



(12)

## CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2018 01001

(22) Data de depozit: 29/11/2018

(41) Data publicării cererii:  
30/06/2020 BOPI nr. 6/2020

(71) Solicitant:  
• BEIA CONSULT INTERNATIONAL S.R.L.,  
STR. POIANA NARCISELOR NR.12, ET.1,  
AP.3, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO

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

• SUCIU VICTOR,  
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;  
• CHEVEREȘAN ROMULUS-NICOLAE,  
ȘOS.GIURGIULUI NR.119, BL.11, SC.5,  
ET.1, AP.150, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B,  
RO;  
• SEGĂRCEANU SVETLANA, STR.CIUREA  
NR.5-7, BL.A3, SC.B, ET.3, AP.10,  
SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO

## (54) SISTEM DE MONITORIZARE A MEDIULUI FORESTIER

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem de monitorizare a mediului forestier în vederea protejării acestuia împotriva tăierilor ilegale, a incendiilor și poluanților, prin colectarea de date și înștiințarea proprietarilor sau autorităților în cazul detectării unor astfel de evenimente. Sistemul conform invenției cuprinde: o rețea de module (1) pentru colectarea datelor din mediul forestier utilizând o gamă variată de senzori pentru monitorizarea parametrilor de mediu și acustici, un modul (2) de procesare a datelor ce are la bază o aplicație utilizând protocolul MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) pentru procesarea datelor și un modul (3) de notificare și vizualizare a datelor colectate.

Revendicări: 3

Figuri: 2

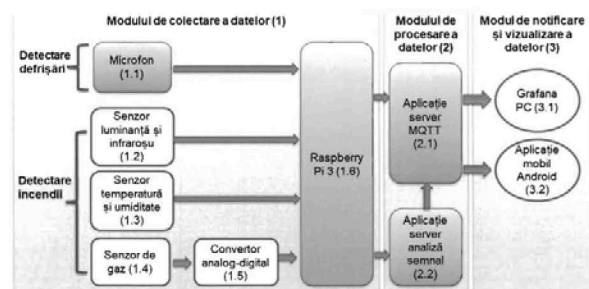
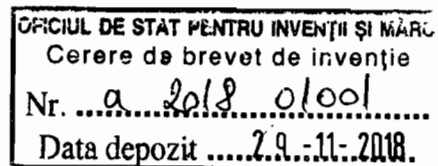


Fig. 1





## 2. DESCRIEREA INVENȚIEI

### 2.1 TITLUL INVENȚIEI

Obiectul invenției constă într-un sistem de monitorizare a mediului forestier, denumit **SeaForest**.

### 2.2 DOMENIUL DE APLICARE A INVENȚIEI

Invenția se referă la un sistem, denumit **SeaForest**, dezvoltat în cadrul proiectului SeaForest (cod depunere: PN-III-P3-3.5-EUK-2016-0009) pentru monitorizarea mediului forestier.

Soluția SeaForest se adresează în principal proprietarilor de pădure publici și privați, și autorităților naționale de protecție a mediului și de intervenție în caz de dezastru (incendii, inundații, poluare).

### 2.3 STADIUL ACTUAL AL TEHNICII MONDIALE

Defrișările masive și ilegale de păduri constituie o problemă globală pentru care în permanență se caută soluții. Pentru a ține sub control despăduririle ilegale, sunt implementate soluții bazate pe monitorizare. Aceste sisteme reprezintă metode eficiente și sigure de protecție a domeniilor forestiere private și publice iar transmisia datelor poate fi făcută în timp aproape real, permițând autorităților să intervină la timp.

