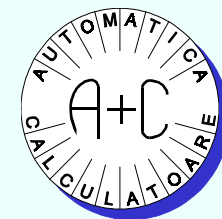


*Universitatea "Politehnica" din București*  
*Facultatea de Automatică & Calculatoare*



# Identificarea Sistemelor

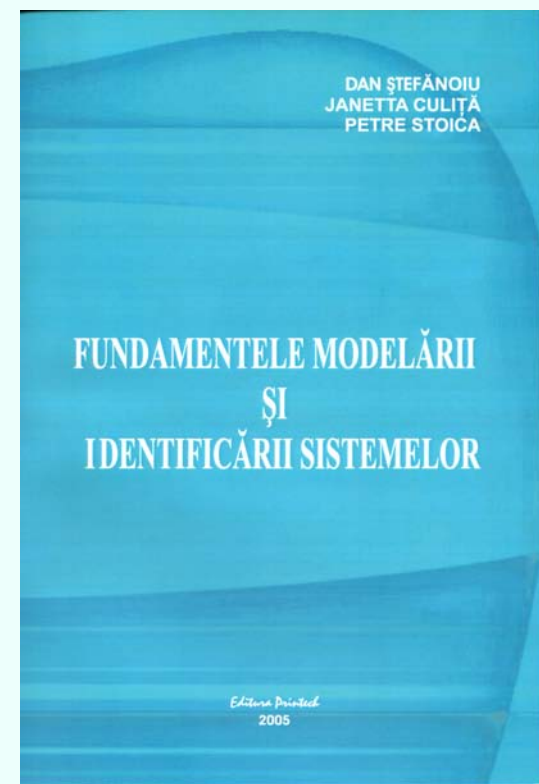
• *Note de curs* •

***Dan Ștefănoiu***  
Profesor

[Danny@router.indinf.pub.ro](mailto:Danny@router.indinf.pub.ro)

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

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



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

# Sumar

(continuare)

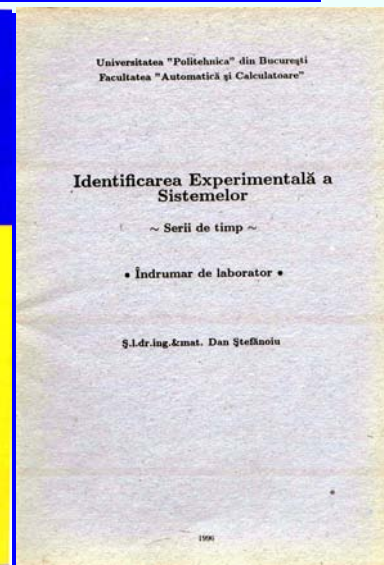
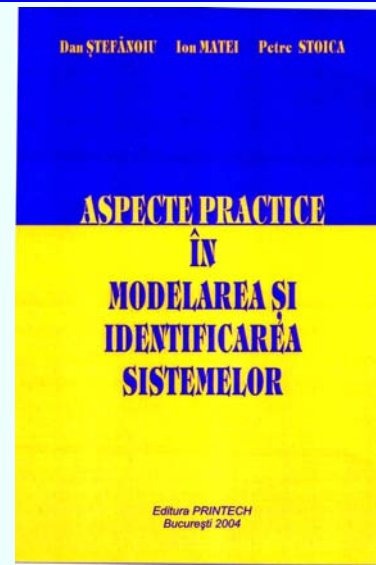
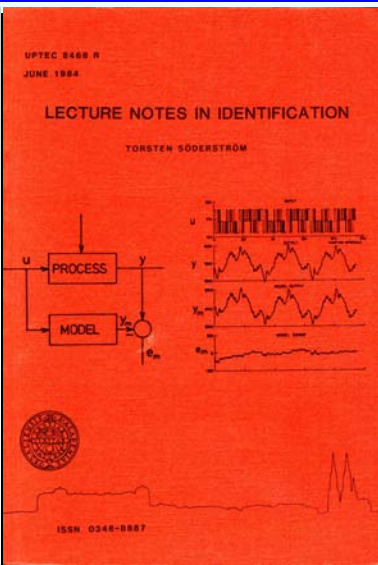
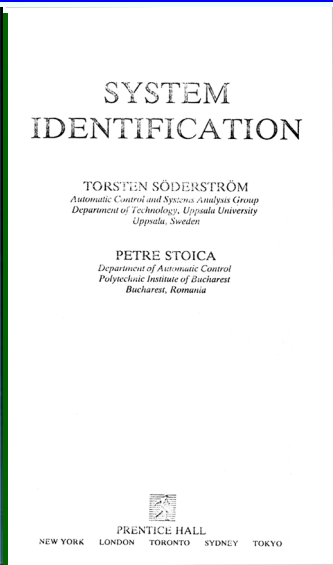


