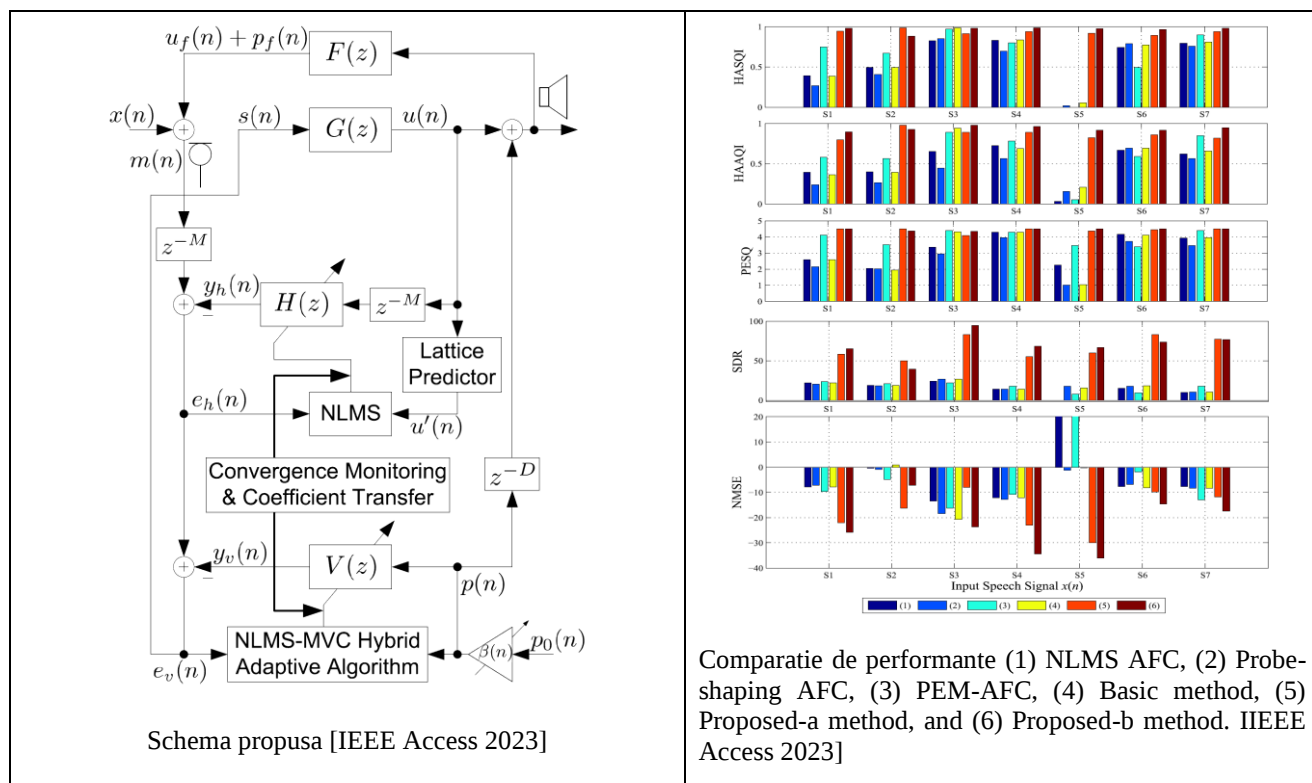


## Algoritmi eficienti pentru reducerea artefactelor sonore ale aparatelor auditive

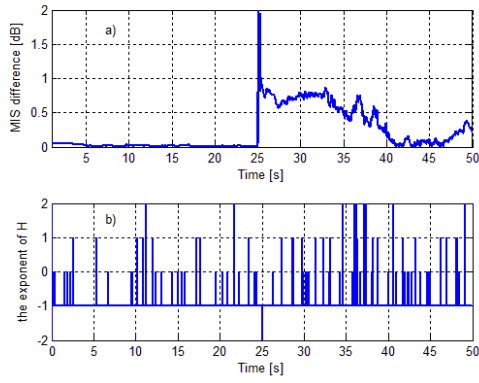
- Pentru aceasta perioada au fost prevazute urmatoarele obiective: Dezvoltarea de algoritmi performanti si de complexitatea redusa pentru reducerea distorsiunilor sonore in aparatele auditive, investigarea tehnicilor ANC, AFC si ML.
- Obiectivele propuse au fost indeplinite in totalitate, iar aceste cercetari au cuprins colaborari cu echipe din Romania, Canada, Australia, India, Kazakhstan, Japonia, etc (de exemplu, UPB, Romania, INRS-EMT, University of Quebec, Montreal, Canada, Curtin University, Australia, Posts and Telecommunications Institute of Technology, Hanoi, Vietnam, Sathyabama Institute of Science and Technology, Chennai, India, St. Joseph's College of Engineering, Chennai, India, Nazarbayev University, Kazakhstan, Tokyo Institute of Technology, Japan, etc).
- In continuare sunt prezentate rezumate ale articolelor publicate in 2023 in diverse directii de cercetare.

