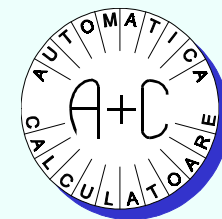


Universitatea "Politehnica" din București
Facultatea de Automatică & Calculatoare



Identificarea Sistemelor

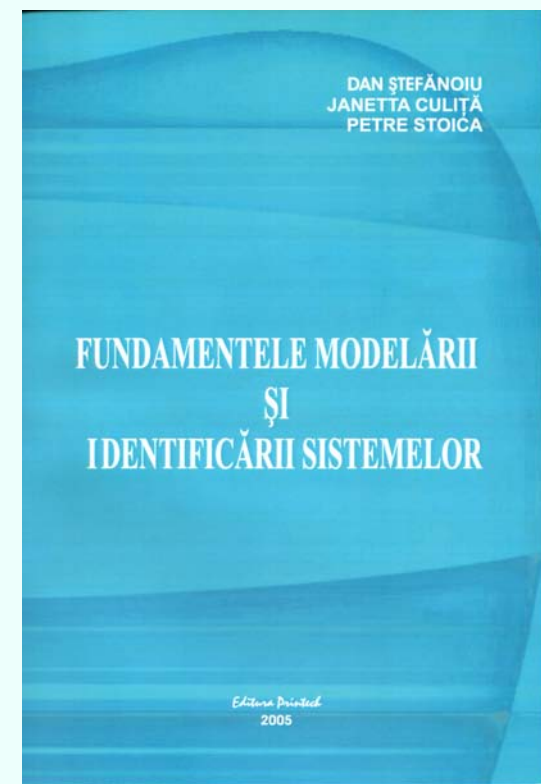
• **Note de curs** •

Dan Ștefănoiu
Profesor

Danny@router.indinf.pub.ro

<http://www.geocities.com/dandusus/Danny.html>

<http://www.geocities.com/aplimathes/SISP>



Bibliografie	3
① Privire de ansamblu (obiect de studiu, problematică, experiment de identificare)	4
② Modele de identificare	48
②.① Scurtă clasificare	48
②.② Noțiuni de Statistică și Prelucrare de Semnal	51
②.③ Analiza modelelor neparametrice	84
②.④ Modele parametrice (clase uzuale, criterii de stabilitate)	93
③ Semnale de stimul	110
③.① Necesitatea stimulării corecte a proceselor	110
③.② Conceptul de persistență	114
③.③ Proprietăți ale semnalelor persistente	119
③.④ Clase de semnale persistente	120
(semnale ideale, semnale practice, metode de generare)	
④ Metode de identificare și validare	132
④.① Scurtă clasificare	132
④.② Metoda Celor Mai Mici Pătrate (MCMMP)	133
④.③ Metoda Variabilelor Instrumentale (MVI)	160
④.④ Metode bazate pe optimizarea parametrilor	166
(Newton-Raphson, Gauss-Newton)	

Sumar

(continuare)

