

10. Prezentarea proiectului in limba romana: (Max. 10 pagini)

10.1. Importanta si relevanta continutului stiintific

1. Introducere

Sistemele dinamice multidimensionale apar in mai multe domenii, modeland in mod natural fenomene sau procese. La loc de frunte este prelucrarea semnalelor, unde filtrele 2D si 3D (recent chiar si 4D) au utilizari diverse, de exemplu in prelucrarea imaginilor, reducerea zgomotului (denoising), compresie, prelucrarea semnalelor de tip radar. Variabilele independente au aici semnificatie spatiala. In automatica, sistemele repetitive (laminarea metalelor, fabricarea hartiei) pot fi modelate prin sisteme 2D. Un alt exemplu, mai recent, este cel al sistemelor interconectate spatial [DD03], in care subsisteme identice interactioneaza, fiecare doar cu vecinii sai. In aceste sisteme, o variabila este timpul, iar celelalte reprezinta coordonate spatiale.

In proiectul de fata suntem interesati in special de sistemele discrete (digitale). Ele pot fi modelate fie prin functia de transfer (eventual cu coeficienti matriceali), fie prin modele de stare ca Roesser si Fornasini-Marchesini.

Pozitivitatea reprezinta atat o proprietate fundamentala, cat si un instrument. Sistemele pasive (real pozitive) formeaza o clasa importanta in studiul stabilitatii. Ele sunt caracterizate fie prin exprimarea efectiva a pozitivitatii, in modele polinomiale, fie prin lema Kalman-Yakubovich-Popov, in modele de stare. Referindu-ne la pozitivitate ca instrument, in contextul sistemelor in timp discret, ne gandim la polinoame trigonometrice pozitive, cu ajutorul carora se pot modela natural o serie de probleme de optimizare in context sistemic, mentionate in cele ce urmeaza.

In continuare, vom prezenta pe scurt modul de lucru cu polinoame trigonometrice pozitive in optimizare, apoi vom enumera aplicatii recente ale acestora in rezolvare unor probleme din teoria semnalelor si sistemelor. In final, vom discuta importanta si relevanta studiului lor aprofundat, propus in acest proiect.

2. Polinoame trigonometrice pozitive

Un polinom trigonometric are forma generala $R(z) = \sum_{k=-n}^n r_k z^{-k}$, unde coeficientii sunt in general complecsi si simetrici, i.e. $r_{-k} = r_k^*$, iar n este gradul polinomului. Pe cercul unitate, unde $z=e^{j\omega}$, polinomul are valori reale. Numim pozitiv un polinom pentru care $R(e^{j\omega}) \geq 0, \forall \omega$. Interesul recent pentru polinoamele pozitive a provenit din combinatia a doua rezultate. Primul, bine cunoscut, spune ca daca putem optimiza patratul magnitudinii unui polinom $H(z)$ (in general nesimetric), adica lucram cu $R(e^{j\omega}) = |H(e^{j\omega})|^2$, care este un polinom trigonometric pozitiv, atunci

putem calcula $H(z)$ prin factorizare spectrala. ("Ridicarea la patrat" este un mod de convexificare a unor astfel de probleme de optimizare.)

Al doilea rezultat a fost propus acum mai putin de o decada si constutue o parametrizare a multimii polinoamelor pozitive: conditia ca $R(z)$ sa fie pozitiv este echivalenta cu existenta unei matrice pozitiv semidefinite Q astfel incat $r_k = \text{trace}[\Theta_k Q]$, unde Θ_k sunt matrice constante (cu o structura Toeplitz elementara) [AV02, DTS01, GHNSVX02, GHN03]. Aceasta parametrizare deschide calea utilizarii *programarii semidefinite* (SDP) in probleme de optimizare cu polinoame trigonometrice, permitand rezolvarea lor rapida si sigura folosind biblioteci disponibile online ca [SeDuMi].

Acest rezultat a fost generalizat in mai multe feluri, de exemplu pentru polinoame cu coeficienti matriceali [GHN03] sau pentru polinoame pozitive pe un interval (i.e. nu global) [AV02, DLS02], si utilizat in diverse aplicatii care vor fi mentionate mai jos.

De interes special pentru proiectul de fata este generalizarea parametrizarii la polinoame trigonometrice cu mai multe variabile. Notand d numarul variabilelor, aceste polinoame au forma

$$R(\mathbf{z}) = \sum_{\mathbf{k}=-\mathbf{n}}^{\mathbf{n}} r_{\mathbf{k}} \mathbf{z}^{-\mathbf{k}},$$
 unde variabilele scrise cu caractere ingrosate sunt d -dimensionale, de exemplu

$\mathbf{z}^{\mathbf{k}} = z_1^{k_1} \dots z_d^{k_d}$, iar suma este luata pentru toate valorile $\mathbf{k} \in Z^d$ pentru care

$-\mathbf{n} \leq \mathbf{k} \leq \mathbf{n}$ (inegalitatile sunt intelese la nivel de element). Din nou polinomul este simetric, i.e.

$r_{-\mathbf{k}} = r_{\mathbf{k}}^*$, deci pe d -cercul (torul) unitate, polinomul ia valori reale.

