



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2020 00442

(22) Data de depozit: 27/07/2020

(41) Data publicării cererii:
28/01/2022 BOPI nr. 1/2022

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

(72) Inventatori:
• MARCU IOANA - MANUELA,
VALEA DANULUI, NR.34, BL.1, ET.4, AP.16,
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;
• FRATU OCTAVIAN, STR. IVO ANDRIC
NR. 8, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;
• HALUNGA SIMONA VIORICA, STR. IVO
ANDRIC, NR. 8, SECTOR 3, BUCUREȘTI,
B, RO;
• VULPE RĂZVAN - ALEXANDRU,
STR.MĂRGELELOR, NR.11, SC.2, AP.67,
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;
• FLOREA CARMEN,
STR.SG.CONSTANTIN APOSTOL, NR.16,
ET.7, AP.716, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B,
RO;

• MARTIAN ALEXANDRU,
SR.DRUMUL TABEREI, NR.92, BL.C7,
SC.E, ET.7, AP.188, BUCUREȘTI, B, RO;
• DRĂGULINESCU ANA - MARIA -
CLAUDIA, STR. TINCANI, NR.5, BL.Z24,
ET. 8, AP.52, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B,
RO;
• SUCIU GEORGE,
STR. POIANA NARCISELOR NR. 12, ET. 1,
AP. 3, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;
• SUCIU GHEORGHE,
STR. POIANA NARCISELOR NR. 12, ET. 1,
AP. 3, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;
• BĂLĂCEANU CRISTINA MIHAELA,
STR.TURNU MĂGURELE, NR.13, BL.S2,
SC.2, ET.2, AP.353, SECTOR 4,
BUCUREȘTI, B, RO;
• DROSU ALEXANDRU, STR.RĂUL MARA,
NR.13, BL.M5, SC.3, AP.27, SECTOR 4,
BUCUREȘTI, B, RO;
• CHEVEREȘAN ROMULUS - NICOLAE,
ȘOS.GIURGIULUI, NR.119, BL.11, SC.5,
ET.1, AP.150, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B,
RO;
• MIU DELIA, STR.MĂRĂȘEȘTI, NR.31C,
GIURGIU, GR, RO

(54) SMARTAGRO (SISTEM DE TELEMETRIE PENTRU
AGRICULTURA INTELIGENTĂ)

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem de telemetrie pentru agricultura inteligentă care se adresează fermierilor și producătorilor agricoli, venind în sprijinul luării unor decizii legate de irigarea și fertilizarea terenurilor agricole, precum și de creșterea culturilor. Sistemul conform invenției cuprinde următoarele componente:

(I) o componentă de achiziție a datelor din parcelele agricole care cuprinde senzori pentru monitorizarea parametrilor de interes, actuatori și sisteme de achiziție,

(II) o componentă de procesare a datelor bazată pe modelul Edge Computing care permite procesarea fluxurilor de date de la senzori,

(III) o componentă de comunicații fără fir bazate în principal pe tehnologia LPWAN (Low Wide Area Network) LoRa care realizează rutarea diferită a datelor în funcție de etichetarea făcută la nivelul componente de procesare a datelor,

(IV) o componentă de grupare a datelor mai multor parcele,

(V) o componentă de monitorizare, alertare și suport al deciziilor în cloud care asigură vizualizarea și analiza datelor, precum și a notificărilor sau recomandărilor survenite în urma analizei datelor și

(VI) o aplicație mobilă de vizualizare a parametrilor de interes și a notificărilor.

Revendicări: 5
Figuri: 3

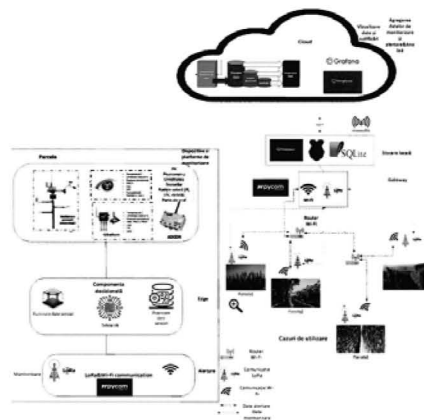


Fig. 1

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).



SmartAgro

(Sistem de telemetrie pentru agricultura inteligentă)

1. DESCRIEREA INVENȚIEI

Invenția se referă la un sistem, denumit **SmartAgro**, dezvoltat în cadrul proiectului Sistem de telemetrie pentru agricultura inteligentă (proiect subsidiar nr. 8592/08.05.2018 din cadrul proiectului NETIO ID: P_40_270, MySmis Code: 105976) pentru monitorizarea culturilor și condițiilor meteorologice în agricultura inteligentă.

1.1 DOMENIUL DE APLICABILITATE

Sistemul IoT SmartAgro se adresează fermierilor și producătorilor agricoli, venind în sprijinul luării unor decizii legate de irigarea și fertizarea terenurilor agricole, precum și de creșterea culturilor.

1.2 STADIUL ACTUAL AL TEHNICII LA NIVEL MONDIAL

Sistemele și aplicațiile dedicate agriculturii inteligente s-au dovedit eficiente în creșterea productivității culturilor [1] și în reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră [2], mai ales atunci când sistemele propuse sunt capabile să protejeze solul, să reducă semnificativ consumul de energie sau de resurse [3]. De asemenea, în rândul fermierilor se remarcă un interes deosebit pentru tehnologiile și serviciile de agricultură de precizie, 93 % din respondenții unui chestionar propus de Thompson și alții [4] afirmând că utilizează sisteme de monitorizare a culturii. 88% dintre aceștia afirmă că serviciile și tehnologiile propuse pentru agricultura de precizie sunt factori importanți pentru profitabilitatea fermelor pe care le administrează [4].

