a obiectelor și persoanelor aflate oriunde pe suprafața globului. Acest sistem utilizează o constelație de sateliți care orbitează Pământul și transmit semnale radio către receptoarele GPS aflate la sol.

Prin recepționarea simultană a semnalelor provenite de la cel puțin patru sateliți, receptorul GPS este capabil să calculeze poziția sa exactă (latitudine, longitudine și altitudine) utilizând principiul triangulației. Pe baza diferențelor de timp dintre semnalele recepționate și pozițiile cunoscute ale sateliților, se determină distanțele respective și, implicit, coordonatele spațiale ale utilizatorului.

Sistemul GPS este larg utilizat în aplicații civile și militare, oferind funcții de urmărire în timp real, calculul al traseelor și determinare a direcției și vitezei de deplasare. Printre domeniile de aplicabilitate se numără navigația aeriană și maritimă, orientarea rutieră, activitățile de explorare și cercetare, managementul flotelor, precum și integrarea în dispozitive portabile precum telefoane mobile și ceasuri inteligente.

Din punct de vedere arhitectural, sistemul GPS este alcătuit din trei segmente principale [19]:

- **Segmentul spațial:** include sateliții GPS care orbitează în jurul Pământului și care transmit semnale radio constante;
- **Segmentul de control:** constă în stațiile terestre de monitorizare și control, care mențin traiectoriile sateliților și sincronizarea precisă a ceasurilor;
- **Segmentul utilizatorilor:** cuprinde toate receptoarele GPS (autonome sau integrate), utilizate pentru a calcula poziția, viteza și timpul local cu ajutorul semnalelor satelitare.

Literatura de specialitate subliniază complexitatea și versatilitatea sistemului. El-Naggar [18] afirmă că GPS-ul poate furniza poziționări cu o precizie variabilă, de la câțiva milimetri (în aplicații diferențiale) până la zeci sau sute de metri, în funcție de condițiile de recepție și tipul de receptor utilizat. La rândul lor, Hofmann-Wellenhof și colaboratorii [19] subliniază importanța celor trei segmente în funcționarea unitară și robustă a întregului sistem (fig 2.1).

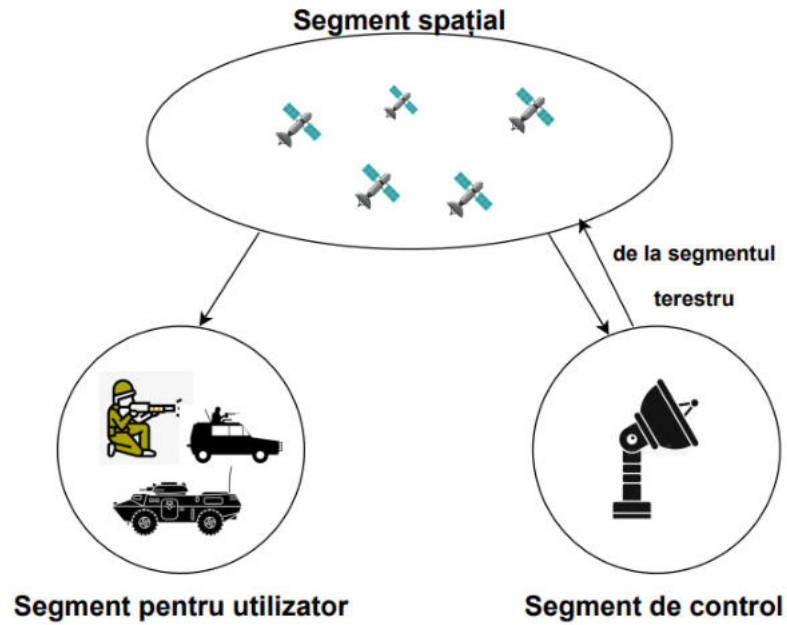


Fig.2.1 GPS - alcătuire

Este important de menționat că performanța GPS poate fi influențată negativ în medii urbane dense, canioane adânci sau spații interioare, unde semnalul satelitar este atenuat sau blocat. Pentru a compensa aceste limitări, sunt utilizate sisteme satelitare complementare precum **GLONASS** (Rusia), **Galileo** (Uniunea Europeană) și **BeiDou** (China), care, împreună cu GPS-ul, constituie ceea ce se numește generic **GNSS** (Global Navigation Satellite System).

3.1. Stadiu actual al cercetărilor

3.1 Detectarea stării de sănătate a soldatului și implementarea unui sistem de urmărire folosind Internet of Things (IoT) [20]

În cadrul acestei lucrări este propus un sistem integrat pentru **monitorizarea stării de sănătate și localizarea geografică a soldatului**, utilizând tehnologii din sfera **Internet of Things (IoT)**, în vederea creșterii gradului de protecție a personalului militar activ în teatrele de operații. Având în vedere că soldatul constituie o resursă esențială pentru securitatea națională, iar integritatea sa fizică este de importanță strategică, este imperativă implementarea unor soluții tehnologice de avertizare timpurie, capabile să furnizeze informații în timp real despre poziția și starea fiziologică a fiecărui combatant.

Sistemul propus are la bază integrarea **modulului GPS** pentru determinarea poziției și a unui **modul GSM** încorporat într-un microcontroler, utilizat pentru transmiterea constantă a parametrilor biologici către centrul de comandă. În scopul colectării datelor, se preconizează montarea unor **biosenzori miniaturizați** direct pe corpul sau uniforma militară, capabili să monitorizeze variabile critice precum **ritmul cardiac, temperatura corporală și semnalul electrocardiografic (ECG)**.

În cazul în care valorile măsurate depășesc limitele prestabilite (ex. praguri de alertă fiziologică), sistemul generează automat un semnal de alarmă transmis prin intermediul comunicației GSM către centrul de comandă, precum și către ceilalți membri ai unității aflate în proximitate. Informațiile transmise includ atât datele fiziologice critice, cât și localizarea exactă a soldatului afectat.

Pentru vizualizarea și coordonarea intervenției, **camera de control utilizează o aplicație mobilă Android** care primește și afișează în timp real poziția geografică a fiecărui soldat, permițând operatorilor să ia decizii rapide în situații de urgență. De asemenea, sistemul include o funcție de **apel de urgență**, activabilă manual de către soldat, pentru solicitarea de sprijin operațional în cazuri critice (fig. 3.1).

Prin arhitectura sa modulară și capacitatea de integrare cu infrastructura existentă de comunicații militare, sistemul propus contribuie semnificativ la reducerea timpului de reacție în situații periculoase și la creșterea siguranței individuale a militarilor în teren.

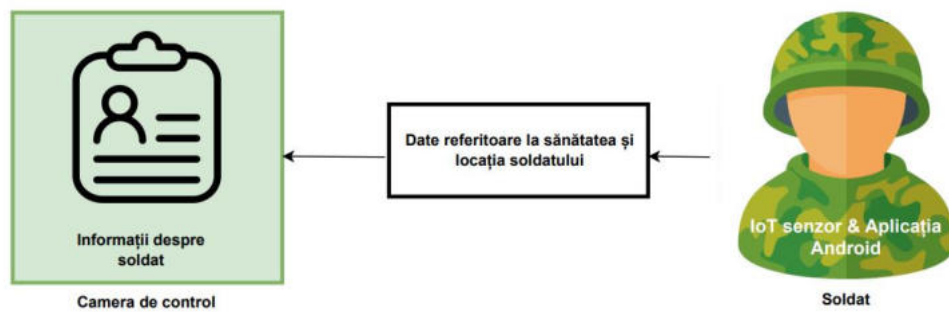


Fig.3.1 Arhitectura sistemului propus

3.2 Sistem de monitorizare al sănătății și localizarea soldaților folosind LabVIEW

Proiectul propune dezvoltarea unui **sistem de monitorizare în timp real a stării de sănătate a soldaților**, care include parametri esențiali precum **temperatura corporală și ritmul cardiac**, cu transmiterea wireless a acestor date către un **server IoT** implementat pe un dispozitiv mobil. Scopul sistemului este de a furniza o **soluție accesibilă, robustă și fiabilă** pentru asigurarea protecției personalului militar în teren și pentru facilitarea intervențiilor rapide în caz de urgență.

Arhitectura sistemului este împărțită în două unități funcționale principale:

- **Unitatea mobilă – atașată soldatului**
- **Unitatea stației de bază – operată la nivel de comandă**

Componentele hardware și software

Sistemul are o structură hibridă hardware-software. Hardware-ul este interfațat și gestionat prin platforma **NI MyRIO** și este integrat printr-o aplicație dezvoltată în **LabVIEW**,

care permite achiziția, prelucrarea și transmiterea datelor în timp real. Transmiterea wireless este realizată prin intermediul modului de comunicație integrat în platforma MyRIO.

Unitatea mobilă (portabilă) a soldatului este echipată cu următoarele componente:

- **Senzori biomedicali:** un senzor de puls și un senzor de temperatură corporală [23], care detectează variațiile fiziologice critice;
- **Modul GPS** [22]: utilizat pentru determinarea poziției geografice (latitudine și longitudine) a soldatului pe câmpul de luptă;
- **Interfață de comunicație MyRIO:** pentru transmiterea datelor către stația de bază;
- **Interfață utilizator (tastatură):** permite apelarea manuală a unei stări de urgență către centrul de comandă;
- **Afișaj LCD** [24]: destinat prezentării stării sistemului și confirmării comenzilor utilizatorului.

Unitatea centrală (stația de bază) primește semnalul wireless și interpretează datele transmise. Aceasta este alcătuită din:

- **Receptorul wireless** compatibil cu modulul MyRIO;
- **Aplicația LabVIEW (GUI)**, care permite afișarea grafică a datelor primite și identificarea poziției exacte a soldatului, precum și monitorizarea continuă a stării sale fiziologice;
- **Mecanismul de alertare**, care permite operatorului din camera de comandă să intervină în timp util în caz de anomalie detectată.

Funcționalitatea generală

În cadrul funcționării normale, datele de la biosenzori sunt achiziționate de unitatea portabilă și transmise wireless către serverul local IoT. În cazul în care parametrii fiziologici ai soldatului depășesc valorile prestabilite (de exemplu, scădere sub un prag critic de temperatură sau puls), sistemul generează o **alertă automată**. De asemenea, soldatul are posibilitatea de a

semnala manual o urgență prin intermediul tastaturii montate pe unitate, ceea ce declanșează un semnal de alarmă suplimentar.

