



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2019 00502**

(22) Data de depozit: **20/09/2019**

(41) Data publicării cererii:
30/03/2021 BOPI nr. **3/2021**

(71) Solicitant:
• **BEIA CONSULT INTERNATIONAL S.R.L.**,
STR. POIANA NARCISELOR NR.12, ET.1,
AP.3, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;
• **UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN
BUCUREȘTI, SPLAIUL INDEPENDENȚEI
NR.313, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:
• **SUCIU GEORGE**,
STR. POIANA NARCISELOR NR. 12, ET. 1,
AP. 3, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;

• **DOBRE CIPRIAN MIHAI**,
CALEA CRÂNGAȘI, NR.50, BL.6ICEM,
SC.1, ET.4, AP.19, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO;
• **CIOBANU RADU IOAN**,
BULEVARDUL IULIU MANIU, NR.15H, BL.2,
SC.1, ET.10, AP.65, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO;
• **BĂLĂNESCU NICULINA MIHAELA**,
ȘOS.BUCUREȘTI-TÂRGOVIȘTE, NR.44B,
BL.2, AP.336, ȘAT MOGOȘOAI, IF, RO

(54) **SISTEM DE TIP INTERNETUL LUCRURILOR ȘI METODĂ DE COLECTARE ȘI AGREGARE ÎN TIMP REAL A VALORILOR CONCENTRAȚIILOR DE PULBERI ÎN SUSPENSIE MĂSURATE CU SENZORI/ ECHIPAMENTE CU CONTOARE OPTICE DE PARTICULE REALIZATE ÎN TEHNOLOGII DIVERSE**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem și la o metodă de colectare și agregare în timp real a valorilor concentrațiilor de pulberi în suspensie, măsurate cu senzori/echipamente cu contoare optice de particule, realizate în tehnologii diverse. Sistemul conform invenției cuprinde un modul (1) pentru colectarea datelor cuprinzând senzori (1.1, 1.2, 1.3) care măsoară parametrii de mediu, respectiv, umiditatea relativă și concentrațiile de PM₁₀, PM_{2.5}, senzorii menționați fiind parte integrantă a unor dispozitive hardware care conectează mai mulți senzori, realizați în tehnologii diverse, un modul (2) de transmitere a datelor măsurate de senzori (1.1, 1.2, 1.3) către un dispozitiv (2.1) hardware central care realizează transmiterea acestora în cloud, în cadrul acestui modul (2) fiind efectuată și interpretarea și decodarea datelor primite de la senzori și translatarea acestora într-un format comun, un modul (3) de procesare a datelor prin care datele preluate de la senzori (1.1, 1.2, 1.3) cu ajutorul dispozitivului (2.1) hardware central sunt transmise către o aplicație (3.1) de agregare a datelor pe baza geolocației unde se realizează cuplarea informațiilor care au sens a fi prelucrate împreună, iar pentru stocare permanentă și analize suplimentare, datele sunt transmise, printr-un set de conectori, către niște baze

de date (3.2), iar o aplicație (3.3) de corectare a datelor permite corectarea valorilor concentrațiilor de PM₁₀ și PM_{2.5} și un modul (4) de vizualizare a datelor care permite atât afișarea datelor măsurate de senzori (1.1, 1.2, 1.3) cât și a valorilor corectate, vizualizarea fiind realizată printr-o aplicație web (4.1), în timp real și pentru perioade de timp selectate de utilizator.

Revendicări: 3
Figuri: 5

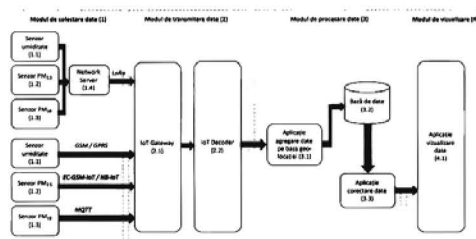
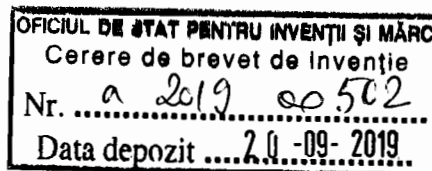


Fig. 1

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).





1. DESCRIEREA INVENȚIEI

1.1 TITLUL INVENȚIEI

Obiectul invenției constă într-un: *Sistem de tip Internetul lucrurilor și metodă de colectare și agregare în timp real a valorilor concentrațiilor de pulberi în suspensie măsurate cu senzori/echipamente cu contoare optice de particule realizate în tehnologii diverse.*

1.2 DOMENIUL DE APLICARE AL INVENȚIEI

Invenția se referă la un *Sistem de tip Internetul lucrurilor și metodă de colectare și agregare în timp real a valorilor concentrațiilor de pulberi în suspensie măsurate cu senzori/echipamente cu contoare optice de particule realizate în tehnologii diverse*, dezvoltate în cadrul proiectului “Sistem mobil de telemonitorizare a calității aerului” - Tel-MonAer (contract subsidiar nr.1223/22.01.2018, al proiectului NETIO, ID: P 40270, Cod MySmis: 105976).

Soluția *Sistem de tip Internetul lucrurilor și metodă de colectare și agregare în timp real a valorilor concentrațiilor de pulberi în suspensie măsurate cu senzori/echipamente cu contoare optice de particule (Optical Particle Counter – OPC) realizate în tehnologii diverse* se adresează:

- dezvoltatorilor de platforme ce utilizează tehnologia Internetul lucrurilor (Internet of Things – IoT);
- autorităților locale, regionale și naționale de protecție a mediului ce utilizează sisteme de măsurare de tip contor optic de particule în completarea măsurărilor efectuate de către Agenția Națională de Mediu (ANPM) prin Rețeaua Națională de Monitorizare a Calității Aerului (RNMCA);
- autorităților locale ce utilizează platforme de tipul orașe inteligente (Smart City);
- companiilor ce dezvoltă și aplică un program de identificare și monitorizare a emisiilor difuze de pulberi în suspensie.