### Rezumatul celor mai importante rezultate:

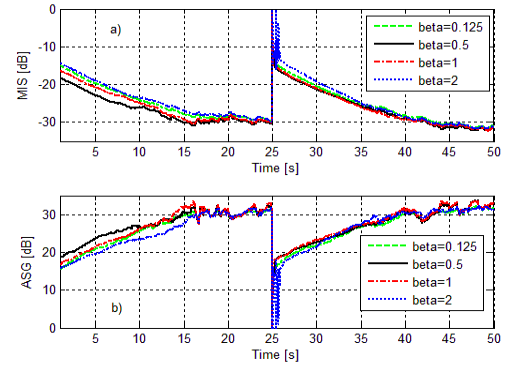
- **IEEE Access, 2023:** S-a continuat studiul rezolvarii AFC cu metoda erorii de predictie (PEM-AFC) bazata pe două filtre adaptive. Acest articol prezinta o tehnică eficientă de anulare a feedback-ului acustic (AFC) în dispozitivele auditive digitale (DHAid). Problema convergenței algoritmului NLMS pentru DHAid este îmbunătățită în mod considerabil de metoda AFC bazată pe eroarea de predicție (PEM) (PEM-AFC). Se propune utilizarea a două filtre adaptive. Filtrul adaptive AFC primește semnalul de intrare de la receptorul DHAid, în timp ce filtrul AFC auxiliar este activat de un semnal de probă. Acest lucru conduce la un algoritm adaptiv de tip Newton cu o convergență rapidă. Pe măsură ce sistemul AFC converge, nivelul semnalului de probă este redus pentru a îmbunătăți raportul semnal-zgomot. Pentru a îmbunătăți viteza de convergență, criteriul maxim Versoria (MVC) este incorporat în algoritmul de actualizare al filtrului AFC auxiliar. Simulările arată că metoda propusă prezintă o performanță robustă în cazul unei schimbări bruște în mediu acustic. Cateva rezultate semnificative sunt prezentate in graficele de mai jos.



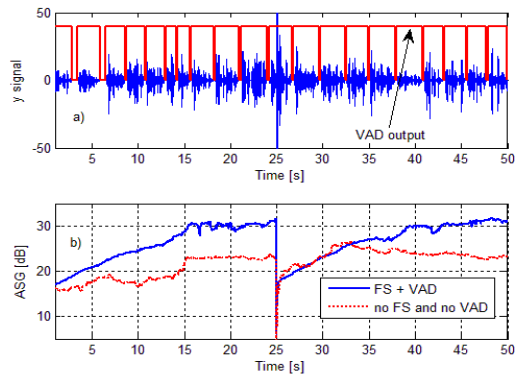
- **EUSIPCO 2023:** S-a propus o implementare cu complexitate redusă a algoritmului de proiectie afina tanh, efectuand o translație de frecvență pe segmentele de voce pentru anularea feedback-ului acustic (AFC). S-a folosit algoritmul DCD cu un parametru de intrare variabil. Rezultatele simulărilor arata ca neliniaritatea functiei tanh poate conduce la performante mai bune fata de alti algoritmi considerati. Cateva rezultate semnificative sunt prezentate in graficele de mai jos.