Figura 3.2 prezintă diagrama bloc a sistemului propus, în care sunt evidențiate principalele componente din cadrul unității soldatului:

- **Unitatea de achiziție de date:** preia semnalele de la biosenzori;
- **Modulul GPS:** furnizează coordonatele în timp real;
- **Interfața grafică (GUI):** pentru interacțiune locală;
- **NI MyRIO:** componentă centrală de procesare și transmitere a datelor.

La nivelul unității centrale, aplicația LabVIEW primește datele și le procesează în scopul afișării poziției și stării soldatului, permițând astfel comandanților să ia decizii rapide și informate în funcție de situația de pe teren.

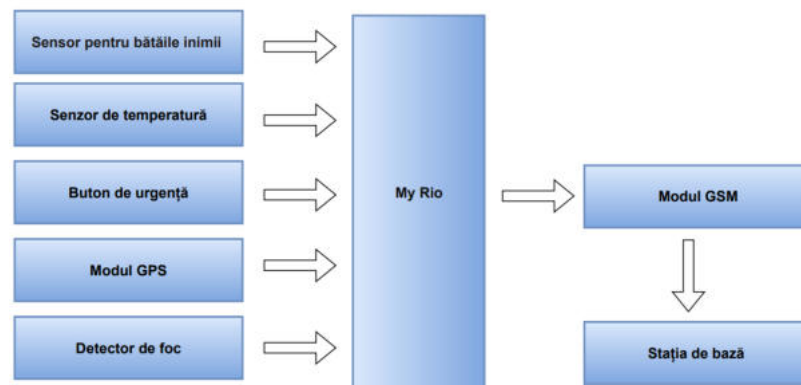


Fig. 3.2. Diagrama bloc a sistemului de urmărire și de monitorizare a sănătății a soldaților [21]

3.3 Sistemul de monitorizare a soldatului și de indicare a sănătății [25]

Acest proiect se concentrează pe urmărirea locației unui soldat, care este utilă stației de control pentru a cunoaște locația exactă a soldatului și, în consecință, pe care îl va ghida. Stația de bază, de exemplu, este camera de control care primește locația de la soldat folosind GPS-ul. Este necesar ca stația de bază să ghideze soldatul pe drumul corect dacă a pierdut pe câmpul de luptă.

Acest proiect deservește soldații implicați într-o operațiune sau o misiune specială. Un senzor medical Smart Bio este atașat la jacheta soldatului. Aceștia sunt încorporați pentru a oferi mobilitate completă. Acest sistem oferă conectivitate la serverele din stațiile de bază prin conexiuni wireless. Sistemul său de urmărire GPS este, de asemenea, atașat la jachetă,

permițând să se urmărească locația fiecărui soldat. De asemenea, soldatul poartă o casca cu video. Acest lucru permite stației de control să cunoască situația de pe teren. Fiecare soldat are un telefon cu GSM care permite comunicarea între cele două părți. Proiectul a avut ideea de a urmări soldații și de a le monitoriza sănătatea în timpul războiului. Acest lucru permite personalului militar să planifice strategii de război.

Fig.3.3 arată diagrama completă a blocului de lucru al sistemului. Are două părți principale, o unitate soldat și o unitate de bază. Unitatea soldat este formată dintr-un microcontroler PIC, senzor de ritm cardiac, senzor de temperatură, senzor de vibrații, detector de bombe, receptor GPS, transmițător GSM, o cameră video și o tastatură. Unitatea de bază include un server, un modem GSM și un receptor RF.

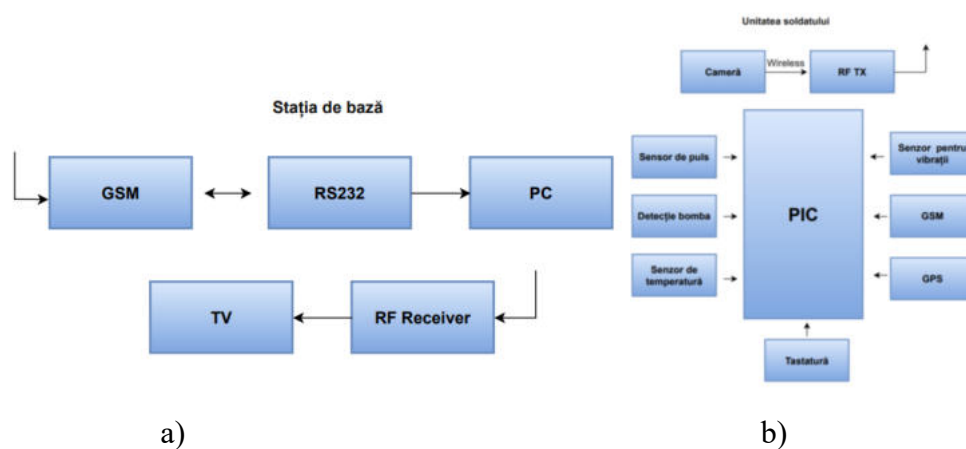


Fig. 3.3 a) Blocul de transmisie b) Blocul de recepție

În fig. 3.4 este afișată interfața sistemului ce a fost testat pe unul dintre soldați. Soldatul primește un ID pentru identificare iar parametrii ce s-a dorit a fi măsurați au fost afișați alături de valorile corespunzătoare achiziționate de senzori. Totodată, a fost afișată și locația exactă a soldatului prin coordonatele de latitudine și longitudine și dacă a fost detectată sau nu o bombă.

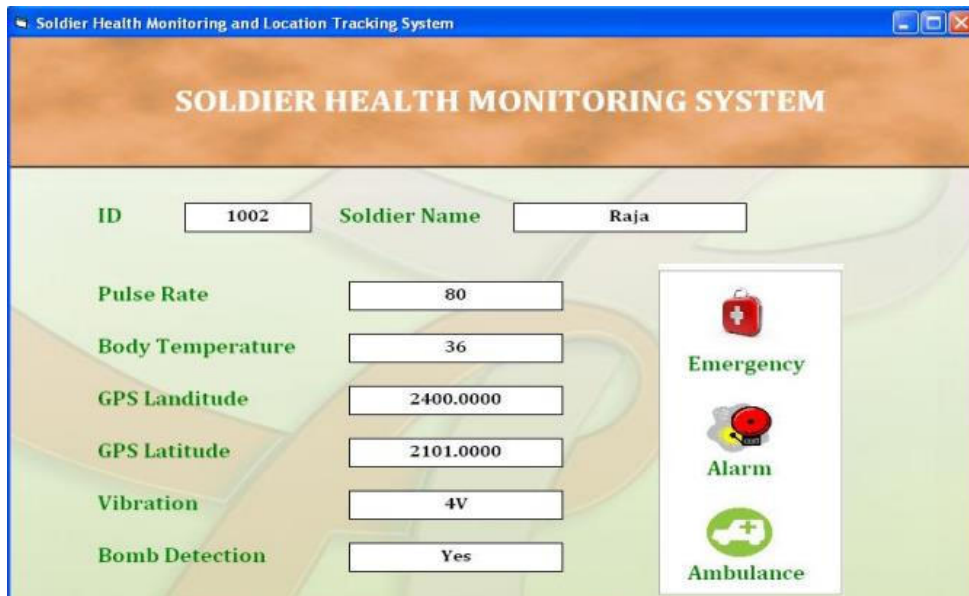


Fig. 3.4 Stația de bază (PC-ul folosind software-ul VB)

4. Materiale si metoda

În cadrul implementării proiectului, a fost utilizată o **placă de dezvoltare ESP32**, care a servit atât pentru **achiziția și prelucrarea locală a datelor**, cât și pentru **transmiterea acestora către un server extern**, în vederea monitorizării în timp real a stării sistemului.

Pentru colectarea datelor relevante de mediu și de mișcare au fost integrați următorii senzori și module:

- **Modulul GPS NEO-6M**, care permite determinarea **poziției geografice** a subiectului, oferind informații de localizare în termeni de latitudine și longitudine;
- **Accelerometrul MPU-6050**, care monitorizează **dinamica mișcării** pe parcursul traseului și oferă indicii privind apariția unor opriri sau accelerații bruște;
- **Afișajul LCD**, utilizat pentru **vizualizarea locală a valorilor măsurate în timp real**, contribuind astfel la diagnosticare rapidă și interacțiune facilă cu utilizatorul.

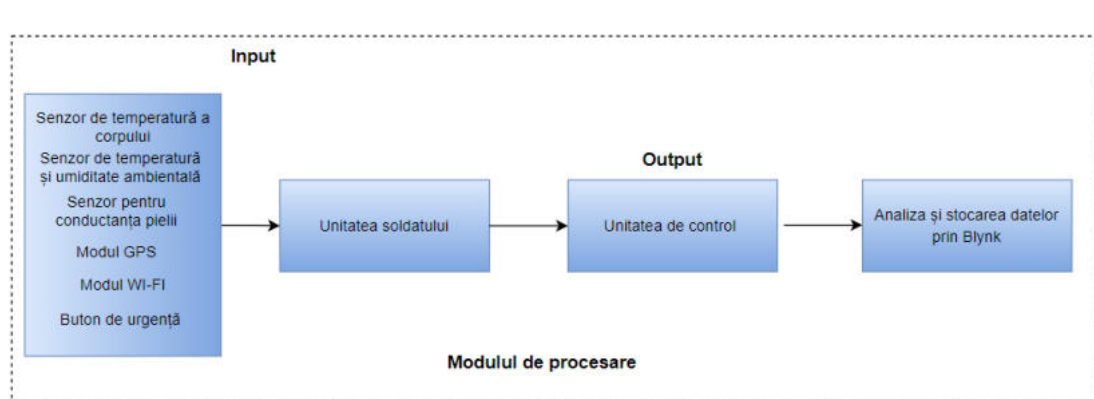


Fig 4.1 Diagrama bloc a întregului sistem

Comunicarea dintre senzori, placa ESP32 și componentele de interfață s-a realizat prin intermediul protocoalelor **I²C** și **UART**, în funcție de specificațiile fiecărui modul. Transmiterea datelor către server a fost implementată prin **Wi-Fi**, folosind funcționalitățile integrate ale microcontrolerului ESP32.

În secțiunile următoare vor fi prezentate în detaliu:

- **Materialele hardware utilizate**, împreună cu specificațiile tehnice aferente;

- **Metodologia de programare**, incluzând structura codului sursă, bibliotecile externe folosite și strategiile de procesare a datelor;
- **Fluxul general de funcționare** al sistemului implementat.

