

Raport stiintific

privind implementarea proiectului **PN-III-P4-PCE-2021-0780** in perioada 6/06/2022-31/12/2022

Algoritmi eficienti pentru reducerea artefactelor sonore ale aparatelor auditive

- Pentru aceasta perioada au fost prevazute urmatoarele obiective: Dezvoltarea de algoritmi performanti si de complexitatea redusa pentru reducerea distorsiunilor sonore in aparatele auditive, investigarea tehnicilor ANC si AFC recente si colectarea de semnale din baze de date existente si inregistrari proprii.
- Obiectivele propuse au fost indeplinite in totalitate, iar aceste cercetari au cuprins colaborari cu echipe din Sathyabama Institute of Science and Technology, St. Joseph's College of Engineering, Chennai, R C Patel Institute of Technology, Shirpur, Vellore Institute of Technology, Vellore, India precum si din American University of the Middle East, Kuwait si Yarmouk University, Iordania.
- In continuare sunt prezentate rezumate ale articolelor publicate in 2022 in diverse directii de cercetare.

Rezumatul celor mai importante rezultate:

- **IEEE TCAS-II, 2022:** S-au propus noi filtre adaptive exponentiale hiperbolice sinusoidale (EHSF si NEHSF) adecvate pentru mediile cu zgomot impulsiv. S-au investigat stabilitatea acestor algoritmi propusi. In plus, s-a propus o schema variabila pentru parametrul de scalare pentru a elimina compromisul dintre viteza de convergenta si eroarea patrata medie in exces (EMSE) in starea de echilibru. S-a investigat si complexitatea numerica de calcul a algoritmilor propusi. Rezultatele simularii in contextul identificarii de sisteme ce include AFC, ANC si AEC au fost efectuate pentru a dovedi imbunatatirea de performante in special in conditii de zgomot impulsiv. Cateva rezultate semnificative sunt prezentate in graficele de mai jos.

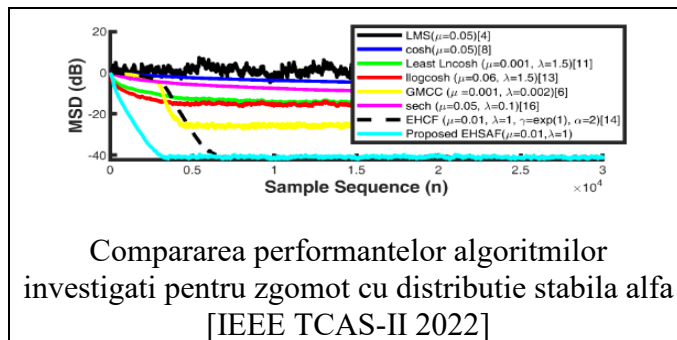
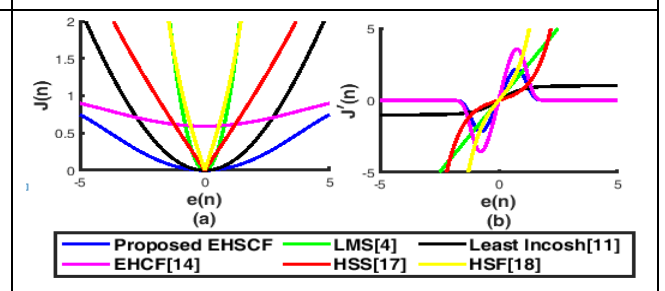
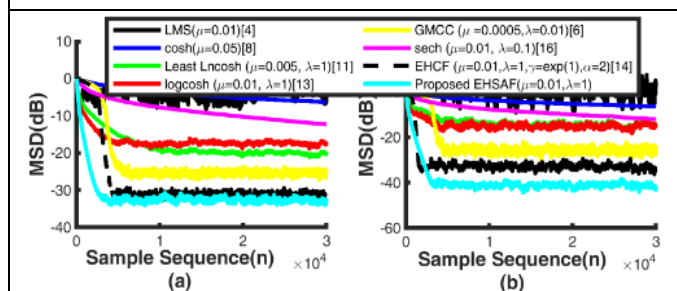