1.3 STADIUL ACTUAL AL TEHNICII MONDIALE

Poluarea aerului are o influență semnificativă asupra sănătății oamenilor și este o problemă globală [1]. Impactul nivelurilor de poluare a aerului asupra sănătății este dependent de concentrațiile de poluanți și de nivelul de expunere a populației. Gestionarea poluării aerului se baza până de curând pe rețele de monitorizare tradiționale, concentrându-se în principal pe analiza calității aerului la nivel urban și regional. Aceste rețele au avantaje importante (acuratețea ridicată a măsurărilor), dar prezintă și anumite dezavantaje [2, 3], legate în principal de numărul limitat de stații fixe (stabilit pe criterii incluse în cerințe legislative), costuri ridicate, cerințe de mentenanță și lipsa caracterizării poluării la nivel local. Conștientizarea crescută cu privire la efectele concentrațiilor de poluanți asupra sănătății [4-6] a dus la apariția de cerințe noi de măsurare a poluării aerului la nivel local. Ținând cont de numărul mare de senzori existenți în ziua de astăzi, precum și de inițiativele de colectare de date de la senzorii din comunitățile cetățenilor sau alte tipuri de organizații, odată cu creșterea puterii de calcul și apariția de noi protocoale de comunicație, s-a ajuns la o creștere în cercetarea în domeniul poluării aerului, inclusiv la nivel local [7].

Unul din cei mai importanți poluanți din punct de vedere al efectului asupra sănătății este pulberea în suspensie (particulate matter - PM). Mai precis, PM₁₀ (PM-uri cu diametrul mai mic de 10 μm) și PM_{2,5} (PM-uri cu diametrul mai mic de 2.5 μm) au cel mai mare impact asupra sănătății. Ele pot cauza o serie de efecte adverse asupra sănătății oamenilor, chiar și la concentrații mici [8]. Impactul poluării aerului asupra sănătății nu depinde doar de concentrațiile de poluanți, ci și de durata și frecvența expunerii [9].

Sursele de proveniență a pulberilor în suspensie pot fi de două tipuri: surse antropice (industrie, trafic, agricultură) sau surse naturale (furtuni de nisip, incendii, vulcani) [17]. În vederea unei analize amănunțite a PM-urilor, este necesară analiza și evaluarea masei, a compoziției elementale, a compușilor organici și a speciilor ionice solubile în apă. O influență importantă asupra concentrațiilor particulelor de diferite dimensiuni o au condițiile meteorologice. Impactul pe care vântul și precipitațiile îl au asupra PM-urilor depinde de valoarea concentrației particulelor. De exemplu, creșterea vitezei vântului cauzează creșterea concentrațiilor particulelor de dimensiuni mari (datorită efectului de suspensie) și reducerea treptată a concentrațiilor particulelor fine [18]. În ceea ce privește influența umidității, are loc o creștere a concentrației de $PM_{2,5}$ în condiții de umiditate scăzută (valori sub 70%) și o reducere a concentrațiilor de $PM_{2,5}$ în condiții de umiditate ridicată (valori între 70%-100%). În ceea ce privește PM_{10} , particulele se acumulează în condiții de umiditate sub 45% și sunt atenuate pentru umiditate mai ridicată. Factorii de corecție specifici fiecărui tip de senzor pot fi folosiți pentru corecția valorilor concentrațiilor de PM.

Monitorizarea datelor privind calitatea aerului se realizează, de regulă, folosind o platformă dedicată de monitorizare. O astfel de platformă hardware-software cuplează împreună mai mulți senzori de detecție a parametrilor PM_x (și eventuale alte date relevante), realizează citirea și interpretarea valorilor măsurate de acești senzori, colectarea pe echipamente dedicate și în final afișarea sau emiterea de alerte în cazul depășirii valorilor de prag. Platformele ce funcționează utilizând contoare optice de particule pentru monitorizarea valorilor concentrațiilor PM-urilor oferă rezultate în timp real, cu frecvență ridicată și cost scăzut. De asemenea, oferă posibilitatea de a corela expunerea și efectele poluanților atmosferici, completează măsurătorile gravimetrice și conduc la creșterea gradului de conștientizare.

La momentul actual, pentru a putea integra și gestiona cât mai ușor dispozitivele IoT, există diferite platforme software IoT ce sunt folosite pentru captarea și agregarea datelor privind calitatea aerului. Acestea pot fi împărțite în două categorii: platforme open-source și platforme licențiate.

Din prima categorie, platforma Kaa [10] este o platformă IoT bazată pe o arhitectură monolit. Fiecare instanță a platformei se conectează la un serviciu centralizat pentru menținerea informațiilor de configurare. Din punct de vedere al bazei de date folosite pentru stocarea datelor, versiunea „community” poate salva datele în Apache Cassandra sau MongoDB. Folosirea oricărei alte baze de date necesită implementarea și gestionarea unui modul suplimentar de către dezvoltatorul aplicației. Scalabilitatea este limitată din cauza arhitecturii folosite, deoarece nu se poate crește numărul de instanțe ale unei componente din platformă, ci a tuturor componentelor simultan. O altă limitare este dată de limbajul de programare folosit pentru dezvoltarea aplicațiilor, în cazul acesta Java.

