



Programul de master Tehnici Avansate în Domeniul Semnalelor și Sistemelor

Descrierea disciplinelor din planul de învățământ

Tehnici de identificare a sistemelor neliniare

Obiectivul cursului TISN este de a introduce principalele concepte și terminologia specifică Identificării Sistemelor Neliniare, pe baza unor metode algoritmizabile aplicabile în special modelelor de tip intrare-ieșire. Cursul oferă competențe în direcția identificării avansate a sistemelor, prin considerarea caracterului lor neliniar. Discuția este focalizată în jurul claselor de modele neliniare de tip Volterra, Hammerstein, Wiener și Wiener-Hammerstein. Obiectivul aplicațiilor practice asociate cursului este de a oferi posibilitatea implementării unora dintre algoritmi prezentați, în special a celor de complexitate rezonabilă. Studenții sunt invitați să implementeze și să testeze acești algoritmi în cadrul mediului de simulare Matlab.

Metode numerice în automatică

Cursul de Metode Numerice în Automatică oferă o lecție despre bunele practici în calculul numeric, cu aplicație la probleme de bază din Automatică. Cursul începe cu algoritmi pentru rezolvarea sistemelor liniare de ecuații matriceale, calculul funcțiilor de matrice și rezolvarea ecuațiilor diferențiale. El continuă cu metode specifice reprezentării sistemelor dinamice și conversiei între diferitele modele. Reprezentările sunt apoi utilizate pentru calculul unor caracteristici esențiale ale sistemelor, precum răspunsurile în timp și frecvență. Activitățile practice ale studenților includ implementarea unora dintre metode în Matlab și un mini-proiect individual.

Sisteme robuste SISO

Cursul de sisteme robuste cu o intrare și o ieșire introduce conceptul fundamental de incertitudine în modelare pentru aceasta clasă simplă, dar fundamentală de sisteme și prezintă principalele tehnici de reglare robustă asociate. Aplicațiile urmăresc utilizarea bibliotecilor de bază din controlul robust pentru rezolvarea unor probleme reale avansate de control al sistemelor incerte. Proiectarea clasică este recapitulată pe scurt și pusă în antiteză cu proiectarea modernă, explicându-se necesitatea unei noi abordări fundamentale bazate pe conceptele de normă. Sunt discutate diferite metode de proiectare: reglatoare optime, model-matching, algoritmul



Nevanlinna-Pick, proiectarea pentru performanță, optimizarea marginii de stabilitate, acordarea lui S, T și Q.

Calcul științific

Principala dificultate în calculul științific este dimensiunea mare a datelor, care trebuie prelucrate într-un timp rezonabil. În acest scop sunt utilizate arhitecturi de calcul speciale, care necesită algoritmi speciali. Cursul se concentrează pe două tipuri de principii arhitecturale: memorie ierarhică și calcul paralel. Primul este la originea algoritmilor la nivel de bloc în calculul matriceal, dintre care sunt prezentați cei pentru factorizările LU și QR. Dintre modelele de calcul paralel, cursul insistă asupra celui bazat pe “un singur program, mai multe date”, implementat prin standardul Message Passing Interface (MPI). Algoritmii utilizați ca exemplu aparțin algebrei liniare și pregătesc prezentarea unor biblioteci pentru calculul de înaltă performanță, ca BLAS, LAPACK și SCALAPACK. Studenții au ca temă principală scrierea unui program MPI folosind un simulator; există și opțiunea de a alege OpenCL pe GPU, folosind o stație grafică.