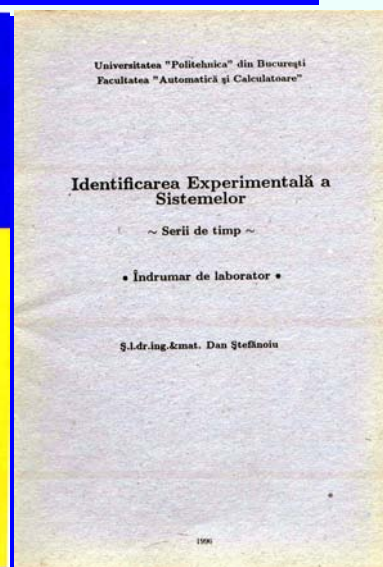
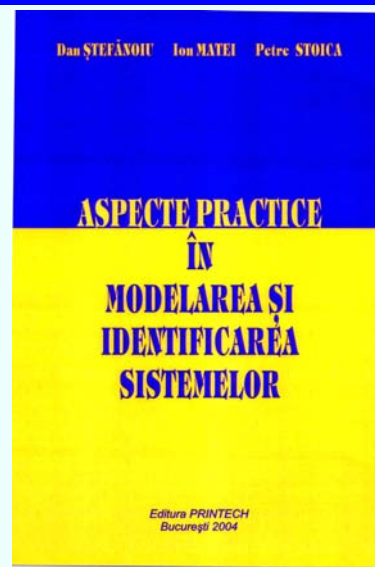
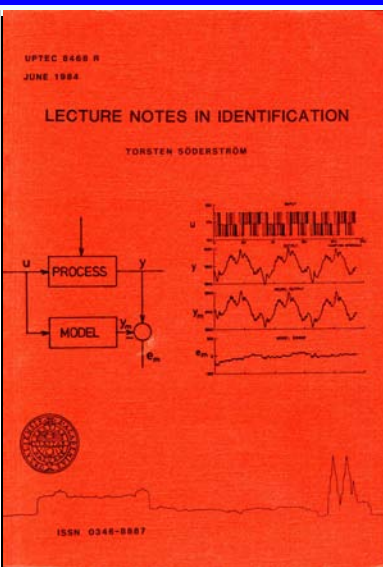
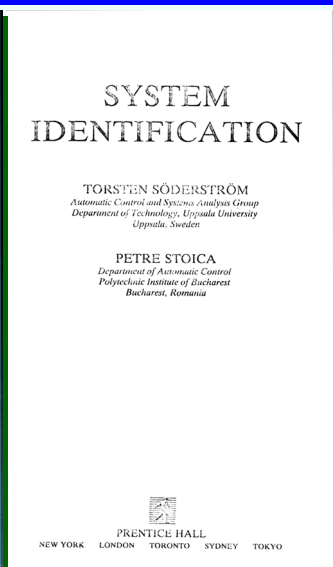


4	Metode de identificare și validare (continuare)	132
4.5	Metoda Celor Mai Mici Pătrate Extinsă (MCMMP-E)	177
4.6	Metoda Minimizării Erorii de Predicție (MMEP)	182
4.7	Metode bazate pe Teoria Estimației (Bayes, verosimilitatea maximă)	188
4.8	Identificarea și predicția proceselor auto-regresive	198
	(Metoda Yule-Walker-Wiener, Algoritmul Levinson-Durbin, predictorul optimal)	
4.9	Metode adaptive de identificare	225
	(MCMMP-R, MVI-R, utilizarea ferestrelor culisante, MCMMPQR-R)	
4.10	Estimarea structurii modelelor de identificare	253
4.11	Validarea modelelor de identificare	258
4.12	Deschidere către modele și metode de identificare avansate	262
	(estimarea modelelor de tip MIMO cu ajutorul MCMMP, identificarea proceselor cu reacție, estimarea modelelor cu reprezentare pe stare folosind filtrul Kalman-Bucy)	
5	Exerciții rezolvate	P1:P61

Bibliografie

Referința fundamentală

1. Ljung L. – *System Identification - Theory for the User*, Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J., 2nd edition, 1999.
2. Söderström T. – *Lecture Notes in Identification*, Uppsala University Press, Sweden, 1984.
3. Söderström T., Stoica P. – *System Identification*, Prentice Hall, London, UK, 1989.
4. Ștefănoiu D. – *Identificarea Experimentală a Sistemelor – Serii de Timp*, Tipografia Universității “Politehnica” din București, România, 1996.
5. Ștefănoiu D. – *Identificarea Experimentală a Sistemelor – Probleme de Seminar*, Tipografia Universității “Politehnica” din București, România, 1996.
6. Ștefănoiu D., Culiță J., Stoica P. – *Fundamentele Modelării și Identificării Sistemelor*, Editura PRINTECH, București, România, 2005.
7. Ștefănoiu D., Matei I., Stoica P. – *Aspecte Practice în Modelarea și Identificarea Sistemelor*, Editura PRINTECH, București, România, 2004.



Curs & Examen

Teme de laborator

1 Privire de ansamblu



Obiectul de studiu al domeniului
Identificării Sistemelor (IS)

Modelarea proceselor/sistemelor dinamice folosind date experimentale achiziționate în cursul exploatării acestora.

Modelare?