În cea de-a doua categorie regăsim platforme promovate de marile companii IT de pe piață. AWS IoT [11] este o platformă IoT oferită de Amazon. Față de soluțiile open-source, AWS a ales să furnizeze o parte din componentele platformei sub forma unui serviciu cloud prin care utilizatorii pot folosi numai componentele de care au nevoie. Platforma este alcătuită din 9 componente împărțite în două categorii: componente folosite pe dispozitivele fizice (Amazon FreeRTOS) și componente ce sunt oferite sub formă de servicii cloud (AWS IoT Core, AWS IoT Device Management, ș.a.m.d). Prin intermediul serviciului AWS IoT Device Management, utilizatorii platformei pot înregistra, organiza sau monitoriza de la distanță dispozitivele. În cazul în care unele dispozitive suferă de anumite probleme, serviciul Device Management va permite depanarea modului de funcționare a dispozitivelor IoT gestionate. De asemenea, va permite realizarea de interogări pentru a afla dacă dispozitivul funcționează corect.

AWS IoT Analytics este un alt serviciu din cadrul platformei AWS IoT, ce ușurează procesarea datelor. Mai exact, datele ce sunt preluate de la dispozitivele smart trebuie mai întâi filtrate și convertite într-un format ce facilitează procesul de prelucrare al acestora. Ulterior pașilor de filtrare și transformare, datele rezultate vor putea fi folosite pentru crearea de modele de Machine Learning sau pentru aplicarea altor metode de prelucrare.

Azure IoT Hub [12] este o platformă dezvoltată de Microsoft, ce permite conectarea dispozitivelor IoT la platforma cloud și transmiterea de date pentru a fi prelucrate fie folosind procesarea de tip streaming, fie pe

cea de tip batch. Un modul dedicat interfețelor de utilizator și instrumentelor de raportare poate fi folosit pentru a accesa și vizualiza datele recepționate și rezultatele prelucrării acestora, pentru a transmite comenzi și controla dispozitivele IoT și pentru gestionarea și vizualizarea notificărilor și alertelor. Pe baza IoT Hub, Microsoft a dezvoltat alte două servicii IoT, Azure IoT Central și Azure IoT solution accelerators. IoT Central este un serviciu IoT prin care utilizatorii pot dezvolta rapid soluții IoT simple ce nu necesită un grad ridicat de personalizare. Din punct de vedere al utilizării, totul este gestionat dintr-o interfață grafică simplă de utilizat ce rulează în browser. Cu ajutorul acesteia, utilizatorul poate foarte ușor înregistra dispozitive IoT, configura structura datelor recepționate și a regulilor de business ce vor fi folosite pentru generarea de alerte și gestiunea acestora. Azure IoT solution accelerators, al doilea serviciu, are rolul de a gestiona și prelucra datele de la dispozitivele IoT, și poate fi ulterior folosit împreună cu modulul de mentenanță predictivă pentru a detecta posibilele probleme de funcționare ale procesului tehnologic, ce pot determina opriri neprogramate ale echipamentelor tehnologice.

La o analiză a acestor servicii și altor platforme IoT, putem descrie platformele IoT de monitorizare ca fiind alcătuite din 4 niveluri.

- 1) La intrare, o serie de dispozitive IoT (componente hardware) se pot conecta sau au integrată o serie de senzori sau elemente de acționare.
- 2) Dispozitivele IoT sunt cuplate printr-un gateway ce are rolul de a prelua datele și de a le trimite mai departe către sisteme externe de interes. Pe lângă transmiterea de date către sisteme externe, un dispozitiv de tip gateway poate transforma datele recepționate în format JSON sau XML înainte de a le trimite platformei IoT, sau poate efectua diferite operații de agregare a datelor.
- 3) Serviciile platformei IoT se interpun între aplicații și dispozitive. Rolul acestora este de a gestiona dispozitivele IoT utilizate de aplicații și utilizatorii care accesează datele. Odată ce un dispozitiv este înregistrat și conectat la platforma IoT, datele sunt salvate într-o bază de date (de obicei având capacități de stocare time-series). Pe lângă partea de gestiune a utilizatorilor și a dispozitivelor, pot avea în componență un motor de reguli. Un astfel de motor de reguli aplică o serie de norme configurate de utilizatori în funcție de datele recepționate și sunt generate alerte sau comenzi către dispozitivele de acționare dacă regulile aplicate sunt valide.
- 4) Aplicațiile suplimentare reprezintă componenta software ce folosește datele trimise către platforma IoT pentru a le prelucra și extrage informații relevante pentru utilizatorul final. Acestea pot fi aplicații mobile, desktop sau web. După ce datele au fost procesate, aplicațiile pot genera comenzi elementelor de acționare prin intermediul platformei IoT, sau pot salva rezultatele procesării în sisteme externe, cum ar fi unele sisteme ERP.

În ultimii ani, numeroase proiecte la nivel internațional au urmărit monitorizarea calității aerului utilizând tehnologii de măsurare bazate pe senzori.

Proiectul Citi-Sense [13] furnizează utilizatorilor un set de instrumente de monitorizare a aerului care permite evaluarea calității aerului în împrejurimi. Sistemul se bazează pe un dispozitiv de tip senzor care monitorizează patru poluanți (NO_2 , NO , CO și O_3). În acest proiect au fost testate unele platforme de măsurare a calității aerului atât pentru interior cât și pentru exterior. Proiectele OpenSense și OpenSense II [14], finanțate de programul de cercetare al Elveției, abordează provocările cercetării în domeniul sistemelor de informare/comunicare în contextul monitorizării poluării aerului: monitorizarea mobilă a poluării aerului, a senzorilor și platformelor de comunicații, metodele de calibrare, colectarea și vizualizarea datelor de la senzori, modelarea statistică, recunoașterea activităților și recomandările de sănătate personalizate. Proiectul AirSensa [15] propune citirea continuă a poluanților principali ai aerului ($\text{PM}_{2.5}$, NO_2/NO , CO_2) din Londra, precum și date meteorologice (temperatură, umiditate relativă) pe baza unor senzori statici. Datele măsurate se trimit către o platformă software unică (STORRM Cloud). Platforma adună date de la fiecare locație și le transmite unei aplicații care interpretează măsurătorile obținute în timp real.

