

## ÎMBUNĂTĂȚIREA CONTROLULUI CALITĂȚII AERULUI PRIN FOLOSIREA SENZORILOR IoT

Gheorghe ISAC

Departamentul Ingineria Software și Automatică, grupa TI-231M, FCIM, Facultatea Calculatoare Informatică și  
Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Gheorghe Isac, [isac.gheorghe@isa.utm.md](mailto:isac.gheorghe@isa.utm.md)

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Radu CIOBANU**, dr., conf. univ.

**Rezumat.** Cercetările privind creșterea poluării atmosferice se concentrează pe îmbunătățirea calității aerului prin utilizarea senzorilor IoT. Acest studiu analizează modul în care tehnologia Internetului lucrurilor ajută la monitorizarea și gestionarea calității aerului. Această lucrare se concentrează pe colectarea datelor în timp real despre concentrațiile diferiților poluanți atmosferici, senzorii IoT oferă o metodă eficientă și accesibilă. Pentru aceasta, în total trei noduri IoT de cost redus monitorizează parametrul (PM), care reprezintă unul dintre cei mai comuni poluanți din zona de cercetare. Datele respective obținute de la aceste noduri sunt colectate mai mult de două luni. Integrarea acestor senzori în rețele inteligente permite monitorizarea continuă și precisă a calității aerului, ceea ce permite intervențiile rapide în cazul poluării excesive. Articolul subliniază modul în care tehnologia Internetului lucrurilor ajută la reducerea efectelor poluării asupra sănătății umane și a mediului înconjurător. În plus, se vorbește despre obstacolele și oportunitățile viitoare legate de implementarea și dezvoltarea sistemelor de monitorizare a calității aerului.

**Cuvinte cheie:** poluare atmosferică, monitorizarea calității aerului, date în timp real, rețele inteligente, impact asupra sănătății umane.

### Introducere

În era tehnologiei avansate, Internetul Lucrurilor (IoT) devine tot mai prezent în viața noastră, oferind soluții inovatoare pentru diverse provocări ale societăților moderne. Unul dintre domeniile de interes major este monitorizarea calității aerului ambiental, având în vedere impactul sănătății umane și al mediului înconjurător. Calitatea aerului este un aspect esențial pentru bunăstarea noastră și pentru mediul înconjurător. Poluarea atmosferică poate avea consecințe semnificative asupra sănătății, contribuind la apariția și exacerbarea unor afecțiuni respiratorii și cardiovasculare. Prin implementarea unui proiect IoT dedicat monitorizării calității aerului ambient, putem aduce contribuții semnificative în gestionarea și crearea acestui aspect crucial.

Scopul acestui articol este de a cerceta sistemul inteligent de monitorizare a calității aerului, de îngrijire a senzorilor IoT avansați pentru a colecta și transmite date în timp real. Sistemul permite colectarea informațiilor referitoare la concentrațiile de poluare a particulelor fine.

Prin intermediul tehnologiei IoT, este creată o rețea interconectată de senzori plasați în diferite zone geografice, furnizând date precise și actualizate cu privire la calitatea aerului. Aceste informații vor fi accesibile publicului larg prin intermediul unei platforme online intuitive și unei aplicații mobile, oferă utilizatorilor posibilități de a lua decizii informate cu privire la activitățile zilnice și la contribuția la conștientizarea problemelor de mediu [1]. Prin acest articol, propunem să aducem o contribuție semnificativă la protejarea sănătății lor publice și a mediului înconjurător, oferind instrumente eficiente pentru monitorizarea și gestionarea calității aerului. Implementarea acestui sistem IoT include un pas important către o societate mai sustenabilă și informată, în care fiecare individ poate contribui la crearea unei atmosfere mai curate și mai sănătoase pentru toți. Acest domeniu se concentrează pe colectarea, analiza și interpretarea

datelor privind compoziția aerului, în special a poluanților atmosferici și a altor factori care pot influența calitatea aerului. Importanța sănătății umane: Calitatea aerului are un impact semnificativ asupra sănătății umane. Poluanții atmosferici, cum ar fi particulele fine, dioxidul de azot, monoxidul de carbon și compușii organici volatili, pot provoca boli respiratorii, cardiovasculare și chiar cancer. Un sistem de monitorizare a calității aerului poate ajuta la identificarea zonelor cu niveluri ridicate de poluare și la luarea măsurilor corective pentru a proteja sănătatea publică.