Un polinom trigonometric este suma-de-patrata daca poate fi scris in forma

$$R(e^{j\omega}) = \sum_i |H_i(e^{j\omega})|^2.$$
 Parametrizarea capata urmatoarea forma: polinomul $R(z)$ este *suma-de-*

patrate daca si numai daca exista o matrice pozitiv semidefinita Q astfel incat $r_k = \text{trace}[\Theta_k Q]$,

unde Θ_k sunt matrice constante (produse Kronecker de matrice Toeplitz elementare)

[MW02, Du06a]. Se observa ca, in cazul multidimensional, pozitivitatea este inlocuita de suma-

de-patrata (aceasta restrictie provine din rezultatul cunoscut inca de la Hilbert, in legatura cu a 17-a sa problema, ca nu toate polinoamele pozitive, de variabila reala, sunt sume-de-patrata).

Practic, pentru a putea aplica SDP, se fixeaza gradul polinoamelor H_i ale sumei-de-patrata si,

prin aceasta, dimensiunea matricei Q . Multimea sumelor-de-patrata astfel obtinute este inclusa in

multimea polinoamelor pozitive (si diferenta este nevida !). Asadar, problemele de optimizare cu

polinoame pozitive se rezolva intr-un cadru oarecum restrictiv, impus de parametrizarea descrisa

mai sus.

Generalizarea parametrizarii la cazul polinoamelor pozitive pe anumite domenii (analogul

pozitivitatii pe un interval, din cazul monodimensional) a fost prezentata in [Du06b].

O piedica in calea optimizarii cu polinoame pozitive cu mai multe variabile este inexistentia unui

rezultat de tip "factorizare spectrala". In unele probleme, aceasta poate fi inlocuita cu o inegalitate de tip Bounded Real Lemma, care in [Du06b] a fost exprimata sub forma unei inegalitati matriceale liniare (LMI).

In general, in cazul multidimensional, rezultatele matematice sunt mai slabe decat in cel monovariabil. Cu toate acestea, exista parametrizarea de baza descrisa mai sus care a permis rezolvarea unor probleme, deocamdata foarte putine ca numar.

3. Aplicatii si alte dezvoltari

In cazul monodimensional, utilizarea parametrizarii polinoamelor pozitive a condus la rezolvarea unor probleme de optimizare referitoare (printre altele) la :

- proiectarea filtrelor FIR [AV02, DLS02] si IIR (optimizare doar in magnitudine) [AV02]
- proiectarea bancurilor de filtre ortogonale cu doua canale [DP02]
- proiectarea reguletoarelor robuste de ordin redus [HSB03]
- proiectarea bancurilor de filtre ortogonale supraesantionate [WDR04]
- proiectarea filtrelor IIR [DN04]
- proiectarea bancurilor de filtre ortogonale simetrice [KTVN06]
- optimizarea unei constructii de tip dual-tree wavelet (cercetare in curs B.Dumitrescu impreuna cu I.Selesnick si I.Bayram, articol trimis in iunie 2007 la IEEE Signal Proc. Letters)

Alte dezvoltari ale subiectului se refera la:

- Algoritmi rapizi de rezolvare a problemelor SDP rezultate din utilizarea polinoamelor trigonometrice pozitive. Dupa unele tentative [AV02] cu viteza buna, dar stabilitate numerica redusa (interzicand rezolvarea unor probleme de dimensiuni mari), rezultate mai bune par a fi obtinute in [RV06].
- Generalizarea lemei Kalman-Yakubovich-Popov (sursa permanenta de rezultate legate de pozitivitate) la cazul sistemelor pozitive pe intervale [IH05], conducand tot la SDP.
- Margini de robustete pentru sisteme complexe [GHNSVX02]

In cazul multivariabil, aplicatiile sunt mai recente si deci mai putine

- Descrierea unor domenii convexe de stabilitate utilizate in proiectarea filtrelor IIR 2D [Du05]
- Test de stabilitate a sistemelor multidimensionale [Du06a]
- Proiectarea filtrelor FIR 2D [Du06b]

Un prima varianta de algoritm rapid pentru cazul 2D a fost prezentata in [RDV07].

In toata discutia de mai sus am ignorat voluntar eforturile matematicienilor. In ultimii 15 ani au fost produse mai multe rezultate importante referitoare la polinoamele suma-de-patrata. O parte dintre ele sunt prezentate in [PD01], dar suntem la curent si cu articolele mai recente.

Investigarea potentialului lor aplicativ (in general nu foarte evident si nu neaparat cautat de autori) este parte a lucrului la proiectul propus.

4. Concluzii – importanta si relevanta

Interesul recent acordat optimizarii cu polinoame pozitive se justifica prin posibilitatea rezolvarii, practic exact sau cu aproximatie buna, a unor probleme pentru care anterior se foloseau abordari conducand la formulari neconvexe. In cazul monovariabil se pare ca intelegerea fundamentelor parametrizarii polinoamelor pozitive este completa; mai raman eventual unele aplicatii in care acest instrument poate fi folosit, dar ele nu pot constitui obiectul unei cercetari sistematice, ci pot fi eventual produse derivate ale unor cercetari in alte directii.

In schimb, studiul pozitivitatii in contextul sistemelor multidimensionale este inca plin de zone neexplorate. O cauza primara este neidentitatea intre “pozitiv” si “suma-de-patrata”, care conduce la aproximatii care trebuie studiate de la o problema la alta. O alta este dificultatea in sine a problemelor, modelele complicate si programele aferente a caror scriere necesita, in afara intelegerii complete a problemei, multa atentie si minutie.

