

Identificarea Sistemelor

Cod: 03.S.07.O.203

Titulari de curs: Dan Ștefănoiu, Janetta Culiță

Durată: 42 h curs, 28 h aplicații de laborator

Valoare ECTS: 6 credite / 60

Obiectiv. Scopul acestui curs este de a introduce principalele concepte și terminologia specifică Teoriei Modelării și Identificării Sistemelor, cu deschidere către aplicații practice.

Cunoștințe preliminare necesare:

- Matematica și Fizica primilor 2 ani de studiu într-o universitate tehnică.
- Metode Numerice.
- Teoria Sistemelor.

Acest curs constituie o bază de cunoștințe pentru următoarele discipline de Automatică:

- Ingineria Reglării Automate.
- Conducerea Automată a Proceselor (Industriale).
- Diagnoză automată de sisteme.

Structura cursului. Cursul este structurat în 4 capitole: Introducere, Modele matematice (de identificare), Semnale de stimul și Metode fundamentale de identificare și validare.

Structura laboratorului. Lucrările de laborator se desfășoară după un plan care include 4 teme în mod minimal și 8 teme în mod maximal. Temele sunt enunțate în finalul programei analitice. Fiecare temă include 4 exerciții de gândire și 3 probleme de simulare. Unele dintre exercițiile de gândire sunt corelate cu problemele de simulare.

Maniera de examinare. Cele 100 de puncte alocate în vederea examinării studenților sunt împărțite în 2 categorii: 40 de puncte pentru activitatea de laborator și 60 de puncte pentru prestația din timpul examenului. În cazul nepromovării, punctajul de la laborator se conservă pînă la promovare, dar punctajul de la examen se reconstruiește de la 0 (zero) la fiecare reexaminare. Punctajul minim necesar promovării (laborator+examen) este de 45 de puncte. Studenții au posibilitatea de a-și mări punctajul de la laborator (dar în limita celor 40 de puncte), între reexamnări successive, prin efectuarea unor lucrări suplimentare.

Pagina WEB a cursului: www.geocities.com/aplimathes/SISP

Bibliografie minimală

- [LjL99] **Ljung L.** – *System Identification - Theory for the User*, Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J., 2nd edition, 1999.
- [PrMa96] **Proakis J.G., Manolakis D.G.** – *Digital Signal Processing. Principles, Algorithms and Applications.*, third edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA, 1996.
- [SoSt89] **Söderström T., Stoica P.** – *System Identification*, Prentice Hall, London, UK, 1989.
- [StD96a] **Ștefănoiu D.** – *Identificarea Experimentală a Sistemelor – Serii de Timp*, Tipografia Universității “Politehnica” din București, România, 1996.
- [StD96b] **Ștefănoiu D.** – *Identificarea Experimentală a Sistemelor – Probleme de Seminar*, Tipografia Universității “Politehnica” din București, România, 1996.
- [SMS04] **Ștefănoiu D., Matei I., Stoica P.** – *Aspecte practice în Modelarea și Identificarea Sistemelor*, Editura Printech, București, România, 2004.
- [SCS05] **Ștefănoiu D., Culiță J., Stoica P.** – *Fundamentele Modelării și Identificării Sistemelor*, Editura Printech, București, România, 2005.
- [TeSt80] **Tertișco M., Stoica P.** – *Identificarea și Estimarea Parametrilor Sistemelor*, Editura Didactică & Pedagogică, București, România, 1980.
- [TeSt85] **Tertișco M., Stoica P.** – *Modelarea și Predicția Seriilor de Timp*, Editura Academiei Române, București, România, 1985.
- [TSP87] **Tertișco M., Stoica P., Popescu Th.** – *Identificarea Asistată de Calculator a Proceselor Industriale*, Editura Tehnică, București, România, 1987.