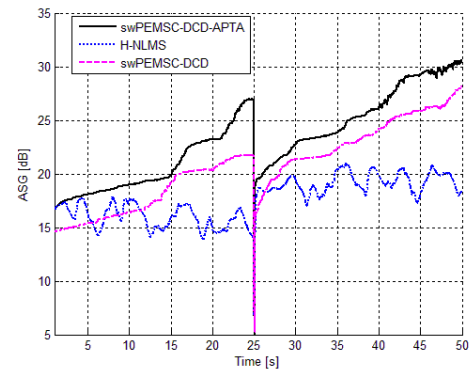
Diferenta de performanta MIS cu semnal muzical si schimbare de cale de feedback dupa 25 secunde b) Exponentul lui  $H$  [EUSIPCO 2023]



Performante folosind semnal vocal cu o schimbare de cale de feedback dupa 25 s si valori  $\beta$  diferite a) MIS b) ASG [EUSIPCO 2023]

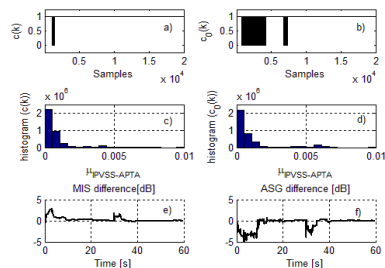


a) Semnal vocal si iesirea VAD b) Performanta ASG cu semnal vocal si schimbare de cale de feedback dupa 25 secunde [EUSIPCO 2023]

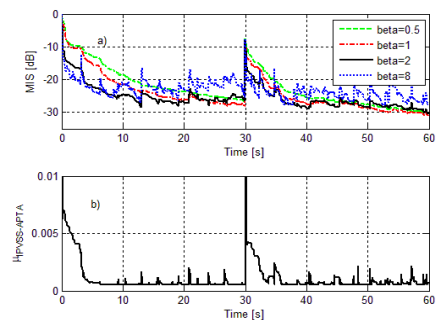


Comparatie de performante ASG cu semnal muzical si o schimbare de cale de reactie dupa 25 secunde [EUSIPCO 2023]

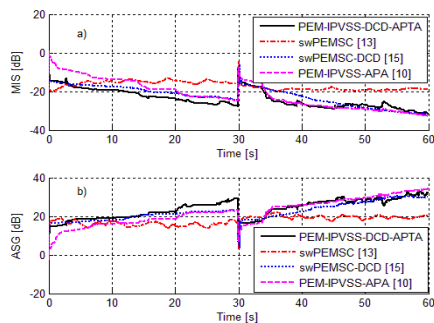
- **IEEE SSP 2023:** S-a propus un nou algoritm pentru anularea feedback-ului acustic pentru aparate auditive. Se bazează pe algoritmul de proiectie afina tanh, combinat cu un pas variabil si cu modificarea frecvenței. Se folosește un detector de stabilitate, care controlează atât pasul variabil cât și schimbarea frecvenței. Se arată că abordarea propusă este benefică pentru o recuperare mai rapidă după apariția suierăturilor. S-a folosit algoritmul DCD pentru reducerea complexității numerice a algoritmului. Experimentele au indicat performante mai bune pentru diverse semnale de intrare (semnal vocal sau muzica). Cateva rezultate semnificative sunt prezentate in graficele de mai jos.



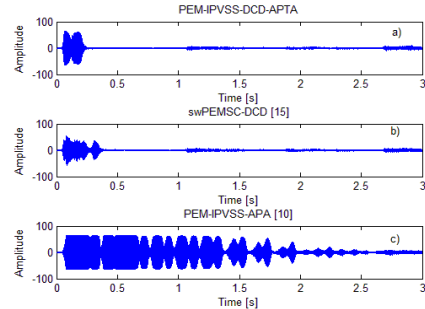
a) valorile  $c(k)$  pentru primele 20000 de esantioane; b) valorile  $c_0(k)$  pentru primele 20000 de esantioane c) Histograma pasului de adaptare al IPVSS-APTA folosind  $c(k)$ ; d) Histograma pasului de adaptare al IPVSS-APTA folosind  $c_0(k)$  e) diferenta MIS; f) diferenta ASG; [IEEE SSP 2023]



Performanta MIS cu semnal vocal pentru valori diferite ale lui  $\beta$ . b) valorile pasului de adaptare [IEEE SSP 2023]