Tema propusa se afla la granita intre optimizare, teoria sistemelor si matematica, o zona in general accesibila cercetatorilor in automatica (teoria sistemelor), dar poate de interes mai mare in prelucrarea semnalelor. Acesta poate fi motivul pentru care explorarea decurge mai incet, dar fereastra de oportunitate nu va dura probabil prea mult. Directorul de proiect este bine plasat in cursa pentru studierea temei (dovada articolele sale recente), dar momentul este propice pentru o abordare cu forte mai mari, ale unui intreg grup.

Bibliografie

[AV02] B. Alkire, L. Vandenberghe - Convex optimization problems involving finite autocorrelation sequences, *Math. Progr. Ser. A*, vol. 93, no. 3, pp. 331–359, 2002

[CD06] R. S. Chandra, R.D’Andrea - A Scaled Small Gain Theorem With Applications to Spatially Interconnected Systems, *IEEE Trans. Automatic Control*, vol.51, no.3, pp.465-469, Mar. 2006.

[DD03] R.D’Andrea, G.E.Dullerud - Distributed control design for spatially interconnected systems, *IEEE Trans. Automatic Control*, vol.48, no.9, pp.1478-1495, Sept. 2003.

- [DLS02] T. N. Davidson, Z. Q. Luo, and J. F. Sturm - Linear matrix inequality formulation of spectral mask constraints with applications to FIR filter design, *IEEE Trans. Signal Process.*, vol. 50, no. 11, pp. 2702–2715, Nov. 2002.
- [DTS01] B.Dumitrescu, I.Tabus, P.Stoica - On the Parameterization of Positive Real Sequences and MA Parameter Estimation, *IEEE Trans. Signal Processing*, vol.49, no.11, pp.2630-2639, Nov. 2001
- [DP02] B. Dumitrescu, C. Popeea - Accurate Computation of Compaction Filters with High Regularity, *IEEE Signal Proc. Letters*, vol.9, no.9, pp.278–281, Sept. 2002.
- [DN04] B.Dumitrescu, R.Niemistö - Multistage IIR Filter Design Using Convex Stability Domains Defined by Positive Realness, *IEEE Trans. Signal Processing*, vol.52, no.4, pp.962-974, April 2004.
- [Du05] B.Dumitrescu - Optimization of 2-D IIR Filters with Nonseparable and Separable Denominator, *IEEE Trans. Signal Processing*, vol.53, no.5, pp.1768-1777, May 2005
- [Du06a] B.Dumitrescu - Stability Test of Multidimensional Discrete-Time Systems via Sum-of-Squares Decomposition, *IEEE Trans. Circuits & Systems I*, vol.53, no.4, pp.928-936, April 2006.
- [Du06b] B.Dumitrescu - Trigonometric Polynomials Positive on Frequency Domains and Applications to 2-D FIR Filter Design, *IEEE Trans. Signal Processing*, vol.54, no.11, pp.4282-4292, Nov. 2006
- [Du07] B.Dumitrescu – Positive Trigonometric Polynomials and Signal Processing Applications, *Springer*, 2007.
- [Du07a] B.Dumitrescu - Positivstellensatz for Trigonometric Polynomials and Multidimensional Stability Tests, *IEEE Trans. Circuits & Systems II*, vol.54, no.4, pp.353-356, 2007.
- [GHNSVX02] Y. Genin, Y. Hachez, Yu. Nesterov, R. Stefan, P. Van Dooren, S. Xu - Positivity and linear matrix inequalities, *Euro. J. Control*, vol. 8, pp.275–298, 2002.
- [GHNV03] Y. Genin, Y. Hachez, Y. Nesterov, P. Van Dooren – Optimization problems over positive pseudopolynomial matrices, *SIAM J. MatrixAnal. Appl.*, vol. 25, no. 1, pp. 57–79, 2003.
- [HSB03] D. Henrion, M. Sebek, V. Kucera - Positive Polynomials and Robust Stabilization With Fixed-Order Controllers, *IEEE Trans. Auto. Control*, vol.48, no.7, pp.1178–1186, July 2003.
- [IH05] T.Iwasaki, S.Hara - Generalized KYP Lemma: Unified Frequency Domain Inequalities With Design Applications, *IEEE Trans. Automatic Control*, vol.50, no.1, pp.41-59, Jan. 2005.
- [KTVN06] H.H. Kha, H.D. Tuan, B.Vo, T.Q. Nguyen - Symmetric Orthogonal Complex-Valued

Filter Bank Design by Semidefinite Programming, *ICASSP*, vol.3, pp.221–224, Toulouse, France, 2006.

[MW02] J. W. McLean and H. J. Woerdeman, “Spectral factorizations and sums of squares representations via semidefinite programming,” *SIAM J. Matrix Anal. Appl.*, vol. 23, no. 3, pp. 646–655, 2002.

[PD01] A. Prestel and C.N. Delzell. *Positive Polynomials: From Hilbert’s 17th Problem to Real Algebra*. Springer Monographs in Mathematics, Berlin, 2001.

[RDV07] T.Roh, B.Dumitrescu, L.Vandenberghe - Interior-Point Algorithms for Sum-of-Squares Optimization of Multidimensional Trigonometric Polynomials, *ICASSP*, Honolulu, Hawaii, April 2007.