<b>④ Metode de identificare și validare (continuare)</b> .....	<b>132</b>
<b>④.⑤ Metoda Celor Mai Mici Pătrate Extinsă (MCMMPE)</b> .....	<b>177</b>
<b>④.⑥ Metoda Minimizării Erorii de Predicție (MMEP)</b> .....	<b>182</b>
<b>④.⑦ Metode bazate pe Teoria Estimației (Bayes, verosimilitatea maximă)</b> .....	<b>188</b>
<b>④.⑧ Identificarea și predicția proceselor auto-regresive</b> .....	<b>198</b>
(Metoda Yule-Walker-Wiener, Algoritmul Levinson-Durbin, predictorul optimal)	
<b>④.⑨ Metode adaptive de identificare</b> .....	<b>225</b>
(MCMMP-R, MVI-R, utilizarea ferestrelor culisante, MCMMPQR-R)	
<b>④.①① Estimarea structurii modelelor de identificare</b>	
<b>④.①② Validarea modelelor de identificare</b>	
<b>④.①③ Deschidere către metode și modele de identificare avansate</b>	
(estimarea modelelor de tip MIMO cu ajutorul MCMMP, identificarea proceselor cu reacție, estimarea modelelor cu reprezentare pe stare folosind filtrul Kalman-Bucy)	
<b>⑤ Exerciții rezolvate</b> .....	<b>P1:P61</b>

# Bibliografie

## Referința fundamentală

1. Ljung L. – **System Identification - Theory for the User**, Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J., 2<sup>nd</sup> 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.

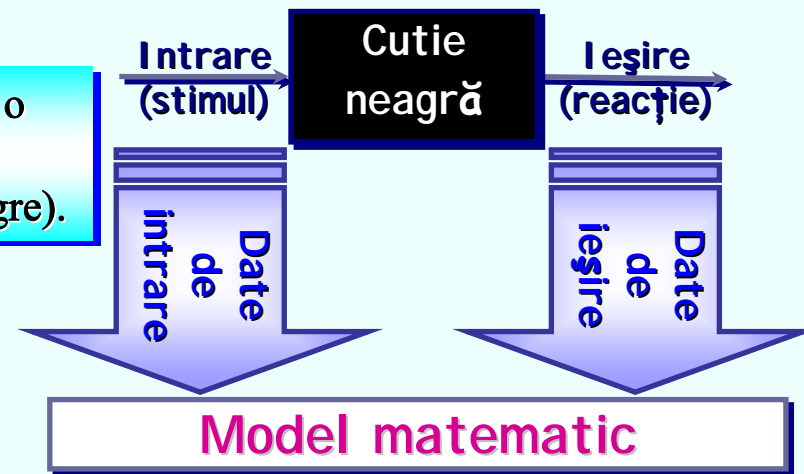
- Practic, entitatea este văzută ca o **cutie neagră** capabilă să ofere informații despre mecanismele care determină evoluția/dinamica acesteia, **dacă este stimulată corespunzător**.

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.