Proiectul AirCasting [15], propune o soluție deschisă (open source), end-to-end pentru colectarea, afișarea și partajarea datelor de sănătate și de mediu utilizând dispozitive telefonice (de tip telefon inteligent). Platforma este compusă din senzori care detectează schimbări în mediul utilizatorului, inclusiv un monitor pentru calitatea aerului - AirBeam, aplicația AirCasting Android, site-ul AirCasting și accesorii portabile. AirBeam folosește o metodă de dispersie a luminii pentru a măsura particulele fine sau $PM_{2.5}$. Aerul este tras printr-o cameră de detectare în care lumina de la un laser împrăștie particule în fluxul de aer. Această dispersie de lumină este înregistrată de un detector și transformată într-o măsurătoare care estimează numărul de particule din aer (relevant pentru monitorizarea celor șase criterii de poluanți atmosferici, dintre care unul este $PM_{2.5}$).

În cazul măsurătorilor furnizate de o multitudine de dispozitive, cum ar fi telefoanele inteligente în medii non-stațice (cum este cazul în aceste proiecte), este adesea necesară o calibrare dinamică, de ex. pentru rețelele de senzori fără fir supuse unei variații mari de măsurare. Etalarea orbitală a rețelei de senzori mobili este formulată ca o problemă de factorizare a matricilor cu datele lipsă și aplicată monitorizării calității aerului pentru a furniza hărți dense ale concentrațiilor de poluanți atmosferici din măsurători rare și eterogene, colectate printr-un proces de mulțime.

Așadar, există proiecte ce își propun ca obiectiv colectarea, procesarea și interpretarea unor parametri privind calitatea aerului. Aceste proiecte sunt realizate pornind de la seturi fixe de echipamente (de obicei proprietare) ce pot fi folosite, și nu iau în considerare problema corecției datelor colectate. Pe de cealaltă parte, există platforme IoT de monitorizare, dar care nu sunt cuplate cu astfel de sisteme de monitorizare a calității aerului și nu oferă suport pentru astfel de aplicații sau proiecte. Obiectivul cererii curente este acela de a prezenta o soluție de cuplaj între echipamente eterogene de colectare a parametrilor relevanți în ceea ce privește monitorizarea calității aerului, respectiv metodele de agregare și corecție a valorilor rezultate.

1.4 SCOPUL INVENȚIEI

Scopul invenției este realizarea unui sistem (alcătuit din senzori și metoda de cuplare date) pentru îmbunătățirea calității aerului. Sistemul permite conectarea de senzori/echipamente de tip OPC capabili să transmită date prin oricare dintre tehnologiile de comunicație LoRa, GSM/GPRS, NB-IoT, MQTT și HTTP (acestea sunt specifice domeniului IoT). Datele sunt interpretate și uniformizate, respectiv platforma realizează corectarea valorilor concentrațiilor de pulberi în suspensie (fracțiile PM_{10} și $PM_{2.5}$).

Stadiul actual al platformelor existente ce utilizează tehnologia IoT este reprezentat de platforme de achiziție, transmitere și vizualizare date. Astfel de platforme sunt realizate în tehnologii de cele mai multe ori proprietare, însemnând că se folosește un singur tip de echipament (al producătorului) ce poate transmite date într-o platformă realizată în tehnologie închisă, folosind de cele mai multe ori protocoale de comunicație proprietare. Sistemul și metoda de cuplaj a datelor propuse au avantajul că permit cuplarea datelor provenind din echipamente diverse, produse de producători diferiți. Datele primite sunt colectate, interpretate și uniformizate, respectiv corectate. Astfel, sistemul permite cuplarea unor senzori care au capacitatea de a furniza date pentru concentrații de PM_{10} și $PM_{2.5}$ cu senzori ce pot furniza valori pentru umiditate. Valorile afișate de sistemele ce pot furniza doar valori pentru concentrații de PM_{10} și $PM_{2.5}$ sunt influențate de umiditatea relativă a aerului și pot furniza informații eronate utilizatorilor acestor platforme. Sistemul propus are avantajul de a include o aplicație de corecție în timp real a valorilor măsurate ale concentrațiilor de PM_{10} și $PM_{2.5}$. Un alt avantaj al sistemului este reprezentat de modularitatea acestuia și de faptul că nu necesită condiții speciale de amplasare și funcționare.

1.5 EXPUNEREA INVENȚIEI

Funcționalitatea **Sistemului și metodei propuse** este reprezentată de monitorizarea parametrilor de mediu (umiditate relativă, concentrații de PM_{10} și $PM_{2.5}$), procesarea datelor de la senzori, corectarea valorilor concentrațiilor de PM_{10} și $PM_{2.5}$ și afișarea acestora prin intermediul unei interfețe grafice.

Arhitectura sistemului este modulară și permite adăugarea de noi senzori/echipamente de măsură în funcție de necesitățile și cerințele utilizatorilor.

Utilizatorul sistemului are acces în timp real la valorile parametrilor monitorizați și la valorile corectate pentru concentrațiile de PM_{10} și $PM_{2.5}$ și poate vizualiza datele stocate pentru diferite perioade de timp.

Arhitectura platformei *Sistem de tip Internetul lucrurilor și metodă de colectare și agregare în timp real a valorilor concentrațiilor de pulberi în suspensie măsurate cu senzori/echipamente cu contoare optice de particule realizate în tehnologii diverse* este prezentată în Figura 1. Sistemul este compus din următoarele module:

(i) **Modulul pentru colectarea datelor în tehnologie diversă (1):** senzorii (1.1), (1.2) și (1.3) măsoară valorile parametrilor specificați. Aceștia sunt parte integrantă a unor dispozitive hardware care conectează unul sau mai mulți senzori, realizați în tehnologie diversă. Transmiterea datelor se va realiza folosind tehnologia de comunicație înglobată de producătorul echipamentului respectiv.