În [1], autorii au propus o rețea de senzori wireless pentru prevenirea defrișărilor ilegale folosind evaluarea semnalului acustic și principiile de comunicare a nodurilor de rețea. Obiectivele principale au fost consumul redus de energie și fiabilitatea sistemului. Dezavantajul acestei abordări este acela că soluția a fost studiată la nivel conceptual, nefiind implementată și testată în condiții reale de funcționare

“Forest Guardian” [2] este un sistem care detectează sunetul produs de activitățile de defrișare folosind evaluarea semnalului acustic și principiile de comunicare a nodurilor de rețea. Acest sistem a adus îmbunătățiri precum monitorizarea permanentă a zonelor forestiere critice și reacția rapidă în cazul detectării activităților de defrișare. Arhitectura sistemului propus este una modulară, ceea ce înseamnă că funcționalitățile sistemului pot fi extinse prin adăugarea de noi module (scalabilitate). Pentru înregistrarea sunetelor din mediul înconjurător este utilizat un set de senzori. În cazul detecției unor activități de defrișare în zona monitorizată, Forest Guardian trimite instantaneu o notificare (e-mail, SMS etc.) persoanelor responsabile astfel încât acestea să poată interveni pentru oprirea defrișărilor ilegale. Toate zonele de defrișare pot

fi vizualizate pe o hartă prin intermediul unei aplicații web. Dezavantajul acestei soluții este acela că se află la nivelul de model experimental, nefiind implementat și testat în condiții reale ca prototip.

Rainforest Connection (RFCx) [3] este o implementare a sistemului Forest Guardian ce folosește telefoane mobile în rolul nodurilor de rețea și panouri solare pentru încărcarea bateriei. Nodurile sunt montate individual pe arbori și poziția lor este stabilită astfel încât să permită superpoziția acestora în scopul detecției și comunicării. Dezavantajul acestei soluții este acela că modul de achiziție a datelor (doar a sunetelor în acest caz) nu se face prin intermediul unei sistem special proiectat pentru această acțiune, ci utilizând un telefon mobil de uz general, care nu a fost conceput pentru a fi folosit în acest mod sau pentru a funcționa în astfel de condiții. Acest fapt implică o arhitectură ulterioară de comunicație special realizată, costisitoare și complicată. De asemenea, aria de acoperire a microfonului unui telefon mobil este inferioară celei unui microfon profesional. În plus, microfonul telefonului mobil, spre deosebire de un microfon profesional, are o arie de acoperire mai mică, este dependent de direcția din care este transmis sunetul și colectează o gamă dinamică de sunete redusă.

Studiul asupra sunetului din mediul înconjurător are aplicații în diferite domenii sau de îmbunătățire a soluțiilor existente. Printre acestea, au fost dezvoltate diverse abordări pentru monitorizarea sunetelor din mediul forestier. De exemplu, [4] prezintă un sistem de clasificare a semnalului audio ce implică echipamente cu un cost computațional scăzut și un clasificator de semnal audio bazat pe algoritmi „Linear Predictive Coding” și „Random Forests”. Semnalele care pot fi detectate includ: păsări, focuri de armă, drujbă, voci umane și tractoare. Autorii au luat în considerare problema clasificării cu mai multe clase dezechilibrate și construiesc un model pe care l-au prezentat pas cu pas și l-au evaluat prin rularea unui algoritm de cross-validare stratificată cu 10 partiții, de 100 de ori. Sistemul dezvoltat a obținut o rată de clasificare medie de 99.25%. În această lucrare, autorii fac o evaluare exhaustivă a unor tehnici utilizate în etapele de extragere a trăsăturilor, modelare și clasificare. În cadrul studiului sunt prezentate trăsături din domeniile timpului și frecvenței, perceptuale sau nu, ce variază de la o rată de întoarcere la zero la trăsături derivate din LPC, analiza la scară Mel sau analiza la scară Bark, acestea din urmă fiind evaluate prin prisma similitudinii și redundanței lor. Majoritatea trăsăturilor sunt cele utilizate în procesarea vorbirii, mai puțin descriptorul de amplitudine ce se folosește mai ales pentru detectarea sunetelor de animale. Ca și metode de clasificare, autorii au testat metodele k-NN, LVQ și SVM. Cele mai bune rezultate au fost atinse prin folosirea metodei k-NN. Chiar dacă această abordare este una eficientă și prezintă avantaje pentru identificarea vorbirii și sunetelor specifice unor specii de animale, aceasta nu a fost

implementată și testată în mediul real.

