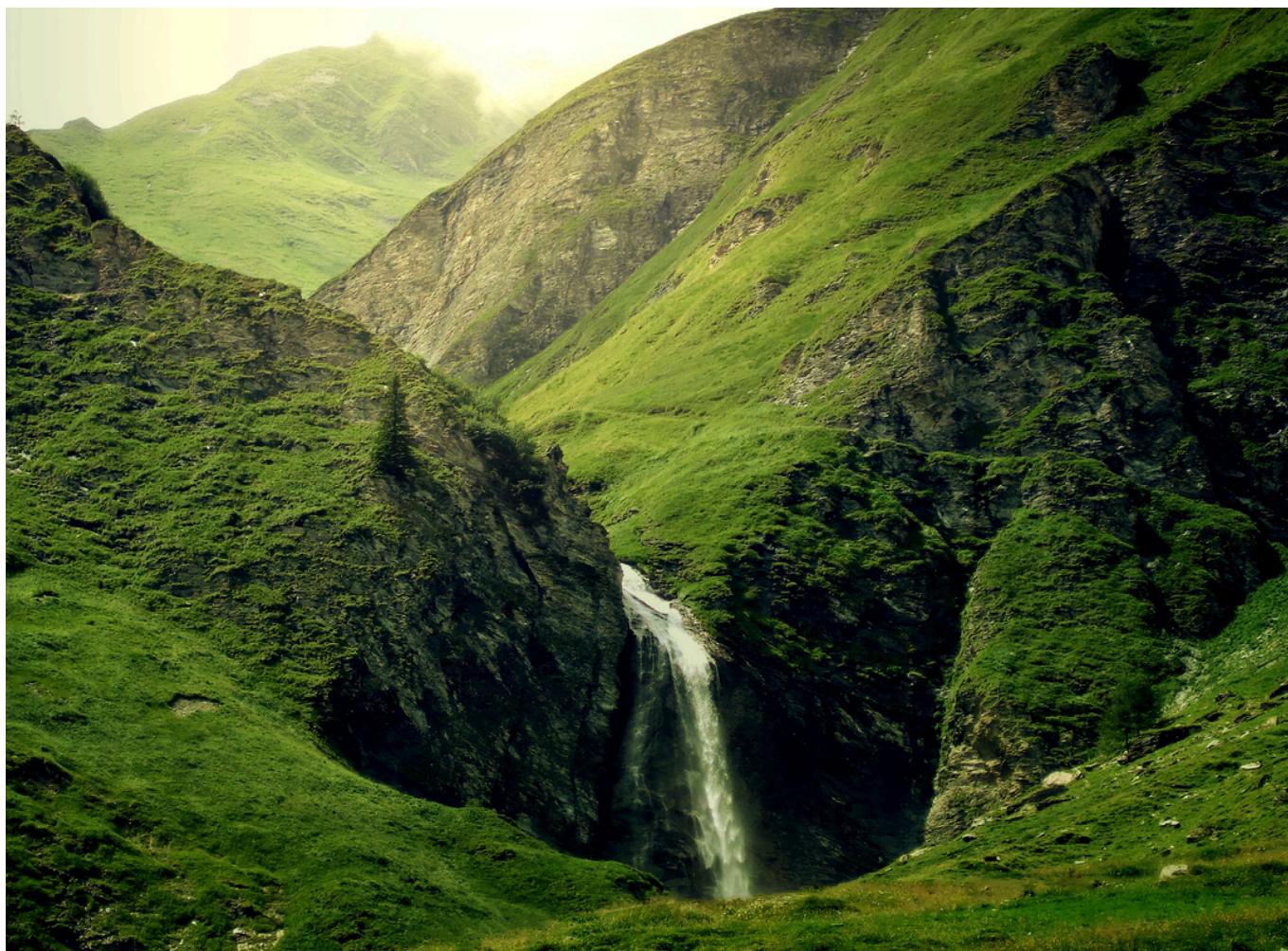


AEROSENSE

MONITORIZARE AERIANĂ A MEDIULUI



MARK ASTER SI JANNIK WELZECK

CUPRINS

Capitolul I: Utilitate Practică

- 1.1.** Problema Abordată: Deficitul de Date Ambientale Detaliate
- 1.2.** Soluția Propusă: Modulul Senzorial Aerosense pe Platformă Aeriană
- 1.3.** Eficiență și Inovație

Capitolul II: Mecanica și Integrarea Platformei

- 2.1.** Platforma de Zbor: DJI Mavic Air 2
- 2.2.** Designul și Montarea Modulului Senzorial
- 2.3.** Considerații privind Masa și Aerodinamica
- 2.4.** Sursa de Alimentare a Modulului Senzorial