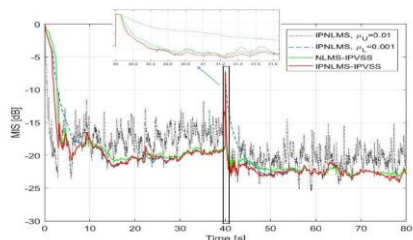


Performanta cu semnal muzical si schimbare de cale de reactie dupa 30 s a) MIS b) ASG [IEEE SSP 2023]

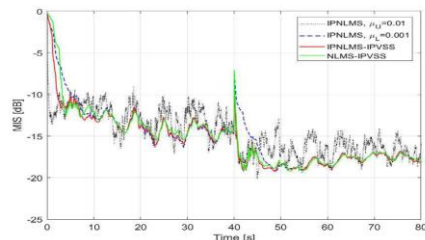


Zoom pe primele 3 secunde pe zona cu suieraturi; a) PEM-IPVSS-DCD-APTA b) swPEMSC-DCD c) PEM-IPVSS-APA [IEEE SSP 2023]

- **APSIPA ASC 2023:** S-a propus o strategie de îmbunătățire menită să îmbunătățească performanța algoritmului liniar IPNLMS pentru anularea reacției acustice pentru aparate auditive folosind metoda de eroare de predicție (PEM), și un pas variabil incorporând valori fixe inferioare și superioare. S-au investigat tehnici de optimizare folosind sparsitatea cailor sonore exploatarea de IPNLMS. Evaluarea s-a făcut folosind canale de feedback măsurate, iar ca semnale de intrare atât voce cât și muzică. S-a aratat ca se obtin performante mai bune decat cu NLMS și IPVSS, păstrând o calitate bună a semnalului. Cateva rezultate semnificative sunt prezentate in graficele de mai jos.

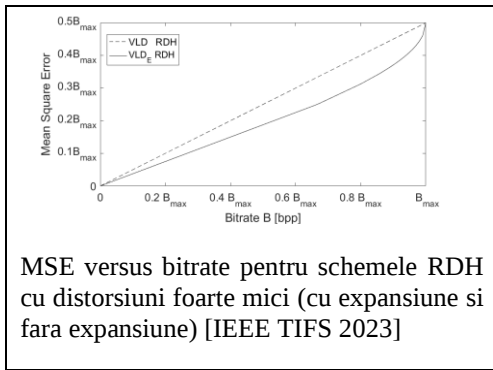


Performanta MIS folosind semnalul vocal de intrare cu o schimbare brusca a caili de feedback după 40 secunde [APSIPA 2023]



Performanța MIS a metodei propuse folosind semnal muzical și o schimbare brusca a caili de feedback după 40 secunde [APSIPA 2023]