Detectarea timpurie a deteriorării padurilor reprezintă cea mai importantă cale pentru protejarea pădurilor. În acest sens, la nivel global au fost elaborate și implementate mai multe metode ce implică tehnologii senzoriale de monitorizare la distanță bazate pe imagistică prin camere termice cu infraroșu, senzori Lidar și dispozitive SAR (Synthetic Aperture Radar) [5] [6]. În [7] este prezentat un sistem de detectare timpurie a defrișărilor și incendiilor de suprafață bazat pe un sistem radio-acustic sonor (RAAS). Sistemul, compus din radare cu turn de control pentru incendii și surse acustice, permite măsurări de temperatură la distanță și monitorizarea termală a zonei forestiere. Sistemul integrează un software radar care creează o hartă termală a zonei monitorizate și generează înregistrări ale sunetelor produse de sursele acustice. Principalul dezavantaj al acestei abordări este acela că nu se adresează unui simplu utilizator, având costurile de utilizare foarte ridicate (implică inclusiv construcția de obiective strategice).

În cadrul acestor aplicații se pune un accent pe recunoașterea semnalelor acustice din mediul forestier.

În lucrarea [8] au fost prezentate rezultatele unui studiu privind utilizarea coeficienților LPC și a dispersiei erorilor de predicție în clasificarea zgomotelor de mediu. Dezavantajul acestei abordări este acela că soluția se află la nivelul de model experimental, nefiind implementată și testată în condiții reale de funcționare.

O altă abordare [9] propune o combinație de trăsături de timp și frecvență modelate prin rețele neurale și HMM. Procesul implică două etape: prima etapă constă în clasificarea sunetelor în una dintre categoriile definite (frecare, sunete de aparate electrice, vibrație, sunete din natură) iar a doua etapă constă într-un alt proces de clasificare ce are loc doar în cadrul categoriei detectate în cadrul primei etape. Principalul dezavantaj al acestei abordări este că nu a fost adaptată pentru identificarea sunetelor de drujbă și vehicule, și că nu fost implementată și testată în condiții reale de funcționare.

## 2.4 SCOPUL INVENȚIEI

Scopul invenției constă în protejarea mediului forestier împotriva tăierilor ilegale, incendiilor și poluanților prin colectarea de date și înștiințarea proprietarilor și sau autorităților în cazul detectării unor astfel de evenimente. Stadiul actual al majorității soluțiilor existente este acela de concept, acestea nefiind fizic implementate și testate în condiții reale. Există diferențe fundamentale între a proiecta un sistem care să realizeze funcțiile dorite și a realiza propriu-zis sistemul. Soluțiile prezentate care au fost deja implementate sunt fie prea costisitoare pentru a se adresa unui utilizator obișnuit, fie nu se adresează exact aceluiași tip de

cerințe. Sistemul SeaForest are avantajul de a fi special proiectat pentru detectarea sunetelor de drujbă și pentru monitorizarea parametrilor de mediu, fapt ce îi conferă un preț accesibil pentru utilizatorul obișnuit. Un alt avantaj al sistemului SeaForest este acela că nu sunt necesare condiții speciale de funcționare (sistemul este modular, de tip Plug&Play).

## 2.5 EXPUNEREA INVENȚIEI

Funcționalitatea sistemului de monitorizare SeaForest poate fi divizată în două părți distincte: (i) detectarea defrișărilor prin analiza semnalelor acustice, identificarea naturii acestora și generarea de alerte, și (ii) monitorizarea parametrilor de mediu prin procesarea datelor de la senzori și afișare acestora prin intermediul unei interfețe grafice.

Printr-un software special proiectat, sistemul poate recunoaște sunetele specifice funcționării drujbelor, și implicit poate recunoaște dacă în vecinătatea zonei în care a fost amplasat au loc defrișări. Pe de altă, sistemul monitorizează permanent o serie de parametri precum radiația în infraroșu (corespunzătoare prezenței flăcărilor), temperatura și umiditatea mediului, precum și nivelul unor compuși gazoși din atmosferă. Sistemul este unul modular și permite adăugarea de noi senzori în funcție de necesitățile și cerințele utilizatorilor.