Rețelele de senzori wireless sau sistemele video de monitorizare a recoltelor au fost integrate în sistemele utilizate în agricultură [5], cu ajutorul acestora datele fiind achiziționate în vederea prelucrării ulterioare. Valoarea adăugată de aceste sisteme crește considerabil dacă acestea implementează tehnici de predicție și de suport al deciziilor. De asemenea, concretizarea paradigmei Internet of Things (IoT) este un catalizator important al proiectării sistemelor pentru agricultura de precizie.

Sistemele IoT destinate agriculturii de precizie propuse în literatură se deosebesc prin:

- tipul de senzori și dispozitive de achiziție
- scenariul de utilizare (tipul de sol/cultură)
- tipul de tehnologii și de module de comunicații utilizate
- numărul de niveluri ale arhitecturii

Astfel, din punctul de vedere al tipurilor de senzori și al dispozitivelor de achiziție, sistemul propus în [6] integrează o subcomponentă hardware bazată pe senzori de temperatură și umiditate ambiantă, conductivitate electrică și pH al solului. De asemenea, tot la nivelul de achiziție a datelor, se află și o cameră video. Datele preluate de la acești senzori sunt redirecționate către un server de predicție, iar imaginile captate de camera video sunt transmise către serverul dedicat fluxului video. La nivelul acestor servere, datele sunt procesate, iar

rezultatul prelucrărilor efectuate sunt transmise către fermieri sub forma unor prognoze privind producția recoltelor monitorizate sau despre perioada optimă pentru însămânțare, plantare sau recoltare. Acest sistem, însă, utilizează un număr relativ redus de senzori, iar cei pe care Lee și alții i-au integrat nu pot furniza date suficient de relevante pentru a asigura suportul deciziilor.

În [7], este propus un sistem dedicat predicției unei boli specifice speciei de căpșuni coreene, Seolhyang. Componenta de achiziție a datelor cuprinde senzorii care monitorizează mediul unei sere compartimentate în 8 camere (pentru patru grupuri experimentale și patru grupuri de control) în care s-a cultivat specia de căpșuni Seolhyang. Senzorii folosiți monitorizează următorii parametri: conductivitatea electrică a solului, pH, temperatura ambiantă, umiditatea ambiantă și nivelul de dioxid de carbon.

În [8] este propus un sistem ce include dispozitive de monitorizare și control al condițiilor dintr-o seră: senzori de temperatură, umiditate, conductivitate electrică și pH al solului, senzori de temperatură, conductivitate electrică și pH al apei, senzori de temperatură, umiditate și luminozitate a mediului ambiant, senzori de temperatură, umiditate și vânt pentru mediul exterior, electrovalve și pompe. În sistemul propus de Ferrández-Pastor și alții [8] pentru monitorizarea condițiilor climatice și pentru controlul procesului de irigație, sunt disponibile două noduri de tip Edge și un nod de tip Fog. Nodurile de tip Edge sunt responsabile pentru monitorizare și control, iar nodul de tip Fog cuprinde serviciile AI (Inteligență Artificială).

Borrero și alții [9] au propus un sistem IoT pentru monitorizarea necesarului de apă pentru culturile agricole ce utilizează senzori de temperatură și umiditate ambiantă, lumină, temperatura solului, umiditatea și conductivitatea electrică a solului.

Arhitectura modulară propusă de Codeluppi și alții [10] cuprinde doar două tipuri de senzori: senzorul de umiditate și temperatură a aerului și senzorul de temperatură și umiditate a aerului.

O altă abordare evidențiată în literatură este cea care se concentrează pe un anumit tip de sol, așa cum propun Zhang și alții [11]. Autorii propun un sistem de monitorizare a umidității și nutrienților solului specific unor culturi de citrice bazat pe o componentă de suport al deciziilor proiectat pentru a ghida fermierii în adaptarea sistemului de fertigare. Scopul acestui sistem este de a reduce poluarea asociată utilizării fertilizatorilor chimici, dar și de a reduce costurile asociate cu munca fizică. Dezavantajul unui sistem centrat pe un anumit tip de sol constă în faptul că acestea sunt greu sau imposibil de adaptat la alte tipuri de soluri.

O altă tendință rezidă în dezvoltarea unor sisteme de agricultură inteligentă dedicate unui anumit tip de culturi [12], [13], [14] sau anumitor boli asociate acestor culturi, așa cum este evidențiat în [7],

Rupanagudi și alții [12] propun o abordare diferită de cele menționate anterior pentru monitorizarea și fertigarea unei culturi de tomate. Astfel, autorii propun folosirea unei camere video montate pe o mașină robotică, proiectată astfel încât să se poate deplasa pe terenul agricol, în spațiul dintre două rânduri de plante, având camera poziționată la o distanță de aproximativ 0.5 m de plantă. Această cameră va putea captura imagini sau fluxuri video. Datele vor ajunge la un server Cloud unde este implementat un algoritm de procesare video. Pe baza deciziilor luate de acest algoritm, un braț robotic sau un sistem de fertigare poate fi proiectat pentru a furniza cantitatea necesară de pesticid pe tomate.