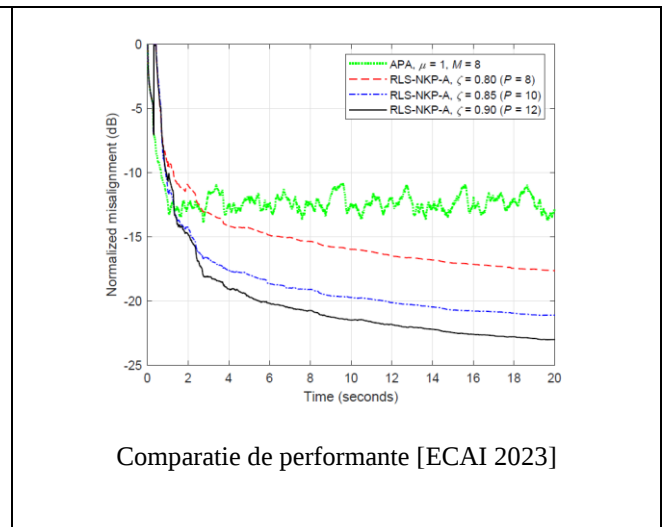
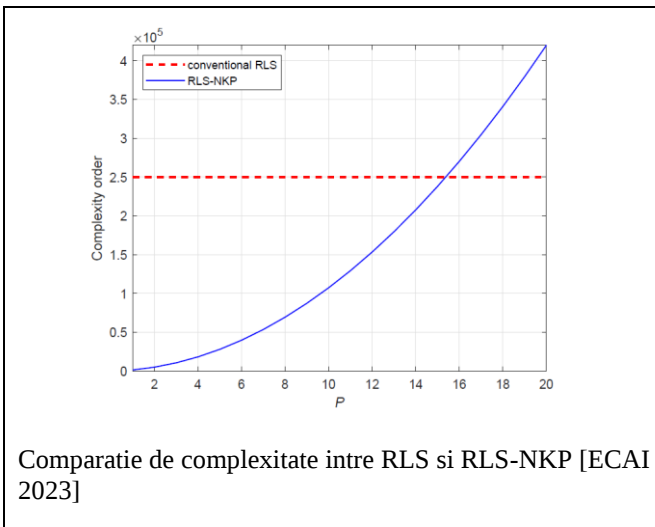
- **Journal of Big Data, 2023:** Lipsa datelor este o provocare majora în antrenarea modelelor de învățare profundă (DL). Învățarea profundă necesită o cantitate mare de date pentru a obține performanțe excepționale. Din nefericire, multe aplicații dispun de date insuficiente pentru antrenarea structurilor DL. De obicei, este necesara etichetarea manuala pentru a furniza date etichetate, lucru care implica anotatori umani cu o vasta experienta în domeniu. Acest proces de adnotare este costisitor, consumator de timp și predisus la erori. De obicei, fiecare structura DL este alimentata de o cantitate semnificativă de date etichetate pentru a învăța automat. O cantitate mai mare de date ar genera un model DL mai bun, iar performanta acestuia depinde si de aplicatie. Aceasta problema reprezinta principala piedica pentru multe aplicatii ale DL. Se prezinta in articol o analiză cuprinzatoare a tehnicilor recente pentru a depasi cele trei principale provocari: seturi de date mici, seturi dezechilibrate și lipsa generalizarii. Aceasta analiza începe prin enumerarea tehnicilor de învățare. Apoi, sunt introduse tipurile de arhitecturi DL. După aceea, sunt prezentate soluții recente pentru a aborda problema lipsei de date de antrenare, cum ar fi Transfer Learning (TL), Self-supervised Learning (SSL), Generative Adversarial Networks (GANs), Model Architecture (MA), Physics-Informed Neural Networks (PINN) și Deep Synthetic Minority Oversampling Technique (DeepSMOTE). Aceste soluții sunt urmate de sfaturi relevante despre achiziționarea datelor necesare, precum și recomandări pentru asigurarea fiabilității setului de date de antrenare. Analiza se încheie cu o listă de aplicații care suferă din cauza lipsei de date, fiind propuse mai multe alternative pentru a genera mai multe date în fiecare aplicație, incluzand imagistica electromagnetica, monitorizarea stării structurilor civile, imagistica medicală, meteorologia, comunicațiile wireless, mecanica fluidelor, si securitatea cibernetică.
- **IEEE TIFS 2023:** Se propune o metoda de imbunatatire a contrastului reversibil. Este dezvoltat un procedeu de debit redus, datele pentru recuperarea imaginii originale sunt inglobate reversibil în versiunea îmbunatatita a contrastului. Sunt propuse scheme RDH (Reversible Data Hiding) cu distorsiuni foarte mici care exploatează sparsitatea histogramei imaginilor cu contrast îmbunatatit. Noul RDH propus poate depăși 1 bpp (biți per pixel) pentru erori patrate medii pe bit înglobat între 0,375 și 0,5. Sunt prezentate rezultate experimentale ce dovedesc ca reversibilitatea este obtinuta fara nicio distorsiune vizuala.