[RV06] T. Roh, L. Vandenberghe - Discrete transforms, semidefinite programming and sum-of-squares representations of nonnegative polynomials,” *SIAM J. on Optimization*, vol. 16, no. 4, pp. 939–964, 2006

[SeDuMi] J. F. Sturm, “Using SeDuMi: A Matlab toolbox for optimization over symmetric cones,” *Optim. Meth. Softw.*, vol. 11–12, pp. 625–653, 1999. Available online: <http://sedumi.mcmaster.ca>

[WDR04] M.R. Wilbur, T.N. Davidson, J.P. Reilly - Efficient Design of Oversampled NPR GDFT Filterbanks. *IEEE Trans. Signal Proc.*, vol.52, no.7, pp.1947–1963, July 2004.

[YXZ05] R. Yang, L. Xie, and C. Zhang - Kalman–Yakubovich–Popov lemma for two-dimensional systems,” presented at the IFAC World Congr., Prague, Czech Rep., Jul. 2005.

10.2. Obiectivele proiectului

Obiectivele proiectului pot fi structurate pe trei nivele.

N1. Obiective practice (**O1** si **O2** de mai jos), care vizeaza scrierea unor programe si biblioteci de programe cu scopul facilitarii rezolvarii de probleme de optimizare cu polinoame trigonometrice pozitive, utilizand rezultate de baza deja cunoscute. Programele vor fi facute publice pe internet, iar realizarea lor rapida poate asigura intaietatea in acest domeniu. In momentul actual exista doar facilitati pentru lucrul cu polinoame de variabila reala, nu si cu polinoame trigonometrice.

Aceste obiective sunt pe termen scurt (un an fiind probabil suficient) si urmaresc in secundar sudarea grupului. Alte programe pot fi adaugate ulterior, pe masura ce lucrul avanseaza in celelalte directii propuse.

N2. Obiectivele stiintifice sunt cele mai importante. Pe acestea le putem imparti in obiective fundamentale (**O3-O5**), care se refera la proprietati de baza ale sistemelor multidimensionale, si obiective aplicative (**O6-O8**), prin care se vizeaza rezolvarea unor probleme de analiza sau proiectare, utilizand instrumentele teoretice si practice produse de indeplinirea celorlalte obiective.

N3. Obiective strategice. Pe termen lung, scopul acestui proiect este coagularea unui grup de cercetare stabil, a carui forta sa constea in special in domeniul teoretic, in fundamentele stiintei sistemelor. (La ora

actuala, exista in Facultatea de automatica si calculatoare mai multe grupuri cu preocupari mai degraba ingineresti, rezolvand probleme cu implementabilitate imediata.)

Obiectivele formale ale proiectului sunt urmatoarele:

O1. Scrierea unei biblioteci de programe dedicata manipulării facile a polinoamelor trigonometrice pozitive in contextul programării semidefinite. Din punct de vedere utilizator, polinoamele apar ca un tip de variabila, cu ajutorul careia se pot descrie operatii si restrictii intr-un mod facil. Biblioteca poate fi scrisa intr-o prima faza intr-un context independent (utilizand direct SeDuMi, de exemplu), iar ulterior prin intermediul unor biblioteci de nivel superior ca CVX (<http://www.stanford.edu/~boyd/cvx>) sau Yalmip (<http://control.ee.ethz.ch/~joloef/yalmip.php>). O sursa de inspiratie poate fi Gloptipoly (<http://www.laas.fr/~henrion/software/gloptipoly3>), o biblioteca pentru polinoame de variabila reala. Biblioteca propusa ar fi prima de acest gen pe plan mondial.

O2. Scrierea unei colectii unitare de programe rezolvand probleme standard de optimizare cu polinoame trigonometrice pozitive. Punctul de pornire sunt programele rezolvand problemele prezentate in monografia [Du07]. Prima etapa vizeaza programarea directa in SeDuMi (exista deja o serie de programe, gandite in majoritate independent) si, pentru simplitate, in CVX. A doua etapa va consta in utilizarea bibliotecii de la **O1**, programele realizate insotind biblioteca pe post de exemple.

O3. Studiul parametrizării polinoamelor mixte (de exemplu cu o variabila reala si mai multe complexe, partea complexa formand un polinom trigonometric). Aceste polinoame pot fi utile in abordarea problemelor de stabilitate robusta in care coeficientii sistemului depind polinomial de un numar redus de parametri. De asemenea, pot fi utile in studiul sistemelor hibride (cu variabile atat pentru timpul continuu cat si pentru timpul discret). Nu avem la cunostinta ca ar exista o astfel de parametrizare.

O4. Gasirea unei forme a lemei Kalman-Yakubovich-Popov, pentru unul din modele de stare ale sistemelor 2D, care sa caracterizeze un sistem pozitiv pe domenii definite de pozitivitatea unor polinoame. Acest rezultat ar fi o generalizare a lemei KYP pentru pozitivitate pe intervale [IH05], utilizand cadrul din [Du06b]. O astfel de lema a fost propusa in [YXZ05], dar numai pentru domenii dreptunghiulare, intr-o forma care nu pare foarte eficienta (distanta dintre suficienta si necesitate fiind mare, i.e. formularea pare mult prea conservatoare).