4.1. NodeMCU-32S – Platformă de dezvoltare pentru aplicații IoT bazate pe ESP32

Placa de dezvoltare **NodeMCU-32S** (Figura 4.2) reprezintă o platformă versatilă, cu consum redus de energie, fiind optimizată pentru aplicații moderne din domeniul **Internet of Things (IoT)** și **automatizări embedded**. Datorită arhitecturii sale eficiente și a integrării unei antene interne, placa permite **transmiterea datelor la distanță** prin conexiuni wireless, fără necesitatea unor componente externe suplimentare pentru comunicație.

Unul dintre avantajele esențiale ale acestei platforme este dat de **compatibilitatea extinsă cu numeroși senzori** și module periferice standard (I²C, SPI, UART), ceea ce o transformă într-o soluție ideală pentru dezvoltarea de prototipuri rapide și sisteme IoT scalabile. NodeMCU-32S poate fi integrată cu ușurință alături de senzori de **temperatură, umiditate, lumină ambientală**, precum și cu alte module de expansiune (ex. GPS, accelerometre, RFID), susținând astfel implementarea unor arhitecturi hardware flexibile și modulare.

Placa este echipată cu microcontrolerul **ESP32**, un cip dual-core de înaltă performanță, cunoscut pentru capacitățile sale avansate de **comunicație wireless (Wi-Fi 802.11 b/g/n și Bluetooth BLE 4.2)**, dar și pentru suportul extins în aplicații de prelucrare a semnalelor, control al sistemelor în timp real și securitate embedded. Microcontrolerul integrează:

- un procesor Xtensa® dual-core 32-bit la frecvență de până la 240 MHz,
- memorie SRAM integrată (520 KB),
- periferice hardware multiple (PWM, ADC, DAC, I²C, SPI, UART),
- funcționalități avansate de economisire a energiei (moduri de somn profund).

Prin urmare, **NodeMCU-32S** oferă o platformă solidă pentru dezvoltarea de aplicații conectate, fiabile și eficiente energetic, fiind ideală pentru proiecte ce presupun **monitorizare ambientală, localizare, telemetrie sau control de la distanță** în medii industriale, civile sau militare.



Fig.4.2. NodeMCU-32S-38

4.2. Modulul accelerometru si giroscop MPU6050

Modulul **MPU-6050** este un senzor inerțial de **înaltă performanță**, integrând într-un singur cip un **accelerometru triaxial** și un **giroscop triaxial**, fiind astfel capabil să furnizeze date precise despre accelerații liniare și rotații unghiulare pe toate cele trei axe (X, Y, Z). Unul dintre avantajele tehnologice semnificative ale acestui modul este prezența unor **convertoare analog-digitale (ADC) pe 16 biți** pentru fiecare canal, permițând **captura simultană și sincronizată** a semnalelor de la toate cele șase grade de libertate (6DoF).

Comunicarea dintre modulul MPU-6050 și placa de dezvoltare (ex. ESP32, Arduino, Raspberry Pi) se realizează prin intermediul **interfeței seriale I²C (Inter-Integrated Circuit)**, care asigură o transmisie eficientă și fiabilă a datelor, utilizând doar două linii de comunicație: **SDA (Serial Data)** și **SCL (Serial Clock)**.

Datorită acurateței sale ridicate și a dimensiunilor reduse, MPU-6050 este frecvent utilizat în aplicații care implică **măsurarea mișcării, detectarea căderilor, stabilizarea platformelor, navigație inerțială**, precum și în proiecte de robotică mobilă sau dispozitive portabile.

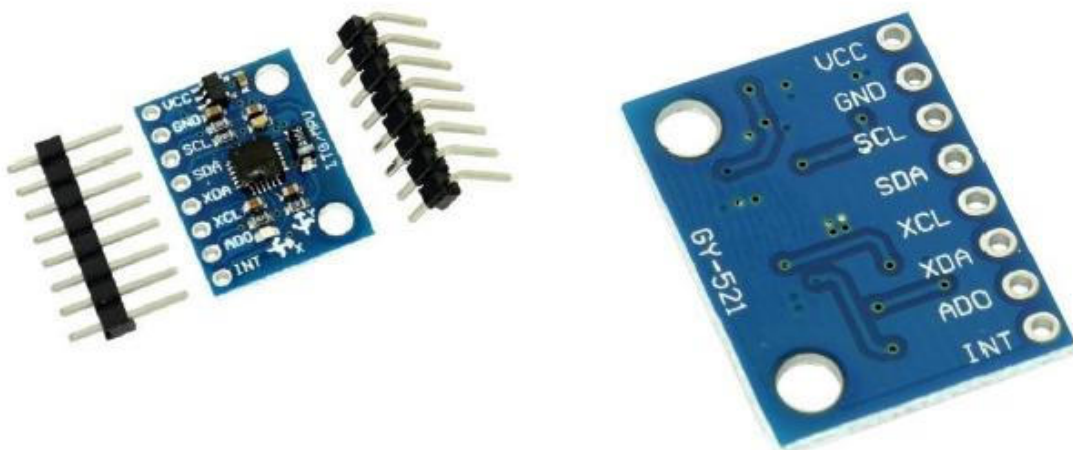


Fig. 4.3. Modulul accelerometru și giroscop MPU6050

4.3. Modulul GPS NEO-6M – Receptor de poziționare geografică cu precizie ridicată

Modulul **NEO-6M** reprezintă un **receptor GPS de înaltă performanță**, dezvoltat de compania **u-blox**, recunoscut pentru **precizia înaltă, fiabilitatea operațională și consumul redus de energie**. Acesta este echipat cu motorul de poziționare **u-blox 6**, care permite o localizare rapidă și stabilă, chiar și în condiții dificile de recepție. Datorită acestor caracteristici, NEO-6M este frecvent utilizat în aplicații variate precum **navigația rutieră, sisteme de urmărire a vehiculelor, monitorizarea de obiecte mobile și proiecte de prototipare în domeniul IoT sau robotică**.

Un avantaj major al modulului îl constituie **capacitatea sa ridicată de integrare și flexibilitatea în conectivitate**. Comunicarea cu sistemul gazdă se realizează prin **interfața UART**, care asigură o integrare facilă cu plăci de dezvoltare precum **Arduino, ESP32/ESP8266, Raspberry Pi** și alte microcontrolere compatibile. Modulul poate fi alimentat cu o tensiune de 3,3–5 V și este prevăzut cu o antenă ceramică integrată sau cu ieșire SMA pentru conectarea unei antene externe, în funcție de versiunea utilizată.

Prin urmare, **modulul NEO-6M** constituie o soluție tehnologică robustă și eficientă pentru implementarea funcționalității de localizare GPS în proiecte embedded moderne, contribuind la **creșterea gradului de autonomie și orientare spațială a sistemelor mobile**.

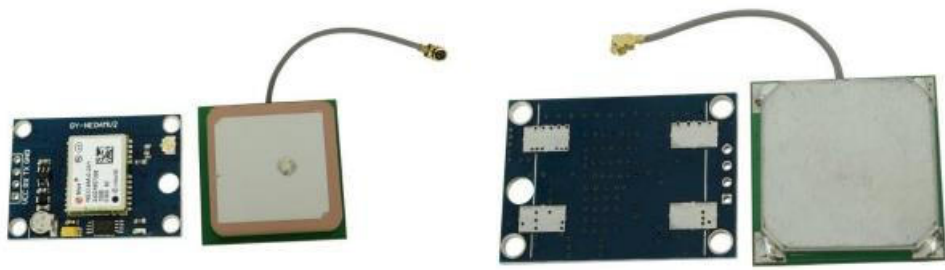


Fig.4.4. Modulul GPS NEO-6M

5. Dezvoltarea aplicației prototip

Structura sistemului este organizată în jurul a patru componente esențiale: **senzorii de detecție**, **microcontrolerul** de procesare locală, **baza de date centralizată** și platforma de vizualizare **Grafana**. Pornind de la aceste elemente fundamentale, a fost elaborată o **arhitectură detaliată de tip *Data Flow Diagram (DFD)***, care descrie fluxul informațional dintre subsistemele implicate.

În cadrul acestei arhitecturi, **senzorii montați** captează în timp real date relevante (ex., accelerație, poziție etc.) și le transmit către **microcontrolerul asociat**, unde are loc o primă etapă de prelucrare și filtrare a datelor. Ulterior, informațiile sunt transmise prin rețea către o **bază de date centralizată**, unde sunt stocate în mod structurat, cu identificatori temporali și de unitate.

Platforma **Grafana** este conectată direct la această bază de date și acționează ca un **instrument de interogare și vizualizare avansată**, oferind reprezentări grafice dinamice ale performanței fiecărui subiect. În plus, sistemul permite configurarea de **alerte automate** pentru depistarea în timp real a comportamentelor anormale, precum și **generarea de rapoarte analitice**, utile pentru diagnostic, întreținere predictivă și optimizarea proceselor industriale.

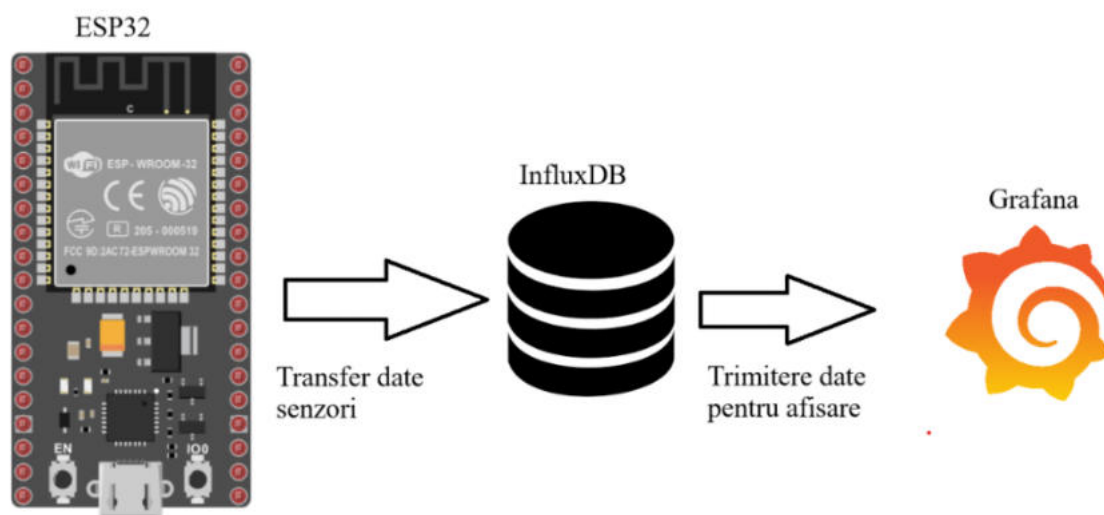


Fig.5.1. Structura sistemului

Această structură modulară și scalabilă permite extinderea sistemului la un număr mai mare de subiecți și senzori, precum și adaptarea sa în funcție de cerințele specifice ale aplicației industriale vizate.