Rad și alții [13] propun la nivel teoretic arhitectura unui sistem ciber-fizic de monitorizare a unei culturi de cartofi bazat pe două tehnici inovative și anume: un sistem mecatronic mobil terestru multispectral și un sistem similar aerian.

O altă lucrare în domeniul agriculturii de precizie [15] propune o abordare diferită de cele prezentate în [6], [7] și [8], autorii pornind de la o platformă software dedicată sistemelor

IoT deja consacrată, și anume Thingsboard [16]. Platforma Thingsboard este scalabilă și permite managementul dispozitivelor IoT, colectarea, procesarea și vizualizarea datelor de telemetrie [16]. Prin demersul evidențiat în [15], se dorește, așadar, să se dezvolte o platformă, bazată pe Cloud, de tipul Monitorizare ca serviciu (MaaS - Monitoring as a Service) care să includă senzori, actuatori, drone și un sistem de suport al deciziilor. De asemenea, Cadavid și alții [15] intenționează ca prin sistemul creat să poată controla actuatorii și dronele de la distanță.

În ceea ce privește tehnologiile de comunicații folosite pentru a transmite datele achiziționate, se remarcă mai multe tendințe. Tehnologiile utilizate diferă prin domeniul de acoperire, consumul de energie, gradul de interferențe, aspectele legate de securitatea comunicației, banda de frecvențe utilizată etc.

Astfel, în [17], este propus un sistem IoT bazat pe tehnologia Li-Fi. În prima etapă, datele sunt colectate de la senzorii de temperatură, umiditate a solului și nivelul apei, iar acestea sunt trimise prin tehnologia Li-Fi către serverul de colectare a datelor. După primirea datelor de la senzori, informațiile sunt transferate către serverul Cloud prin intermediul tehnologiilor GPRS și WIMAX.

În [17] a fost introdusă tehnologia Li-Fi pentru o performanță mai bună a sistemului. Li-Fi este o tehnologie similară cu alte tipuri de comunicații wireless, dar care utilizează lumina (vizibilă, în infraroșu sau ultraviolet) ca mediul de comunicare. Un avantaj major al tehnologiei Li-Fi comparativ cu alte tehnologii wireless este viteza de transmisie. Din păcate, însă, obstacolele au un impact semnificativ asupra domeniului de acoperire al comunicației.

Lee și alții [6] au optat pentru protocolul 802.15.4. Acest protocol reprezintă baza pentru protocolul ZigBee utilizat în [11].

Khattab și alții [18], însă, au propus un sistem IoT bazat pe tehnologia wireless în benzile destinate aplicațiilor industriale, științifice și medicale (ISM) de 2.4 GHz și pe modulele de comunicații nRF24L01 de joasă putere.

În [19], însă, este utilizată tehnologia sub-1 GHz, utilă pentru aplicațiile în care nodurile de senzori se găsesc în locuri dificil de întreținut, cum ar fi stațiile meteorologice sau sistemele de monitorizare din agricultură. Transceiverele utilizate sunt CC1120, manufacturate de Texas Instruments, mai puțin predispuse la interferențe cu dispozitive ce utilizează tehnologii Bluetooth, 2.4 GHz ZigBee sau WiFi [20]. De asemenea, semnalele sub-1 GHz, în aceleași condiții de mediu, sunt mai puțin atenuate, conform ecuației pierderilor de propagare în spațiul liber [21], în comparație cu cele utilizate în [18].

În [9], tehnologia de comunicații utilizată este LoRaWAN, o tehnologie sub 1-GHz, așa cum este și cea prezentată în [19], iar conform măsurărilor efectuate, durata de viață a bateriei unui nod de senzori poate ajunge la 724 de zile atunci când transmisia datelor de la nodul de senzori se efectuează o dată la 30 minute.

Tot pe tehnologia LoRaWAN se bazează și sistemele propuse în [14], [10] și [22].

Spre deosebire de sistemele în care au fost propuse tehnologii în spectru nelicențiat (LoRa/LoRaWAN, ISM, etc), Nakpong și Nakjutong [23] au utilizat tehnologia de comunicații NB-IoT, o tehnologie celulară de tip LPWAN în spectru licențiat, bazat pe o subscripție (abonament).

O altă tehnologie de comunicații utilizată este SigFox. Aceasta este o tehnologie LPWAN ca LoRa și NB-IoT, în spectru nelicențiat ca LoRa, însă bazată pe o subscripție (ca în cazul NB-IoT) necesară pentru accesarea porților de acces. Această tehnologie este utilizată în [24] unde este propus un sistem subteran pentru agricultură și monitorizarea mediului. Sistemul

este echipat cu senzori de temperatură a solului, conținut volumetric de apă sau umiditatea solului, conductivitate electrică și potențial al apei.

În final, clasificarea sistemelor relevante pentru agricultura de precizie, clasificare realizată din punctul de vedere al nivelurilor arhitecturii, poate fi consultată în Tabel 1.