O5. Caracterizarea pozitivitatii sistemelor interconectate spatiale [DD03], in vederea studierii conditiilor de pasivitate, cu extensie in studiul stabilitatii. O teorema a amplificarii mici (small gain) este prezentata in [CD06], utilizand lema KYP, dar consideram ca o abordare bazata pe utilizarea polinoamelor pozitive poate fi mai eficienta.

O6. Studiul stabilitatii robuste a sistemelor, in mai multe abordari: a) sisteme monovariabile, ale caror coeficienti depind de niste parametri; b) sisteme multidimensionale, in model de stare, cu matricele modelului luand valori intr-un politop cunoscut. Un astfel de studiu este [Du07a], dar el se ocupa de o problema particulara de stabilitate, pentru sisteme unidimensionale in timp discret. Exista potential de a rezolva probleme mai generale, in special in modele de stare (Fornasini-Marchesini, de exemplu).

O7. Proiectarea bancuri de filtre 2D ortogonale, cu doua canale. Aceasta este o problema inselator de simplu formulata, pentru care exista singurele metode populare de rezolvare se bazeaza pe transformarea McClellan (de la 1D la 2D, Tay & Kingsbury 1993) sau pe metoda lifting (care asigura reconstructia perfecta). Ambele metode sunt neoptimale. Pentru problema 1D, rezolvarea este simpla [DP02], dar ea nu poate fi generalizata direct intrucat se bazeaza pe factorizare spectrala. Astfel de bancuri de filtre se pot utiliza de exemplu pentru compresia imaginilor.

O8. Ca aplicatie a teoriei pozitivitatii in teoria sistemelor, ne propunem investigarea unei proceduri de calcul al asa-numitei „raze” de controlabilitate, adica distanta de la o pereche controlabila (A,B) la multimea tuturor perechilor necontrolabile de aceeasi dimensiune. Problema calculului acestei distante se poate reformula ca o problema de optimizare convexa peste multimea polinoamelor matriceale pozitive de doua variabile. O metoda eficienta de calcul este data de aproximarea de tip suma-de-patrata a clasei de polinoame pozitive implicate in problema. In acest context, dorim studiul comparativ al aproximarii folosind polinoame cu variabila reala, respectiv folosind polinoame mixte. De asemenea, este interesant studiul conditiilor asupra perechii (A,B) care fac ca polinomul matriceal in doua variabile mentionat mai sus sa se poata scrie ca suma de patrata.

O9. Alte aplicatii. Din experienta directa a autorului, o parte dintre articolele publicate au rezultat aproape imprezibil ca urmare a doi factori: i) detinerea unor metode emergente, cunoscute doar in cercuri restranse (cum sunt acum diverse rezultate referitoare la parametrizarea polinoamelor trigonometrice multivariabile pozitive) si ii) descoperirea (prin lecturi sistematice sau intamplatoare) unor probleme care se preteaza la rezolvare cu metodele i). Ne asteptam ca acest proiect sa produca si astfel de realizari, greu de prevazut, dar pentru care masa critica de cunostinte este aproape acumulata.

Impact estimat. Ne asteptam ca realizarea obiectivelor **O1** si **O2** sa produca cel putin lucrari de conferinta (eventual articole de revista in conjunctie cu descrierea rezolvarii unor aplicatii), precum si un numar de utilizatori in afara grupului, care sa citeze bibliotecile realizate. De asemenea, realizarea bibliotecilor propuse va favoriza colaborarea cu alte grupuri de cercetatori care se ocupa de probleme similare.

Realizarea obiectivelor **O3-O9** poate produce lucrari publicabile in reviste cotate ISI. Probabil ca 7 articole ISI (cate unul pentru fiecare obiectiv) este un tel prea indraznet, dar apreciam ca publicarea unui numar de 3-4 articole este perfect realizabila. In plus, din realizarea obiectivelor vor realiza in mod cert si cateva lucrari de conferinta (avem in vedere numai conferinte internationale de prima mana, gen ICASSP, EUSIPCO, MTNS).

In plus, materialul acumulat va permite realizarea a doua teze de doctorat de calitate.

O parte dintre obiective pot fi atacate impreuna cu cercetatori din alte universitati. Datorita timpului scurt de pregatire a proiectului, nu avem angajamente ferme in acest sens, dar mizam pe bunele relatii cu coautori mai vechi sau mai noi (vezi "resurse umane").

10.3. Metodologia cercetarii

Metodologia generala dupa care ne ghidam este una obisnuita:

- Documentarea completa prin studierea articolelor celor mai recente din literatura de specialitate si a rapoartelor tehnice disponibile prin Internet (care contin uneori rezultate recente de mare interes). Parte din articole vor fi obtinute prin legaturile noastre cu cercetatori din universitati straine. Activitatea de recenzent asigura de asemenea informatii de actualitate.
- Gasirea unor idei noi, care sa imbunatateasca abordarile precedente, sau sa produca abordari noi. Este etapa cea mai dificila si cea mai greu predictibila in activitatea de cercetare.
- Testarea ideilor prin realizarea de programe (Matlab) si compararea rezultatelor obtinute de noi cu cele obtinute de alti cercetatori.
- In cazul ideilor bune: incercarea de generalizare, gasirea unor demonstratii complete, fundamentarea tuturor argumentelor.
- Scrierea unor lucrari care sa prezinte aceste idei si rezultatele testelor. Reteta de publicare a unor articole in reviste bine cotate este in principiu simpla : o inovatie teoretica + rezultate experimentale convingatoare + redactare ingrijita + gasirea revistei potrivite.