5.1. Schema electrică

Pe baza componentelor hardware utilizate și a datelor colectate în faza de testare, a fost definită arhitectura sistemului de monitorizare, după cum urmează:

- **Placa de dezvoltare NodeMCU-32S (ESP32):** reprezintă platforma centrală de control a sistemului, asigurând interfațarea cu toți senzorii, comunicarea wireless prin Wi-Fi și trimiterea datelor către baza de date. Datorită capacităților sale integrate (procesor dual-core, Wi-Fi, Bluetooth, multiple interfețe I²C, UART, ADC), aceasta gestionează simultan toate fluxurile de date.
- **Modul GPS NEO-6M:** utilizat pentru **determinarea poziției geografice**, acest modul este conectat la portul UART al plăcii NodeMCU-32S (TX-GPS la RX-ESP32 și invers), permițând colectarea de coordonate (latitudine, longitudine) în timp real pentru urmărirea traseului subiectului.
- **Afișaj LCD cu interfață I²C (ex. LCD1602):** conectat prin pinii SDA și SCL ai magistralei I²C a microcontrolerului, afișajul LCD este utilizat pentru prezentarea locală, în timp real, a parametrilor monitorizați (ex. temperatură, umiditate, coordonate GPS). Această funcționalitate este utilă în etapa de testare și calibrare.
- **Stocarea datelor (InfluxDB):** datele prelucrate local sunt transmise prin conexiune Wi-Fi către o bază de date de tip **time-series** (InfluxDB), unde sunt stocate cu timestamp și identificator de sursă. Această soluție permite organizarea eficientă a datelor istorice și facilitează interogarea rapidă pentru vizualizări ulterioare.
- **Interfața Web (Grafana):** datele din InfluxDB sunt conectate la o interfață de tip dashboard, realizată cu **platforma Grafana**, care permite vizualizarea în timp real a evoluției parametrilor sistemului. Grafana oferă funcționalități extinse pentru analiză vizuală, configurarea alertelor, precum și exportul de rapoarte personalizate.

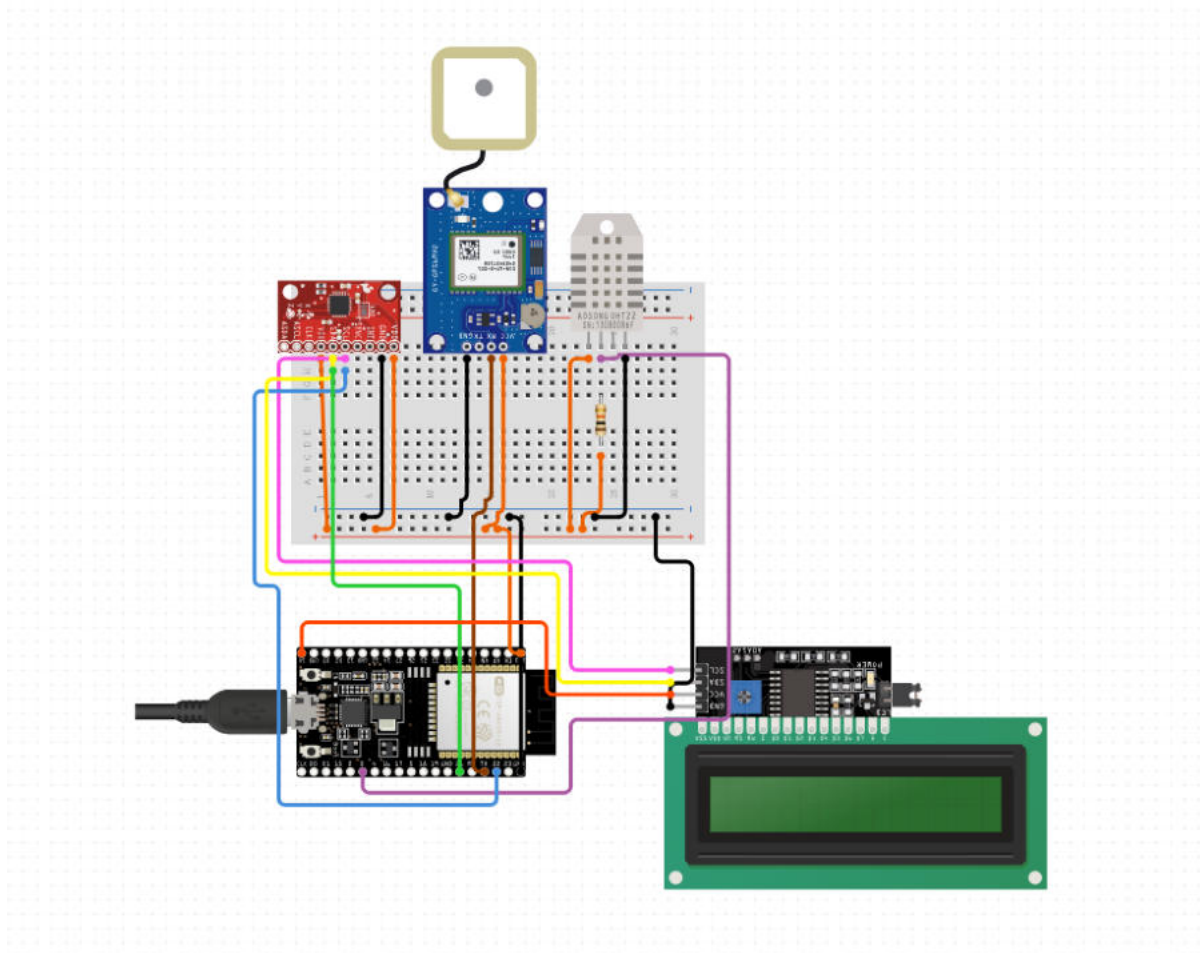


Fig.5.2. Schema electrica sistem de monitorizare

5.2. Inițializarea componentelor

După includerea tuturor bibliotecilor necesare și declararea variabilelor globale, etapa următoare constă în **inițializarea componentelor hardware și software** ale sistemului, realizată în cadrul funcției `setup()`. Această funcție este apelată o singură dată la pornirea sau resetarea microcontrolerului și are rolul de a configura comunicațiile seriale, magistralele de date, modulele externe și conexiunile către rețea și bază de date.

Codul de inițializare:

cpp

CopiazăEditează

```
void setup() {
```

```

Serial.begin(9600);

SerialGPS.begin(GPS_BAUDRATE, SERIAL_8N1, 16, 17); // RX, TX pentru GPS

Wire.begin(); // Inițializarea magistralei I2C

Wifi_Init(); // Inițializare modul Wi-Fi și conectare la rețea

InfluxDB_Init(); // Configurare conexiune cu baza de date InfluxDB

LCD_Init(); // Inițializare ecran LCD I2C

Gyro_Init(); // Inițializare accelerometru MPU6050
}

```

Descrierea funcționalității fiecărei instrucțiuni:

- **Serial.begin(9600);**
Inițializează canalul de comunicație serială între **ESP32** și computerul gazdă, la o viteză de **9600 baud**. Este utilizat în principal pentru **debugging**, permițând vizualizarea valorilor transmise de microcontroler în consola Serial Monitor.
- **SerialGPS.begin(GPS_BAUDRATE, SERIAL_8N1, 16, 17);**
Creează o instanță separată de **comunicație UART** dedicată modulului GPS (NEO-6M), cu viteza setată în **GPS_BAUDRATE**. Se specifică explicit utilizarea pinilor **16 (RX)** și **17 (TX)** ai ESP32, permițând o conexiune stabilă cu modulul GPS prin protocol serial.
- **Wire.begin();**
Inițializează **magistrala I²C**, care este utilizată pentru conectarea dispozitivelor compatibile, precum **afișajul LCD** sau **accelerometrul MPU6050**, permițând transferul de date bidirecțional prin doar două fire: **SDA** (Serial Data) și **SCL** (Serial Clock).
- **Wifi_Init();**
Această funcție se ocupă de **configurarea conexiunii Wi-Fi**, folosind identificatorul rețelei (**WIFI_SSID**) și parola (**WIFI_PASSWORD**) definite anterior în cod. Scopul este conectarea ESP32 la o rețea locală pentru a permite **transmiterea datelor către serverul InfluxDB**.

- **InfluxDB_Init();**
Realizează inițializarea conexiunii între microcontroler și **baza de date InfluxDB**, configurând parametrii specifici conexiunii (URL server, token de autentificare, organizație, bucket etc.). Această funcție este esențială pentru transmiterea în timp real a datelor achiziționate.
- **LCD_Init();**
Inițializează **afișajul LCD cu interfață I²C**, configurând dimensiunea acestuia (ex. 16x2 sau 20x4 caractere) și verificând conexiunea cu adresa I2C specifică. Ecranul este utilizat pentru **afișarea în timp real a valorilor de mediu, poziționare sau stare internă a sistemului**.
- **Gyro_Init();**
Inițializează **modulul de detecție inerțială MPU-6050**, configurând domeniile de sensibilitate ale accelerometrului și giroscopului. De asemenea, funcția verifică dacă modulul este conectat corect și funcționează în parametri, pentru a putea începe colectarea de date.