Cuprinsul cursului

1. Introducere (6h / 6h)

- 1.1. Sistem și proces
- 1.2. Problema generală a Identificării Sistemelor
- 1.3. Organigrama unui experiment de identificare
- 1.4. Exemplu: identificarea unei aeroterme

2. Modele matematice utilizate în Identificarea Sistemelor (9h / 15h)

- 2.1. Clasificări preliminare ale modelelor
- 2.2. Modele statistice generale (operatorul de mediere, ipoteza ergodică, medie, corelație, densitate spectrală de putere, zgomot alb, zgomot colorat)
- 2.3. Identificarea modelelor ne-parametrice (analiză tranzitorie, analiză pe bază de corelație, analiză în frecvență, analiză spectrală)
- 2.4. Clase de modele parametrice (modelul general, clasa ARMAX, clasa RSISO, modele pe stare, modele neliniare)
- 2.5. Formularea problemei de identificare parametrică a sistemelor (din perspectiva Teoriei Optimizărilor și din perspectiva Teoriei Estimației)
- 2.6. Proprietăți statistice dezirabile ale estimațiilor

3. Semnale de stimul (6h / 21h)

- 3.1. Necesitatea alegerii corecte a unui semnal de stimul
- 3.2. Conceptul de persistență (în timp și în frecvență)
- 3.3. Semnale de stimul ideale (zgomote albe)
- 3.4. Semnale practice de stimul (secvențe pseudo-aleatoare (SPA, SPAB))

4. Metode de identificare (21h / 42h)

- 4.1. Metoda Celor Mai Mici Pătrate (MCMMP)
 - A. Prezentare generală (problema lui Gauss)
 - B. Interpretare geometrică
 - C. Teorema fundamentală
 - D. Recâștigarea proprietăților statistice în cazul datelor afectate de erori sistematice (centrarea datelor pe medie) sau de zgomote colorate (estimatorul Markov)
 - E. Particularizare în cazul modelelor ARX
- 4.2. Metoda Variabilelor Instrumentale (MVI)
 - A. Prezentare generală
 - B. Teorema fundamentală
 - C. Particularizare în cazul modelelor ARX
- 4.3. Metode de optimizare
 - A. Metoda Newton-Raphson
 - B. Metode de gradient
 - C. Metoda Gauss-Newton (cazul funcției-cost pătratică)
- 4.4. Metode de estimare statistică
 - A. Metoda lui Bayes
 - B. Metoda Verosimilității Maxime
- 4.5. MCMMP extinsă (MCMMPe)
- 4.6. Metoda Minimizării Erorii de Predicție (MMEP)

- 4.7. Identificarea și predicția proceselor auto-regresive (AR și ARMA)
 - A. MCMMP
 - B. Metoda Yule-Walker-Wiener
 - C. Algoritmul Levinson-Durbin
 - D. Aplicații (predicția optimală, estimarea spectrală)
- 4.8. MCMMP recursivă (în variantă on-line)
- 4.9. MVI recursivă (în variantă on-line)
- 4.10. MCMMP recursivă cu ferestre
 - A. Cazul ferestrei dreptunghiulare
 - B. Cazul ferestrei exponențiale
- 4.11. MCMMP recursivă bazată pe descompunerea QR
- 4.12. Criterii de selecție a structurii optime a modelelor
- 4.13. Metode de validare a modelelor de identificare
 - A. Testul de albire pentru modelele identificate cu MCMMP
 - B. Testul de albire pentru modelele identificate cu MVI
- 4.14. Deschidere către modele și metode de identificare avansate
 - A. MCMMP multidimensională (MCMMP-M)
 - B. Metoda/Filtrul Kalman-Bucy

Teme de laborator

- 1. Caracterizări în timp și în frecvență ale proceselor stocastice (2h / 2h)
- 2. Identificarea modelelor ne-parametrice (cazul modelelor ARX și OE) (2h / 4h)
- 3. Identificarea modelelor parametrice (ARX și OE) prin Metoda Celor Mai Mici Pătrate (4h / 8h)
- 4. Identificarea modelelor parametrice (ARX și OE) prin Metoda Variabilelor Instrumentale (4h / 12h)
- 5. Identificarea modelelor parametrice (ARMA și OE) prin Metoda Minimizării Erorii de Predicție (4h / 16h)
- 6. Metode de identificare recursive (4h / 20h)
- 7. Identificarea sistemelor complexe și a parametrilor fizici ai proceselor (4h / 24 h)
- 8. Modelarea și predicția seriilor de timp (4h / 28h)