Impactul asupra mediului: Calitatea aerului afectează și mediul. Poluanții atmosferici pot contribui la schimbările climatice, la degradarea ecosistemelor și la reducerea biodiversității. Sistemele de monitorizare a calității aerului contribuie la evaluarea impactului poluării asupra mediului și la dezvoltarea strategiilor de conservare a resurselor naturale.

Proiectul dezvoltat va fi un utilitar care va fi destinat tuturor utilizatorilor care doresc să profite la maximum de calitatea aerului pe care îl respiră, care este mult prea mult poluat, dar care la rândul său este un component vital pentru toții. Sistemul va putea construi un profil zilnic statistic de calitate a aerului exterior bazat pe mulți parametri, luând în considerare toate datele acumulate de instalație [2]. În acest sens, aplicația care va furniza această analiză, prioritizează utilizatorii care vor putea înțelege cu ușurință ce fel de aer va respira în ziua respectivă, cu doar câteva clicuri sau raportând corecții. În plus, sistemul va putea fi modificat la dorință pentru a putea comunica cu alte aplicații/sisteme. Scopul proiectului este de a ușura și a diversifica procesul de monitorizare a calității aerului din mediul ambiant. Pe măsură ce se apropie iarna, aerul care atârnă deasupra noastră se îngroașă cu fum și emisii de gaze din câmpurile în ardere, fabricile industriale și traficul de vehicule, blocând soarele și făcând respirația dificilă. Experții spun că nivelurile ridicate de poluare a aerului și pandemia de COVID-19 pot fi un amestec periculos, care poate avea consecințe grave.

Necesitatea monitorizării în timp real a calității aerului este foarte evidentă. Oricare din noi ar dori să fie ocupat cu ceva diferit toată ziua, însă nu toții au posibilitatea de a-și gestiona și optimiza cum utilizează timpul, din diverse motive. Acest sistem IoT va oferi o nouă viziune și o altă posibilitatea de a seta un filtru în aerul pe care îl respirăm, la nivel național nu sunt foarte multe exemple importante de realizare a unor sisteme de acest gen. Se propune ca rezultat să se obțină un rezultat important în efectuarea procesului de colectarea a tuturor parametrilor și datelor relevante despre aer, care va permite deschiderea unui spectru mai mare de viziuni despre acest domeniu.

### **Implementarea nodului sensorului**

Reprezentările la acest subcapitol se concentrează asupra prezentării unei imagini generale a sistemului propus, oferind o perspectivă detaliată asupra arhitecturii bloc și a diagramei de circuit asociat. Diagrama de circuit constituie fundamentul tehnic al sistemului propus, evidențiind interconexiunile și funcționalitățile cheie ale componentelor. De la senzori avansați pentru detectarea poluanților atmosferici la modulele de comunicare și platforma centrală de prelucrare a datelor, fiecare element este integrat strategic pentru a asigura o monitorizare precisă și eficientă a calității aerului ambiant. Această diagramă este utilă pentru a oferi o reprezentare grafică a conexiunilor și a componentelor unui sistem electronic. Aceasta servește la ilustrarea modului în care dispozitivele și elementele interacționează între ele pentru îndeplinirea unui anumit scop.