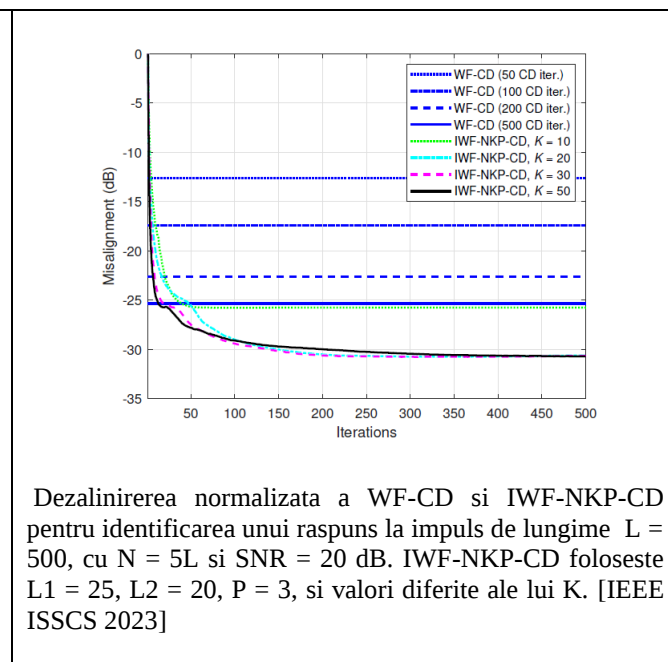
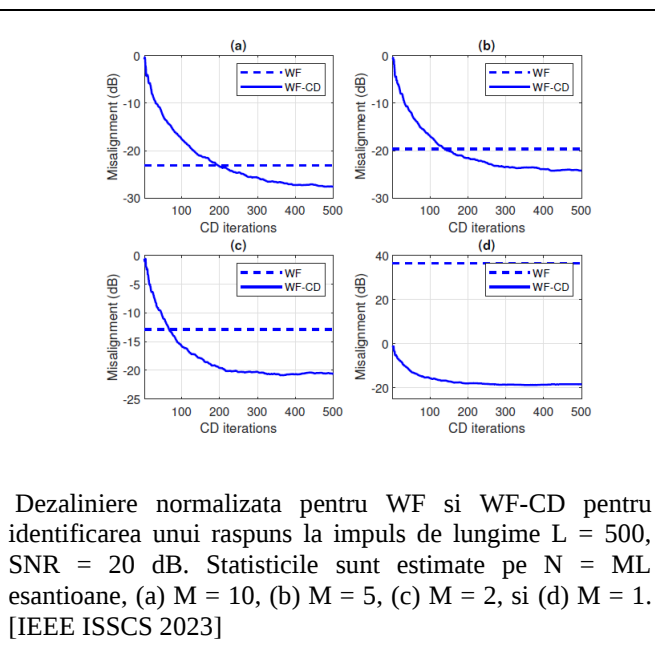
|      | [5]<br>$S = 40$ | RCE-HS | [9]<br>0.75 bpp | RCE-HS | [10]<br>$S = 64$ | RCE-HS | [24]<br>0.83 bpp | RCE-HS |
|------|-----------------|--------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|--------|
| RCE  | 0.570           | 0.569  | 0.551           | 0.550  | 0.590            | 0.589  | 0.509            | 0.509  |
| RMBE | 0.964           | 0.963  | 0.982           | 0.982  | 0.931            | 0.929  | 0.998            | 0.998  |
| PSNR | 44.83 dB        |        | 46.05 dB        |        | 42.50 dB         |        | 28.75 dB         |        |

Media RCE, RMBE ȘI PSNR pe setul KODAK pentru [5], [9], [10], [24] si pentru ompetitorii RCE-HS [IEEE TIFS 2023]