10.4. Resurse necesare:

10.4.1 Resursa umana

10.4.1.1. Directorul de proiect

10.4.1.1.1 Competenta stiintifica a directorului de proiect

Domenii de competenta: prelucrarea semnalelor, optimizare convexa, programare semidefinita, algoritmi paraleli.

Lucrari stiintifice: 19 articole in reviste cotate ISI, dintre care 10 in ultimii 5 ani, in special in reviste de prelucrarea semnalelor (de exemplu, 4 articole in IEEE Trans. on Signal Processing, cea mai prestigioasa revista in domeniu). Peste 40 de lucrari la conferinte internationale, dintre care 12 apar in baza de date IEEE. O lista completa a lucrarilor se gaseste la http://www.cs.tut.fi/~bogdand/BD_PublicationList.html.

Carti: 9, dintre care cea mai importanta este *Positive trigonometric polynomials and signal processing applications*, aparuta in primavara 2007 la Springer.

Rezultate semnificative: cele mai semnificative rezultate au fost obtinute prin aplicarea unor metode de optimizare, in special programare semidefinita, in probleme specifice prelucrării semnalelor. Intre problemele abordate se numara proiectarea filtrelor FIR si IIR (inclusiv in cazul 2D) sau proiectarea bancurilor de filtre. Un alt subiect cu rezultate recente este stabilitatea sistemelor, inclusiv a celor multidimensionale.

Colaborari internationale: mai multe stagii de cercetare la Tampere University of Technology, Finlanda (peste 4 ani, in total, in ultimii 9 ani). Colaborari directe cu cercetatori de la Nokia Research Center (Tampere, Finlanda), Drexel University (Philadelphia, SUA), University of California (Los Angeles), Brooklyn University (New York).

Conducere de doctorat: dosarul de conducere de doctorat a fost depus in aprilie 2007.

Altele: Recenzent la mai mult de 10 reviste in diverse domenii (prelucrarea semnalelor, circuite si sisteme, automatica, dar si la Mathematical Reviews). Membru in comitetul tehnic de program la mai multe conferinte europene (EUSIPCO 2007, Poznan, Polonia) si IEEE (ISSPA 2007, Sharjah, UAE, NSIP 2007, Bucuresti).

Cele mai recente 10 articole (toate in reviste cotate ISI):

- B.Dumitrescu - Positivstellensatz for Trigonometric Polynomials and Multidimensional Stability Tests, *IEEE Trans. Circuits & Systems II*, vol.54, no.4, pp.353-356, 2007.
- B.Dumitrescu - Trigonometric Polynomials Positive on Frequency Domains and Applications to 2-D FIR Filter Design, *IEEE Trans. Signal Processing*, vol.54, no.11, pp.4282-4292, Nov. 2006.
- B.Dumitrescu, B.C.Chang - Robust Schur Stability with Polynomial Parameters, *IEEE Trans. Circuits & Systems II*, vol.53, no.7, pp.935-937, July 2006.
- B.Dumitrescu - Stability Test of Multidimensional Discrete-Time Systems via Sum-of-Squares Decomposition, *IEEE Trans. Circuits & Systems I*, vol.53, no.4, pp.928-936, April 2006.
- B.Dumitrescu, R.Bregovic, T.Saramäki - Simplified Design of Low-Delay Oversampled NPR GDFT Filterbanks, *EURASIP Journal on Applied Signal Processing*, vol. 2006, Article ID 42961, 11 pages, 2006.
- B.Dumitrescu - Bounded Real Lemma for FIR MIMO Systems, *IEEE Signal Processing Letters*, vol.12, no.7, pp.496-499, July 2005.
- B.Dumitrescu - Optimization of 2-D IIR Filters with Nonseparable and Separable Denominator, *IEEE Trans. Signal Processing*, vol.53, no.5, pp.1768-1777, May 2005.
- B.Dumitrescu, R.Niemistö - Multistage IIR Filter Design Using Convex Stability Domains Defined by Positive Realness, *IEEE Trans. Signal Processing*, vol.52, no.4, pp.962-974, April 2004.
- R.Niemistö, B.Dumitrescu - Simplified Procedures for Quasi-Equiripple IIR Filter Design, *IEEE Signal Processing Letters*, vol.11, no.3, pp.308-311, March 2004.
- C.Popeea, B.Dumitrescu, B.Jora - Efficient State-Space Approach for FIR Filter Bank Completion, *Signal Processing*, vol.83, no.9, pp.1973-1983, Sept. 2003.

10.4.1.1.2. Competenta manageriala a directorului de proiect

B.Dumitrescu a fost director la urmatoarele proiecte de cercetare (codirector, la al treilea):

1. Proiectarea filtrelor de semnal utilizand programarea semidefinita, contract CNCSIS, cod 406, 2002

(nr.33784/23.07.2002). (55 000 000 ROL)

2. Noi aplicatii ale programarii semidefinite in proiectarea filtrelor digitale, contract CNCISIS, cod 153, 2003 (nr. 40528/5.11.2003). (91 500 000 ROL)

3. Filterbanks for speech enhancement, contract al Universitatii Tehnice din Tampere, Finlanda, cu Nokia Research Center, 2004 (cu prelungire in 2005). (80 000 EUR)

Toate proiectele au fost duse la bun sfarsit, producand printre altele si articole in reviste cotate ISI.