Exemple de protocoale de comunicație IoT des folosite în conjuncție cu echipamentele de monitorizare a calității aerului: LoRa (tehnologie de comunicație wireless dezvoltată de LoRa Alliance, suportul de comunicație fiind asigurat de protocoalele înglobate în stiva de comunicație LoRaWAN; suportă rate de transmisie în intervalul 0,3 kbps – 50 kbps); GSM/GPRS (modul standard de transmitere peste rețeaua de date a unui operator de telefonie mobilă); EC-GSM-IoT/NB-IoT (modul de comunicație suportat de rețele mai noi de telefonie mobilă); MQTT (comunicație peste rețele cu fir, folosind tehnologie coadă de mesaje). Pentru tehnologia LoRa, datele sunt recepționate de o antenă LoRa ce se folosește de funcțiile unui dispozitiv hardware dedicat pentru sincronizarea comunicației, Network Server (1.4).

(ii) **Modulul de transmitere date (2):** datele măsurate de senzorii (1.1), (1.2) și (1.3) sunt transmise de dispozitivele hardware în care sunt încorporați către un dispozitiv hardware central - IoT Gateway (2.1) care realizează transmiterea acestora către Cloud prin protocoale de comunicație menționate mai sus. În particular, tot la acest nivel, se realizează interpretarea și decodarea datelor primite de la senzori, și translatarea acestora într-un format comun platformei (Fig. 2).

(iii) **Modulul de procesare a datelor (3)** permite procesarea datelor de la senzorii de umiditate (1.1), PM_{10} (1.2) și $PM_{2.5}$ (1.3). Datele preluate de la senzori cu ajutorul dispozitivului - IoT Gateway (2.1) sunt transmise către o aplicație de agregare a datelor pe baza geo-locăției (3.1). Aici se realizează cuplarea informațiilor ce au sens a fi procesate împreună (un echipament poate citi valori PM_{10} și transmite date pe LoRa, dar un altul poate citi umiditate din aceeași localitate dar transmite date pe GSM; la acest nivel, cele două echipamente sunt regrupate ca dând valori ce pot fi procesate împreună).

Pentru stocare permanentă și analize suplimentare, datele disponibile sunt interfațate de către un set de conectori care asigură trimiterea lor către baze de date (3.2) ce alcătuiesc componenta de stocare. Aplicația de corectare a datelor (3.3) stocate în baza de date (3.2) permite corectarea valorilor concentrațiilor de $PM_{2.5}$ și PM_{10} . De asemenea, se pot realiza prelucrări suplimentare prin intermediul unei aplicații de corectare a datelor (3.3). Această aplicație permite corectarea valorilor concentrațiilor măsurate de senzorii (1.2) și (1.3) funcție de valoarea parametrului umiditate relativă măsurat de senzorul (1.1) și de tipul de senzor/echipament utilizat. Rezultatele obținute pot fi vizualizate prin utilizarea aplicației (4.1).

(iv) **Modulul de vizualizare a datelor colectate (4)** permite atât afișarea datelor măsurate de senzorii (1.1) (1.2) și (1.3) cât și a valorilor corectate. Vizualizarea datelor se realizează prin aplicația web (4.1). Datele de la senzori pot fi vizualizate în timp real și pe perioade de timp selectate de către utilizator.

Dispozitivele IoT pentru a putea transmite date către modulele de colectare și procesare a datelor, se conectează unui gateway. Platforma suportă patru tipuri de gateway, pentru dispozitivele ce folosesc protocolul LoRa, GSM/GPRS, EC-GSM-IoT/NB-IoT sau HTTP. Fiecare gateway recepționează datele transmise de către dispozitivele IoT, verifică dacă dispozitivul respectiv este autorizat să se conecteze la platformă și transmite datele mai departe către modulul Decoder prin intermediul unei cozi de mesaje (tehnologie MQTT). Datele odată recepționate de către gateway, trebuie transformate în formatul intern al platformei (Fig. 2). Transformarea datelor se realizează prin intermediul unei funcții Javascript pe care utilizatorul o definește fiecărui tip de dispozitiv utilizat. După recepționarea datelor produse de dispozitivele IoT, primite prin

intermediul unei cozi de mesaje, datele transformate sunt trimise mai departe către modulele ce se ocupă de agregarea (3.1) și stocarea datelor (3.2).

O problemă pe care trebuie să o rezolve orice platformă IoT, este cea de a gestiona dispozitivele ce se conectează la aceasta. Modulul Devices (Figura 3), parte din Modulul de Transmitere date (2), are rolul de a gestiona cât mai ușor dispozitivele înregistrate. Dispozitivele pot fi împărțite în funcție de protocolul de comunicație dorit (ex., platforma IoT poate recepționa date folosind protocolul LoRa, sau MQTT, etc.). În funcție de tipul protocolului, platforma va transmite dinamic, în interfața grafică parametri ce trebuie configurați pentru a realiza comunicarea dispozitivelor cu platforma IoT.

Odată ce un dispozitiv este înregistrat și configurat cu parametri specifici fiecărui protocolului utilizat, se trimite un mesaj pe o coadă de mesaje către gateway-ul asociat protocolului utilizat, ce va conține parametri configurați și alte informații despre dispozitiv. Astfel, comunicarea între acest modul și fiecare tip de gateway implementat pentru comunicarea cu dispozitivele IoT se realizează asincron. Prin utilizarea comunicării asincrone se asigură o îmbunătățire a gradului de disponibilitate a platformei.

Pentru a înregistra un dispozitiv, utilizatorul trebuie să definească mai întâi ce tipuri de dispozitive se conectează la platformă. Un tip de dispozitiv reprezintă asocierea dintre un decodor, funcția de decodare a mesajelor recepționate de platformă, împreună cu protocolul de comunicare folosit de dispozitiv.