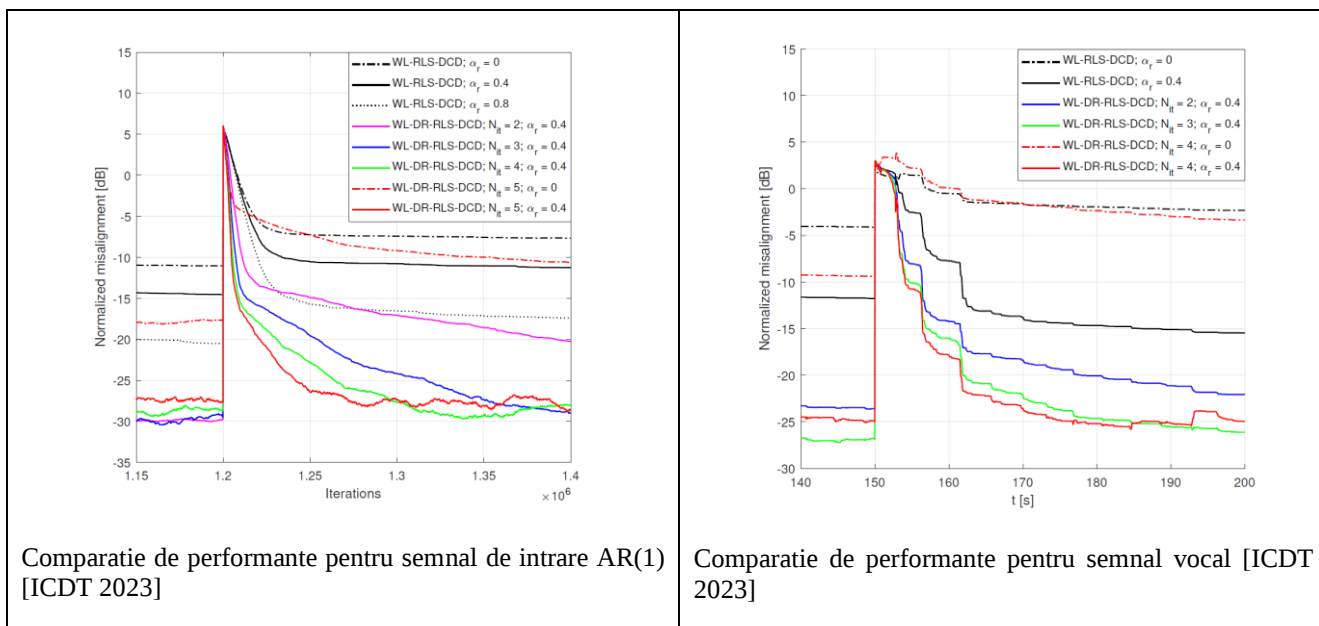
- IEEE ECAI 2023:** S-au propus algoritmi care exploateaza descompunerea Nearest Kronecker Product (NKP) a raspunsului impulsului (de obicei de lungime mare). S-a investigat algoritmul RLS-NKP, si s-a dovedit a fi foarte potrivit in problemele dificile de identificare a sistemului care implica raspunsuri la impuls de lungime mare, ca de exemplu in anulara ecoului acustic. S-a investigat acuratetea aproximarii de rang redus si s-a propus o solutie simpla pentru alegerea parametrului sau, folosind o etapa de preprocesare care se bazeaza pe un algoritim cu complexitate redusa. Experimentele au sustinut validitatea solutiei propuse. Cateva rezultate semnificative sunt prezentate in graficele de mai jos.



- IEEE ISSCS 2023:** Se propune un filtru Wiener iterativ potrivit pentru identificarea răspunsurilor la impulsuri de lungime mare care prezintă caracteristici de rang scăzut (potrivit pentru ecorile acustice). Algoritmul propus se bazeaza pe descompunerea Kronecker apropiată a raspunsului la impuls si reformuleaza problema originală de identificare a sistemului (care implică un singur filtru de lungime mare) într-o combinatie de două filtre mult mai scurte. Se foloseste metoda DCD pentru rezolvarea celor doua ecuatii normale rezultate. Simularile efectuate în contextul anularii ecoului arata ca filtrul Wiener iterativ propus are performante bune in cazuri dificile, cum ar fi in conditiile zgomotoase..



- **ICDT 2023:** S-a investigat o metoda de reutilizare a datelor (DR) pentru algoritmul WLRLS utilizand metoda DCD. S-a examinat comportamentul algoritmului WL-DR-RLS-DCD in diverse conditii SAEC pentru semnale de intrare care prezintă o corelație foarte mare, cum ar fi vorbirea sau secvențele auto-regresive (AR). Cateva rezultate semnificative sunt prezentate in graficele de mai jos.



- Directorul de proiect a primit invitatii pentru a fi recenzor sau TPC la numeroase reviste si conferinte internationale si a fost expert evaluator pentru call-ul HORIZON-MSCA-2023-PF-01 si recorder pentru HORIZON-HLTH-2024-STAYHLTH-01-05. Deasemenea directorul de proiect a fost membru al panelului de experti pentru Icelandic Research Fund, Engineering and Technical Sciences. Rezultatele cercetarilor au fost popularizate pe Facebook, LinkedIn si prin prezentari pentru open days, masteranzii si studentii Universitatii Valahia din Targoviste. Deasemenea codurile sursa in Matlab si Python pentru un algoritim proiectat au fost facute publice pe platforma Github.