Capitolul III: Electronica

- 3.1.** Arhitectura Sistemului Electronic și Microcontrollerul
- 3.2.** Suite de Senzori și Justificarea Componentelor
 - 3.2.1.** MPU6050: Unitate de Măsurare Inerțială (IMU)
 - 3.2.2.** HMC5883L: Magnetometru
 - 3.2.3.** NEO-6MV2: Modul GPS
 - 3.2.4.** BME280: Senzor Ambiental (Temperatură, Presiune, Umiditate)
 - 3.2.5.** SGP30: Senzor pentru Calitatea Aerului (eCO₂, TVOC)
 - 3.2.6.** SIM800L: Modul de Comunicație GPRS
 - 3.2.7.** Flying Fish MQ-7
 - 3.2.8.** Flying Fish MQ-5
 - 3.2.9.** Modul Card MicroSD
- 3.3.** Complexitatea Autonomiei Sistemului Combinat

Capitolul IV: Software

- 4.1.** Arhitectura Software: Client Embedded și Server Remote
- 4.2.** Software Client (Arduino)
- 4.3.** Software Server (Node.js)
- 4.4.** Tipul Programului și Funcționalitatea
- 4.5.** Eficiența Codului și Stilul de Programare
- 4.6.** Website-ul

Capitolul V: Design Industrial (Modul Senzorial)

- 5.1.** Design Funcțional și Pregătit pentru Producție (Carcasa Modulului)

Capitolul VI: Concluzii și Dezvoltări Viitoare

- 6.1.** Rezumatul Proiectului
- 6.2.** Direcții de Dezvoltare Futură

Capitolul I: Utilitate Practică



1.1. Problema Abordată: Deficitul de date ambientale detaliate, monitorizarea eficientă a mediului și știința climatică depind de accesul la date atmosferice de înaltă rezoluție. Metodele tradiționale, cum ar fi stațiile meteorologice fixe la sol, furnizează date continue, dar numai pentru o singură locație. Acest lucru lasă vaste zone, în special cele cu teren complex, canioane urbane sau la altitudini variabile, complet nemonitorizate. Înțelegerea dispersiei poluanților, formarea microclimatelor și efectele atmosferice imediate ale activităților industriale sau agricole necesită o platformă mobilă și versatilă de colectare a datelor. Problema cheie este lipsa unei metode rentabile și sigure pentru a aduna date atmosferice (cum ar fi temperatura, umiditatea, presiunea și nivelurile de poluanți) cu o granularitate spațială și temporală ridicată.

1.2. Solutia Propusă: Aerosense este conceput pentru a rezolva exact această problemă. Acesta constă într-un pachet electronic compact, echipat cu o suita de senzori de mediu și de calitate a aerului, proiectat pentru a fi montat pe o platformă aeriană comercială – în acest caz, o dronă DJI Mavic Air 2. Funcția principală a modulului este de a acționa ca o stație mobilă de monitorizare meteorologică și a poluării.

DJI Mavic Air 2 — transformând-o într-o stație mobilă pentru monitorizarea vremii și a calității aerului.

Funcțiile principale ale modulului sunt:

- Navigarea la coordonate GPS specifice pentru a efectua măsurători direcționate.
- Executarea de profiluri verticale (ascensiune și coborâre) pentru a colecta date la diverse altitudini.

Măsurarea parametrilor ambientali cheie: temperatură, umiditate, presiune barometrică, dioxid de carbon echivalent (eCO₂), compuși organici volatili totali (TVOC), monoxid de carbon (CO) și alte gaze combustibile.

Acste date sunt transmise prin modulul SIM800L către un server Node.js pentru analiză și vizualizare în timp real.

1.3. Eficiență și Inovație

Soluția Aerosense oferă o metodă mai eficientă în comparație cu metodele existente din mai multe motive:

Rentabilitate: Utilizarea unei drone comerciale reduce costurile de dezvoltare a platformei de zbor, permitând concentrarea resurselor pe modulul senzorial. Costurile de operare sunt semnificativ mai mici decât desfășurarea unei rețele dense de senzori statici sau utilizarea aeronavelor cu echipaj uman.

Rezoluție Înaltă: Drona poate aduna date la o rezoluție spațială mult mai mare decât imaginile satelitare și poate colecta măsurători pe care teledetectia nu le poate furniza.

Siguranță și Accesibilitate: Platforma poate fi desfășurată în medii dificile sau periculoase de accesat pentru oameni, cum ar fi zonele industriale, zonele de dezastru sau terenuri naturale dificile.

Date În Timp Real: Modulul SIM800LV2 EVB integrat permite transmiterea datelor în timpul misiunii către serverul Node.js, permitând monitorizarea și luarea deciziilor în timp real.