5.3. Achiziția datelor

După inițializarea completă a sistemului și declararea tuturor variabilelor necesare, etapa de **achiziție a datelor** este realizată în cadrul buclei principale `loop()` a programului. În această secvență de cod sunt gestionate procesele de colectare a informațiilor de la senzorii integrați (GPS și accelerometru), precum și transmiterea acestora către baza de date **InfluxDB**, pentru stocare și analiză ulterioară.

```
void loop() {
  GPS_Start();
  unsigned long currentMillis = millis();

  float ax, ay, az; // Declarare date accelerometru
  readMPU6050(&ax, &ay, &az);
  updatePosition(ax, ay, az);

  // Afișarea valorilor de accelerație
  Serial.println("Displaying Accelerometer Data:");
  Serial.print("X: "); Serial.print(ax, 1); Serial.print(" m/s^2, ");
  Serial.print("Y: "); Serial.print(ay, 1); Serial.print(" m/s^2, ");
  Serial.print("Z: "); Serial.print(az, 1); Serial.println(" m/s^2");

  // Verificarea disponibilității datelor GPS
  if (currentMillis - lastGPSTime <= GPS_TIMEOUT) {
    printGPSData(kalmanLatitude, kalmanLongitude);
  }

  sensor.clearFields();
  InfluxDB_Send(ax, ay, az, kalmanLatitude, kalmanLongitude);

  Serial.println("Waiting 0.25 seconds");
  delay(250); // Pauză de 250 milisecunde
```

}

Această secvență de cod realizează următoarele operațiuni:

- **GPS_Start();**
Inițializează procesul de colectare a datelor de poziție de la modulul **GPS NEO-6M**. Se verifică disponibilitatea datelor și, în cazul în care sunt prezente, acestea sunt afișate local în consolă (Serial Monitor). Funcția poate include și aplicarea unui filtru de tip Kalman pentru rafinarea coordonatelor.
- **readMPU6050(&ax, &ay, &az);**
Interoghează senzorul **MPU-6050** și returnează accelerațiile măsurate pe cele trei axe (X, Y, Z), care sunt ulterior afișate. Valorile sunt exprimate în m/s^2 .
- **updatePosition(ax, ay, az);**
Utilizează datele de accelerație pentru a actualiza starea de mișcare a sistemului. Această funcție poate include algoritmi de detecție a opririlor bruște, vibrațiilor sau a accelerațiilor anormale.
- **sensor.clearFields();**
Resetează câmpurile pachetului de date înainte de o nouă trimitere, asigurând astfel integritatea datelor stocate și evitarea suprascrierii valorilor anterioare.
- **InfluxDB_Send(ax, ay, az, kalmanLatitude, kalmanLongitude);**
Transmite datele agregate către baza de date **InfluxDB**, sub formă de serie temporală. Sunt incluse atât valorile accelerometrului, cât și coordonatele GPS estimate, permițând corelarea spațio-temporală a datelor.
- **delay(250);**
Introduce o întârziere de 250 ms între ciclurile de achiziție, pentru a evita suprasolicitarea resurselor de procesare și a canalului de transmisie.

6. Inițializarea sistemului software

6.1 Docker

Pentru gestionarea eficientă a bazei de date și asigurarea portabilității mediului de execuție, s-a utilizat platforma **Docker** [14] pentru a crea o **imagine personalizată care include serviciul InfluxDB**. În spatele acestei imagini, este generată o **instanță locală a unui container Docker**, care **găzduiește baza de date InfluxDB** și o menține activă pe întreaga durată de funcționare a containerului.

Această abordare permite **izolarea completă a serviciului de stocare** într-un mediu virtualizat, facilitând controlul asupra versiunii InfluxDB utilizate, a configurațiilor de rețea și a persistenței datelor prin volume Docker. Totodată, utilizarea containerizării oferă **avantaje semnificative în ceea ce privește scalabilitatea, replicabilitatea mediului și ușurința în procesul de testare și implementare a aplicației în medii diferite**.

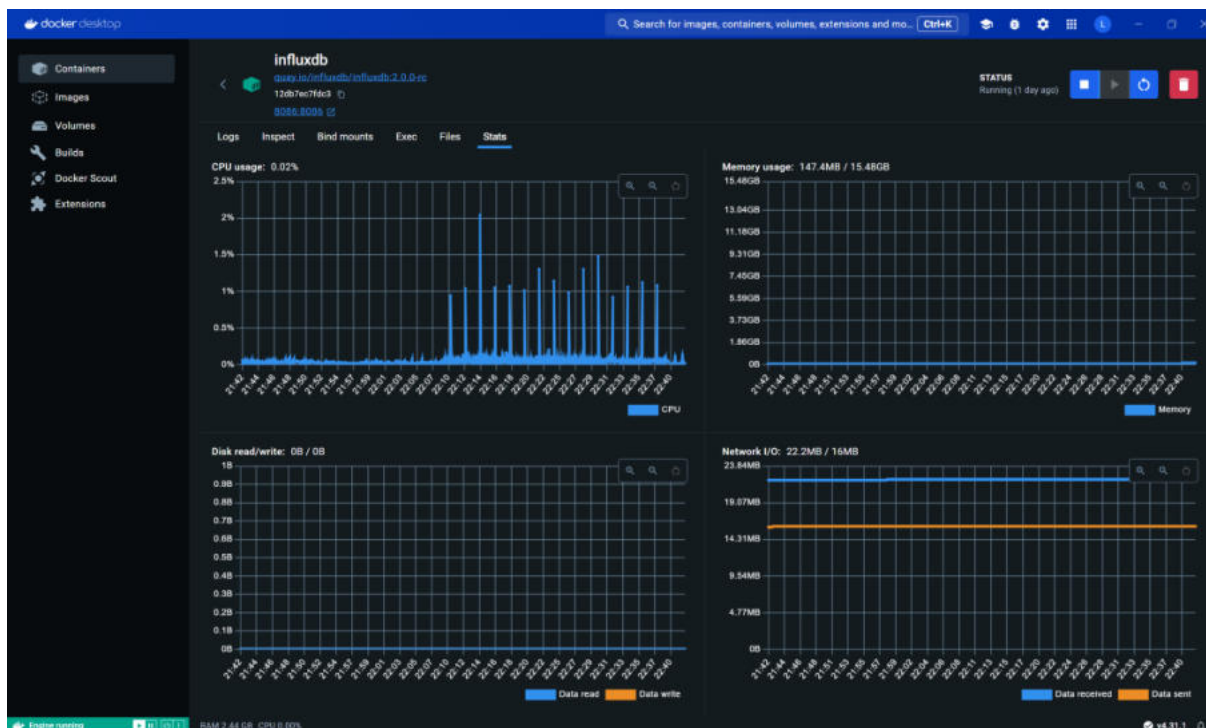


Fig. 6.1. Hostarea locala a bazei de date folosind Docker

6.2. Baza de date

Pentru stocarea și gestionarea datelor colectate de la senzori, a fost utilizată **InfluxDB** ca sistem de **bază de date locală (self-hosted)**. Alegerea unei instanțe locale a fost motivată de dorința de a obține **un control sporit asupra configurării, personalizării și optimizării fluxului de achiziție și vizualizare a datelor**.

InfluxDB, fiind o bază de date optimizată pentru **serii temporale (time-series)**, s-a dovedit a fi o alegere potrivită pentru aplicația dezvoltată, întrucât permite stocarea eficientă a măsurătorilor asociate cu etichete temporale, oferind în același timp **performanță ridicată în interogare, suport pentru agregări complexe și integrare nativă cu platforme de vizualizare precum Grafana**.

Utilizarea instanței locale a permis **personalizarea modului de structurare a datelor (bucket-uri, organizații, token-uri de acces)**, precum și configurarea detaliată a politicilor de retenție și a canalelor de scriere. Această abordare oferă, totodată, independență față de infrastructura cloud și facilitează testarea sistemului în condiții controlate.

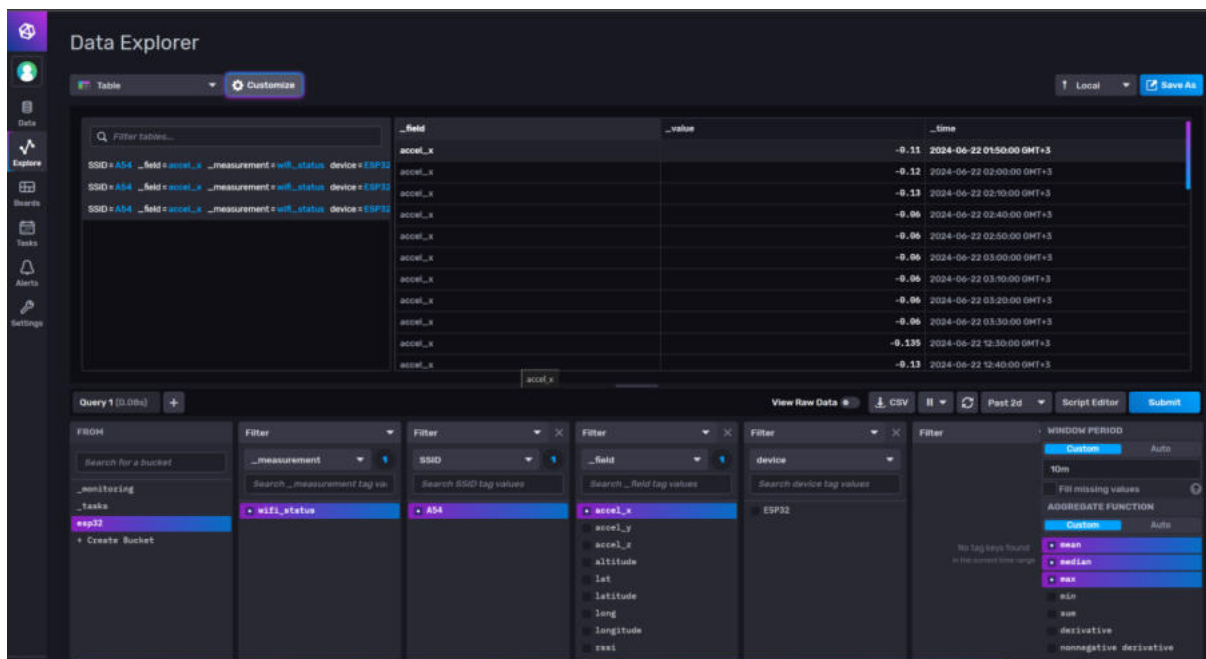


Fig. 6.2. Date colectate de senzori in baza de date InfluxDB

6.3. Grafana

Pentru realizarea **interfeței de monitorizare și vizualizare a datelor** colectate, a fost utilizată aplicația **Grafana**, o platformă open-source specializată în reprezentarea grafică a datelor provenite din surse diverse, în special baze de date pentru serii temporale. Datele transmise de **microcontrolerul ESP32**, colectate de la diverși senzori, au fost stocate în **baza de date locală InfluxDB**, iar ulterior interogate prin **comenzi de tip query** (utilizând limbajul Flux).