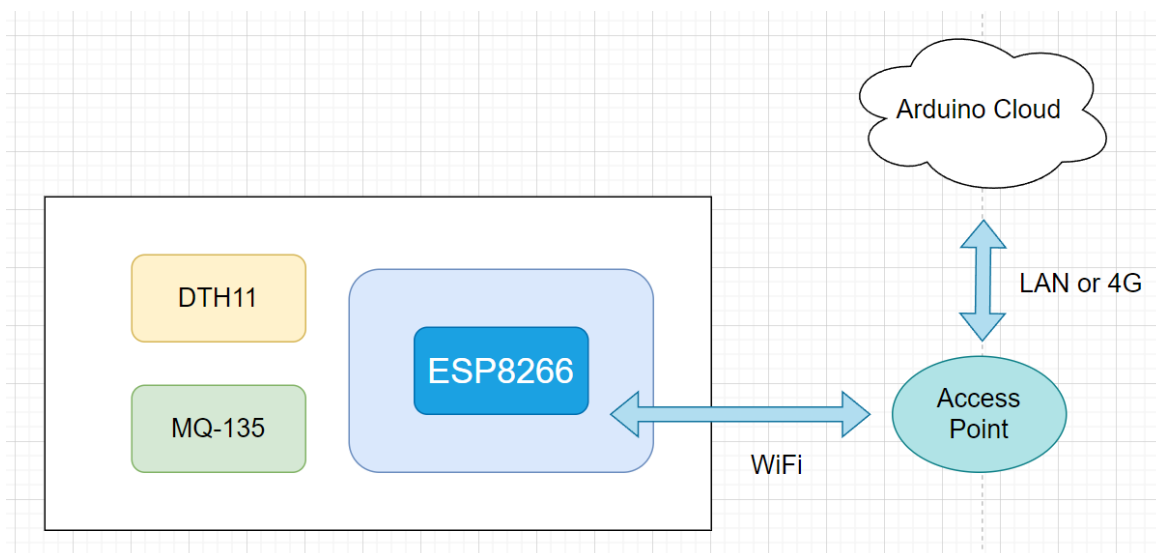
Arhitectura bloc oferă o perspectivă structurală sistemului, identificând categoriile principale asupra componentelor și relațiilor dintre acestea. Prin intermediul blocurilor funcționale, precum sensorizarea, procesarea datelor, stocarea și interfața utilizatorului, arhitectura este proiectată pentru a facilita fluxul optim al informațiilor și a asigura un control eficient asupra întregului ecosistem IoT [3].

Acest subcapitol explorează detaliile bloc component, evidențiind rolul și importanța acestuia în cadrul sistemului general. Fiecare etapă, de la captarea datelor la prezentarea acestora

într-un mod accesibil și comprehensibil pentru utilizatori, este ilustrată în cadrul acestui bloc de arhitecturi.

Prin prezentarea acestei imagini generale a diagramei de circuit completată de arhitectura bloc a sistemul, se propune un cadru conceptual solid pentru dezvoltarea modului în care fiecare componentă contribuie la funcționarea armonioasă a sistemului IoT pentru monitorizarea calității aerului ambiental. Este un punct de plecare pentru dezvoltarea detaliată a unui aspect tehnic și funcțional în capitolele ulterioare, contribuind astfel la realizarea unei soluții integrate și eficiente pentru gestionarea calității aerului în mediul ambiant.

Reprezentarea schematică a arhitecturii sistemului poate fi găsită în figura 1.



**Figura 1. Arhitectura sistemului**

O reprezentare grafică a interacțiunilor care au loc între diferitele componente ale unui sistem este foarte importantă în dezvoltarea sistemului IoT pentru monitorizarea AQI. Senzorul DHT11 și senzorul MQ-135 sunt alimentați cu +3V. Pinii emițătorului și receptorului DHT 11 sunt conectați la D2 din ESP8266. Pinul de ieșire analogic al senzorului MQ-135 este conectat la A0. Conexiunile senzorilor la placa ESP8255 este reprezentat mai detaliat fiecare conexiune în tabelele 1-2.

Conexiunile sunt prezentate în tabelul de mai jos:

*Tabelul 1*

NR.	DHT 11 PIN	ESP8266 PIN
1	VCC	3V
2	GND	G
3	OUT	D2

*Tabelul 2*

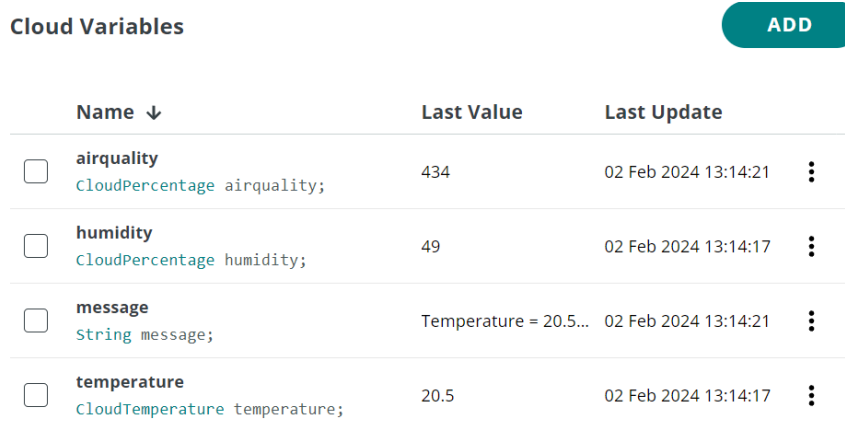
NR.	MQ-135 PIN	ESP8266 PIN
1	A0	A0
2	GND	G
3	VCC	3V

## Colectarea și prelucrarea datelor

Implementarea unui sistem de monitorizare a calității aerului, bazat pe senzori de temperatură, umiditate și calitatea aerului, presupune o etapă crucială și complexă - integrarea senzorilor în structura sistemului. Acest capitol se afișează pe detaliile acestui proces esențial, care propune să creeze o legătură fluidă între dispozitivele de colectare a datelor și platformei centrale, asigurând funcționarea eficientă și precizie în transmiterea informațiilor. Selectarea și conectarea adecvată a senzorilor la plăcile de dezvoltare primul pas esențial în procesul de integrare. O atenție deosebită este acordată alegerii plăcilor, asigurându-ne că acestea sunt compatibile cu senzorii selectați și că oferă interfețe de comunicare eficientă. Pentru a extrage informații valoroase ale senzorului, este necesară dezvoltarea unui cod sursă inteligent, capabil să interpreteze datele citite. Aici, se explorează diverse protocoale de comunicare, iar logica de gestionare a erorilor este integrată pentru a garanta fiabilitatea în colectarea datelor. Detaliem utilizarea tehnologiilor de comunicare fără fir, precum Wi-Fi sau Bluetooth, pentru a asigura o transmitere eficientă și securizată a datelor către platforma centrală. Implementarea unui protocol de comunicare solid și proceduri de securitate sunt elemente esențiale pentru o transmitere corectă. Un accent deosebit de pus pe realizarea unor teste riguroase pentru a evalua stabilitatea comunicării între senzori și platformă centrală. În acest stadiu, identificarea și remedierea potențialelor probleme de transmisie sunt aspecte cruciale pentru asigurarea unui flux constant și fiabil de date [4].

Configurarea și integrarea cu o bază de date sunt abordate în această secțiune pentru a stoca eficientă a datelor. O interfață de integrare este dezvoltată pentru a facilita transferul eficient de date între senzori și baza de date, contribuind astfel la gestiunea coerentă a informațiilor colectate.

În cadrul proiectului sunt 4 variabile principale care afișează datele colectate de la senzori care sunt afișate în figura 2.