Fiecărui tip de dispozitiv utilizat i se asociază o funcție de decodare a mesajelor recepționate de platformă de la aceste dispozitive pentru a putea fi transformate în formatul intern al platformei. Baza de date conține funcțiile de decodare specifice fiecărui dispozitiv IoT și este folosită de către modulul Decoder (Figura 4). Transformarea datelor se realizează prin intermediul unei funcții Javascript pe care utilizatorul o definește fiecărui tip de dispozitiv utilizat.

După recepționarea datelor produse de dispozitivele IoT, primite prin intermediul unei cozi de mesaje, datele transformate sunt transmise mai departe către modulele de corecție și stocare a datelor. În situațiile în care datele recepționate nu pot fi decodate, se generează alertări ce vor fi trimise către modulul Devices pentru a notifica utilizatorii de probleme survenite.

Procesul de corectare în timp real al valorilor concentrațiilor de $PM_{2.5}$ și PM_{10} se realizează în următoarele etape:

Etapa I - Corectarea valorilor momentane funcție de umiditatea relativă

Etapa a II-a - Corectarea valorilor concentrațiilor calculate în Etapa I prin raportare la metodele de referință pe baza ecuațiilor specifice fiecărui tip de senzor/echipament.

Etapa a III-a - Calculul concentrațiilor de $PM_{2.5}$ și PM_{10} pentru un interval de mediere specificat de utilizator funcție de cerințele legislative privind valorile limita pentru acești poluanți (medii orare sau zilnice).

Condițiile de mediu în care **sistemul propus** poate funcționa includ: (a) scurgeri intermitente sau continue de apă (ploaie), (b) temperaturi scăzute, inclusiv sub limita de îngheț, (c) umiditate relativă ridicată și (d) curenți de aer puternici.

1.6 AVANTAJE

Soluția Sistem de tip Internetul lucrurilor și metodă de colectare și agregare în timp real a valorilor concentrațiilor de pulberi în suspensie măsurate cu senzori/echipamente cu contoare optice de particule realizate în tehnologii diverse este unică din punct de vedere funcțional, fiind singurul produs dezvoltat ce asigură cuplarea unor dispozitive de măsurare a parametrilor eterogeni, produse de diverși furnizori și comunicând în tehnologii diferite. De asemenea, sistemul asigură faptul că valorile concentrațiilor de pulberi în suspensie măsurate cu senzori/echipamente cu contoare optice de particule au o acuratețe crescută.

Spre deosebire de alte sisteme de monitorizare a valorilor concentrațiilor de $PM_{2.5}$ și PM_{10} măsurate cu senzori/echipamente cu contoare optice de particule pentru platforme ce utilizează tehnologia IoT, invenția

prezintă următoarele avantaje: (a) pot fi cuplate echipamente diferite, (b) sunt asigurate interpretări corecte uniformizate ale datelor colectate, (c) soluția poate realiza corectarea valorilor concentrațiilor de $PM_{2.5}$ și PM_{10} funcție de valoarea umidității relative măsurată în timp real (d) permite corectarea în timp real a valorilor măsurate față de metodele de referință, în funcție de tipul de senzor/echipament utilizat pentru monitorizare și permite accesarea acestor valori prin intermediul computerului.

Soluția permite:

- Cuplarea de echipamente de măsurare realizate în tehnologii diverse de lucru și transfer a informațiilor;
- Asigură o uniformizare a datelor colectate de la echipamente diverse;
- Corectarea în timp real a valorilor concentrațiilor de $PM_{2.5}$ și PM_{10} măsurate cu senzori/echipamente cu contoare optice de particule; în momentul actual nu există platforme de monitorizare ce utilizează tehnologia IoT pentru măsurarea valorilor concentrațiilor de $PM_{2.5}$ și PM_{10} care să includă corectarea influenței parametrului umiditate relativă și să includă ecuații de corectare față de metodele de referință funcție de tipul de senzor/echipament utilizat;
- Comparația cu valorile limită prevăzute în legislația de mediu pentru parametrii PM_{10} și $PM_{2.5}$.

REFERINȚE

[1] Ayres, J. G. "The mortality effects of long-term exposure to particulate air pollution in the united kingdom." Report by the Committee on the Medical Effects of Air Pollutants (2010).

[2] Steinle, Susanne, Stefan Reis, and Clive Eric Sabel. "Quantifying human exposure to air pollution—Moving from static monitoring to spatio-temporally resolved personal exposure assessment." *Science of the Total Environment* 443 (2013): 184-193.

[3] Cheng, Yun, et al. "AirCloud: a cloud-based air-quality monitoring system for everyone." *Proceedings of the 12th ACM Conference on Embedded Network Sensor Systems*. ACM, 2014.

[4] Apte, Joshua S., et al. "High-resolution air pollution mapping with Google street view cars: exploiting big data." *Environmental science & technology* 51.12 (2017): 6999-7008.

[5] Fecht, Daniela, et al. "Spatial and temporal associations of road traffic noise and air pollution in London: Implications for epidemiological studies." *Environment international* 88 (2016): 235-242.

[6] Lin, Hualiang, et al. "Hourly peak PM 2.5 concentration associated with increased cardiovascular mortality in Guangzhou, China." *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* 27.3 (2017): 333.

[7] US Environmental Protection Agency EPA. "DRAFT Roadmap for Next Generation Air Monitoring." (2013).

[8] Kim, Ki-Hyun, Ehsanul Kabir, and Shamin Kabir. "A review on the human health impact of airborne particulate matter." *Environment international* 74 (2015): 136-143.

[9] Watson, Ann Y., Richard R. Bates, and Donald Kennedy, eds. *Air pollution, the automobile, and public health*. National Academies, 1988.