Utilizatorul are acces în timp real la parametrii monitorizați, iar în cazul în care în zona în care sistemul a fost amplasat sunt detectate sunete de drujbă, este înștiințat printr-o notificare prin SMS, email sau aplicația instalată pe smartphone-ul personal. Un avantaj notabil al soluției SeaForest este acela că permite notificarea utilizatorilor în timp ce evenimentul are loc, astfel încât se poate interveni pentru minimizarea pagubelor. Modulul de recunoaștere a fost antrenat astfel încât acesta să poată identifica o tăiere cu un motoferăstrău independent de alte sunete.

Arhitectura soluției SeaForest este prezentată în

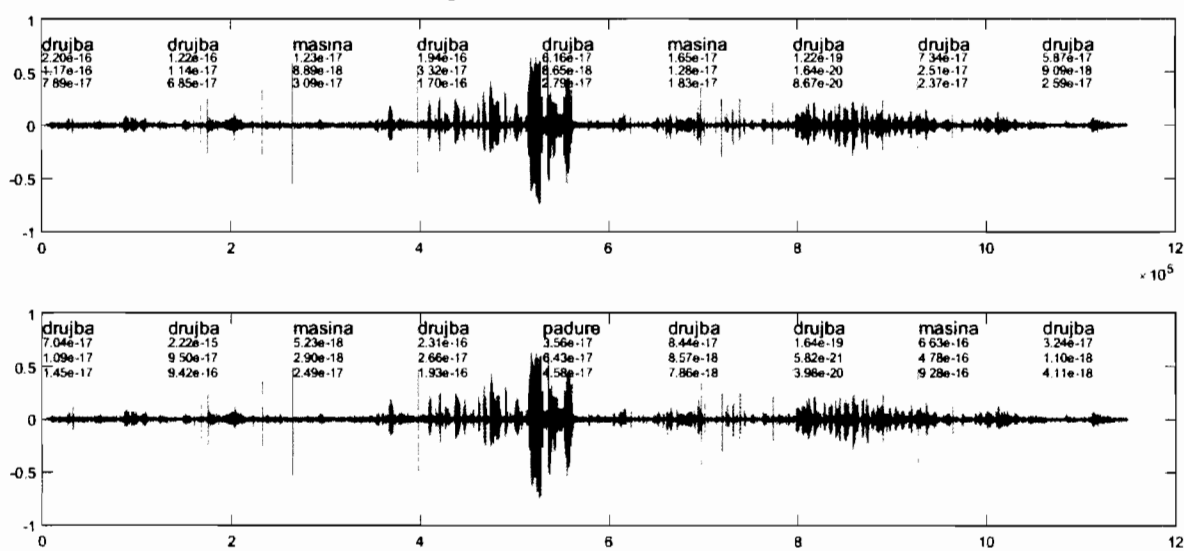


Figura 2 Clasificarea unui semnal acustic

## REFERINȚE

- [1] J. Papán, M. Jurečka, J. Púchyová, “WSN for Forest Monitoring to Prevent Illegal Logging”, IEEE, Proceedings of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems, pp. 809-812, 2012.
- [2] M. Babiš, M. Ďuríček, V. Harvanová, M. Vojtko, Forest Guardian – “Monitoring System for Detecting Logging Activities Based on Sound Recognition”, IIT.SRC, pp. 1-6, 4 May, 2011.
- [3] RAINFOREST CONNECTION: Saving rainforests [https://rfcx.org/our\\_work.html](https://rfcx.org/our_work.html).
- [4] L. GRAMA, C.RUSU, “Audio Signal Classification Using Linear Predictive Coding And Random Forest”, 9th International Conference on Speech Technology and Human-Computer Dialogue, SpeD 2017.
- [5] J.L. Dupuy, P. Vachet, J. Marechal, J. Melendez, A.J., de Castro, “Thermal infrared emission–transmission measurements in flames from a cylindrical forest fuel burner”, International Journal of Wildland Fire, 16 (3), pp. 324–340, 2007.
- [6] D. Riaño, E. Chuvieco, S.L. Ustin, J. Salas, J.R. Rodríguez-Pérez, L.M. Ribeiro, D.X. Viegas, J.M. Moreno, H. Fernández, “Estimation of shrub height for fuel-type mapping combining airborne LiDAR and simultaneous color infrared ortho imaging”, International Journal of Wildland Fire, 16 (3), pp. 341–348, 2007.
- [7] Y.G Sahin, T. Ince, “Early Forest Fire Detection Using Radio-Acoustic Sounding System”, ISSN 1424-8220, pp 1485-1498, Sensors 2009.
- [8] R. BUHUȘ, L. GRAMA, C. RUSU, “Several Classifiers for Intruder Detection Applications”, 9th International Conference on Speech Technology and Human-Computer Dialogue, SpeD 2017, 2017.
- [9] XUAN GUO, YOSHIYUKI TOYODA, HUANKANG LI, JIE HUANG, SHUXUE DING, YONG LIU “Environmental Sound Recognition Using Time-Frequency Intersection Patterns”, Hindawi Publishing Corporation. Applied Computational Intelligence and Soft Computing, Volume 2012, Article ID 650818, 6 pages doi:10.1155/2012/650818.