Grafana a fost configurată să se conecteze la instanța locală InfluxDB, de unde extrage în mod dinamic valorile stocate. Pe baza acestor date, au fost create **panouri de control (dashboards)** personalizate, care afișează în timp real informații precum: temperatura, umiditatea, accelerațiile pe cele trei axe și coordonatele GPS.

Această interfață oferă, de asemenea, funcționalități avansate precum:

- **filtrarea temporală a datelor**,
- **definirea alertelor condiționate** (ex. depășirea pragurilor critice),
- **vizualizări multi-grafic** pentru corelarea simultană a mai multor parametri.

Astfel, Grafana a permis **monitorizarea continuă, interactivă și configurabilă a parametrilor sistemului**, constituind un instrument esențial pentru validarea funcționării corecte și pentru analiza comportamentului subiectului în timpul testelor.

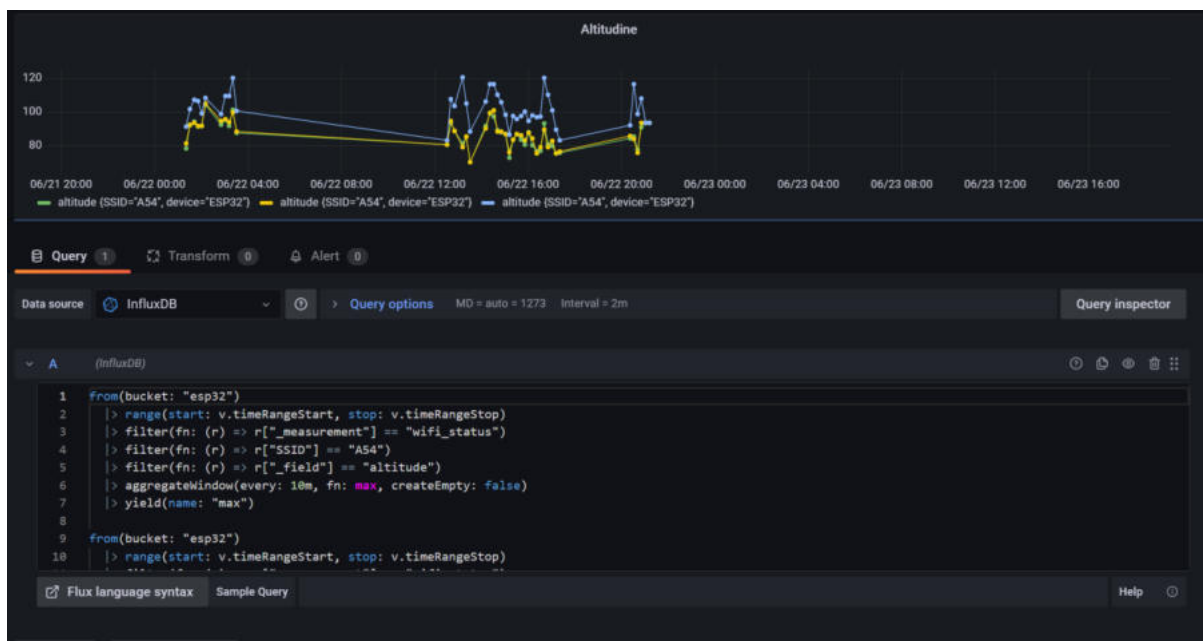


Fig.6.3. Query realizat in Grafana pentru selectarea datelor

Prin integrarea **bazei de date InfluxDB** cu platforma de vizualizare **Grafana**, s-a reușit implementarea unei interfețe grafice funcționale care a permis **monitorizarea în timp real** a parametrilor critici ai subiectului. Datele colectate de microcontrolerul ESP32, transmise prin Wi-Fi și salvate în baza de date locală, au fost vizualizate în Grafana sub forma unor tablouri de bord (dashboards) dinamice.

Aceste instrumente vizuale reflectă atingerea obiectivului propus, și anume **urmărirea în timp real a comportamentului și stării sistemului mobil autonom**. Dintre rezultatele obținute, se remarcă în mod special:

- **Hartă interactivă cu localizarea și traseul parcurs de subiect:** Utilizând coordonatele GPS transmise și salvate în timp real, a fost generată o **hartă interactivă** în Grafana care permite **vizualizarea poziției actuale** a subiectului și **reconstituirea traseului efectuat**. Această funcționalitate este esențială pentru aplicații de navigație, urmărire și cartografiere a mișcării autonome în medii controlate sau semi-structurate.

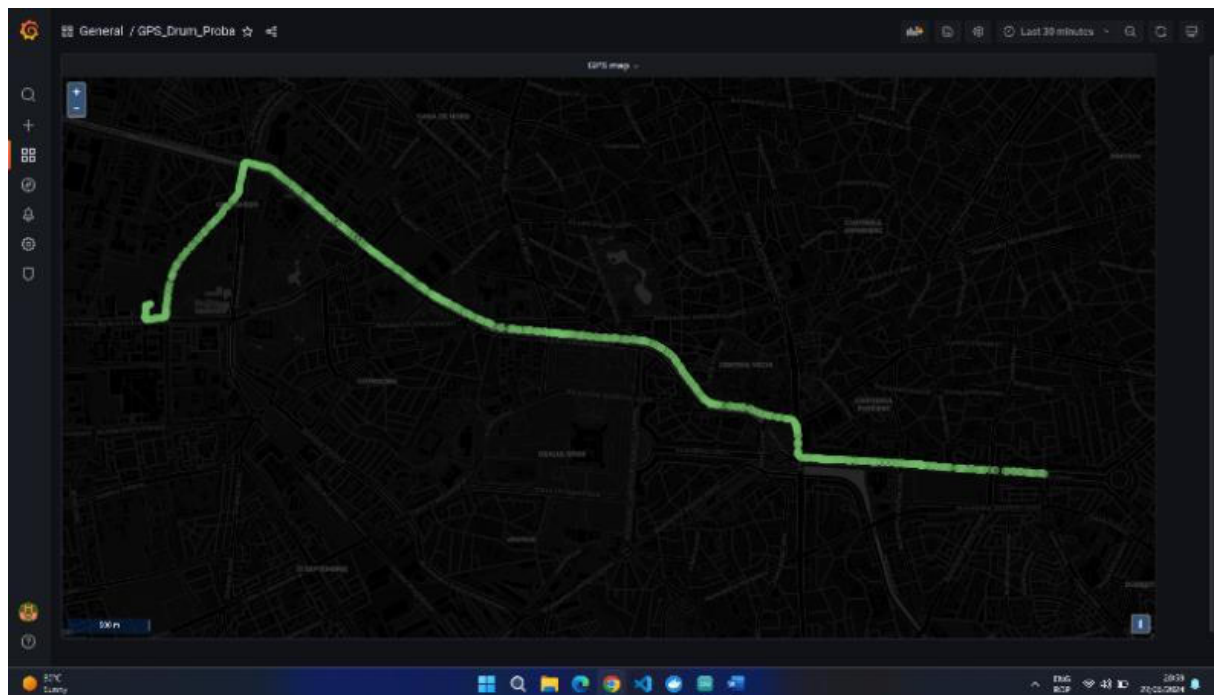


Fig 6.4 Traseul parcurs si monitorizare in timp real

- Monitorizare a accelerației pe toate cele 3 axe:



Fig. 6.5. Accelerația in timp real

Imaginea prezintă (fig 6.6.) o **hartă interactivă generată în Grafana**, care vizualizează **traseul parcurs de un subiect**, folosind date de localizare colectate prin modulul GPS și stocate într-o bază de date InfluxDB.

- Traseul este reprezentat printr-o **linie continuă de culoare violet**, care leagă punctele succesive ale coordonatelor GPS recepționate pe parcursul deplasării.
- Fiecare punct marcat pe traseu corespunde unei **înregistrări temporale** stocate, indicând o **poziție GPS la un anumit moment**.
- Pe hartă apar și:
 - Un marker **cu simbolul „iP”**, care probabil indică **poziția inițială** sau un punct de referință (posibil punctul de start);
 - Un marker **portocaliu**, care indică **poziția finală** a robotului sau locația curentă în momentul capturării datelor.

- Interfața include funcționalități de zoom și panoramare, specifice sistemelor GIS (Geographic Information System).