### Alte aplicatii si metode investigate

- S-au identificat algoritmi potriviti de machine learning pentru detectorul de stabilitate pentru controlul diferitilor parametri sau a metodelor de decorelare ai aparatelor auditive. Deasemenea rezultate incurajatoare au fost obtinute pentru identificarea parametrilor potriviti pentru invatarea automata precum si pentru folosirea entropiei instantanee pentru detectia suieraturilor. Rezultatele cercetarilor mentionate vor fi publicate in 2024.
- 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 2024. S-a inceput implementarea pe FPGA a algoritmilor proiectati iar cercetarile in aceasta directie vor fi publicate in 2024.

## Rezumat executiv al activităților realizate privind implementarea proiectului

PN-III-P4-PCE-2021-0780 in perioada 1/01/2023-31/12/2023

### 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 algoritmi adaptivi pentru anulare ecoului acustic sau a reactie acustice, pentru anularea activa a zgomotului, precum si a tehnicilor de invatare automata. S-a preconizat publicarea a trei articole ISI de conferinta si a unui articol de revista. S-au publicat sase articole (cinci ISI) in conferintele internationale IEEE ECAI, IEEE ISSCS 2023, IEEE SSP 2023, ICDT 2023, EUSIPCO 2023 si APSIPA ASC 2023. Deasemenea s-au publicat trei articole de revista (Journal of Big Data (Q1), factor de impact FI de 8.1, IEEE Transactions on Information Forensics and Security, factor de impact 7,231 (Q1) si IEEE Access (Q2) factor de impact FI de 3.476). Prin urmare, indicatorii de diseminare au fost depasiti. Articolele publicate pana acum in cadrul acestui proiect au primit deja peste 70 de citari. Rezultatele altor cercetari incepute in 2023 in domeniul proiectului vor fi publicate in 2024.

#### Lista de publicatii 2023

##### Articole de revista publicate:

M. T. Akhtar, **F. Albu** and A. Nishihara, "Prediction Error Method (PEM)-Based Howling Cancellation in Hearing Aids: Can We Do Better", IEEE Access, 2023

L. Alzubaidi, J. Bai, A. Al-Sabaawi, J. Santamaría, A. S. Albahri, B. S. N. Al-dabbagh, M. A. Fadhel, M. Manoufali, J. Zhang, A. H. Al-Timemy, Y. Duan, A. Abdullah, L. Farhan, Y. Lu, A. Gupta, **F. Albu**, A. Abbosh and Y. Gu, "A Survey on Deep Learning Tools Dealing with Data Scarcity: Definitions, Challenges, Solutions, Tips, and Applications," Journal of Big Data 10, 46, 2023.

**D. Coltuc**, and **H.G. Coanda**, „Reversible Contrast Enhancement by Histogram Specification and Very Low Distortion Data Hiding”, IEEE Transactions on Information Forensics and Security, vol. 19, 2023.

##### Articole de conferinta publicate:

L.T.T. Tran, **F. Albu**, H. Nguyen and S. Nordholm, “Proportionate NLMS with Variable Step-size for Adaptive Feedback Cancellation in Hearing Aids”, in Proc. of IEEE APSIPA 2023, Taipei, Taiwan, pp. 2359-2364.

R.-A. Dobre, **C. Paleologu**, J. Benesty, **F. Albu**, "On the Decomposition Parameter of the RLS Algorithm Based on the Nearest Kronecker Product", in Proc. of IEEE ECAI 2023

**F. Albu**, **M. Ionita**, "Efficient Affine Projection Tanh Algorithm for Acoustic Feedback Cancellation", in Proc. of EUSIPCO 2023 conference, pp. 86-90.

I.,D. Ficiu, C.-L. Stanciu, **C. Paleologu**, and **F. Albu**, "On the Performance of a Low-Complexity Data-Reuse RLS Algorithm for Stereophonic Acoustic Echo Cancellation," in Proc. of ICDT 2023.

**F. Albu**, L. Tran, S. Radhika, A. Chandrasekar, "Acoustic Feedback Cancellation using the Variable Step Size Affine Projection Tanh Algorithm," in Proc. of IEEE SSP 2023, Hanoi, Vietnam

C.-L. Stanciu, **C. Paleologu**, J. Benesty, R.-L. Costea, L.-M. Dogariu, S. Ciochina, "Iterative Wiener Filter Using a Kronecker Product Decomposition and the Coordinate Descent Method", Proc. of IEEE ISSCS 2023, Iasi, Romania

Data: 3/12/2023

Director proiect,



Albu Felix