Inovația proiectului constă în dezvoltarea și integrarea unui modul senzorial personalizat, cu capacitatea de transmitere a datelor în timp real, care poate fi adaptat și montat pe platforme aeriene comerciale, transformându-le în instrumente puternice de monitorizare ambientală.

Capitolul II: Mecanica și Integrarea Platformei

2.1. Platforma de Zbor: DJI Mavic Air 2

Pentru platforma de zbor, proiectul utilizează o dronă comercială DJI Mavic Air 2. Această alegere strategică elimină necesitatea proiectării și construcției unui sistem de zbor de la zero, permitând nouă să ne concentrăm pe dezvoltarea nucleului proiectului: modulul de senzori și sistemul de date. DJI Mavic Air 2 este o platformă robustă, cunoscută pentru:

Stabilitate în Zbor: Sisteme avansate de control al zborului și senzori integrați.

Autonomie de Zbor: Timp de zbor suficient pentru misiuni de colectare a datelor.

Capacități de Navigație: Navigație precisă prin GPS/GLONASS, moduri de zbor inteligente și posibilitatea de a urma trasee predefinite.

Sarcină Utilă: Capacitatea de a transporta sarcini utile suplimentare de greutate redusă, cum ar fi modulul nostru senzorial.

2.2. Designul și Montarea Modulului Senzorial

Contribuția mecanică principală a proiectului este designul și construcția carcasei pentru modulul Aerosense și sistemul său de prindere pe dronă. Carcasa este realizată custom, prin imprimare 3D.

Sistemul de montare este proiectat pentru a:

- Permite atașarea și detașarea ușoară și sigură de pe dronă.
- Nu obstrucționa majoritatea senzorilor proprii ai dronei (senzori de evitare a obstacolelor, camere).
- Asigura o expunere adecvată a senzorilor de mediu și calitate a aerului la fluxul de aer și pentru a răci toate electronicele.

2.3. Considerații privind Masa și Aerodinamica

Masa totală a modulului Aerosense este un factor critic. Designul carcasei și selecția componentelor au fost optimizate pentru a menține o greutate cât mai redusă, minimizând impactul asupra timpului de zbor și manevrabilității dronei DJI Mavic Air 2.

Forma carcasei este, de asemenea, luată în considerare pentru a reduce stresul motoarelor în timp ce drona se mișcă. Ea este montată central cu centrul de gravitate cât mai balansat și înalt.

2.4. Sursa de Alimentare a Modulului Senzorial

Modulul Aerosense este autonom din punct de vedere energetic, fiind alimentat de un sistem de energie regenerabilă. Acest sistem este compus din:

- Un acumulator Li-Ion Samsung INR18650-25E de 3.7V, cu o capacitate de 3350mAh.
- Un panou solar de 5V, 1W (model YX-107X61).
- Un modul de încărcare solară MPPT (Maximum Power Point Tracking) pentru a încărca eficient acumulatorul.
- Un convertor de tensiune step-up XL6009 care oferă o alimentare stabilă de 5V pentru toate componentele electronice.

Această arhitectură, detaliată în schemele proiectului, asigură funcționarea continuă și sustenabilă a modulului, îndeplinind un obiectiv cheie al proiectului.

Modulul are un consum maxim de 6A (atunci când se conectează la rețea), iar după aceea are consumul constant de ~1.1A

Capitolul III: Electronica

3.1. Arhitectura Sistemului Electronic și Microcontrollerul

Arhitectura electronică este centrată în jurul unei plăci

Arduino Nano (versiunea USB-C), care servește ca microcontroller principal. Această placă a fost aleasă pentru numărul său suficient de pini I/O, suportul nativ I²C, documentația extinsă a comunității și costul redus. Protocolul I²C este deosebit de important, deoarece permite conectarea mai multor senzori folosind doar două fire (SDA și SCL).

Justificarea Alegerii Microcontrollerului: Arduino Nano a fost ales pentru:

- Simplitate și Ușurință în Utilizare: Platforma este bine documentată, cu suport comunitar extins și biblioteci software, accelerând dezvoltarea.
- Număr Suficient de Pini I/O: Oferă suficienți pini digitali și analogici pentru interfațarea cu întreaga suită de senzori.
- Suport I²C: Suportul nativ pentru protocolul de comunicație I²C este crucial, deoarece majoritatea senzorilor avansați (MPU6050, BME280, SGP30, QMC5883L) utilizează această magistrală, permitând conectarea lor folosind doar două fire (SDA și SCL).
- Cost Redus: Placa este ieftină și larg disponibilă.

Circuitul electronic general, conectează senzorii și modulele de comunicație la Arduino, care procesează datele acestora.

3.2. Suite de Senzori și Justificarea Componentelor

Modulul este echipat cu o varietate de senzori pentru a măsura diferite fenomene fizice.