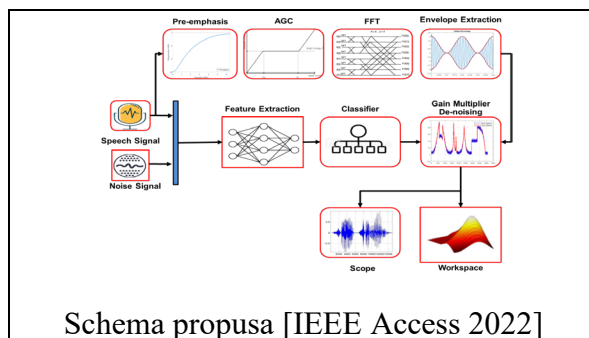
Table 1. Computational Complexity Analysis

Algorithm	+	X	Exp(.)	÷	abs
Cosh [8]	$2N+1$	$2N+3$	1	1	-
GMCC [6]	$2N$	$2N+5$	1	-	1
LHCAF [13]	$2N+1$	$2N+2$	0	1	1
Least Lncosh [11]	$2N+2$	$2N+2$	1	1	0
Standard EHSF [14]	$2N+2$	$2N+9$	2	1	1
EHSF(Proposed)	$2N+2$	$2N+9$	2	1	-

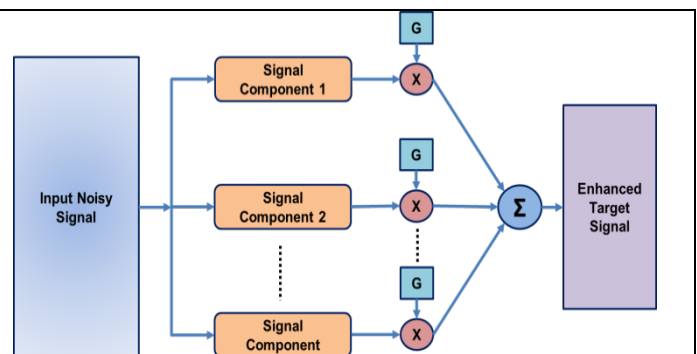
Comparatie de complexitate pentru algoritmii investigati in [IEEE TCAS-II 2022]



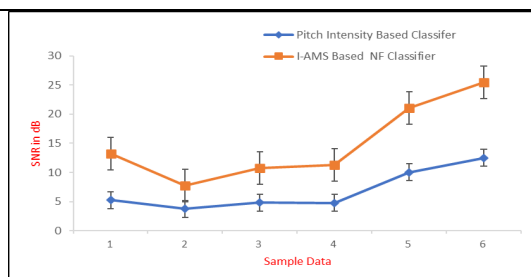
- **IEEE Access, 2022:** S-a proiectat o metodologie noua pentru a imbunatati recunoasterea vorbirii utilizatorilor de aparate auditive in diverse medii acustice. S-a propus folosire transformarii cosinus discreta impreuna cu un algoritm imbunatatit folosind spectrograma amplitudine-magnitudine (I-AMS) si un clasificator neuro-fuzzy pentru a clasifica fundalul in trei clase diferite. Algoritmul propus a obtinut imbunatatiri în ceea ce privește sensibilitatea (+1.02%), acuratetea (+11.80%) si inteligibilitatea vorbirii în dialectul Marathi. Metoda propusa realizează un SNR mediu de 25 dB, oferind 23 dB în condiții de camera linistita, ceea ce este similar cu SNR de fundal zgomotos de 13 dB comparativ cu 11 dB al tehnicilor existente. S-a dovedit importanta reducerii zgomotului, rata de recunoastere a frazelor scurte a crescut de la 47,33% la 48,60%. De asemenea s-a aratat ca eliminarea zgomotului are un impact mai mare intr-un fundal zgomotos decat pe un fundal linistit. Performanța clasificatorului neuro-fuzzy variaza în functie de ratele de antrenament și testare. Variatia de sensibilitate este in intervalul 98,44%-99,46%, 97,61-100% și, respectiv, 94,44%-98,40%, după extragerea unitatii t-f, a frecvenței centrale și a frecvenței de modulație. Precizia clasificării variaza de la 74,86% la 86,66%. Imbunatatirea vorbirii cu extragerea unitatii t-f a avut un impact pozitiv asupra recunoașterii propozițiilor scurte, obtinandu-se o acuratețe de 66,70%.
- S-au colectat semnale vocale din baze de date existente si inregistrari proprii. S-au obtinut inregistrari vocale ale unor persoane cu deficiente de auz de la Scoala rezidentiala pentru surzi, Shirpur Dist.-Dhule, India. S-a obtinut aprobarea comitetul de etica al Consiliului de Supraveghere Institutionala din India. O colaborare cu echipe din India, Kuwait si Iordania a fost demarata.
- Cateva rezultate semnificative sunt prezentate in graficele de mai jos.