Termen care se referă la **construcția și determinarea unui model matematic** asociat unei entități evolutive/dinamice cu structură necunoscută.

- Practic, entitatea este văzută ca o **cutie neagră** capabilă să ofere informații despre mecanismele care determină evoluția/dinamica acesteia, **dacă este stimulată corespunzător.**

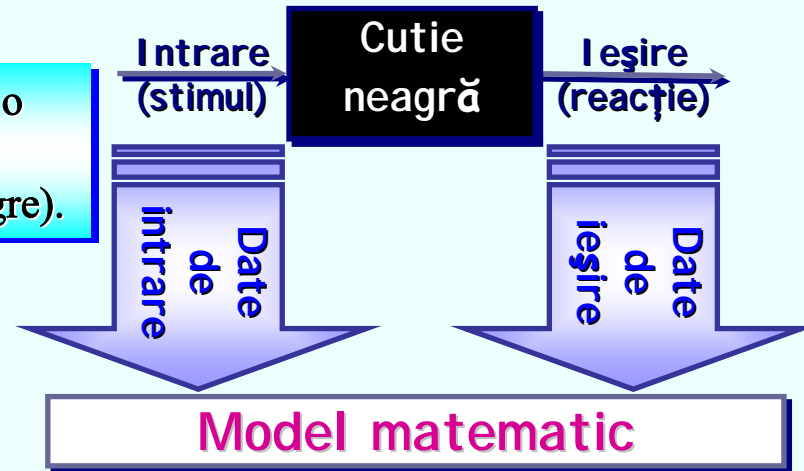
Model?



Relație matematică abstractă care descrie cu o anumită acuratețe caracteristicile și/sau dinamica/funcționarea unei entități (cutii negre).

Model de identificare

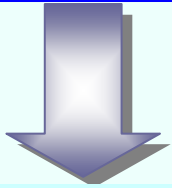
- Modelul de identificare constituie un fel de **carte de identitate** a entității studiate.
- Acesta reflectă **relația** dintre **intrarea** care stimulează entitate (de regulă un **proces** sau un **sistem**) și **ieșirea** care codifică reacția corespunzătoare a acelei entități.
- **Construcția** modelelor de identificare se bazează pe **datele experimentale** furnizate de către cutia neagră.



1 Privire de ansamblu



Aplicații uzuale de identificare



- **simulare**, în vederea evidențierii caracteristicilor principale și/sau a comportamentului în diverse situații
- **recunoaștere de forme**
- **prelucrări de semnale**
- **predicție/prognoză**
- **diagnoză de defecte**
- **proiectare de sisteme automate de conducere sau reglare**

IS este un domeniu cu deschidere către **abordări interdisciplinare**

O referire

Tipuri de identificare

Obiectivul cursului

Identificare analitică

Identificare experimentală

Determinarea **parametrilor fizici** ai proceselor.

- Se utilizează **legile fizico-chimice** de la baza dinamicii proceselor (ecuații de bilanț de masă/energie, ecuații de echilibru static și/sau dinamic, etc.).

Model analitic

Determinarea unor **parametri fără semnificații fizice**, care descriu comportamentul procesului în jurul unui anumit punct de funcționare.