3.2.1. MPU6050: Unitate de Măsurare Inerțială (IMU)

Fenomen Măsurat: Măsoară accelerația liniară pe trei axe (X, Y, Z) și viteza unghiulară în jurul a trei axe (roll, pitch, yaw) folosind tehnologia MEMS.



Utilizare: Acest senzor este fundamental pentru a înregistra mișările și vibrațiile la care este supus pachetul de senzori în timpul zborului. Deși stabilizarea zborului este gestionată de drona DJI, datele IMU din modulul nostru pot fi folosite pentru a corela măsurările de calitate a aerului cu turbulențele sau pentru a analiza stabilitatea pachetului.

3.2.2. QMC5883L: Magnetometru

Fenomen Măsurat: Măsoară puterea și direcția câmpului magnetic terestru pe trei axe.



Utilizare: Funcționează ca o busolă digitală pentru modulul senzorial. Aceasta poate oferi o orientare independentă a modulului, utilă pentru a corela direcția dronei cu citirile de poluanți sau pentru a verifica orientarea raportată de GPS.

3.2.3. NEO-6MV3: Modul GPS

Fenomen Măsurat: Primește semnale de la constelația de sateliți GPS pentru a calcula latitudinea, longitudinea, altitudinea și viteza precisă a modulului.



Utilizare: Deși drona DJI Mavic Air 2 are propriul său GPS superior pentru navigație, includerea unui modul GPS dedicat în pachetul Aerosense servește ca:

Redundanță/Verificare: Permite compararea datelor de localizare.

Geotagging Precis al Datelor Senzoriale: Asigură că fiecare set de date colectate de senzori este marcat cu coordonate GPS precise, direct de la modulul care colectează datele. Acest lucru este crucial pentru acuratețea cartografierii poluării.

3.2.4. BME280: Senzor Ambiental

Fenomen Măsurat: Acest singur modul măsoară trei parametri atmosferici cheie:

- Presiune Barometrică: Presiunea aerului.
- Temperatură: Temperatura ambientală a aerului.
- Umiditate: Umiditatea relativă.



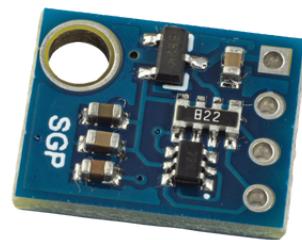
Utilizare: Acesta este un senzor primar pentru funcția de "stație meteorologică". Datele de presiune pot fi, de asemenea, utilizate pentru a estima altitudinea cu o precizie ridicată, suplimentând citirea GPS.

3.2.5. SGP30: Senzor pentru Calitatea Aerului

Fenomen Măsurat: Măsoară concentrația de poluanți în aer.

Specific, furnizează citiri pentru:

- eCO₂ (CO₂ echivalent): Concentrația în părți pe milion (ppm).
- TVOC (Compuși Organici Volatili Totali): Concentrația în părți pe miliard (ppb).



Utilizare: Acesta este senzorul principal de detectare a poluării. Permite identificarea zonelor cu o calitate slabă a aerului, cartografierea dispersiei VOC-urilor și monitorizarea nivelurilor de CO₂, fiind util pentru monitorizarea mediului și industrială.

3.2.6. SIM800LV2 EVB: Modul de Comunicație GPRS

Fenomen Măsurat: Acesta este un dispozitiv de comunicație, nu un senzor. Se conectează la rețea cellulară (GSM/GPRS).

Utilizare: Acest modul conferă capacitatea de transmitere a datelor pe distanțe lungi. Utilizează rețea GPRS pentru a stabili o conexiune la internet și a trimite datele colectate de senzori către serverul nostru Node.js. Acest lucru permite monitorizarea datelor în timp real de oriunde există acoperire celulară.

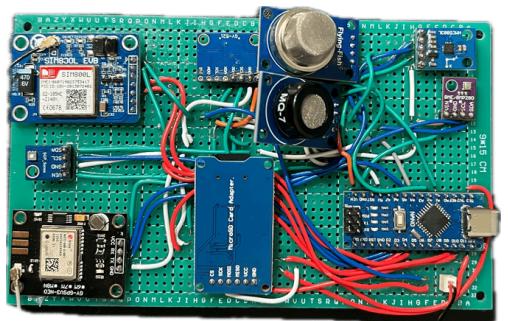


3.2.7. Flying Fish MQ-7: Senzor de Monoxid de Carbon (CO) Măsoară concentrația de monoxid de carbon (CO), un gaz toxic, fiind esențial pentru monitorizarea poluării urbane, a emisiilor industriale și pentru siguranță în caz de incendiu.

3.2.8. Flying Fish MQ-5: Senzor de Gaze Combustibile și CO Detectează atât CO, cât și gaze combustibile (metan, propan), fiind vital pentru inspecția rețelelor de gaz și evaluarea riscurilor industriale.