Tabel 1 Clasificarea sistemelor IoT pentru agricultura de precizie din punctul de vedere al arhitecturii

Număr niveluri	Denumire niveluri	Propus în:
3	1. Noduri și porți de acces	[10]
	2. Server Rețea	
	3. Aplicații și servicii	
	1. Front-end	[18]
	2. Poartă de acces	
	3. Back-end	
3	1. Dispozitive	[25]
	2. Rețea	
	3. Aplicație	
	1. Dispozitive	[23]
	2. Rețea	
	3. Servicii	
3	1. Monitorizare	[1]
	2. Comunicație wireless	
	3. Procesare, analiză	
	1. Dispozitive	[26]
	2. Rețea în teren/interior	
	3. Server	
4	1. Grup senzori IoT	[6]
	2. Grup achiziție și manipulare date	
	3. Grup administrare date	
	4. Monitorizare și predicție	
	1. Senzori	[13]
	2. Rețea	
4	3. Platformă	
	4. Aplicație	
	1. Percepție	[11], [27]
	2. Rețea	
	3. Middleware (Cloud)	
	4. Aplicație	
5	1. Seră	[7]
	2. Rețea	
	3. Cloud	
	4. Aplicație	
	1. Obiecte	[8]
	2. Edge	
5	3. Fog	
	4. Comunicații	
	5. Servicii Cloud	
	1. Percepție	[28]
	2. Rețea de bază	
	3. Fog	

4. Coordonare	
5. Middleware	
6. Aplicație	
1. Dispozitive	[29]
2. Comunicații	
3. Date	
4. Analiză de date	
5. Aplicație	
6. Utilizator final	

1.3 SCOPUL INVENȚIEI

Scopul invenției constă în dezvoltarea unei platforme pentru agricultura de precizie utilizând sisteme de radio-telemetrie M2M / IoT și o platformă Cloud pentru procesarea datelor colectate. Pe baza acestora se pot dezvolta aplicații de modelare și gestionare prin telemonitorizare a riscurilor de îmbolnăvire a plantelor și pentru gestionarea irigațiilor în agricultură. Astfel, scopul invenției are în vedere implementarea și testarea unei platforme care să permită, prin intermediul unor sisteme de radio-telemetrie, luarea unor decizii și inițierea unor acțiuni în timp real.

1.4 EXPUNEREA INVENȚIEI

Arhitectura soluției SmartAgro, prezentată în Figura 1, este diferită de arhitecturile tradiționale ce folosesc doar patru sau cinci nivele întrucât vizează optimizarea funcțiilor sistemului telemetric pe mai multe planuri. În general, arhitecturile cu patru nivele cuprind: nivelul Dispozitive, nivelul Rețea, nivelul Cloud și nivelul Aplicație.

Nivelele nou introduse sunt:

- nivelul Edge: la acest nivel datele telemetrice sunt trecute printr-un sistem decizional bazat pe tehnici de inteligență artificială pentru analiza datelor și detecția valorilor anormale. Tot la acest nivel, datele sunt clasificate ca aparținând unor scenarii de alertare sau simplă monitorizare. Acest aspect determină optimizarea comunicației, din punctul de vedere al traficului și al consumului energetic la nivelul Rețea, unde, în plus față de arhitectura preliminară, este propusă tehnologia LoRa pentru datele de monitorizare, tehnologie cunoscută pentru consumul extrem de redus de energie și pentru domeniul de acoperire foarte vast. Pentru scenariile ce implică alerte și modificarea critică a unor parametri, în continuare poate fi utilizată tehnologia Wi-Fi (pe domeniu scurt) sau 4G/5G pentru o arie de acoperire mare.

- nivelul Stocare locală (de exemplu, pentru fiecare grup de patru parcele de teren), care are rol în stocarea datelor relevante, procesate, analizate și etichetate în vederea reducerii latențelor în scenariile de alertare și pentru aplicații on-field, off-line.

Sistemul SmartAgro propus este compus din următoarele componente:

- (i) **Componenta de achiziție a datelor din parcelele agricole:** cuprinde toate dispozitivele de tip senzori (senzori pentru monitorizarea calității aerului, senzori de radiație solară, senzori de ploaie, senzori de umiditate a solului, senzorii de altitudine), actuatori și sisteme de achiziție. Componenta dispune atât de platforme de dezvoltare (ADCON și Libelium) sau achiziție cu senzori integrați, cât și senzori independenți.
- (ii) **Componenta de procesare a datelor** bazat pe paradigma Edge Computing permite procesarea fluxurilor de date de la senzori. Platforma este reconfigurabilă și adaptabilă astfel încât permite utilizarea diferitelor tehnici de pre-procesare, corelație, clusterizare și identificare a modelelor. Aceste tehnici pot fi implementate în limbaje de programare precum Python pe platforme

precum Raspberry Pi.

- (iii) **Componenta de comunicații wireless bazate îndeosebi pe tehnologia Low Power Wide Area Network (LPWAN) LoRa** întrucât nu toate datele sunt relevante pentru o transmisie ce necesită rată de transmisie ridicată sau calitate a serviciilor ridicată. De aceea, în sistemul de telemetrie al SmartAgro se propune rutarea diferită a datelor în funcție de etichetarea făcută la nivelul componentei de procesare a datelor (date ce necesită alertare vs. date de monitorizare). Acest modul este echipat cu o componentă de monitorizare a parametrilor comunicației LoRa bazat pe platforme Lopy v4 Pycom. Dintre parametrii monitorizați, enumerăm: factor de împrăștiere, bandă de frecvențe, indice al puterii semnalului recepționat (RSSI), raportul semnal zgomot, număr retransmisii, confirmare primire pachet, coordonate nod.
- (iv) **Componenta de agregare a datelor mai multor parcele** pentru a permite fuziunea datelor mai multor astfel de sisteme. Datele primite de la Componenta de comunicații wireless pentru fiecare dintre parcelele monitorizate sunt stocate local într-o bază de date pentru a reduce latența în caz de alerte venite din partea altor grupuri de parcele. De asemenea, datele sunt stocate la nivelul unui grup de parcele pentru operațiuni offline. Stocarea locală se poate realiza cu ajutorul unor dispozitive precum Raspberry Pi pe care se instalează software-ul SQLite3 (adekvat resurselor limitate ale Raspberry Pi) și serverul open-source Thingspeak.
- (v) **Componenta de monitorizare, alertare și suport al deciziilor în Cloud** asigură vizualizarea și analiza datelor, precum și notificările sau recomandările survenite în urma analizei datelor.
- (vi) **Aplicație mobilă de vizualizare a parametrilor de interes și a notificărilor** este o aplicație Android de tip MQTT dezvoltată exclusiv pentru sistemul de telemetrie SmartAgro. Astfel, dacă se înregistrează transmisia de date, unitatea va trimite un mesaj la topicul său dedicat MQTT. Prin intermediul aplicației, utilizatorul va avea acces la un client MQTT ce este abonat la același topic pe care unitatea specificată SmartAgro a emis mesajul. Eventualele notificări se pot face prin SMS, email sau interfața aplicației.