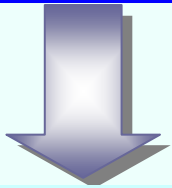




# ① Privire de ansamblu



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**

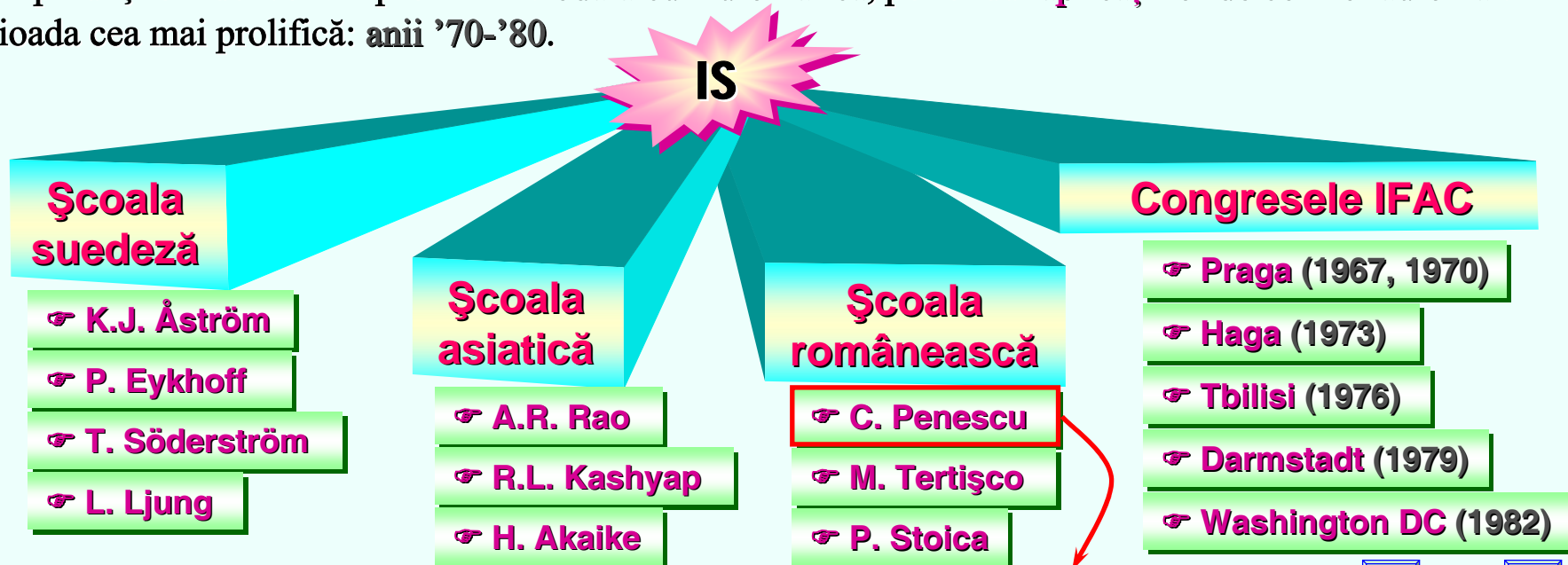
# ① Privire de ansamblu

## 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)

# 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).**

## 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.).

## Semnale de stimul

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



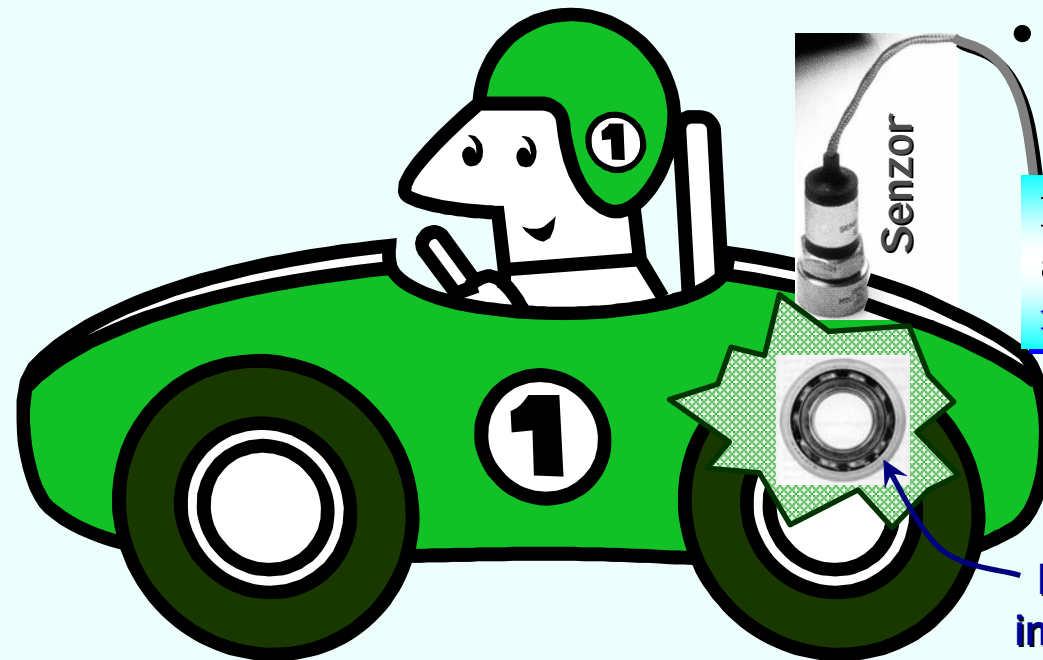
# ① Privire de ansamblu

## Probleme practice ridicate de identificarea unui proces

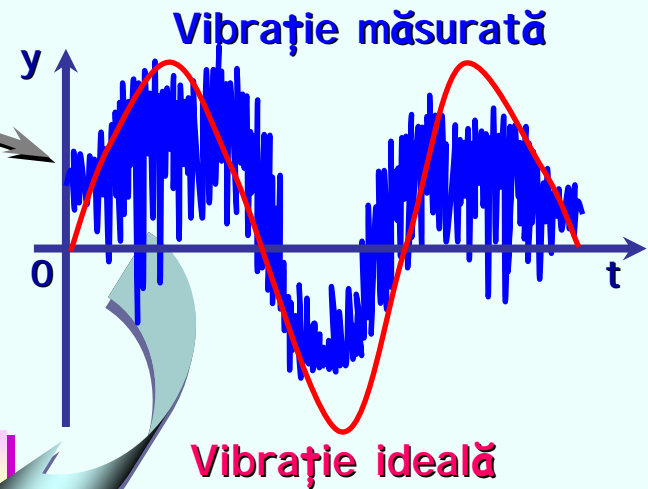
☛ Selectarea mărimilor care trebuie și pot fi măsurate.

- 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.**



Rulment  
inaccesibil



☛ 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.**