10.4.1.2. Echipa de cercetare

Lista membrilor echipei de cercetare: (Fara directorul de proiect)

Nr. crt.	Nume si prenume	Anul nasterii	Titlul didactic stiintific *	Doctorat **	Semnatura
1	RADU STEFAN	1969	Conferentiar	DA	
2	CRISTIAN FLUTUR	1982	Cercetator	NU	
3	X – va fi selectat ulterior (toamna 2007)			NU	

* La “Titlu didactic/stiintific” completati cu una din variantele:

Profesor / Conferentiar / Lector / Asistent / CS I / CS II / CS III / Cercetator

** La “Doctorat” completati cu una din variantele: **DA /NU / Doctorand**

10.4.1.2.1. Cercetatori cu experienta

Radu Stefan s-a nascut in 1969. Din 1993 este cadru didactic (conferentiar, din 2005) la Facultatea de Automatica si Calculatoare a Universitatii Politehnica din Bucuresti. A obtinut titlul de doctor inginer in 1998. Intre feb. 1999 si august 2001 a fost cercetator asociat la Faculte des Sciences Appliquees, Universite Catholique de Louvain, Belgia, facand parte dintr-unul din grupurile care au initiat cercetarile curente in utilizarea polinoamelor pozitive in optimizare, vezi mai sus lucrarea [GHNSVX02].

Domenii de competenta : teoria sistemelor, stabilitate, optimizare, sisteme neliniare

Experienta acumulata in programe nationale/internationale:

- coordonator proiect “Masuri de robustete pentru sisteme complexe” in colaborare cu Universitatea catolica din Louvain, 2002-2003.
- conducator proiect "Advanced topics in stability radius theory", SSTC Fellowship al guvernului Belgiei, 1999-2000.
- conducator proiect "Positivity, dissipativity and robustness of control systems: theory and algorithms", NATO Fellowship, 2000-2001.
- participare la alte 10 granturi/contracte nationale/internationale ca membru al echipei de cercetare (CNCISIS, Banca Mondiala, MCT).

Lucrari semnificative (in ultimii 5 ani):

1. Vl. Rasvan si R. Stefan, Systemes Nonlineaires: Theorie et Applications, Hermes Science, 2007.
2. R. Stefan, Disturbance attenuation in the chain-scattering formalism, Mathematical Reports, 5(55), 4, pp. 371-387, 2003.
3. V. Rasvan si R. Stefan, Discussion on Passification of nonsquare nonlinear systems, European Journal of Control, 9, 6, pp. 587-588, 2003.
4. V. Ionescu si R. Stefan, Generalized time-varying Riccati theory: A Popov operator based approach, Integral Equations and Operator Theory, 48, pp. 159-212, 2004.
5. Y. Hachez si R. Stefan, Computing the distance to uncontrollability: A convex optimization approach, IFAC CAO06, Paris, France, 2006.

10.4.1.2.2. Cercetatori in formare

Cristian Flutur s-a nascut in 1982. In 2006 a terminat Facultatea de Automatica si Calculatoare a Universitatii Politehnica Bucuresti, unde este cercetator din ianuarie 2007, in cadrul centrului de cercetare ACPC. In toamna 2007 se va inscrie la doctorat. Un posibil titlu al tezei de doctorat este "Optimizare convexa in analiza si sinteza sistemelor", cu planul de a acorda cea mai mare parte a studiului optimizarii cu polinoame trigonometrice pozitive.

In cadrul proiectului prima sarcina a lui C.Flutur va fi realizarea obiectivului O1 (vezi 10.2), de implementare a unei biblioteci de programe dedicata manipularii facile a polinoamelor trigonometrice pozitive in contextul programarii semidefinite. Acest obiectiv necesita cunostinte standard de programare si informatii despre polinoamele trigonometrice pe care le va capata prin documentare, pe parcursul lucrului. Dupa terminarea bibliotecii (sau a unei prime versiuni, cvasi-complete), C.Flutur va trece la nivelul urmator, cel de participare la realizarea unor obiective stiintifice (vezi 12.1); in prima faza, participarea se va materializa in implementare de programe dupa idei primite de la cercetatorii cu experienta si la teste si comparatii folosind aceste programe. In mod ideal, va urma faza emiterii unor idei inovative proprii, validate corespunzator. Un scop al participarii la proiect este finalizarea tezei de doctorat, chiar daca sustinerea va avea loc efectiv doar dupa terminarea proiectului.

Al patrulea membru al echipei, notat X, nu a fost identificat. Ar putea fi unul dintre absolventii din 2007 ai Facultatii de Automatica si Calculatoare. X va fi selectat in toamna 2007, procesul de cautare incepand de acum si intensificandu-se imediat ce proiectul va fi fost aprobat. Este posibil ca X sa nu se inscrie la doctorat in 2007, inscrierea urmand sa aiba loc in 2008. X se va ocupa de realizarea obiectivului O2, care are caracter de implementare, deci este potrivit pentru introducerea activa in domeniul optimizarii cu polinoame multivariabile. Dupa terminare, urmeaza implicarea tot mai activa in obiectivele stiintifice, asa cum este explicat mai sus pentru C.Flutur.