. Sistemul SeaForest este compus din următoarele module:

- (i) **Modulul pentru colectarea datelor din mediul forestier (1):** senzorii (1.1)

(1.2) (1.3) sunt conectați în mod direct la o placă Raspberry Pi (1.6), excepție făcând senzorul de gaz (1.4) care este conectat la un convertor-analog-digital (1.5) iar acesta din urmă la placă (1.6).

- (ii) **Modulul de procesare a datelor (2)** permite procesarea datelor de la senzorii de mediu și acustici (1.1) (1.2) (1.3) (1.4). Datele preluate de la senzori cu ajutorul modulului Raspberry Pi (1.6) sunt transmise către o aplicație server MQTT (2.1) iar datele de la microfon (1.1) sunt transmise către o altă aplicație server ce permite clasificarea sunetelor din mediul forestier (2.2). Aplicația server pentru procesarea sunetelor din mediul forestier (2.2) permite extragerea trăsăturilor din semnale și aplicarea algoritmilor de clasificare pentru a determina natura semnalului pe intervale de timp succesive de lungime fixă (Figura 2). Se aplică fuziunea rezultatelor a mai multor metode de clasificare, utilizând scorurile obținute. Rezultatul obținut în urma clasificării este trimis către aplicația server MQTT (2.1).
- (iii) **Modulul de notificare și de vizualizare a datelor colectate (3)** permite afișarea datelor de la senzori (1.1) (1.2) (1.3) (1.4) și informarea utilizatorului cu privire la evenimentele produse. Vizualizarea datelor și a notificărilor se poate face atât prin aplicația Android (3.2), cât și prin aplicația web (3.1). Datele de la senzori pot fi vizualizate în timp real și comparate cu datele înregistrate în diferite intervale de timp, iar notificarea se poate face prin SMS, email sau interfața aplicației.

Soluția SeaForest permite detectarea zgomotelor ce reprezintă o amenințare pentru mediu. În particular, soluția SeaForest permite decelarea zgomotelor de drujbă și vehicul, de alte zgomote din natură.

Procesul de recunoaștere a unei clase de sunete este o problemă de identificare și presupune două etape:

- Antrenare sau învățare, etapă în care sunt create modelele tipurilor de sunete de interes pentru aplicație;
- Clasificarea sau recunoașterea propriu-zisă, în care un sunet necunoscut este atribuit unei anumite clase de sunete.

Procesele implicate în recunoașterea tipului de semnal acustic atât în etapa de antrenare, cât și în cea de recunoaștere sunt:

- Extragerea unor seturi de trăsături caracteristice;

- Modelarea și clasificarea.

Pentru extragerea trăsăturilor caracteristice, soluția SeaForest utilizează următoarele tehnici:

- Analiza în scara Mel (MFCC);
- Coeficientul tonal sau uniformitatea tonală (Spectral Flatness);
- Energia.