1.5 AVANTAJE

Aspectele inovative ale sistemului de telemetrie pentru agricultura inteligentă SmartAgro au în vedere: (1) utilizarea unei arhitecturi bazată pe 6 nivele în loc de 4 nivele în sistemele tradiționale, facilitând optimizarea funcțiilor sistemului telemetric pe mai multe planuri; (2) modalitățile de achiziție a datelor și de procesare folosind tehnologii fără fir LPWAN; (3) clasificarea datelor telemetrice în date de alertare și date de monitorizare și tratarea diferită a acestora din punctul de vedere al transmisiei, pentru optimizarea consumului de energie; (4) integrarea instrumentelor open-source; (5) faptul că sistemul, prin modul în care a fost proiectat, răspunde atât scenariilor on-line (Cloud), cât și a celor off-line (la nivel de parcelă); (6) faptul că sistemul permite monitorizarea comunicației senzori-poartă de acces (gateway)

Soluția SmartAgro permite:

- promovarea unui control mai eficient al poluării;
- reducerea riscurilor la care sunt expuse culturile agricole și consumatorii;
- asigurarea unui management eficient al consumului de energie (utilizarea protocoalelor optime de comunicație și a unor surse alternative de alimentare cu

- energie);
- asigurarea securității datelor prin managementul eficient al datelor cu caracter personal;
- utilizarea calculului paralel sau distribuit pentru a procesa un volum mare de date;
- avertizare online la depășirea limitelor considerate normale pentru valorile înregistrate;
- utilizarea unei aplicații Android de tip MQTT pentru vizualizarea la distanță a datelor primite de la senzori pe dispozitive mobile și stocarea acestora într-un sistem Cloud computing pentru analiză ulterioară.

2. REFERINȚE

- [1] T. A. Ali, V. Choksi and M. B. Potdar, "Precision Agriculture Monitoring System Using Green Internet of Things (G-IoT)," in *2018 2nd International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)*, 2018.
- [2] A. Balafoutis, B. Beck, S. Fountas, J. Vangeyte, T. v. d. Wal, I. Soto, M. Gómez-Barbero, A. Barnes and V. Eory, "Precision Agriculture Technologies Positively Contributing to GHG Emissions Mitigation, Farm Productivity and Economics," *Sustainability*, vol. 9, no. 1339, pp. 1-28, 2017.
- [3] R. Italy, "Sustainable agriculture: new green techniques to reduce CO2 emissions," [Online]. Available: <https://www.researchitaly.it/en/projects/sustainable-agriculture-new-green-techniques-to-reduce-co2-emissions/>.
- [4] N. Thompson, C. Bir and J. Mintert, "Farmer perceptions of precision agriculture technology benefits," *Journal of Agricultural and Applied Economics*, vol. 51, no. 1, pp. 142-163, 2019.
- [5] R. Kamath, M. Balachandra and S. Prabhu, "Raspberry Pi As Visual Sensor Nodes in Precision Agriculture: A Study," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 45110 - 45122, 2019.
- [6] M. Lee, J. Hwang and H. Yoe, "Agricultural Production System Based on IoT," in *2013 IEEE 16th International Conference on Computational Science and Engineering*, 2013.
- [7] S. Kim, M. Lee and C. Shin, "IoT-Based Strawberry Disease Prediction System for Smart Farming," *Sensors Journal*, vol. 18, no. 11, p. 4051, 2018.
- [8] F. J. Ferrández-Pastor, J. M. García-Chamizo, M. Nieto-Hidalgo and J. Mora-Martínez, "Precision Agriculture Design Method Using a Distributed Computing Architecture on Internet of Things Context," *Sensors Journal*, vol. 18, no. 6, p. 1731, 2018.
- [9] J. D. Borrero and A. Zabalo, "An Autonomous Wireless Device for Real-Time Monitoring of Water Needs," *Sensors Journal*, vol. 20, no. 7, 2020.