Model experimental

① Privire de ansamblu

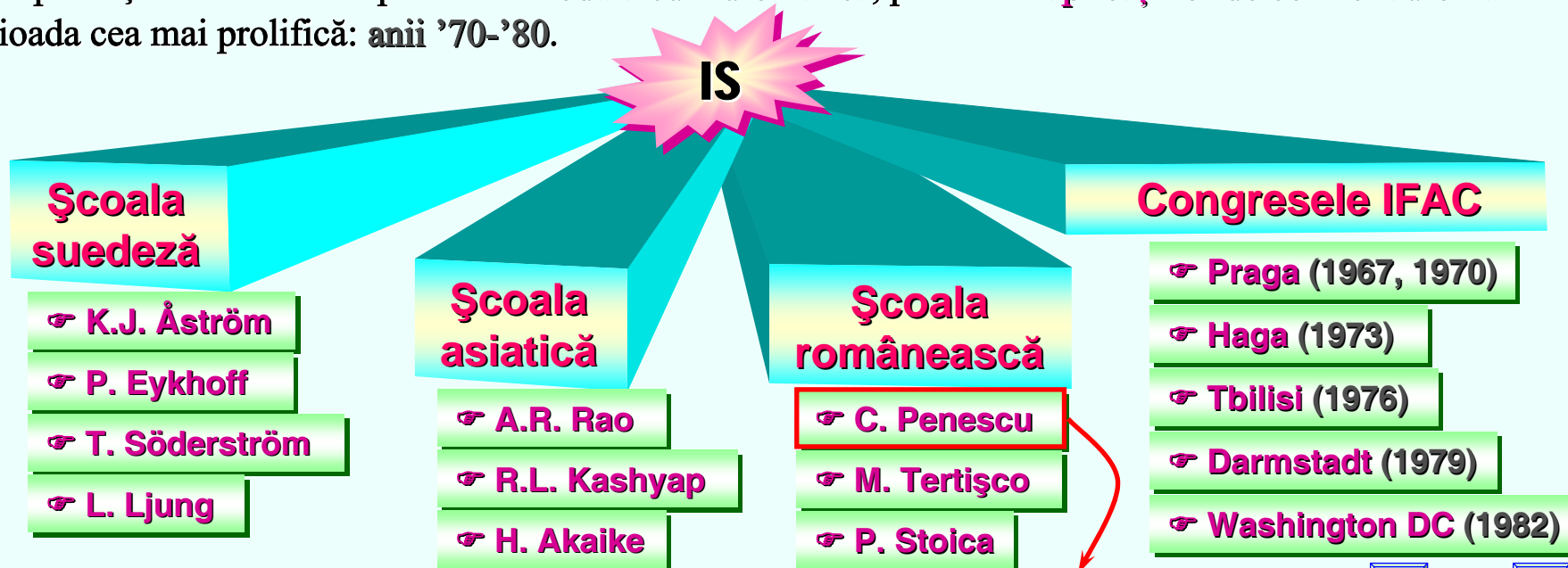


Caracteristici ale modelelor de identificare experimentală

- ⊗ generalitate și validitate limitată la anumite clase de procese, semnale de stimul sau la anumite puncte de funcționare ale aceluiași proces;
- ⊗ interpretare fizică dificilă;
 - în majoritatea cazurilor, parametrii nu au semnificații fizice clare;
 - parametrii sunt utilizați ca instrumente menite să ușureze descrierea funcționării procesului;
- ☺ determinarea lor este adesea realizabilă prin **metode algoritmice**, ceea ce le conferă **eficiență** și **simplitate**.

Scurt istoric al dezvoltării domeniului IS

- IS a apărut și s-a dezvoltat aproximativ **odată cu Automatica**, pe fondul **aplicațiilor de control automat**.
- Perioada cea mai prolifică: **anii '70-'80**.



Unul dintre fondatorii Facultății de Automatică și Calculatoare din București (1967)



6



1 Privire de ansamblu



Coordonatele domeniului IS

👉 La intersecție.

Metode de identificare

Bazate pe Teoria Optimizărilor (TO)

- 😊 Se pot finaliza prin **algoritmi implementabili** pe un mijloc automat de calcul.
- 😊 Permit analiza convergenței.
- 😞 Nu permit analiza consistenței (convergenței statistice).

Bazate pe Teoria Estimației (TE)

- 😞 Au caracter mai mult teoretic, fiind rareori implementabile pe un mijloc automat de calcul.
- 😞 Nu permit analiza convergenței.
- 😊 Permit analiza consistenței (convergenței statistice).

Coordonata
fundamentală

IS

- Metoda principală:
Metoda Celor Mai Mici Pătrate (MCMMP).

Semnale de stimul

- Conceptul central: **persistența**.
- Semnalul ideal: **zgomotul alb**
- Semnalul practic: **pseudo-aleator (binar)**.

Modele (matematice) de identificare

Neparametrice

- Descrieri calitative (**analize**) preliminare ale proceselor.
- Date statistice referitoare la evoluția/dinamica proceselor .
- 4 tipuri de analize (în timp și în frecvență).