Asa cum este mentionat la 12.1, deocamdata nu ne propunem o separare clara a obiectivelor O3-O8 intre C.Flutur si X. In orice caz, de un obiectiv se va ocupa cel mult unul dintre ei, iar numarul de obiective in care va fi implicat fiecare va depinde de capacitatea lor de progres. Alegerea obiectivelor pentru fiecare dintre ei se va face printr-o abordare treptata, in functie de afinitati si evolutia lucrului.

10.4.2 Alte resurse

10.4.2.1. Resurse financiare

1. Cheltuieli de personal – salarii incluzand contributiile platite de angajator

B.Dumitrescu, jumatate de norma: 3000 RON/luna

R.Stefan, jumatate de norma: 2500 RON/luna

2 tineri cercetatori, norma intreaga: 2600 RON/luna

Total: $(3000 + 2500 + 2600 + 2600) * 36 = 385200$ RON

2. Regie 25 %: 96 300 RON

3. Mobilitati

- Pentru cercetatorii cu experienta, cate 3 deplasari de 15-30 de zile. In afara documentarii si discutiile cu cercetatorii de acolo, beneficiarii deplasarilor vor face prezentari stiintifice in universitatile gazda. Suma pentru fiecare deplasare: 7000 RON.
- Pentru tinerii cercetatori, cate 3 deplasari de 2 luni. Suma pentru fiecare deplasare: 9000 RON.

Total: $(7000 + 9000)*6 = 96\ 000$ RON

Deplasarile vor fi efectuate la universitati unde exista grupuri cu preocupari apropiate si cercetatori cu care suntem in contact (chiar daca nu am avut colaborari directe), anume:

- Tampere University of Technology (Finlanda): I.Tabus, J.Astola, T.Saramaki
- Universite Catholique de Louvain (Belgia): P.Van Dooren, Y.Nesterov
- Lab. d'Analyse et d'Architecture de Systemes (CNRS), Toulouse (Franta): D.Henrion
- INRIA Futurs, Orsay (Franta): L.Grigori
- eventual, universitati din SUA, in conjunctie cu deplasari la conferinte (pentru reducerea costurilor): L.Vandenbergh, I.Selesnick, B.C.Chang

Deplasările vor fi (pe cât posibil) uniform distribuite în cei 3 ani ai proiectului.

4. Cheltuieli de logistică

a. Infrastructură

- 2 calculatoare bune (pentru tinerii cercetători): 10000 RON
- 1 imprimantă (pentru uz curent al grupului): 1500 RON
- Matlab, licența academică pentru un grup de aprox. 10 utilizatori: 30000 RON

b. Diseminare rezultate

- cheltuieli pentru articole publicate (de exemplu paginile suplimentare în revistele IEEE—peste 8—costă 150-200 USD/pagină): 6000 RON
- sprijin pentru publicarea unei cărți în limba română: 5000 RON
- întreținere și actualizare site web www.schur.pub.ro: 3000 RON

c. Documentare

- Cumpărare cărți: 3000 RON
- Taxa IEEE + abonamente electronice la câteva reviste: 3000 RON

d. Invitați străini:

- 3 invitați străini la București, pentru o săptămână fiecare, pentru discuții și o prezentare științifică, de exemplu în seminarul științific al catedrei. Cel puțin unul dintre invitați va ține o prelegere la tradiționala școală de vară organizată în Facultatea de automată și calculatoare, în ultima decadă a lunii mai. Vor fi invitați cercetători cu preocupări similare celor ale grupului, de preferat dintre cei cu care există relații de colaborare. Vor fi suportate cheltuielile de transport și cazare, eventual o indemnizație. Suma pentru fiecare invitat: 6000 RON.

e. Altele

- Consumabile: 8000 RON
- Neprevăzute: 5000 RON

Total: 41500 + 14000 + 6000 + 18000 + 13000 = 92500 RON

Distribuire cheltuieli pe ani:

	2007	2008	2009	2010
Calculatoare		10000		
Imprimantă		1500		
Matlab		30000		
Articole		1000	2000	3000
Carte				5000
Site		1000	1000	1000
Cumpărare cărți		1000	2000	
IEEE		1000	1000	1000
Invitați		6000	6000	6000
Consumabile	1000	2000	3000	1000
Neprevăzute	1000	1000	2000	1000
Total	2000	54500	18000	18000

10.4.2.2. Infrastructură disponibilă (calitatea infrastructurii de cercetare existente)

Pentru cercetarea propusă în acest proiect sunt suficiente calculatoare cu o viteză de calcul rezonabilă (produse în ultimii 2-3 ani) și conexiune la internet. În afara programului Matlab (pentru care avem o singură licență), restul programelor necesare sunt disponibile liber pe internet.

Infrastructură existentă: Rețea de 6 calculatoare (dintre care 3 sunt utilizate, iar unul este server), în sala ED206, unde lucrează B.Dumitrescu (și Grupul de calcul numeric). Patru dintre calculatoare au mai puțin de trei ani vechime. O imprimantă, destul de veche. De asemenea, acces la laboratorul de Sisteme și Optimizări, unde lucrează R.Stefan.

Infrastructura necesara: 2 calculatoare PC de buna calitate, pentru cei doi tineri cercetatori. O imprimanta de birou pentru grup mic de lucru. Licenta Matlab pentru intreg grupul.