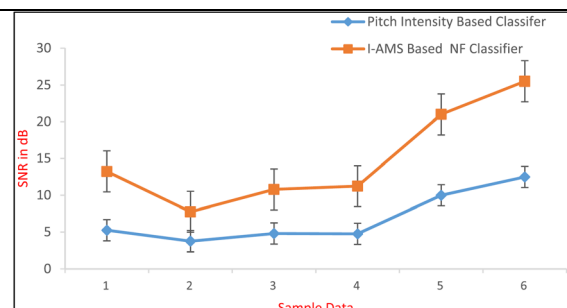
Schema propusa [IEEE Access 2022]



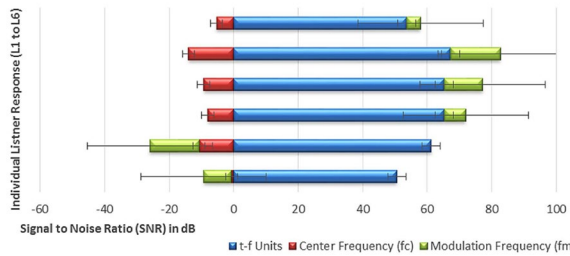
Schema blocului de extragere de trasaturi I-AMS [IEEE Access 2022]



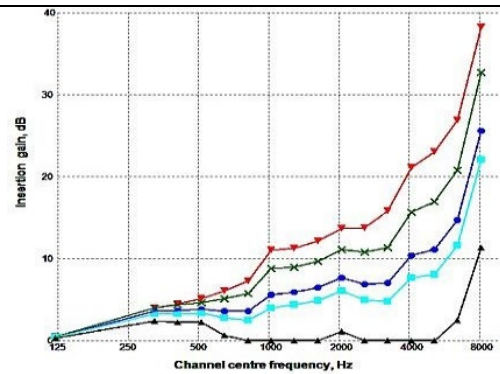
Comparatie SNR pentru esantioane colectate cu un fundal muzical [IEEE Access 2022]



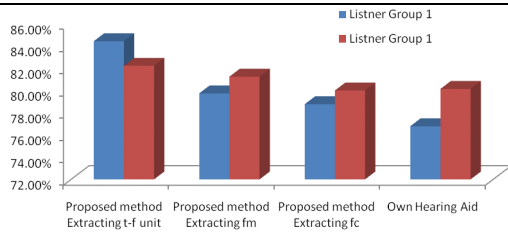
Comparatie SNR pentru esantioane colectate intr-o camera linistita [IEEE Access 2022]



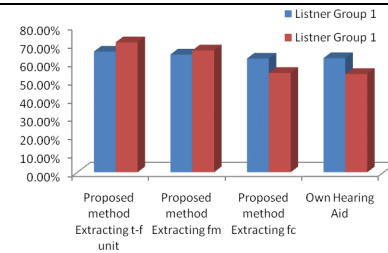
Variatia raportului semnal zgomot, SNR
[IEEE Access 2022]



Castigul de insertie (dB) in raport cu frecventa
centruala a canalului [IEEE Access 2022]

