

## **Raport stiintific**

*privind implementarea proiectului in perioada octombrie – decembrie 2011*

*Proiect PN-II-ID-PCE-2011-3-0400, "Reprezentari rare in prelucrarea semnalelor"*

In cele practice doua luni de cand am inceput lucrul efectiv la proiect, precum si in perioada incepand din momentul elaborarii propunerii de proiect, am desfasurat activitati in trei din cele patru directii de cercetare specificate in propunerea de proiect:

**O1.** Proiectarea filtrelor rare

**O2.** Problema celor mai mici patrate totala rara (sparse total least squares)

**O4.** Clasificare cu predictorii rari

O buna parte din timp a fost dedicata documentarii. Voi enumera mai jos in special avansurile si rezultatele efective obtinute. Membrii echipei (Bogdan Dumitrescu, Bogdan Sicleru, Cristian Rusu) vor fi numiti prin initialele lor.

**O1.** Filtrele FIR care au  $s$  coeficienti diferiti de zero pot avea caracteristici de frecventa mai bune decat filtrele cu lungime  $s$ , deci cu ordin minim, iar complexitatea implementarii lor este similara. Ele au intarzierea de grup mai mare, dar in multe aplicatii acest dezavantaj este neglijabil. In perioada pregatirii propunerii de proiect, CR si BD au studiat algoritmi pentru proiectarea de filtre rare folosind metoda L1 reponderata iterativ, urmata de eliminarea unul cate unul a coeficientilor celor mai mici. Pentru filtre FIR intr-o singura variabila, rezultatele obtinute au fost doar usor superioare metodei din [BWO10]. In schimb, pentru filtre 2D am obtinut rezultate mult mai bune decat cele din [LuHi11]. Articolul elaborat a fost trimis la revista Signal Processing si este acceptat.

In prezent, BD si BS studiaza alte probleme cu filtre rare, intre care proiectarea filtrelor ajustabile si filtre cu coeficienti reprezentati canonic cu un numar mic de biti. Deocamdata nu am obtinut rezultate notabile.

**O2.** Problema celor mai mici patrate totale (CMMPT) rara este un subiect foarte actual, mai multe lucrari recente (din 2010 si 2011) tratand diverse forme ale ei, fara a mentiona neaparat explicit apartenenta la acest tip de problema. BD a obtinut o conditie teoretica ce caracterizeaza situatia in care solutiile problemelor CMMP si CMMPT rare au acelasi suport de dimensiune  $s$ . Conditia este exprimata in functie de constantele de izometrie restransa ale matricei sistemului si de unghiul minim intre subspatii de dimensiune  $s$  formate de coloanele matricei. Nu exista un rezultat similar in literatura de specialitate. In prezent, efortul de cercetare este dedicat experimentelor numerice din care sa rezulte cat de stranse sunt conditiile impuse (primele rezultate sunt pozitive, in sensul ca se pot gasi contraexemple pentru care conditiile nu sunt respectate, dar sunt aproape de cele demonstrate) si cat de des coincide suportul celor doua solutii in functie de o eroare prestabilita, pentru sisteme generate aleator (aceste rezultate pot fi confirmate doar prin cautare exhaustiva, de aceea simularile necesita un timp mare de executie.

O alta directie de cercetare este in privinta algoritmilor lacomi (greedy) pentru CMMPT si primele rezultate par a arata ca o metoda interesanta este de a rezolva intai problema CMMP rara, pentru care exista multi algoritmi, rezolvand apoi problema CMMPT pe suportul obtinut.

Atunci cand simularile numerice vor fi suficient de complete, lucrarea elaborata cu rezultatele schitate mai sus va fi trimisa la o revista dedicata matematicii aplicate, ca de exemplu Linear Algebra and Its Applications.

**O4.** De aceasta tema se ocupa CR (supervizat de BD), a carui teza de doctorat (CR este doctorand din 2009) se ocupa de proiectarea dictionarelor rare, in particular a celor optimizate pentru reprezentarea predictorilor rari. Activitatile recente sunt orientate catre doua probleme:

- Simplificarea setului de antrenare pentru optimizarea dictionarelor pentru reprezentari rare cu ajutorul algoritmului K-SVD [AEB06]. Motivarea este data de durata mare de antrenare necesitata de algoritmul K-SVD (care da rezultate de calitate mai buna decat alti algoritmi) atunci cand numarul vectorilor de antrenare depaseste cateva zeci de mii. Rezultatele obtinute pana acum par a fi superioare (in termeni de calitate si timp de executie) celor date de varianta aproximativa a K\_SVD.
- Crearea unui dictionar cu dimensiune minima care sa permita reprezentari rare cu erori impuse, dat un set de vectori de antrenare. Rezultatele prelimare sunt promitatoare, dar incomplet validate.

**Alte activitati de cercetare:** in luna octombrie, BS a extins si actualizat biblioteca POS3POLY pentru optimizare convexa cu polinoame pozitive, realizata in contractul IDEI anterior pe care l-am condus. Pe langa speranta de a publica un articol pe aceasta tema, biblioteca ne poate fi utila in proiectarea filtrelor rare multidimensionale sau ajustabile.

Informatiile despre proiect vor fi prezentate pe pagina dedicata <http://www.schur.pub.ro/IdEI2011.htm>, care deocamdata contine doar informatii sumare.

## Bibliografie

[AEB06] M. Aharon, M. Elad, A. Bruckstein – K-SVD: An Algorithm for Designing Overcomplete Dictionaries for Sparse Representation, IEEE Trans. Signal Proc., vol.54, no.11, pp. 4311-4322, Nov. 2006.

[BWO10] T. Baran, D. Wei, A.J. Oppenheim – Linear Programming Algorithms for Sparse Filter Design, IEEE Trans. Signal Proc., vol.58, no.3, pp. 1605-1617, Mar. 2010.

[LuHi11] W.S. Lu, T. Hinamoto, Two-dimensional digital filters with sparse coefficients, Multidimensional Systems and Signal Processing, vol. 22, no.1–3, pp. 173–189, 2011.

Director proiect,  
Prof. Bogdan Dumitrescu