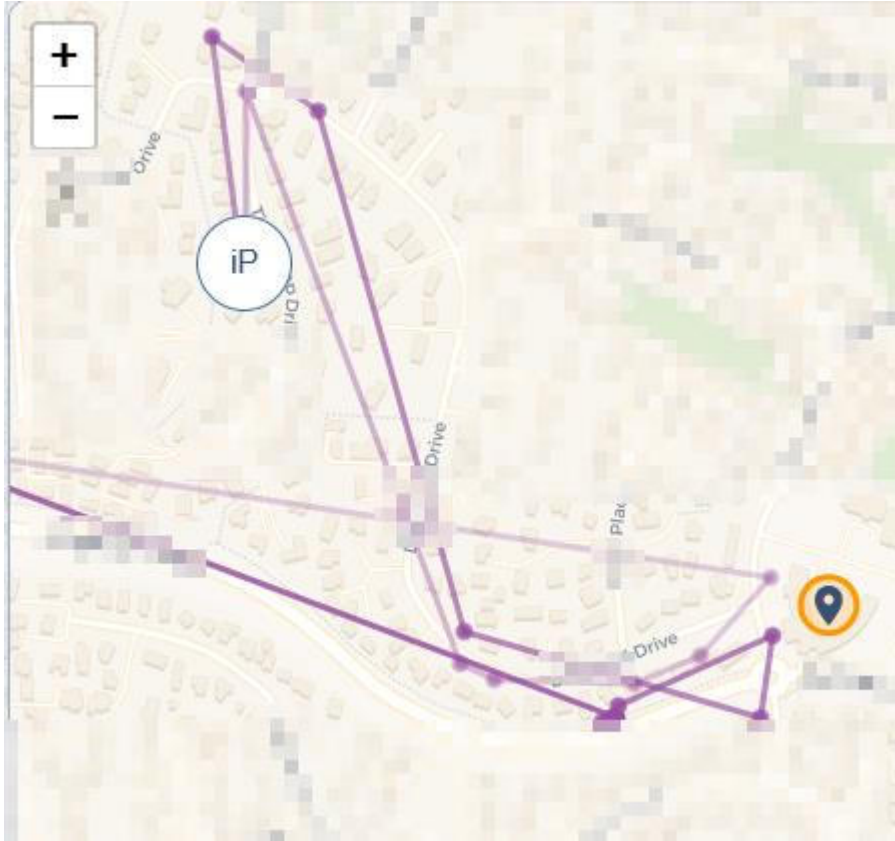


Fig.6.6 Traseul pe o harta

7. Rezultate publicate

1. **Adochiei, F. -C., Arghir, S. -N., Adochiei, I. R., Argatu, F. C., Seritan, G. C., & Alexandrescu, B. (2024).** *The Power of Play: Strategies for Enhancing Development in Children with Autism Spectrum Disorders.* *Sensors*, 24(20), 6720. <https://doi.org/10.3390/s24206720>, **Factor de impact 3.4, Revista cotata Q2**
2. **Pietraru, R. N., Olteanu, A., Adochiei, I. -R., & Adochiei, F. -C. (2024).** *Reengineering Indoor Air Quality Monitoring Systems to Improve End-User Experience.* *Sensors*, 24(8), 2659. <https://doi.org/10.3390/s24082659>, **Factor de impact 3.4, Revista cotata Q2**
3. **Arghir, S.N., Adochiei, I.R., Petroiu, G., Stirbu, OI., Argatu, F.C., Adochiei, FC. (2024).** *Exploring Emotions: Play-Based Interventions for Children with Autism Spectrum Disorders.* In: Costin, HN., Magjarević, R., Petroiu, G.G. (eds) *Advances in Digital Health and Medical Bioengineering. EHB 2023. IFMBE Proceedings, vol 111.* Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-62523-7_8, **Indexata ISI**
4. **Manea, A., Argatu, F.C., Seritan, G.C., Enache, B.A., Adochiei, I.R., Adochiei, F.C. (2024).** *Intelligent Monitoring System for Stress Levels.* In: Costin, HN., Magjarević, R., Petroiu, G.G. (eds) *Advances in Digital Health and Medical Bioengineering. EHB 2023. IFMBE Proceedings, vol 111.* Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-62523-7_7, **Indexata ISI**
5. **Ciucu, R., Adochiei, I.R., Argatu, F.C., Nicolescu, S.T., Petroiu, G., Adochiei, FC. (2024).** *Enhancing Super-Resolution Microscopy Through a Synergistic Approach with Generative Machine Learning Models.* In: Costin, HN., Magjarević, R., Petroiu, G.G. (eds) *Advances in Digital Health and Medical Bioengineering. EHB 2023. IFMBE Proceedings, vol 110.* Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-62520-6_36, **Indexata ISI**
6. **Paraschiv, T., Bănică, C.K., Paraschiv, R., Nicolescu, S.T., Ignat, A., Adochiei, FC. (2024).** *Validation of the Anxiety Assessment Method Employing the g.TEC Unicorn Hybrid Black Alongside Psychological Testing.* In: Costin, HN., Magjarević, R., Petroiu, G.G. (eds) *Advances in Digital Health and Medical Bioengineering. EHB*

2023. *IFMBE Proceedings*, vol 110. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-62520-6_37, **Indexata ISI**

7. Adochiei, IR., Paraschiv, R., Petroiu, G., Sultana, A., Duta, S., **Adochiei, F.** (2024). *Exploring EEG Patterns as Indicators of Stress: A Comprehensive Study*. In: Costin, HN., Magjarević, R., Petroiu, G.G. (eds) *Advances in Digital Health and Medical Bioengineering*. EHB 2023. *IFMBE Proceedings*, vol 110. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-62520-6_40, , **Indexata ISI**
8. **Felix – Constantin ADOCHIEI**, David-Andrei DUMITRESCU, George Calin SERITAN, Florin Ciprian ARGATU, Bogdan - Adrian ENACHE, Ioana – Raluca ADOCHIEI, *IoT-Based Real-Time Electrocardiogram Monitoring and Recording System”, The 12th International Conference on E-Health and Bioengineering - EHB 2024, Iasi, ROMANIA, <https://doi.org/10.1007/979-8-3315-3214-7/24>,*
9. Ioana – Raluca ADOCHIEI, Matei POPESCU, Florin Ciprian ARGATU, Gladiola Petroiu, **Felix – Constantin ADOCHIEI**, *“Intraocular Pressure Determining System Based on Rebound Tonometry”, The 12th International Conference on E-Health and Bioengineering - EHB 2024, Iasi, ROMANIA, <https://doi.org/10.1007/979-8-3315-3214-7/24>,*
10. Oana-Isabela Stirbu, Serban Teodor Nicolescu, Ioana Raluca Adochiei, Cosmin Karl Banica, Daniela Anamaria Dolhascu, **Felix – Constantin Adochiei**, *“AI Algorithm for Assessing Levels of Dissimulation through EEG and Physiological Data Analysis”, The 12th International Conference on E-Health and Bioengineering - EHB 2024, Iasi, ROMANIA, <https://doi.org/10.1007/979-8-3315-3214-7/24>,*

Concluzii

Sistemul propus reprezintă o soluție integrată de monitorizare și siguranță, bazată pe tehnologii moderne de comunicație wireless și platforme încorporate, fiind adaptat pentru utilizarea în medii critice, precum teatrele de operații militare. Obiectivul principal este supravegherea în timp real a parametrilor fiziologici și poziționali ai personalului operativ, în vederea intervenției rapide și eficiente.

Monitorizarea continuă a parametrilor vitali (ex. temperatura corporală, conductanța pielii) permite detectarea timpurie a dezechilibrelor fiziologice, facilitând intervenția medicală preventivă. Transmiterea în timp real a acestor date către unitățile medicale permite luarea deciziilor informate și aplicarea tratamentelor adecvate, chiar și în condiții de izolare operațională.

De asemenea, integrarea funcționalității de localizare GPS asigură determinarea precisă a poziției fiecărui soldat, contribuind la o coordonare eficientă a forțelor, optimizarea logisticii și reducerea timpilor de reacție în caz de urgență. Aceasta facilitează evacuarea rapidă a răniților și intervenția direcționată în zonele de risc.

În plus, datele colectate pot fi analizate ulterior pentru a genera rapoarte operaționale utile în fundamentarea deciziilor strategice, adaptarea tacticilor și gestionarea resurselor, precum echipamentele medicale și distribuția trupelor în teren.

Limitări și dezavantaje identificate

Cu toate beneficiile evidentiate, sistemul prezintă o serie de limitări tehnice și operaționale:

1. **Limitări ale semnalului GPS:** Receptarea semnalului satelitar este afectată în spațiile închise, ceea ce limitează precizia localizării în clădiri sau tuneluri. În plus, pentru determinarea coordonatelor sunt necesare minimum trei sateliți activi, ceea ce poate fi problematic în condiții de semnal slab.
2. **Senzori de puls imprecși:** Testarea senzorilor de puls (XD-58C și MAX30102) a evidențiat un nivel ridicat de zgomot de măsurare, ceea ce compromite acuratețea datelor fiziologice obținute, influențând negativ estimarea stării de sănătate.
3. **Disconfort în utilizare:** Necesitatea contactului direct cu pielea pentru senzorul de temperatură poate reduce confortul purtătorului și poate limita libertatea de mișcare în

timpul misiunilor. De asemenea, precizia acestor măsurători poate fi influențată de factorii de mediu.

4. **Fiabilitate operațională:** În condiții de stres fizic și climatic, componentele sistemului pot suferi degradări funcționale. Este necesară consolidarea rezistenței mecanice și îmbunătățirea fiabilității generale.
5. **Durata limitată de funcționare:** Sistemele portabile sunt dependente de alimentarea cu energie electrică, iar durata de viață a bateriei limitează perioada de monitorizare. Acest aspect impune soluții eficiente de reîncărcare sau înlocuire rapidă a surselor de alimentare.
6. **Securitatea datelor:** În context militar, protecția informațiilor este esențială. Este imperativă implementarea unor protocoale robuste de criptare și autentificare pentru prevenirea accesului neautorizat.
7. **Interoperabilitate:** Integrarea sistemului cu alte platforme militare poate fi dificilă din cauza lipsei unor standarde comune sau a incompatibilității între sisteme, ceea ce poate afecta coordonarea în timp real.
8. **Costuri ridicate:** Implementarea sistemului implică investiții semnificative în echipamente, infrastructură, dezvoltare software, mentenanță și personal calificat, ceea ce poate reprezenta o barieră în scalarea sa la nivel larg.

Referințe

- [1] K.-590014 Belgaum and M. A. K. Professor, “Soldier Health & Position Tracking System VISVESVARAYA TECHNOLOGICAL UNIVERSITY ‘Soldier Health & Position Tracking System’ SYED ZAHIDULLA 1NH15EC755 JISHMA ASMI.V 1NH15EC714 ASHWIN REDDY 1NH15EC703 Under the Guidance of,” 2018.
- [2] A. Bazzi, M. Ghamloush, M. Ibrahim, M. Ghareeb, S. Abdul-Nabi, and H. Khachfe, Smart Military Healthcare Monitoring and Tracking System on Raspberry Pi and Arduino.
- [3] W. F. Swedan, H. A. Al-Issa, A. Aloqoul, H. Alkofahi, and R. Obeidat, “An Interactive Graphical User Interface Module for Soldier Health and Position Tracking System,” International Journal of Electronics and Telecommunications, vol. 68, no. 3, pp. 571–575, 2022, doi: 10.24425/ijet.2022.141276.
- [4] C. Otto, A. Milenković, C. Sanders, and E. Jovanov, “SYSTEM ARCHITECTURE OF A WIRELESS BODY AREA SENSOR NETWORK FOR UBIQUITOUS HEALTH MONITORING 1 Introduction,” 2006.
- [5] “Majma and Babamir: Specification and verification of medical monitoring system.”
- [6] I. I. Geneva, B. Cuzzo, T. Fazili, and W. Javaid, “Normal body temperature: A systematic review,” Open Forum Infect Dis, vol. 6, no. 4, Apr. 2019, doi: 10.1093/ofid/ofz032.
- [7] “kluger1998”.
- [8] B. Böck, “Diagnose im Alten Mesopotamien. Überlegungen zu Grenzen und Möglichkeiten der Interpretation keilschriftlicher diagnostischer Texte*.”
- [9] M. J. Geller, Melothesia in Babylonia : medicine, magic, and astrology in the ancient Near East.
- [10] N. P. Heebel, “Reading and Interpreting Medical Cuneiform Texts-Methods and Problems.”
- [11] M. J. Kluger, “Fever: Role of Pyrogens and Cryogens,” 1991. [Online]. Available: www.physiology.org/journal/physrev
- [12] P. A. Mackowiak, S. S. Wasserman, and M. M. Levine, “A Critical Appraisal of 98.6°\s=deg\F, the Upper Limit of the Normal Body Temperature, and Other Legacies of Carl Reinhold August Wunderlich From the Medical Service, Veterans Affairs Medical Center (Dr

Mackowiak), and the Center for Vaccine Development (Drs Wasserman and Levine) and the Department of Medicine (Drs.”