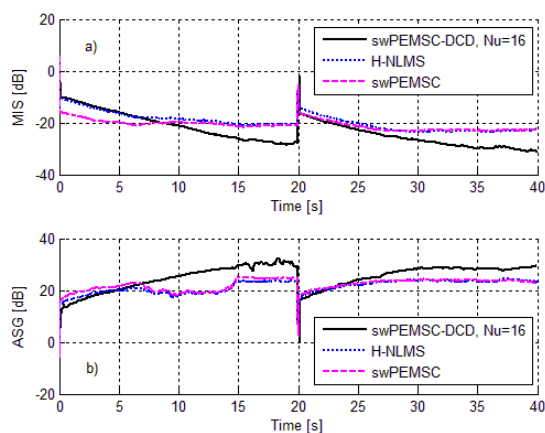


Scoruri medii de recunoastere pentru
vocalele Marathi [IEEE Access 2022]

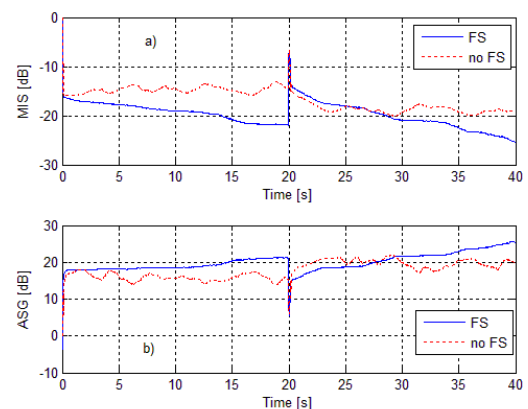


Scoruri medii de recunoastere pentru consoanele
Marathi [IEEE Access 2022]

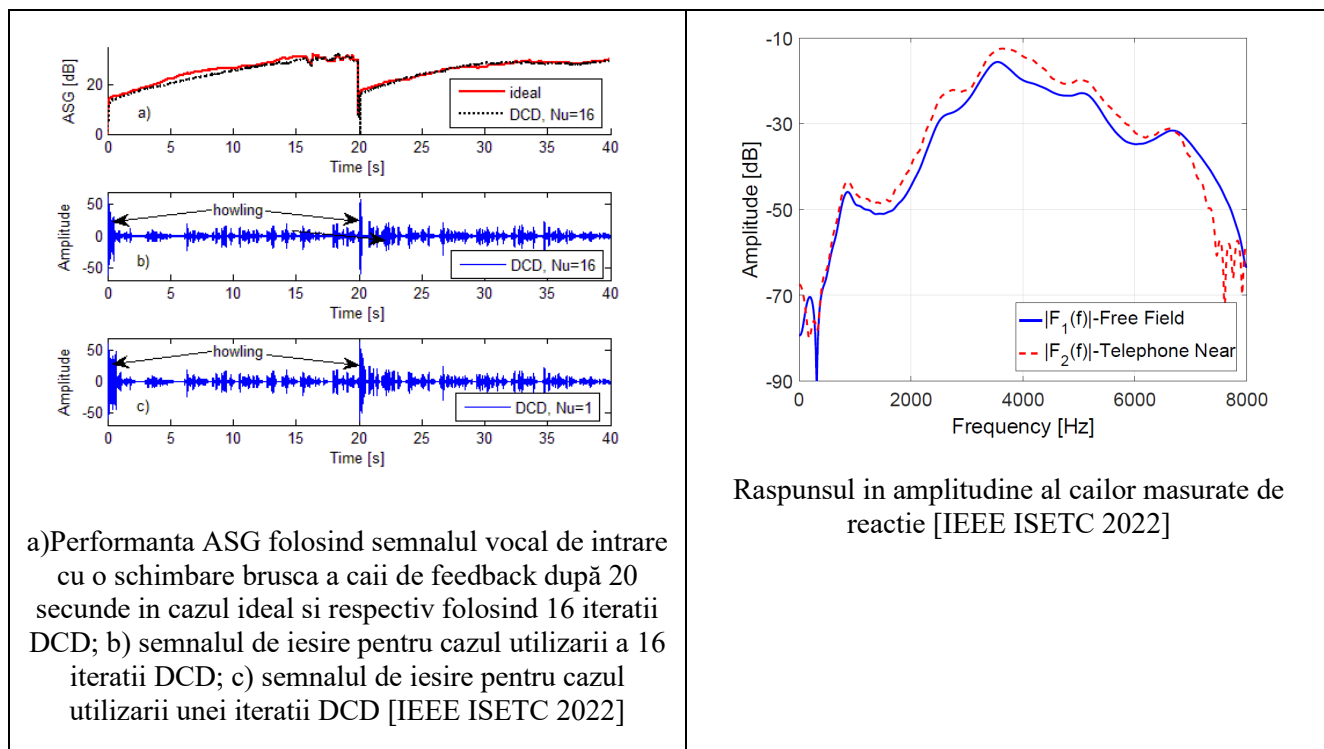
- **ISETC 2022:** S-a propus un algoritm nou pentru reducerea reactiei acustice, AFC, care utilizeaza metoda dichotomous coordinate descent (DCD) si shiftarea de frecventa. S-a aratat că abordarea propusa are cea mai scazuta complexitate numerica dintre algoritmii concurenti considerati și realizează performante bune în imbunatatirea calitatii semnalelor vocale și muzicale. S-a observat ca solutia iterativa cu 16 iteratii este suficient de aproape de solutia ideala. Pentru parametrii utilizati, algoritmul propus swPEMSC-DCD necesita 327 de inmultiri reale pe esantion de iesire, in timp ce algoritmii swPEMSC au nevoie de 3557 de inmultiri, iar H-NLMS de 457 de inmultiri. Prin urmare, algoritmul swPEMSC-DCD are complexitatea numerica cea mai mica dintre algoritmii considerati, iar reducerea complexitatii față de swPEMSC cu un ordin de proiectie egal cu 6 a fost de aproximativ 80%. Cateva rezultate semnificative sunt prezentate in graficele de mai jos.