Metode de reducere dimensională

Cursul MRD are ca principal scop familiarizarea studentului cu conceptele fundamentale care stau la baza metodelor de reducere dimensională în știință și inginerie, prezentarea principalelor tehnici de reducere dimensională a sistemelor, analiza unor exemple relevante pentru conceptele și metodele teoretice și rezolvarea unor probleme specifice cu ajutorul unor pachete de programe specializate (Matlab). Sunt prezentate două mari clase de metode de reducere dimensională aplicabile sistemelor de dimensiune mică și medie ce sunt bazate pe două filozofii distincte: metoda de trunchiere balansată și metoda de aproximare în normă Hankel. Cursul prezintă și două clase de metode aplicabile sistemelor de dimensiune mare și foarte mare: metode de tip Krylov și de tip Arnoldi. Toate rezultatele teoretice sunt ilustrate cu numeroase exemple ingineresti concrete (e.g., controlul razei laser la CD, predicția meteo).

Sisteme neliniare

Cursul reprezintă în primul rând o introducere în studiul sistemelor dinamice descrise de ecuații diferențiale neliniare, cu accent pe descrierea calitativă a comportamentului unor astfel de sisteme în spațiul stărilor. Prin intermediul exemplilor, expunerea încearcă în paralel plasarea teoriei ecuațiilor diferențiale neliniare în contextul aplicațiilor pe care aceasta le are în fizică, biologie, chimie și inginerie. Sunt prezentate noțiunile de punct de echilibru și orbite periodice, apoi ideile de stabilitate și liniarizare în vecinătatea acestor traiectorii particulare de stare, ceea ce permite realizarea de clasificări a dinamicilor neliniare. Sunt introduse funcțiile Liapunov ca instrument de analiză a stabilității. Cursul conține de asemenea o parte de sinteză de legi de reglare pentru sisteme neliniare. Sunt prezentate instrumente cum ar fi liniarizarea intrare-ieșire sau tehnica pasului înapoi (backstepping).



Sisteme robuste MIMO

Cursul de sisteme robuste cu mai multe intrări și mai multe iesiri este o continuare a cursului de sisteme robuste SISO. Sunt introduse incertitudinile de model bazate pe reprezentările pe factori coprimi normalizați și metrica gap. Sunt prezentate tehnici de proiectare modernă a sistemelor robuste MIMO folosindu-se tehnici de optimizare neconvexa de tip H-2/H-infin. Sunt introduse o serie de concepte fundamentale cum ar fi ecuațiile algebrice Riccati, factorizările spectrale, entropia, sinteza μ , reducerea ordinului regulatorului, tehnici de loopshaping MIMO și tehnici de tip μ -gap. Toate aceste noțiuni sunt prezentate din punct de vedere teoretic și exemplificate pe situații reale, e.g., motoare cu reacție actuale (Boeing Dreamliner, Airbus 380) și proiectarea sistemelor integrate de tip ESP, DCS și X-Drive de generația a III-a la automobile.

Algoritmi numerici de sinteză

Obiectivul acestui curs este prezentarea metodelor moderne de calcul numeric pentru rezolvarea problemelor de simulare și sinteză sistemică modernă (robustă/optimală) pentru sistemele MIMO. Principalele capitole abordate sunt: metode de alocare a polilor și zerourilor, metode de fascicule matriceale aplicate matricei sistem, rezolvarea numerică a ecuațiilor matriceale Lyapunov, Sylvester, Riccati, continue și discrete folosind metode exacte și iterative, metode numerice în rezolvarea problemelor de sinteză optimală, sinteza reguletoarelor Kalman, H-2 și H-infin, soluția problemelor la optim, metode de calcul a normelor sistemice, tehnici numerice de perturbații singulare, tehnici LMI în sinteza robustă.

Semnale și sisteme stochastice

Cursul prezintă noțiunile de bază și metodele de modelare și simulare a proceselor insuficient cunoscute sau/și supuse acțiunii unor factori de mediu exogen puțin sau deloc predictibili prin mijloace clasice. Cursul introduce noțiunile de variabile aleatoare și procese (semnale) stochastice, entropie și informație, elemente de teoria estimării, cum ar fi criteriile și indici de calitate, informație apriori, construcția modelelor AR și sinteza adaptivă a filtrelor de semnal. Modelarea sistemică a semnalelor stochastice și problema de factorizare spectrală pentru sisteme real pozitive sunt folosite pentru proiectarea filtrului Kalman, soluția LQG și, mai general, pentru conducerea sistemelor stochastice. Cursul se încheie cu o privire retrospectivă asupra dificultăților abordării stochastice și sugerează câteva soluții alternative.