Parametrice

- Conceptul central: **parametrul**.
- Organizate în clase (**ARMAX, RSISO, cu reprezentare pe stare, etc.**).

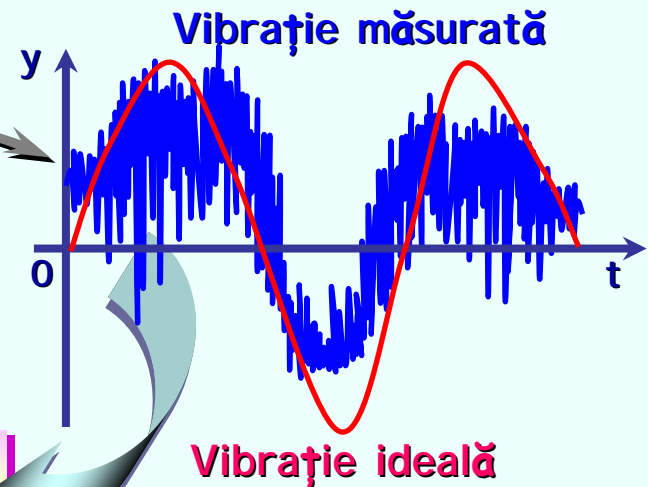
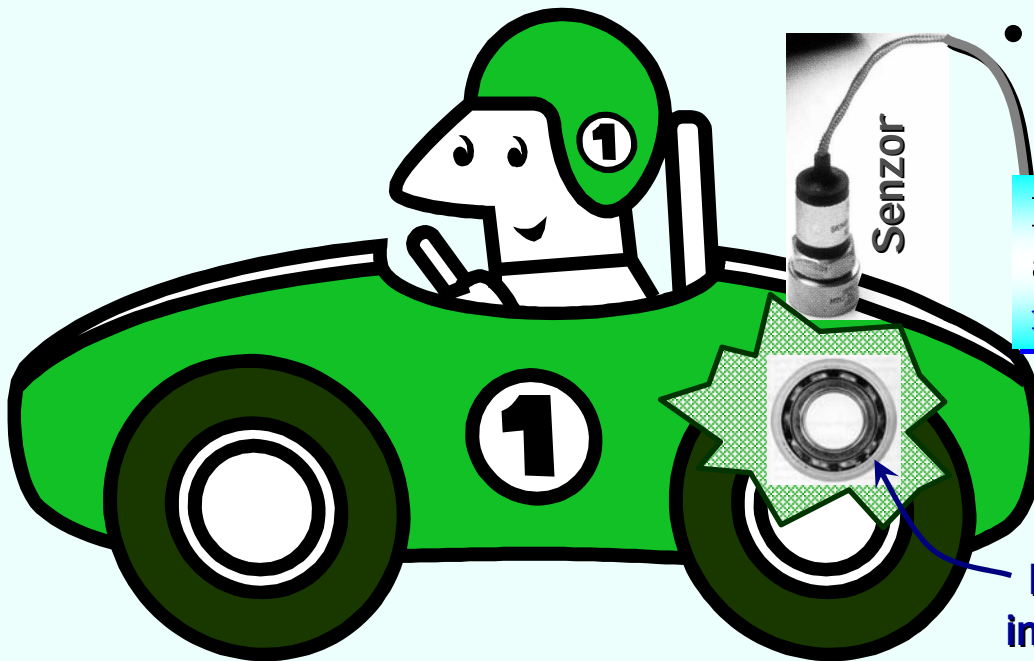
1 Privire de ansamblu

Probleme practice ridicate de identificarea unui proces

☞ Selectarea mărimilor care trebuie și pot fi măsurate.

- Principalul inconvenient: **mărimile care trebuie măsurate nu sunt direct accesibile pentru amplasarea senzorilor corespunzători.**

Măsurătorile trebuie efectuate **indirect**, prin amplasarea senzorilor **în locul accesibil cel mai apropiat de zona ce trebuie identificată.**



☞ Datele măsurate sunt afectate de zgomote de măsură și interferențe.

În absența unor tehnici de **deparazitare a datelor** (atenuare a zgomotelor și interferențelor), **modelul de identificare rezultat este adesea inadecvat.**