Performanta folosind semnalul vocal de intrare cu
o schimbare brusca a caii de feedback după 20
secunde a) MIS b) ASG [IEEE ISETC 2022]



Performanța metodei propuse folosind semnal
muzical si o schimbare brusca a caii de
feedback după 20 secunde cu si respectiv fara
shiftare in frecventa: (a) MIS și (b) ASG [IEEE
ISETC 2022]



- Directorul de proiect a primit invitatii pentru a fi recenzor sau TPC la numeroase reviste si conferinte internationale si a fost invitat la European Research Agency pentru a fi expert evaluator pentru call-ul HORIZON-MSCA-2022-PF-01. Deasemenea directorul de proiect a fost membru al panelului de experti pentru Icelandic Research Fund, Engineering and technical sciences.
- Noi aspecte privind extinderea in controlul activ al zgomotului precum si al anularii feedback-ului acustic folosind tehnici de machine learning vor fi publicate si in 2023.

Alte aplicatii si metode investigate

- S-a continuat studiul rezolvarii AFC cu metoda erorii de predictie (PEM-AFC) bazata pe două filtre adaptive. Ideea principală este de a aplica o preprocesare bazată pe decorare producand un algoritm adaptiv asemanator celui al lui Newton si avand convergenta rapida. Pentru a îmbunatati viteza de convergentă, informatiile de gradient folosind un criteriu Versoria maxim (MVC) este incorporat in algoritmul de actualizare al filtrului AFC auxiliar. Coeficienții celor două filtre adaptive sunt schimbate, pentru a ne asigura că ambele filtre adaptive converg către o estimare buna a caii de reactie acustica. Simularile efectuate in Matlab au aratat ca abordarea propusa functioneaza bine in diverse situatii practice de utilizare a aparatelor auditive, in special in cazul schimbarii bruste a mediului acustic. Aceste rezultate au fost trimise spre recenzare intr-o revista prestigioasa din domeniu.
- S-a continuat studierea metodelor curente de control activ al zgomotului, ANC, implicand numeroase tehnici iterative precum si tehnici neliniare. Rezultatele sunt incurajatoare iar cercetarile in aceste directii vor fi publicate in 2023.
- Am demarat investigarea folosirii unor tehnici de detectie a suieratului in spectrogramele semnalelor distorsionate de reactia acustica a aparatelor auditive. Ideia principala este de a adapta tehnicile de segmentare din prelucrarea imaginilor bio-medicale pentru acest caz special. Tehnicile de machine learning (CNN, Pseudo3D GU-Net) par sa aiba potential. Rezultatele sunt incurajatoare iar cercetarile in aceasta directie vor fi publicate in 2023.