[13] A. Wunderlich, “Das Verhalten der Eigenwärme in Krankheiten / von C.”

[14] G. Kelly, “Body Temperature Variability (Part 1): A Review of the History of Body Temperature and its Variability Due to Site Selection, Biological Rhythms, Fitness, and Aging,” 2006.

[15] G. S. Kelly, “Body Temperature Variability (Part 2): Masking Influences of Body Temperature Variability and,” 2007.

[16] W. Boucsein, *Electrodermal Activity*. Boston, MA: Springer US, 2012. doi: 10.1007/978-1-4614-1126-0.

[17] U. N. Makassar, Y. Dwi, and W. K. Ningtyas, “An Insight About GPS Said Fachry Assagaf”, doi: 10.13140/RG.2.2.34893.13285.

[18] A. M. El-Naggar, “An alternative methodology for the mathematical treatment of GPS positioning,” *Alexandria Engineering Journal*, vol. 50, no. 4. Elsevier B.V., pp. 359–366, 2011. doi: 10.1016/j.aej.2011.07.002.

[19] “Introduction to Global Positioning System.”

[20] C. R. L, M. Tech Student, and A. Professor, “Soldier Health Status Detection and Location Tracking System using Internet of Things,” 2019. [Online]. Available: <http://www.ripublication.com>

[21] M. Eliyaz, “Soldier Tracking and Health Monitoring System using LabVIEW,” *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, vol. 8, no. 5, pp. 2091–2096, May 2020, doi: 10.30534/ijeter/2020/100852020.

[22] E. B. Panganiban, “Microcontroller-based wearable blood pressure monitoring device with GPS and SMS feature through mobile app,” *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, vol. 7, no. 6, pp. 32–35, Jun. 2019, doi: 10.30534/ijeter/2019/02762019.

[23] S. K, “E-Health based Patient Surveilling Device,” *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, vol. 8, no. 3, pp. 792–796, Mar. 2020, doi: 10.30534/ijeter/2020/30832020.

[24] K. P. P. S. B. and V. S. Takte. H. Kedar, “ Soldier Tracking and Health Monitoring System ,” *International Journal of Informative and Futuristic Research*, vol. 2, no. 7, pp. 2116–2120, Mar. 2015.

[25] R. Archana and S. Indira, “Soldier Monitoring and Health Indication System,” 2013. [Online]. Available: www.ijsr.net

[26] H. Shi, H. Zhao, Y. Liu, W. Gao, and S.-C. Dou, “Systematic Analysis of a Military Wearable Device Based on a Multi-Level Fusion Framework: Research Directions,” *Sensors*, vol. 19, no. 12, p. 2651, Jun. 2019, doi: 10.3390/s19122651.

[27] S. Yan, P. J. Soh, and G. A. E. Vandebosch, “Wearable Ultrawideband Technology—A Review of Ultrawideband Antennas, Propagation Channels, and Applications in Wireless Body Area Networks,” *IEEE Access*, vol. 6, pp. 42177–42185, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2861704.

[28] V. Camomilla, E. Bergamini, S. Fantozzi, and G. Vannozzi, “Trends Supporting the In-Field Use of Wearable Inertial Sensors for Sport Performance Evaluation: A Systematic Review,” *Sensors*, vol. 18, no. 3, p. 873, Mar. 2018, doi: 10.3390/s18030873.

[29] J. Martín-Vaquero et al., “Review on Wearables to Monitor Foot Temperature in Diabetic Patients,” *Sensors*, vol. 19, no. 4, p. 776, Feb. 2019, doi: 10.3390/s19040776.

[30] M. Taj-Eldin, C. Ryan, B. O’Flynn, and P. Galvin, “A Review of Wearable Solutions for Physiological and Emotional Monitoring for Use by People with Autism Spectrum Disorder and Their Caregivers,” *Sensors*, vol. 18, no. 12, p. 4271, Dec. 2018, doi: 10.3390/s18124271.

[31] P. P. Ray, D. Dash, and D. De, “A Systematic Review of Wearable Systems for Cancer Detection: Current State and Challenges,” *J Med Syst*, vol. 41, no. 11, p. 180, Nov. 2017, doi: 10.1007/s10916-017-0828-y.

[32] S. Chen, J. Lach, B. Lo, and G.-Z. Yang, “Toward Pervasive Gait Analysis With Wearable Sensors: A Systematic Review,” *IEEE J Biomed Health Inform*, vol. 20, no. 6, pp. 1521–1537, Nov. 2016, doi: 10.1109/JBHI.2016.2608720.

[33] G. Koshmak, A. Loutfi, and M. Linden, “Challenges and issues in multisensor fusion approach for fall detection: Review paper,” *Journal of Sensors*, vol. 2016. Hindawi Publishing Corporation, 2016. doi: 10.1155/2016/6931789.

[34] C. Ma, D. Wong, W. Lam, A. Wan, and W. Lee, “Balance Improvement Effects of Biofeedback Systems with State-of-the-Art Wearable Sensors: A Systematic Review,” *Sensors*, vol. 16, no. 4, p. 434, Mar. 2016, doi: 10.3390/s16040434.

[35] A. Kamišalić, I. Fister, M. Turkanović, and S. Karakatič, “Sensors and Functionalities of Non-Invasive Wrist-Wearable Devices: A Review,” *Sensors*, vol. 18, no. 6, p. 1714, May 2018, doi: 10.3390/s18061714.

[36] C. Pacchierotti, S. Sinclair, M. Solazzi, A. Frisoli, V. Hayward, and D. Prattichizzo, “Wearable Haptic Systems for the Fingertip and the Hand: Taxonomy, Review,

and Perspectives,” *IEEE Trans Haptics*, vol. 10, no. 4, pp. 580–600, Oct. 2017, doi: 10.1109/TOH.2017.2689006.

[37] K. ; S. L. Nesenbergs, “Smart textiles for wearable sensor networks: Review and early lessons. ,” *IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA) Proceedings*, pp. 402–406, May 2015.

[38] M. Stoppa and A. Chiolerio, “Wearable Electronics and Smart Textiles: A Critical Review,” *Sensors*, vol. 14, no. 7, pp. 11957–11992, Jul. 2014, doi: 10.3390/s140711957.

[39] N. Rehmat, J. Zuo, W. Meng, Q. Liu, S. Q. Xie, and H. Liang, “Upper limb rehabilitation using robotic exoskeleton systems: a systematic review,” *Int J Intell Robot Appl*, vol. 2, no. 3, pp. 283–295, Sep. 2018, doi: 10.1007/s41315-018-0064-8.

[40] M. A. Gálvez-Zúñiga and A. Aceves-López, “A Review on Compliant Joint Mechanisms for Lower Limb Exoskeletons,” *Journal of Robotics*, vol. 2016, pp. 1–9, 2016, doi: 10.1155/2016/5751391.

[41] R. Rucco et al., “Type and Location of Wearable Sensors for Monitoring Falls during Static and Dynamic Tasks in Healthy Elderly: A Review,” *Sensors*, vol. 18, no. 5, p. 1613, May 2018, doi: 10.3390/s18051613.

[42] Z. Wang, Z. Yang, and T. Dong, “A Review of Wearable Technologies for Elderly Care that Can Accurately Track Indoor Position, Recognize Physical Activities and Monitor Vital Signs in Real Time,” *Sensors*, vol. 17, no. 2, p. 341, Feb. 2017, doi: 10.3390/s17020341.

[43] P. Singh, G. Kaur, and D. Kaur, “Infant Monitoring System Using Wearable Sensors Based on Blood Oxygen Saturation: A Review,” 2017, pp. 162–168. doi: 10.1007/978-3-319-69155-8_12.

[44] H. Chen, M. Xue, Z. Mei, S. Bambang Oetomo, and W. Chen, “A Review of Wearable Sensor Systems for Monitoring Body Movements of Neonates,” *Sensors*, vol. 16, no. 12, p. 2134, Dec. 2016, doi: 10.3390/s16122134.

[45] K. E. Friedl, “Military applications of soldier physiological monitoring,” *J Sci Med Sport*, vol. 21, no. 11, pp. 1147–1153, Nov. 2018, doi: 10.1016/j.jsams.2018.06.004.

[46] J. Murray, “Wearable computers in battle: recent advances in the Land Warrior system,” in *Digest of Papers. Fourth International Symposium on Wearable Computers*, IEEE Comput. Soc, pp. 169–170. doi: 10.1109/ISWC.2000.888485.

[47] S. Abdulmalek et al., “IoT-Based Healthcare-Monitoring System towards Improving Quality of Life: A Review,” *Healthcare (Switzerland)*, vol. 10, no. 10. MDPI, Oct. 01, 2022. doi: 10.3390/healthcare10101993.

[48] S. Seneviratne et al., “A Survey of Wearable Devices and Challenges,” *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, vol. 19, no. 4. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., pp. 2573–2620, Oct. 01, 2017. doi: 10.1109/COMST.2017.2731979.

[49] S. Hiremath, G. Yang, and K. Mankodiya, “Wearable Internet of Things: Concept, Architectural Components and Promises for Person-Centered Healthcare,” in *Proceedings of the 4th International Conference on Wireless Mobile Communication and Healthcare - “Transforming healthcare through innovations in mobile and wireless technologies,” ICST, 2014.* doi: 10.4108/icst.mobihealth.2014.257440.

[50] E. Media’s, . S., and M. Rif’an, “Internet of Things (IoT): BLYNK Framework for Smart Home,” *KnE Social Sciences*, vol. 3, no. 12, p. 579, Mar. 2019, doi: 10.18502/kss.v3i12.4128.

[51] D. R. P. Patnaikuni, “A Comparative Study of Arduino, Raspberry Pi and ESP8266 as IoT Development Board,” *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, vol. 8, no. 5, pp. 2350–2352, May 2017.