Ca metode de modelare și clasificare specifice au fost utilizate.:

- SVM (Support Vector Machine);
- DTW (Dynamic Time Warping – Aliniere dinamică);
- GMM (Gaussian Mixture Modelling);
- Tehnici de fuziune a rezultatelor mai multor metode de clasificare.

Condițiile de mediu în care sistemul SeaForest 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. Pe lângă situațiile atmosferice menționate, se adaugă protecția platformei SeaForest împotriva următoarelor posibile circumstanțe care pot afecta un sistem electronic: (a) prezența prafului / pământului / noroiului și (b) șocuri datorate evenimentelor aleatoare (de exemplu căderi de crengi), datorate animalelor sălbatice, sau datorate relei voințe a unor indivizi.

## 2.6 AVANTAJE

Soluția de monitorizare SeaForest este unică din punct de vedere funcțional, în prezent SeaForest fiind singurul produs dezvoltat prin care utilizatorul are posibilitatea de a afla în timp real dacă pe proprietatea sa au loc defrișări sau alte evenimente potențial periculoase. Spre deosebire de alte sisteme care sunt utilizate pentru identificarea defrișărilor din mediul forestier, invenția prezintă următoarele avantaje: (a) soluția poate realiza identificarea tipurilor de sunete specifice mediului forestier (b) permite antrenarea facilă a modului de recunoaștere a sunetelor, pentru generarea modelelor claselor de zgomot vizate (ex. drujbă, vehicul, animale sălbatice, voci umane etc), (c) permite accesarea datelor și notificărilor atât prin intermediul computerului, cât și prin intermediul telefoanelor mobile dotate cu sistemul de operare Android, (d) scenariile de interacțiune cu utilizatorii sunt reconfigurabile, în funcție de preferințe, și (e) sunetele înregistrate sunt folosite pentru mărirea bazei de date și creșterea continuă a acurateții platformei.

Soluția SeaForest permite:

- identificarea defrișărilor din mediul forestier utilizând clasificatorul implementat;



în momentul de față nu există sisteme de identificare a defrișărilor din mediul forestier prin analiza sunetelor, deoarece sunetele preluate din un astfel de mediu nu sunt asemănătoare cu vocea umană iar clasificarea lor este mult mai complexă;

- utilizarea unui număr redus de coeficienți pentru antrenarea subsistemul de recunoaștere a sunetelor.

## REVENDICĂRI

**R1:** Sistemul integrat SeaForest de monitorizare a mediului forestier, caracterizat prin aceea că este constituit din următoarele module: modulul de colectare a datelor acustice și de mediu (1), modulul de procesare a datelor (2), și modulul de notificare și de vizualizare a datelor (3) (vezi Figura 1);

**R2:** Sistemul integrat SeaForest de monitorizare a mediului forestier, conform revendicării anterioare **R1**, este caracterizat prin aceea că include un modul de prelucrare a semnalelor acustice (2.2) utilizând fuziunea mai multor tehnici de modelare: GMM (Gaussian Mixture Modeling, DTW (Dynamic Time Warping), SVM (Support Vector Machine);

**R3:** Sistemul integrat SeaForest de monitorizare a mediului forestier, conform revendicărilor **R1** și **R2**, este caracterizat prin aceea că acesta conține un modul de prelucrare a semnalelor acustice (2.2) cu scopul identificării naturii acestora, care utilizează o schemă de funcționare secvențială pentru analizarea și procesarea intervalelor succesive de semnal de lungime fixă (vezi Figura 2).