- [10] G. Codeluppi, A. Cilfone, L. Davoli and G. Ferrari, "LoRaFarM: a LoRaWAN-Based Smart Farming Modular IoT Architecture," *Sensors Journal*, vol. 20, no. 2028, pp. 1-24, 2020.
- [11] X. Zhang, J. Zhang, L. Li, Y. Zhang and G. Yang, "Monitoring citrus soil moisture and nutrients using an iot based system," *Sensors Journal*, vol. 17, no. 3, p. 447, 2017.
- [12] S. R. Rupanagudi and P. N. V. G. B. a. G. T. B. SRanjani ., "A novel cloud computing based smart farming system for early detection of borer insects in tomatoes," in *2015 International Conference on Communication, Information & Computing Technology (ICCICT)*, 2015.
- [13] C.-R. Rad, O. H. I.-A. Takacs and G. Olteanu, "Smart Monitoring of Potato Crop: A Cyber-Physical System Architecture Model in the Field of Precision Agriculture," *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, vol. 6, pp. 73-79, 2015.
- [14] N. H. N. Ibrahim, A. R. Ibrahim, A. N. H. I. Mat and G. Witjaksono, "LoRaWAN in Climate Monitoring in Advance Precision Agriculture System," in *2018 International Conference on Intelligent and Advanced System (ICIAS)*, 2018.
- [15] H. F. Cadavid, W. Garzón, A. Pérez, G. Lópe, C. M. and C. Ramirez, "Towards a Smart Farming Platform: From IoT-Based Crop Sensing to Data Analytics," in *Proceedings of 3th Colombian Conference, CCC 2018*, 2018.
- [16] Thingsboard, "Thingsboard - Open-Source IoT Platform," [Online]. Available: <https://thingsboard.io/>. [Accessed 13 06 2020].
- [17] M. S. Mekala and P. Viswanathan, "A novel technology for smart agriculture based on IoT with cloud computing," in *2017 International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC)*, 2017.
- [18] A. Khattab, A. Abdelgawad and K. Yelmarthi, "Design and implementation of a cloud-based IoT scheme for precision agriculture," in *2016 28th International Conference on Microelectronics (ICM)*, 2016.
- [19] Z. Nakutis and et al, "Remote Agriculture Automation Using Wireless Link and IoT Gateway Infrastructure," in *2015 26th International Workshop on Database and Expert Systems Applications (DEXA)*, 2015.
- [20] "5 Reasons to Use Sub-GHz for IoT Applications," [Online]. Available: <https://blog.temboo.com/using-sub-ghz-for-iot-applications/>. [Accessed 13 06 2020].
- [21] A. D. Serio, J. Buckley, J. Barton, R. Newberry, M. Rodencal, G. Dunlop and B. O'Flynn, "Potential of Sub-GHz Wireless for Future IoT Wearables and Design of Compact 915 MHz Antenna," *Sensors Journal*, vol. 18, no. 1, pp. 1-25, 2018.
- [22] D. Davcev, K. Mitreski, S. Trajkovic, V. Nikolovski and N. Koteli, "IoT agriculture system based on LoRaWAN," in *2018 14th IEEE International Workshop on Factory Communication Systems (WFCS)*.

- [23] N. Nakpong and N. Nakjutongb, "Precision Farming via NB-IoT Technology," in *Proceedings of International Conference on Technological and Social Innovations 2019*, 2019.
- [24] X. Zhang, A. Andreyev, C. Zumpf, M. C. Negri, S. Guha and M. Ghosh, "Thoreau: A subterranean wireless sensing network for agriculture and the environment," in *2017 IEEE Conference on Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS): WCNEE 2017: Wireless Communications and Networking in Extreme Environments*, 2017.
- [25] A. Villa-Henriksen, G. T. Edwards, L. A. Pesonen, O. Green and C. A. G. Sørensen, "Internet of Things in arable farming: Implementation, applications, challenges and potential," *Biosystems Engineering*, vol. 191, pp. 60-84, 2020.
- [26] D. Reynolds, J. Ball, A. Bauer, R. Davey, S. Griffiths and J. Zhou, "CropSight: „A scalable and open-source information management system for distributed plant phenotyping and IoT-based crop management", " *Gigascience*, vol. 2019.
- [27] P. Jayaraman, A. Yavari, D. Georgakopoulos, A. Morshed and A. Zaslavsky, "Internet of Things Platform for Smart Farming: Experiences and Lessons Learnt," *Sensors Journal*, vol. 16, no. 1884, 2016.

REVENDICĂRI

SmartAgro

(Sistem de telemetrie pentru agricultura inteligentă)