3.2.9. Modul Card MicroSD: Designul hardware include un modul de card MicroSD pentru înregistrarea locală a datelor. Cu toate acestea, din cauza memoriei RAM limitate a platformei Arduino Nano, această funcționalitate a fost dezactivată în versiunea software finală pentru a asigura o funcționare stabilă a citirii senzorilor și a comunicării GPRS. Dezvoltarea viitoare va migra sistemul pe un microcontroller mai puternic (precum ESP32) pentru a activa această caracteristică de redundanță a datelor.



3.3. Complexitatea Autonomiei Sistemului Combinat

Drona DJI asigură navigația autonomă în medii necunoscute folosind GPS-ul său. Modulul Aerosense adaugă funcționalitatea de colectare și transmitere autonomă a datelor științifice în timpul acestor misiuni autonome. Contribuția echipei este esențială pentru transformarea dronei într-un instrument de cercetare autonom.

Capitolul IV: Software

4.1. Arhitectura Software: Client Embedded și Server Remote

Software-ul proiectului este un sistem format din două părți principale: software-ul client embedded care rulează pe Arduino în modulul Aerosense și software-ul serverului remote pentru gestionarea datelor.

4.2. Software Client (Arduino)

Scris în C++/Arduino.

Responsabilități:

Inițializarea și citirea continuă a datelor de la toți senzorii (MPU6050, HMC5883L, BME280, SGP30, GPS).

Formatarea datelor colectate de senzori se face într-un singur obiect JSON, unde cheile sunt numele senzorilor (de exemplu: "temperature", "humidity").

Transmiterea datelor formatate către serverul Node.js se face printr-o cerere HTTP POST. Obiectul JSON este trimis în corpul (body) al cererii. Adresa URL completă folosește calea către endpoint /data, iar un exemplu de sănătate corectă este <http://aerosense.home.ro:25565/data>

4.3. Software Server (Node.js)

Scris în JavaScript, rulând pe platforma Node.js. Se utilizează modulul nativ http pentru gestionarea cererilor HTTP și rutare, și pachetul mysql2 pentru interacțiunea cu baza de date MySQL.

Serverul este găzduit și rulează pe portul 25565.

Responsabilități:

- Furnizarea unui endpoint HTTP, /data, care acceptă cereri HTTP POST.
- Extragerea datelor JSON din corpul (body) cererii POST.
- Validarea formatului JSON și procesarea datelor primite.
- Stocarea datelor într-o bază de date MySQL. Fiecare set de date este inserat ca o nouă înregistrare în tabela drone_data. Serverul suprascrie, de asemenea, un timestamp pentru momentul recepționării datelor.
- Găzduirea unei interfețe web (index.html și style.css) pentru utilizatori.
- Furnizarea unui API endpoint, /api/data, care permite interfeței web să preia toate datele istorice din baza de date pentru afișare.
- Furnizarea unui API endpoint, /api/data/:id (metoda DELETE), pentru a șterge o singură înregistrare specificată prin ID-ul său. Nu există un endpoint pentru a șterge toate datele simultan.
- Harta de pe website a fost integrată utilizând leaflet.js.

4.4. Tipul Programului și Funcționalitatea

Modulul Aerosense (clientul de pe "robot" - drona) acționează autonom, colectează informații și se conectează la un server Node.js remote pentru a transmite acele informații pentru procesare, stocare și vizualizare. Acest model este semnificativ mai complex decât un robot simplu pre-programat sau teleghidat, implicând networking, serializare de date (sub formă de query string) și comunicare asincronă. Sistemul include, de asemenea, interfețe utilizator pe dashboard-ul web.