[10] Proiectul Kaa, <https://kaaproject.github.io/kaa/docs/v0.10.0/Welcome/>, Accesat 20.08.2019.

[11] Proiectul AWS IoT, <https://aws.amazon.com/iot/>, Accesat 19.08.2019.

[12] Proiectul Azure IoT HUB, <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/iot-accelerators/iot-accelerators-architecture-overview>, Accesat 20.08.2019.

[13] Proiectul Citi-Sense, <http://www.citi-sense.eu/>, Accesat 19.08.2019.

[14] Proiectul OpenSense, http://opensense.epfl.ch/wiki/index.php/OpenSense_2.html, Accesat 19.08.2019.

[15] Proiectul AirSensa, <http://www.airsensa.org/index.php>, Accesat 19.08.2019.

[16] Proiectul AirCasting, <http://aircasting.org/>, Accesat 19.08.2019.

- [17] F. Dominici, R. D. Peng, M. L. Bell, L. Pham, A. McDermott, S. L. Zeger, and J. M. Samet, "Fine particulate air pollution and hospital admission for cardiovascular and respiratory diseases," *Jama*, vol. 295, no. 10, pp. 1127–1134, 2006.
- [18] B. Zhang, L. Jiao, G. Xu, S. Zhao, X. Tang, Y. Zhou, and C. Gong, "Influences of wind and precipitation on different-sized particulate matter concentrations (pm 2.5, pm 10, pm 2.5–10)," *Meteorology and Atmospheric Physics*, vol. 130, no. 3, pp. 383–392, 2018.
- [19] C. Lou, H. Liu, Y. Li, Y. Peng, J. Wang, and L. Dai, "Relationships of relative humidity with pm 2.5 and pm 10 in the yangtze river delta, china," *Environmental monitoring and assessment*, vol. 189, no. 11, p. 582, 2017.

2. REVENDICĂRI

R1: Sistem de tip Internetul lucrurilor și metodă de colectare și agregare în timp real a valorilor concentrațiilor de pulberi în suspensie măsurate cu senzori/echipamente cu contoare optice de particule realizate în tehnologii diverse este caracterizat prin aceea că este constituit din următoarele module: modulul de colectare a datelor de mediu – umiditate, concentrații de PM_{10} și $PM_{2,5}$ (1), modulul de transmitere date (2), modulul de procesare a datelor (3), și modulul de vizualizare a datelor (4) (vezi Figura 1);

R2: Sistem de tip Internetul lucrurilor și metodă de colectare și agregare în timp real a valorilor concentrațiilor de pulberi în suspensie măsurate cu senzori/echipamente cu contoare optice de particule realizate în tehnologii diverse, conform revendicării anterioare **R1**, este caracterizat prin aceea că permite colectarea datelor utilizând tehnologii variate, utilizează o metodă de agregare bazată pe geolocație și include un modul (3.3) ce realizează corectarea valorilor concentrațiilor măsurate de senzorii de PM_{10} și $PM_{2,5}$ funcție de valoarea parametrului umiditate relativă și de tipul de senzor/echipament utilizat;

R3: Sistem de tip Internetul lucrurilor și metodă de colectare și agregare în timp real a valorilor concentrațiilor de pulberi în suspensie măsurate cu senzori/echipamente cu contoare optice de particule realizate în tehnologii diverse, conform revendicărilor **R1** și **R2**, este caracterizat prin aceea că permite colectarea și transmiterea de date în tehnologii diverse (modulul 1), agregarea acestora pe baza unei metode de geolocație (3.1) și un modul de corectare în timp real a valorilor concentrațiilor măsurate de senzorii de PM_{10} și $PM_{2,5}$ (3.3) cu scopul creșterii numărului de zone în care pot fi realizate măsurători, prezentării integrate a acestora cu poziționarea pe hartă a locației și creșterea acurateții valorilor măsurate (vezi Figurile 2-5).