1. Sistemul integrat SmartAgro utilizat în aplicațiile pentru agricultura inteligentă (de precizie) este caracterizat prin faptul că este proiectat conform paradigmei Internet of Things și este constituit din următoarele componente: (1) componenta de achiziție a datelor din parcelele agricole ce cuprinde o diversitate de tipuri de senzori; (2) componenta de procesare a datelor având la bază paradigma Edge Computing; (3) o componentă de comunicații wireless bazată pe tehnologia Low Power Wide Area Network (LPWAN) LoRa, dar și pe tehnologia Wi-Fi (4); o componentă de agregare a datelor mai multor parcele pentru a permite fuziunea datelor mai multor astfel de sisteme; (5) o componentă de monitorizare, alertare și suport al deciziilor în Cloud și (6) o aplicație mobilă de vizualizare a parametrilor de interes și a notificărilor.
2. Arhitectura sistemului SmartAgro, conform Revendicării anterioare **R1**, este caracterizată prin faptul că este proiectată diferit față de arhitecturile tradiționale ce folosesc doar patru sau cinci nivele întrucât vizează optimizarea funcțiilor sistemului telemetric pe mai multe planuri. Nivelele nou introduse sunt *nivelul Edge* (la acest nivel datele telemetrice sunt trecute printr-un sistem decizional bazat pe tehnici de inteligență artificială pentru analiza datelor și detecția valorilor anormale) și *nivelul Stocare locală* care are rol în stocarea datelor relevante, procesate, analizate și etichetate în vederea reducerii latențelor în scenariile de alertare și pentru aplicații on-field, off-line.
3. Sistemul SmartAgro conform revendicărilor anterioare **R1**, **R2**, este prin faptul că acesta clasifică datele în două categorii: de alertare și de monitorizare și că integrează tehnologia LoRa și tehnologia Wi-Fi pentru transmisia lor diferențiată. Diferențierea propriu-zisă a datelor în date de monitorizare și date de alertare este legată în principal de intervalele de valori în care acestea se găsesc. Este important de menționat că acest valori sunt complet configurabile în funcție de cazurile de utilizare considerate. Pentru implementarea propriu-zisă, toate datele inițial achiziționate sunt considerate date de monitorizare și implicit transmise către o bază pe date la care instrumentul de vizualizare Grafana are acces. Prelucrarea ulterioară a acestor date determină dacă acestea sunt sau nu încadrate apoi ca și date de alertare. Pentru aceasta, indiferent de sistemele de achiziție, toate datele inițiale sunt introduse în liste (vectori) corespunzătoare parametrilor (de exemplu valorile temperaturii achiziționate prin Raspberr Pi sunt introduse într-o listă intermediară cu o denumire sugestivă – lista_temperatura). Lungimile listelor sunt stabilite de către utilizatori prin intermediul aplicației Android. Astfel, odată ce o listă este completată se realizează o mediere a valorilor din listă. Este important de menționat că mesajele de notificare sunt implementate astfel încât sunt generate în orice situație când limitele parametrilor sunt depășiți (de exemplu, doar pentru temperatură, doar pentru umiditate, și pentru temperatură și pentru umiditate, etc).
4. Sistemul SmartAgro conform revendicărilor anterioare **R1**, **R2**, **R3**, este caracterizat prin aceea că sistemul cuprinde o componentă de agregare a datelor mai multor parcele pentru a permite fuziunea datelor mai multor astfel de sisteme.
5. Sistemul SmartAgro conform revendicărilor anterioare **R1**, **R2**, **R3**, **R4**, este caracterizat prin faptul că el cuprinde o componentă de monitorizare a comunicației LoRa ce are în vedere parametri precum: factorul de împrăștiere, banda de frecvențe, indicele puterii semnalului recepționat (RSSI), raportul semnal-zgomot (RSZ), numărul de retransmisii, confirmare primire pachet, coordonate nod.

Desene explicative

SmartAgro

(sistem de telemetrie pentru agricultura inteligentă)