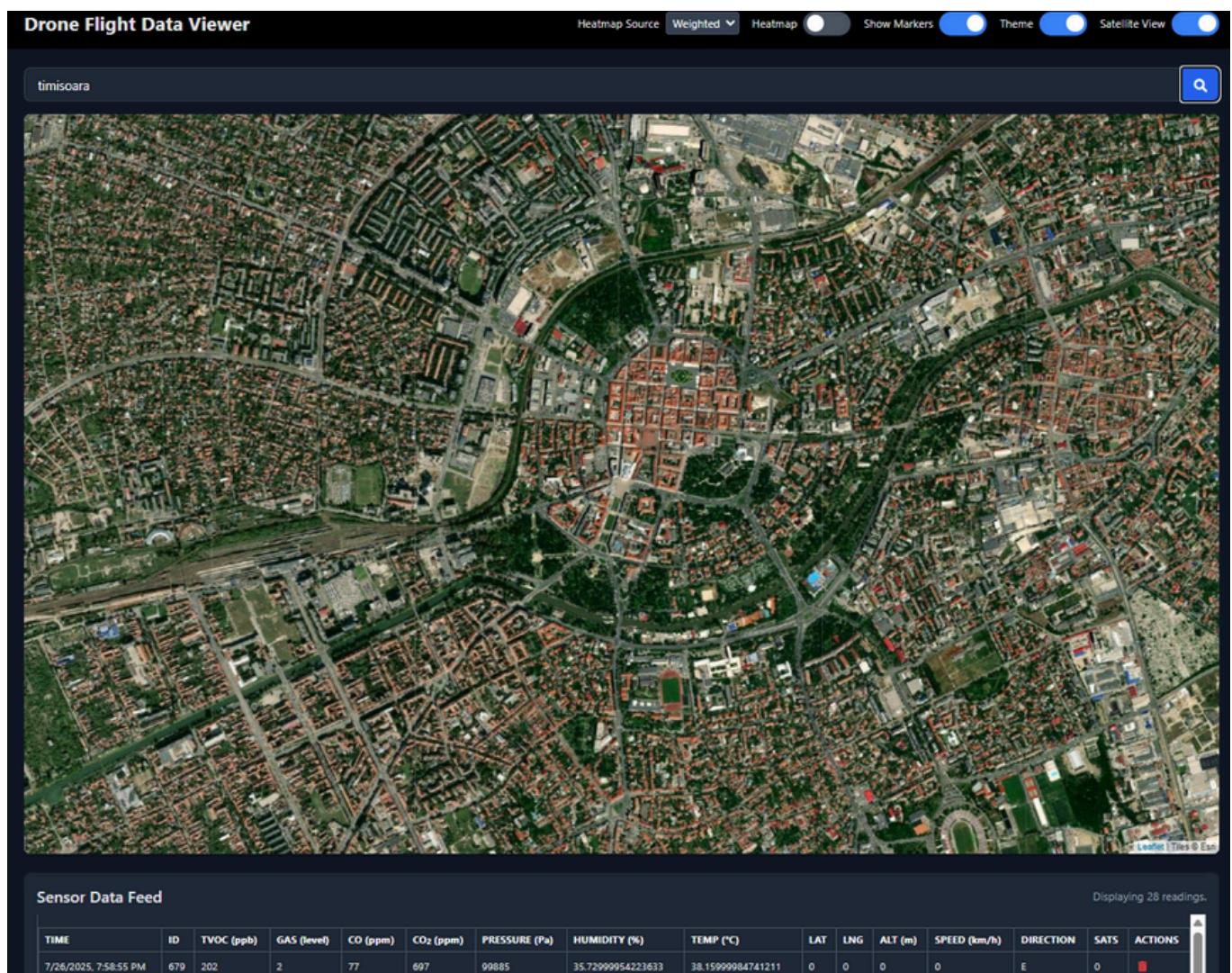
4.5. Eficiența Codului și Stilul de Programare

Stil de Programare: Codul proiectului aderă la ghidurile de stil consacrate pentru Arduino (C++) și JavaScript/Node.js. Aceasta include convenții de numire consistente, indentare corectă și utilizarea comentariilor pentru a documenta secțiunile complexe ale codului, îmbunătățind lizibilitatea și menținabilitatea.

4.6. Website-ul:

A fost creată o interfață web dinamică folosind HTML, CSS și JavaScript pentru a oferi o experiență interactivă utilizatorului.

- **Hartă Interactivă:** Site-ul utilizează biblioteca open-source Leaflet.js pentru a afișa o hartă, evitând costurile asociate cu serviciile comerciale. Traseul de zbor al dronei este desenat pe hartă prin conectarea coordonatelor GPS ale fiecărui punct de date primit.
- **Tabel de Date În Timp Real:** Un tabel în partea de jos a paginii afișează toate datele senzorilor pe măsură ce sunt primite de la dronă.
- **Funcționalități pentru Utilizator:** Interfața include:
 - Controale pentru hărți cu vizualizare satelit și stradală.
 - Un comutator pentru o temă light/dark.
 - O listă de sesiuni de zbor salvate, care pot fi căutate.
 - Un heatmap configurabil, care poate vizualiza intensitatea poluanților pe baza diferitelor citiri ale senzorilor (TVOC, eCO₂, CO etc.).



Eficiența Codului:

Codul proiectului aderă la ghiduri de stil consacrate atât pentru C++ (Arduino), cât și pentru JavaScript (Node.js), cu convenții de denumire consistente și comentarii pentru a asigura lizibilitatea și menținabilitatea.