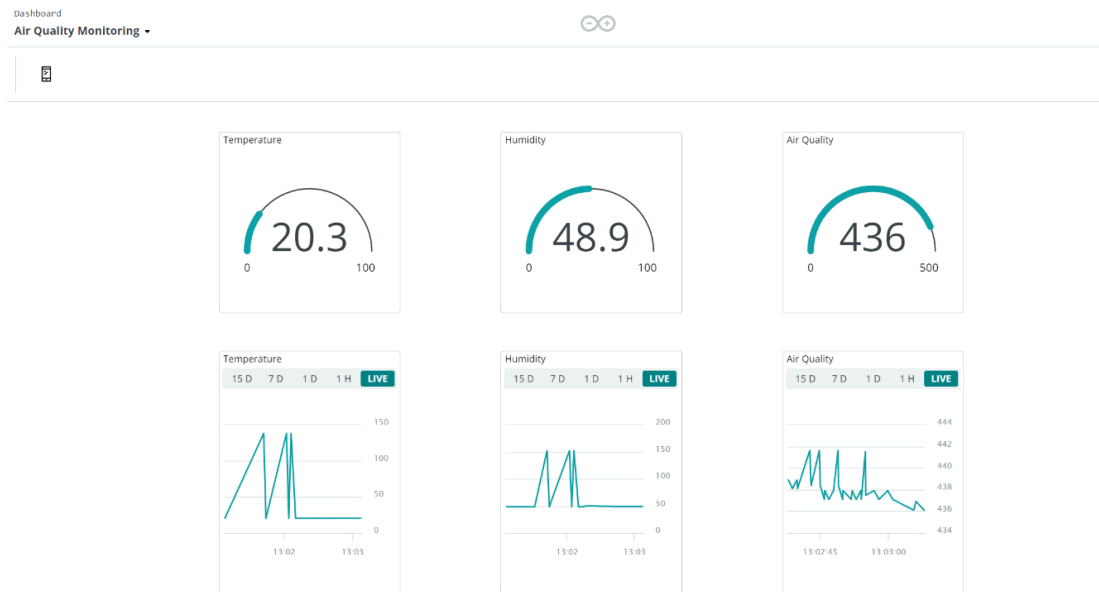
Cloud Variables				ADD
Name ↓		Last Value	Last Update	
<input type="checkbox"/> airquality	CloudPercentage airquality;	434	02 Feb 2024 13:14:21	⋮
<input type="checkbox"/> humidity	CloudPercentage humidity;	49	02 Feb 2024 13:14:17	⋮
<input type="checkbox"/> message	String message;	Temperature = 20.5...	02 Feb 2024 13:14:21	⋮
<input type="checkbox"/> temperature	CloudTemperature temperature;	20.5	02 Feb 2024 13:14:17	⋮

**Figura 2. Variabilele Cloud**

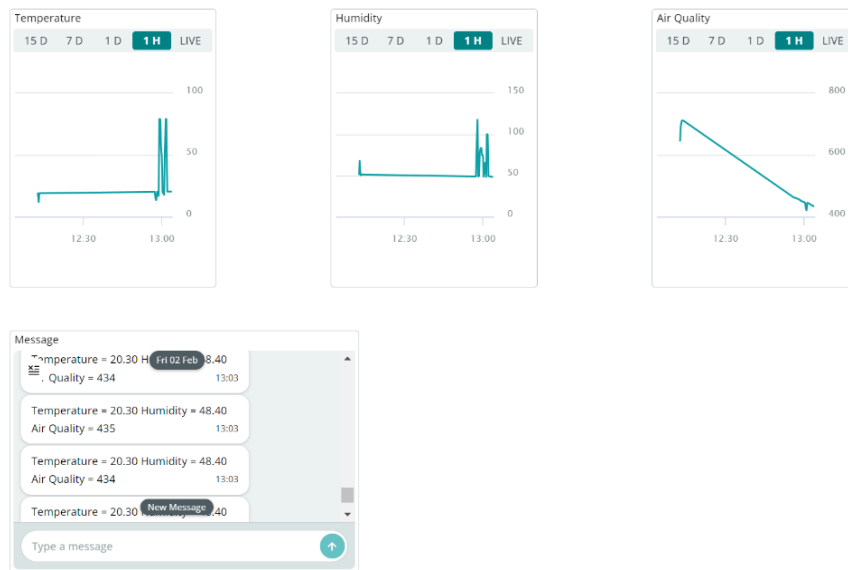
Afișarea informației colectate de senzori este disponibilă pentru vizualizare și monitorizare pe platforma Arduino Cloud versiunea desktop sau pe aplicația mobilă Arduino Remote direct de pe smartphone. În figura 3 este reprezentată fereastra de bază a aplicației unde ca funcționalitățile principale sunt vizualizarea rapidă a datelor cum ar fi temperatura umiditatea și nivelul AQI al calității aerului ambiant. adăugarea unui task nou și vizualizarea în calendar a tuturor activităților introduse anterior

Pe lângă afișarea digitală putem analiza informația și sub formă grafică care este furnizată de grafice pentru fiecare compartiment de date aparte, unde se poate de gestionat evoluția datelor în timp real la o oră sau la câteva zile respective. Aceasta da posibilitatea de a crea un tablou mai amplu în cea ce ține de modificarea calității aerului pe parcursului unor zile sau săptămâni.