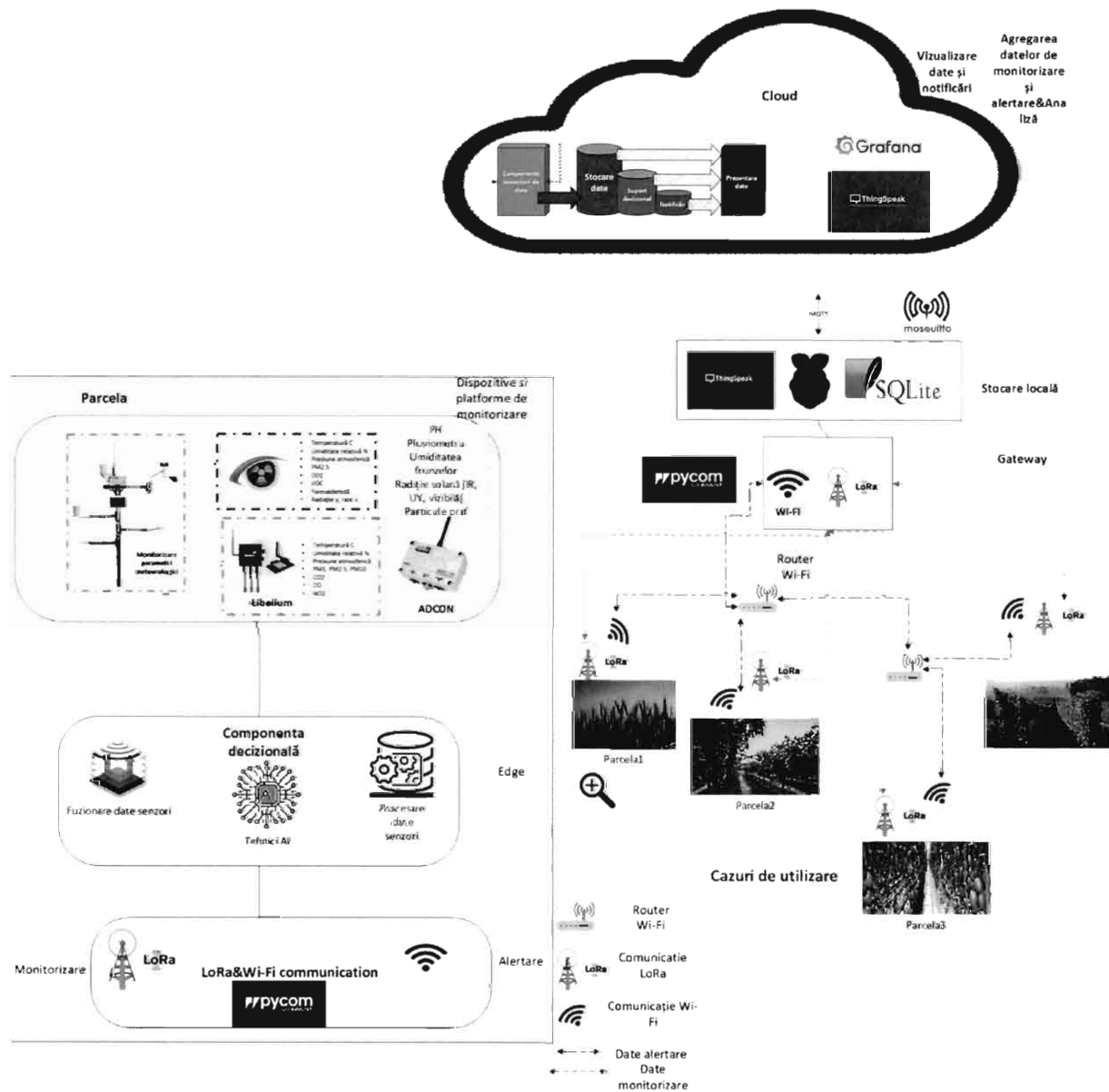


Figura 1. Arhitectura sistemului de telemetrie SmartAgro

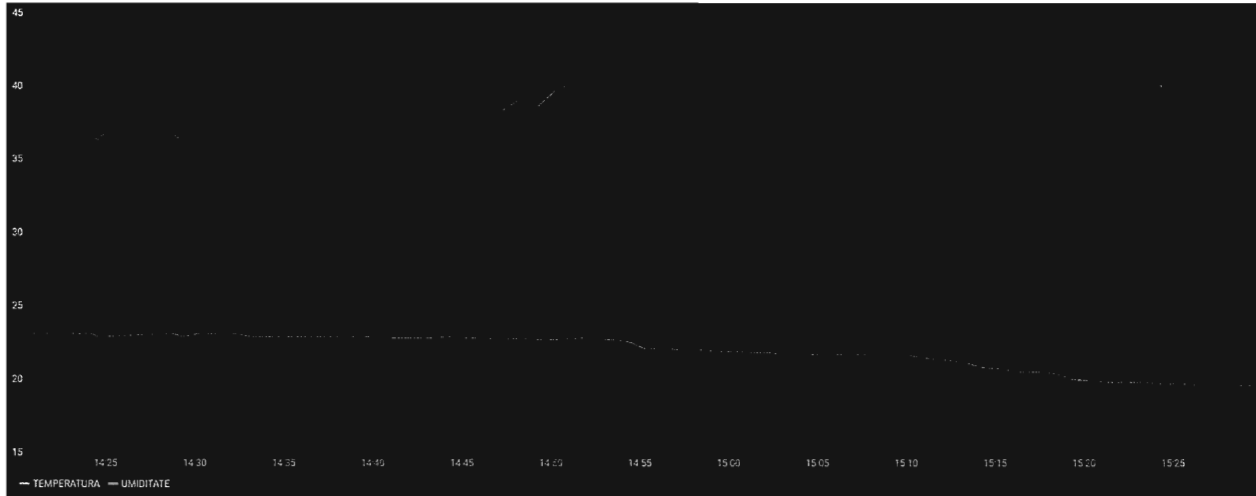


Figura 2- Date de monitorizare în Grafana (I)

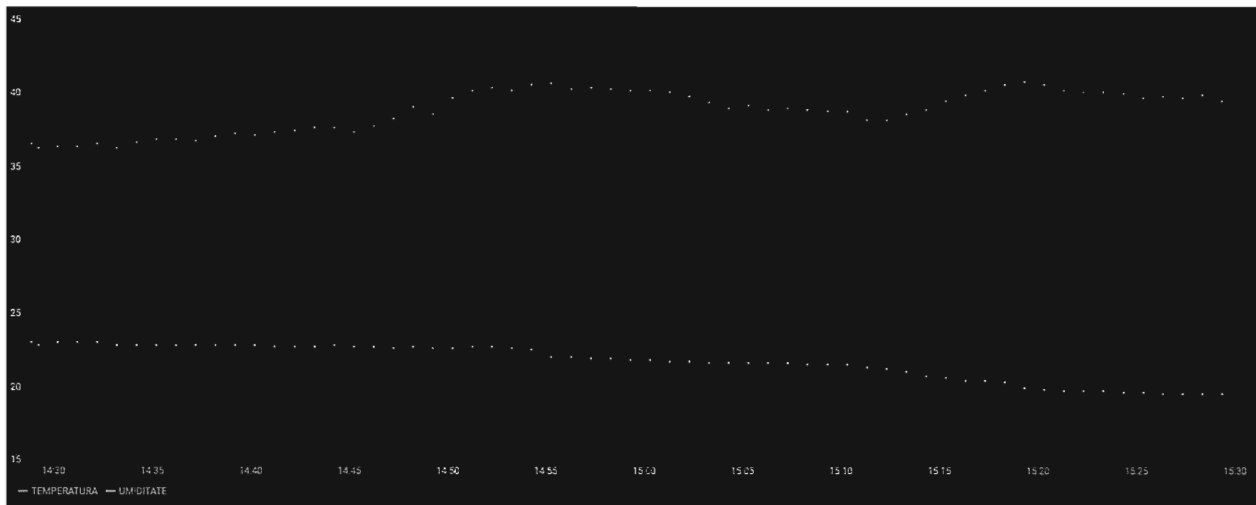


Figura 3 - Date de monitorizare în Grafana (II)

Tabelul 1- Limite parametri

Parametru	Alertare	Monitorizare
Temperatura	<5°C și >40°C	>5°C și <40°C
Umiditatea	<10% și >80%	>10% și >80%