## DESENE

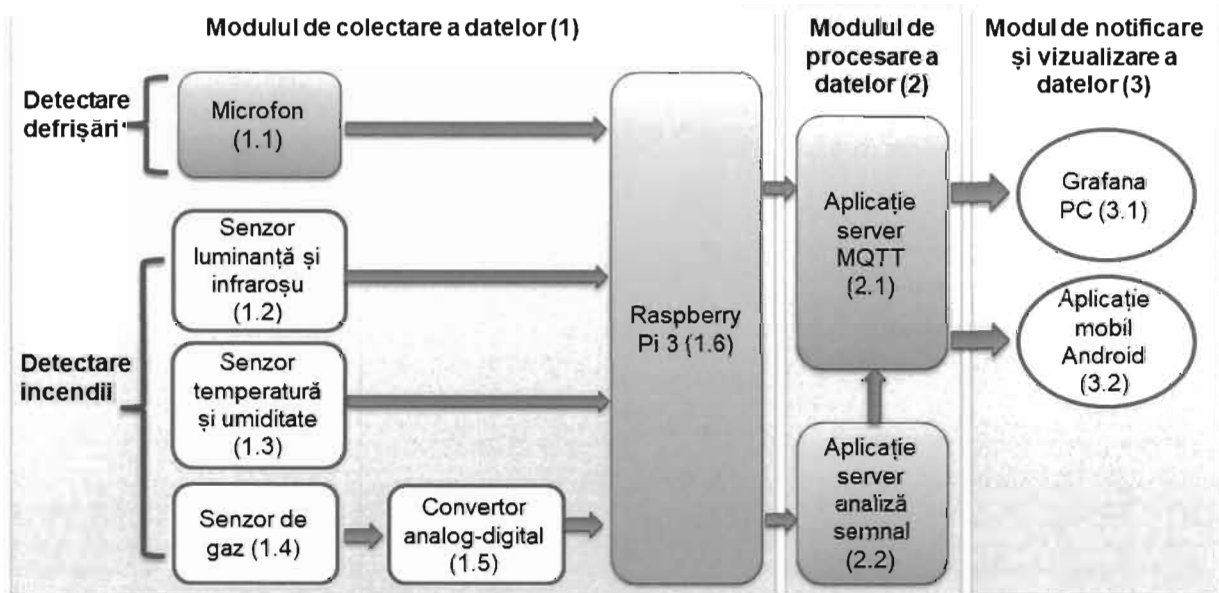


Figura 1 Arhitectura platformei SeaForest

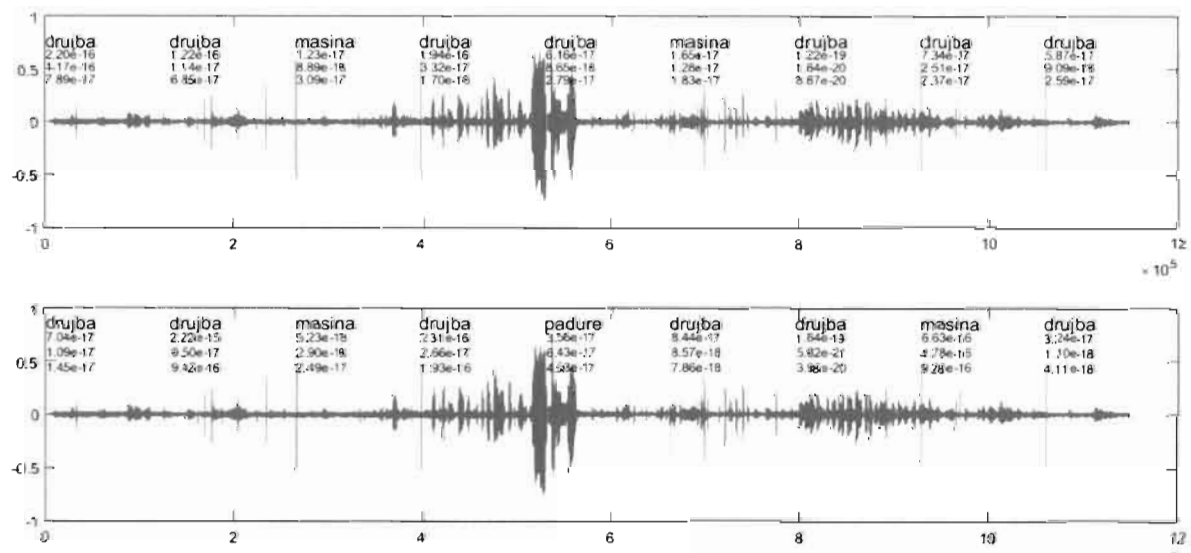


Figura 2 Clasificarea unui semnal acustic