- Client (Arduino): Pentru a asigura o operare non-blocantă, bucla principală *loop()* utilizează un temporizator bazat pe *millis()* pentru programarea sarcinilor, în loc de *delay()*. Pachetul de date JSON este construit eficient prin calcularea în prealabil a lungimii sale și prin utilizarea de apeluri secvențiale *print()* cu *dtostrf()* pentru conversia numerelor zecimale, o metodă mai eficientă din punct de vedere al memoriei pe platforma Arduino decât utilizarea clasei *String*.
- Server (Node.js): Serverul valorifică natura asincronă și non-blocantă a Node.js pentru a gestiona eficient conexiunile concurente și operațiunile I/O. Interacțiunile cu baza de date sunt optimizate prin utilizarea *mysql2/promise* pentru a evita callback-urile și pentru a gestiona conexiunile în mod curat.

Capitolul V: Design Industrial (Modul Senzorial)

5.1. Design Funcțional și Pregătit pentru Producție (Carcasa Modulului)

Designul fizic al carcasei modulului Aerosense prioritizează simplitatea, funcționalitatea și manufaturabilitatea.

Simplitate și Funcționalitate: Carcasa este proiectată personalizată și fabricată prin imprimare 3D. Acest lucru asigură o potrivire perfectă pentru componentele electronice (Arduino, senzori, SIM800L, baterie), protejându-le de șocuri mecanice ușoare și de elementele ambientale. Designul asigură montarea sigură a tuturor plăcilor și o ventilație adecvată acolo unde este necesar (de ex., pentru senzorii de calitate a aerului și de mediu). Designul este modular, permitând asamblarea, întreținerea și înlocuirea ușoară a componentelor individuale. De asemenea, designul include puncte de prindere specifice pentru montarea pe drona DJI Mavic Air 2, dar poate fi modificata pentru orice drona.

Automatizarea Producției: Utilizarea imprimării 3D pentru carcăsa este, prin natura sa, un proces de producție automatizat. Designul constă în fișiere CAD digitale care pot fi trimise la orice imprimantă 3D pentru fabricare. Acest lucru permite prototiparea rapidă și reproducerea ușoară. Pentru scalarea la producția de masă, designul actual poate fi adaptat pentru turnarea prin injecție cu modificări minime, dacă se dorește o producție la scară mai largă.

Designul este modular, permitând asamblarea, întreținerea și înlocuirea ușoară a componentelor individuale. De asemenea, electronica este simplu de asamblat, necesitând doar cositorirea modulelor pe o placă de prototipare.

Capitolul VI: Concluzii și Dezvoltări Viitoare

6.1. Rezumatul Proiectului

Proiectul Aerosense reprezintă o soluție inovatoare pentru monitorizarea ambientală mobilă, combinând un modul senzorial personalizat cu capabilitățile avansate ale unei platforme aeriene comerciale. Noi ne-am concentrat pe dezvoltarea electronică a modulului, integrarea senzorilor, software-ul embedded pe Arduino pentru colectarea datelor și software-ul serverului Node.js (rulând pe portul 25565) pentru receptia, stocarea (în MySQL) și vizualizarea acestor date în timp real. Transmisia de date de la Arduino la server se realizează prin GPRS (SIM800L) folosind cereri POST, cu datele senzorilor prin intermediul fișierelor json. Proiectul demonstrează o înțelegere solidă a tehnologiei senzorilor, sistemelor embedded, comunicațiilor de rețea și principiilor de inginerie software, abordând o problemă relevantă.

6.2. Direcții de Dezvoltare Futură

Deși prototipul actual este funcțional, există mai multe direcții pentru îmbunătățiri viitoare:

- Construcția unei drone proprii cu autonomie completă: În prezent, ne bazăm pe un model comercial de dronă pentru transportul modulului senzor, deoarece nu ne-a permis budgetul să o construim. Într-o versiune viitoare, ne propunem să proiectăm și să construim o dronă personalizată, complet autonomă, capabilă să navigheze automat către punctele predefinite de pe hartă. Pentru această funcționalitate, ne vom folosi de senzori deja montati pe modul.
- Extinderea suitei de senzori: În funcție de aplicațiile întinute, putem adăuga noi senzori pentru detecția unor poluanți suplimentari, cum ar fi ozonul troposferic (O_3), dioxidul de azot (NO_2), dioxidul de sulf (SO_2) sau particulele în suspensie PM2.5 și PM10. De asemenea, putem include senzori pentru umiditate a solului sau module de imagistică multispectrală, utile în agricultură de precizie, silvicultură sau monitorizarea sănătății ecosistemelor.
- Testare extinsă și calibrare riguroasă: Pentru a asigura fiabilitatea și acuratețea datelor colectate, este esențială realizarea unor campanii de testare în condiții variate (urbane, rurale, industriale, zone naturale) și calibrarea senzorilor folosind instrumente de măsură de referință. Acest lucru ne va permite să validăm datele științific și să le facem utile în contexte reale de cercetare sau luare a deciziilor.
- Redesign-ul carcasei pentru portabilitate și compatibilitate sporită: Ne propunem reproiectarea carcasei modulului într-un format mai compact, mai ușor și mai aerodinamic, pentru a reduce greutatea totală și a crește compatibilitatea cu o gamă mai largă de drone comerciale și personalizate. Acest lucru va permite montarea mai facilă, va reduce consumul de energie în timpul zborului și va îmbunătăți stabilitatea ansamblului în aer. De asemenea, designul va lua în considerare protecția senzorilor și a componentelor electronice în condiții variante de zbor și mediu.
- Migrarea pe o Platformă Hardware Superioară pentru Redundanță Datelor: În timpul dezvoltării, am constatat că resursele de memorie RAM ale platformei Arduino Nano sunt insuficiente pentru a gestiona simultan suita complexă de senzori, comunicația GPRS și logarea locală a datelor pe un card SD. Deși modulul hardware pentru cardul SD este prezent în designul actual, acesta nu a putut fi utilizat fiabil. O direcție prioritară pentru viitor este migrarea întregului sistem pe un microcontroller ESP32. Această platformă oferă o putere de procesare superioară și o memorie RAM semnificativ mai mare, ceea ce va permite implementarea facilă a unui sistem de backup, prin stocarea tuturor măsurătorilor pe cardul SD în paralel cu transmiterea lor către server. Acest lucru va garanta că nicio dată ~~nu~~ se pierde în cazul unor întreruperi temporare ale rețelei celulare.

Bibliografie

Informatii:

1. OpenAI. (2025). Asistență tehnică și redactare prin ChatGPT. Accesat la: <https://chat.openai.com>
2. Google DeepMind. (2025). Gemini – Asistent AI pentru cercetare și dezvoltare. Accesat la: <https://gemini.google.com>
3. Last Minute Engineers. (2023). Interfacing Sensors with Arduino & ESP32. Accesat la: <https://lastminuteengineers.com>
4. DroneDeploy. (2022). Drone Mapping and Data Collection Guide. Accesat la: <https://www.dronedeploy.com>
5. Arduino. (n.d.). Arduino Documentation. Accesat la: <https://docs.arduino.cc>
6. Espressif Systems. (2024). ESP32 Technical Reference Manual. Accesat la: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>
7. SIMCom. (2021). SIM800L AT Commands Manual. Accesat la: <https://simcom.ee/documents/SIM800L>
8. Mozilla Developer Network. (n.d.). HTTP Methods: GET vs POST. Accesat la: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTTP/Methods>
9. World Health Organization (WHO). (2022). Air Quality Guidelines. Accesat la: <https://www.who.int>
10. Leaflet.js. (n.d.). JavaScript library for interactive maps. Accesat la: <https://leafletjs.com>
11. Bootstrap. (n.d.). Front-end framework for responsive design. Accesat la: <https://getbootstrap.com>
12. Adafruit Learning System. (n.d.). Basic Wiring, Soldering & Electronics Tutorials. Accesat la: <https://learn.adafruit.com>
13. SparkFun. (n.d.). Guide to Soldering and Wiring Techniques. Accesat la: <https://learn.sparkfun.com/tutorials>
14. YouTube – GreatScott! Electronics Basics: Wiring, Soldering, Circuit Design. Accesat la: <https://www.youtube.com/@GreatScottLab>
15. All About Circuits. (n.d.). Electronics Tutorials and Projects. Accesat la: <https://www.allaboutcircuits.com>
16. Instructables. (n.d.). DIY Projects: Sensors, Drones, and Environmental Monitoring. Accesat la: <https://www.instructables.com>
17. Hackster.io. (n.d.). IoT and Embedded Systems Projects. Accesat la: <https://www.hackster.io>
18. Circuit Digest. (n.d.). Electronics Projects and Tutorials. Accesat la: <https://circuitdigest.com>
19. PCBWay. (n.d.). Electronics Fabrication, Prototyping & Tutorials. Accesat la: <https://www.pcbway.com/blog>
20. Pololu. (n.d.). Guides for Sensors, Motor Drivers, and Embedded Systems. Accesat la: <https://www.pololu.com>
21. W3Schools. (n.d.). HTML, JavaScript și HTTP pentru Web Development. Accesat la: <https://www.w3schools.com>

Poze:

- eMAG România. (n.d.). Componente electronice, module și senzori pentru proiecte DIY. Accesat la: <https://www.emag.ro>
- DJI. (n.d.). Produse, documentație tehnică și specificații pentru drone. Accesat la: <https://www.dji.com>
- <https://medium.com/@madhurajayashanka/complete-guide-to-connecting-a-microsd-card-module-to-arduino-and-saving-data-in-csv-format-1f30a163cab>