Analiza grafică este reprezentată în figura 4 unde de asemenea este și realizat și funcționalitatea de mesagerie unde primim mesaje despre modificarea datelor în timp real, mesajele pot servi la rândul lor o bază bună de analiză a evoluției datelor pe o perioadă scurtă de timp, fiind și foarte comod de vizualizat sub această formă de text.



**Figura 3. Afișarea datelor în dashboard**



**Figura 4. Grafice ale datelor colectate**

### Concluzii

Este esențial să devenim pricepuți în arta managementului calității aerului ambiant în era digitală actuală, dacă vrem să ne realizăm întregul potențial în activitățile care cuprind viața noastră de zi cu zi. Dezvoltarea unei sistem pentru a monitorizarea calității aerului ar face posibil ca utilizatorii să cunoască real cu ce aer respiră, prin această se poate de îmbunătățit calitatea vieții fiecărui utilizator a sistemului dat IoT care la moment sunt foarte populare și eficiente.

Atunci când se dezvoltă un sistem eficient, este absolut necesar să se țină cont de preferințele utilizatorilor și să se adauge funcții care nu sunt doar simple de utilizat, ci și clare în designul lor. Dacă se dorește ca clienții să fie mulțumiți de produsul realizat, trebuie de asigurat că proiectul realizat este compatibil cu o mare varietate de platforme de calcul și sisteme de



operare și, de asemenea, trebuie oferite opțiuni substanțiale de personalizare. Acest proiect aduce beneficii semnificative prin furnizarea de date precise și în timp real privind umiditatea, temperatura și calitatea aerului. ESP8266 asigură conectivitatea la rețelele Wi-Fi, permițând accesul la informații despre distanță, iar senzorii DHT11 și MQ135 oferă măsurători detaliate și fiabile. Utilizarea platformei Arduino Cloud aduce un nivel înalt de accesibilitate, facilitând monitorizarea și interpretarea datelor prin interfețe prietenoase cu utilizatorul. Astfel, utilizatorii pot obține informații despre esențiale despre aerul ambient în real și pot lua decizii informații pentru a-și face timp mediu înconjurător. Acest proiect o punte între tehnologia IoT și crearea calității vieții, deschizând calea către utilizarea inteligenței artificiale pentru a gestiona și a crea mediul nostru de viață. Este fezabil de a obține cele mai bune rezultate posibile doar cu un produs care nu este doar bine concepută și ușor de utilizat, ci ia în considerare și prioritățile persoanelor care o vor folosi. Ținta principală este ca utilizatorii să fie mulțumiți de efectul produs asupra lor [5].

Prin colectarea și analiza datelor în timp real, sistemul nu doar furnizează informații despre mediu, ci și promovează conștientizarea asupra impactului pe care calitatea aerului îl poate avea asupra sănătății și bunăstării individuale. aspect devine crucial într-un context global în care se preocupă pentru mediu și sănătate publică. Aceasta poate contribui la reducerea stresului, creșterea productivității și îmbunătățirea calității vieții. Prin promovarea unui stil de viață sănătos și sustenabil, acest sistem IoT nu aduce doar beneficii individuale, ci contribuie și la formarea unei comunități informate și preocupate de calitatea mediului înconjurător. Astfel, prin realizarea acestui articol, nu doar demonstrează eficiența cercetării tehnologiei IoT în monitorizarea calității aerului, ci și subliniază potențialul de transformare a contribuției la societățile noastre.

### Referințe

- [1] Science Direct: Air pollution monitoring system using IoT, ©2021 [citată 23.02.2024]. Disponibil: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221478532104966X>
- [2] AUTODESK Instructables: Connecting Arduino WiFi to the Cloud Using ESP8266, ©2024 [citată 23.02.2024]. Disponibil: <https://www.instructables.com/Connecting-Arduino-WiFi-to-the-Cloud-Using-ESP8266/>
- [3] P. Landrigan et al., “The Lancet Commission on Pollution and Health,” *Lancet*, vol. 391, pp. 464–512, 2018.
- [4] National Air Quality Index, [citată 10.04.2024], Disponibil: <https://app.cpcbcr.com/>
- [5] Airveda Outdoor Air Quality Monitor, [citată 01.04.2024], Disponibil: <https://www.airveda.com/outdoor-air-quality-monitor>.