Optimizări convexe

Cursul de Optimizări Convexe se concentrează pe recunoașterea și rezolvarea problemelor de optimizare care apar în aplicații. Cursul introduce mai întâi noțiunile de bază cu privire la analiza convexă: mulțimi și funcții convexe. Apoi definește în mod riguros noțiunile corespunzătoare optimizării convexe (condiții de optimalitate, teoria dualității și teoreme de alternativă) și metode numerice de optimizare (metode de tip gradient, punct interior și metode de descompunere). În



final cursul furnizează aplicații din control, procesare de semnal și filtre, statistică, proiectare de circuite și finanțe. Obiectivele principale ale cursului sunt de a da studentului instrumentele necesare pentru a determina dacă o problemă de optimizare este convexă, de a furniza studentului principalele metode numerice de optimizare convexă și de a oferi studenților baza teoretică pentru a utiliza aceste metode în activitatea lor de cercetare sau în aplicații.

Analiză timp-frecvență și undine

Obiectivul cursului ATFUN este de a introduce principalele concepte și terminologia specifică analizei timp-frecvență-scală, în principal utilizând undine ortogonale și bi-ortogonale, cu deschidere către aplicații practice. Cursul oferă competențe în direcția prelucrării avansate a semnalelor, prin considerarea caracterului lor nestaționar și utilizarea unor tehnici de analiză de tip timp-frecvență-scală, în special bazate pe undine discrete cu suport finit. Obiectivul aplicațiilor practice asociate cursului este de a oferi posibilitatea verificării prin simulare a unora dintre algoritmi prezentați, în special bazați pe undinele din clasa lui Daubechies. Studenții sunt invitați să implementeze și să testeze acești algoritmi în cadrul mediului de simulare Matlab.

Sisteme dinamice discrete cu aplicații în geometria fractală

Cursul introduce conceptele de sisteme dinamice discrete, sisteme iterative (iterated function system), operator Hutchinson, studiul fractalilor ca atractori ai sistemelor iterative, fractali clasici, mulțimi Julia și Mandelbrot. Sunt studiate sistematic diferite noțiuni de dimensiune fractală și se dau metode de calcul a dimensiunii fractale. Cu toate că întregul curs se bazează pe noțiuni matematice riguroase, acestea sunt ilustrate permanent de aplicații atractive ca de exemplu mulțimea lui Cantor, triunghiul lui Sierpinski, covorul lui Sierpinski, curba lui Koch, feriga lui Barnsley, etc sau prin aplicații ingineresti moderne cum ar fi analiza neliniară a imaginilor video bazată pe algoritmi de generare a fractalilor și calcul aproximativ al dimensiunii fractale prin metodele compasului și Box-Counting.

Prelucrarea avansată a semnalelor

Cursul de Prelucrare Avansată a Semnalelor are ca scop extinderea în mai multe direcții a cunoștințelor dobândite în timpul studiilor de licență. Cursul prezintă mai multe domenii: bancuri de filtre, estimare spectrală, reprezentări rare, cuantizare vectorială și unele noțiuni de prelucrare a imaginilor. Se insistă în special asupra algoritmilor, unii clasici precum cei pentru proiectarea bancurilor de filtre sau pentru estimare spectrală neparametrică, alții foarte moderni, ca matching pursuit sau basis pursuit. Deși se dorește ca toți studenții să atingă un anumit nivel de cunoștințe în toate direcțiile, diversitatea de domenii are și menirea ca fiecare student să aleagă unul pentru studiu aprofundat într-un proiect individual bazat pe cele mai recente metode.