- Lipsa datelor este o provocare majora atunci cand se utilizeaza modele de invatare profunda (deep learning - DL). DL au nevoie de o cantitate mare de date pentru a obtine performante exceptionale. Din pacate, nu exista baze de date extensive in aplicatiile din domeniul protezelor auditive. De obicei, adnotarea manuala este dificila, costisitoare si implica de obicei adnotatori umani cu un background potrivit. In antrenarea modelelor DL s-au investigat cele trei provocari: seturi mici de date, seturi de date dezechilibrate și lipsa generalizarii. S-au studiat evolutii recente in Transfer Learning (TL), Generative Adversarial Networks (GAN), Model Architecture (MA), Physics-Informed Neural Network (PINN). Un articol de tip review care ofera o imagine de ansamblu si trateaza strategiile de abordare in cazul deficitului de date in DL a fost trimis spre recenzare la o revista prestigioasa in domeniu.

Rezumat executiv al activităților realizate privind implementarea proiectului

PN-III-P4-PCE-2021-0780 in perioada 6/06/2022-31/12/2022

Algoritmi eficienți pentru reducerea artefactelor sonore ale aparatelor auditive

- Obiectivele propuse pentru aceasta etapa au fost indeplinite in totalitate. S-au dezvoltat algoritmi performanti si cu complexitatea redusa pentru reducerea distorsiunilor sonore in aparatele auditive. S-au investigat tehnici de anulare activa a zgomotului (ANC), tehnici de anulare a reactiei acustice (AFC) si tehnici de machine learning (ML). S-au colectat semnale vocale din baze de date existente si inregistrari vocale ale unor persoane cu deficiente de auz de la Scoala rezidentiala pentru surzi, Shirpur Dist.-Dhule, India. S-a preconizat publicarea unui articol de conferinta si a unui articol de revista. S-au publicat un articol in conferinta internationala IEEE ISETC din Timisoara, Romania si doua articole de revista Q2 (IEEE TCAS-II si IEEE Access). Revista IEEE TCAS-II are un scor SRI de 1.511 si un factor de impact FI de 3.922. Revista IEEE Access are un scor SRI de 1.529 si un factor de impact FI de 3.367. Prin urmare, indicatorii de diseminare au fost realizati pe partea de articole de conferinta si depasiti pe partea de articole de revista. Rezultatele altor cercetari incepute in 2022 in domeniul proiectului vor fi publicate in 2023.

Lista de publicatii 2022

Articole de revista publicate:

1. **IEEE TCAS-II:** S. Radhika, **F. Albu**, A. Chandrasekar, "Robust Exponential Hyperbolic Sine Adaptive Filter for Impulsive Noise Environments", **IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs**, Vol. 69, Issue: 12, pp. 5149 – 5153, **December 2022**.
2. **IEEE Access:** P.G. Patil, T.H. Jaware, S.P. Patil, R.D. Badgujar, **F. Albu**, I. Mahariq, B. Al-Sheikh, C. Nayak, "Marathi Speech Intelligibility Enhancement using I-AMS based Neuro-Fuzzy Classifier Approach for Hearing Aid Users", **IEEE Access**, vol.10, pp. 123028-123042, **November 2022**.

Articole de conferinta publicate:

1. **ISETC 2022:** **F. Albu**, **H.G. Coanda**, **D. Coltuc**, "Low Complexity Acoustic Feedback Cancellation Algorithm with Frequency Shifting and Dichotomous Coordinate Descent Iterations, in **Proc. of ISETC 2022**, Timisoara, Romania, **November 2022**

Data: 04/12/2022

Director proiect,



Felix Albu