3. DESENE

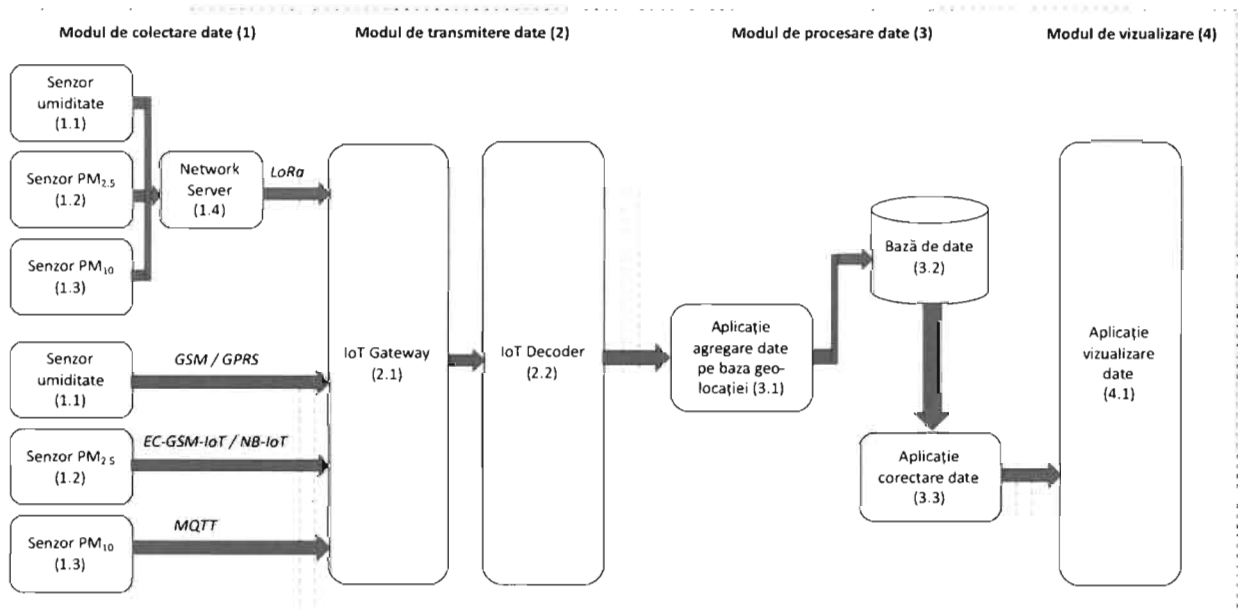


Figura 1: Arhitectura platformei - Sistem și metodă de corectare în timp real a valorilor concentrațiilor de PM₁₀ și PM_{2.5}

```
before: 0x011400022200033300

after:
{
  "data_source": [
    {
      "PM1": {
        "value": 20,
      }
    },
    {
      "PM2_5": {
        "value": 34,
      }
    },
    {
      "PM10": {
        "value": 51,
      }
    }
  ],
  "deviceId": 40,
  "timestamp_r": "1566196883595",
  "timestamp": "1566196881584"
}
```

Figura 2: Datele transmise de senzor (before), respectiv formatul translatat în componenta de transmitere date (after).

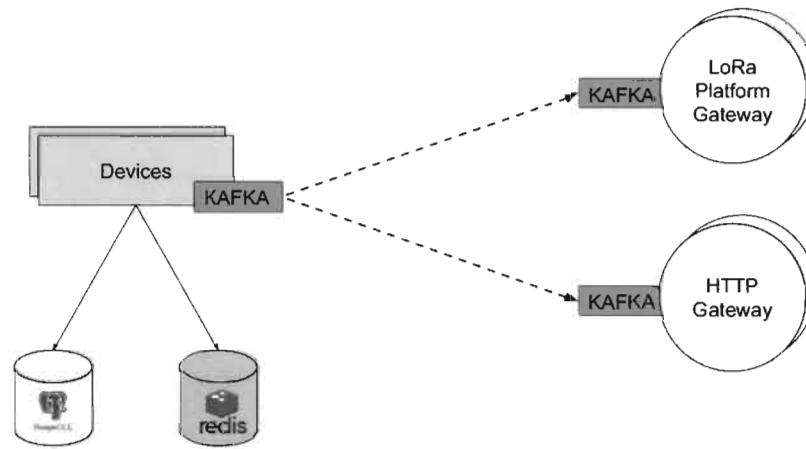


Figura 3: Modulul de gestionare a proprietăților dispozitivelor.

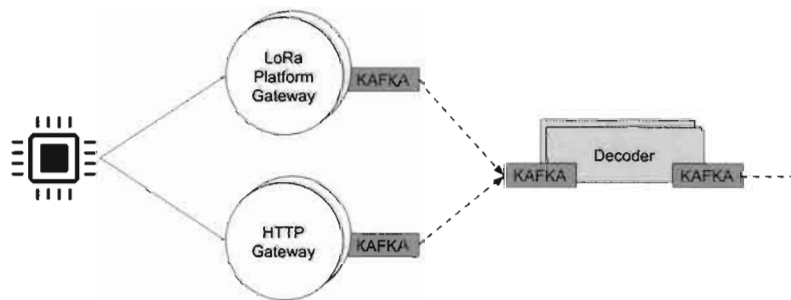


Figura 4: Modulul de traducere a datelor din formatul nativ în formatul intern.

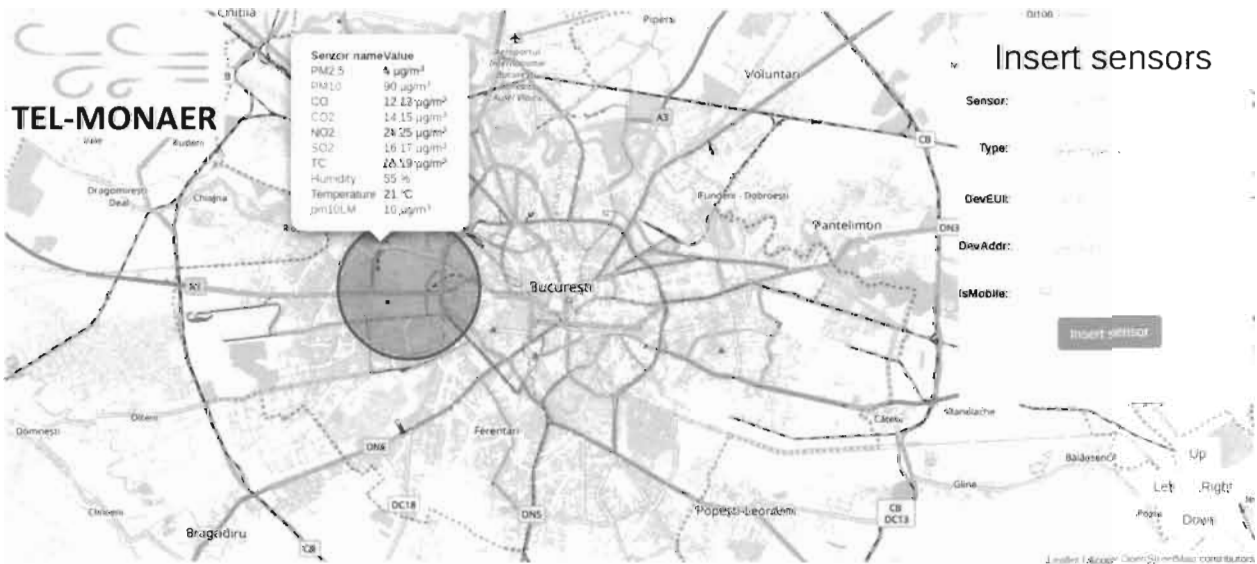


Figura 5: Interfața de monitorizare a datelor agregate la nivelul unui oraș.