Tehnici de optimizare neconvexă

Obiectivul cursului de tehnici de optimizare neconvexă este familiarizarea studentului cu metode avansate de optimizare a funcțiilor neconvexe supuse constrângerilor structurale, așa cum apar acestea în teoria sistemelor și ingineria electrică în general și în automatică în particular. După introducerea formalismului matematic general, sunt prezentate metode din următoarele mari clase: metode primale, metode de penalizare și barieră, metode de plan dual și secant și metode de tip Lagrange. Accentul cursului este pe procedurile numerice asociate, pe buna condiționare numerică a algoritmilor și pe exemple de aplicare a acestor metode în aplicațiile practice cotidiene.

Curs opțional

Sunt propuse alternativ următoarele cursuri opționale:

- Sisteme descentralizate (Conf. I. Necoara – UPB/FA&C);
- Semnale, sisteme și optimizare: o abordare integrată (Prof. Petre Stoica – Universitatea din Uppsala/Suedia);
- Sisteme cu întârziere (Dr. Silviu Niculescu – Supelec Paris/Franța);
- Semnale genomice (Prof. Ioan Tăbuș – Universitatea din Tampere/Finlanda);
- Sisteme optime (Prof. Cristian Oară);
- Tehnici de elaborare, redactare și recenzare de articole științifice (Prof. B. Dumitrescu).

Obiectul cursului de sisteme descentralizate este prezentarea mijloacelor teoretice și practice de abordare a conducerii proceselor complexe. Cursul prezintă mai întâi principalele structuri descentralizate de conducere și definește metodologiile de stabilire a configurației buclelor de reglare pentru procese multivariabile și de rezolvare a situațiilor conflictuale generate de interacțiunile dintre buclele de reglare. În final cursul prezintă practica sistemelor de reglare descentralizate a proceselor tehnologice multivariabile: stabilirea obiectivelor de reglare, alegerea mărimilor măsurate și a mărimilor de execuție, stabilirea configurației buclelor de reglare pentru o structura descentralizată de conducere, decuplarea staționară și legi și algoritmi de reglare de tip PI și PID multivariabili, precum și aplicarea acestor tehnici de conducere pe câteva aplicații relevante (sisteme energetice interconectate, procese chimice).

Cercetare științifică

Programul de master Tehnici Avansate în Domeniul Semnalelor și Sistemelor (TADSS) propune studierea celor mai recente și eficiente metode din literatura de specialitate și de aceea pune un accent deosebit pe activitatea de cercetare a studenților, cu scopul declarat ca mulți dintre aceștia să-și continue pregătirea cu studii doctorale. În funcție de materiile preferate, fiecare student alege un profesor îndrumător. De comun acord, se stabilește o temă de cercetare, care poate desigur evolua pe parcursul celor doi ani de studiu. În măsura posibilităților, studenții își desfășoară activitatea de cercetare în cadrul unor proiecte derulate de profesorii programului



Universitatea POLITEHNICA
din București



Facultatea de AUTOMATICĂ
și CALCULATOARE

TADSS. Deși modul de desfășurare poate diferi, un tipar general este următorul. În primul an, studentul urmărește cu precădere familiarizarea cu problema de cercetare prin citirea unor articole de specialitate și, mai ales, prin implementarea și testarea cu date simulate sau reale a unor metode de rezolvare a problemei alese. În acest fel își crește abilitatea de a înțelege formalismele de prezentare a rezultatelor științifice, de a parcurge rapid distanța de la teorie la implementare și de a evalua critic diverse abordări ale aceleiași probleme. În al doilea an, sau și mai devreme atunci când e posibil, activitatea de cercetare are ca scop principal dezvoltarea creativității specifice, urmărindu-se în special aspectele inovative pe care studentul le poate identifica, implementa și demonstra. Studentul întocmește în fiecare semestru un raport de cercetare, care are și rolul de a-l obișnui cu scrierea de lucrări tehnice și științifice. În mod ideal, proiectul de dizertație este o urmare naturală a acestor rapoarte și o încununare a activității de cercetare.