➊ Privire de ansamblu

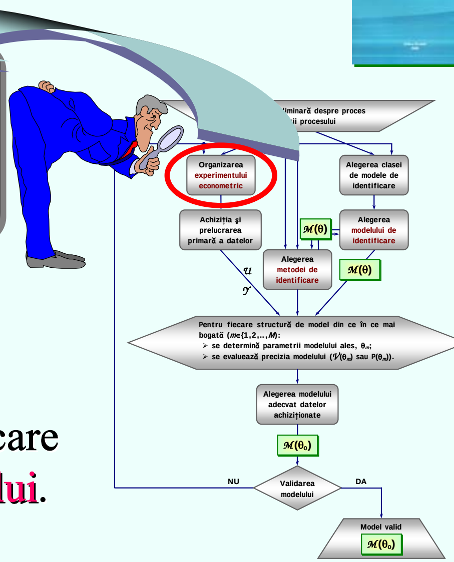
Experiment de identificare (continuare)

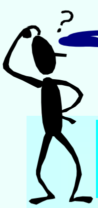
Etapele unui experiment econometric

➔ Alegerea soluției de eșantionare.

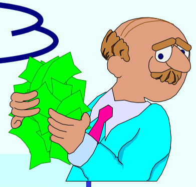
- Perioada/Frecvența de eșantionare trebuie aleasă astfel încît informația transportată de datele rezultate să exprime cît mai bine caracteristicile entității care le-a generat (în speță, ale procesului).
- O indicație referitoare la perioada/frecvența de eșantionare limită cu care se poate opera este oferită de comportamentul în frecvență al procesului.

Organizarea experimentului econometric





Comportamentul în frecvență?

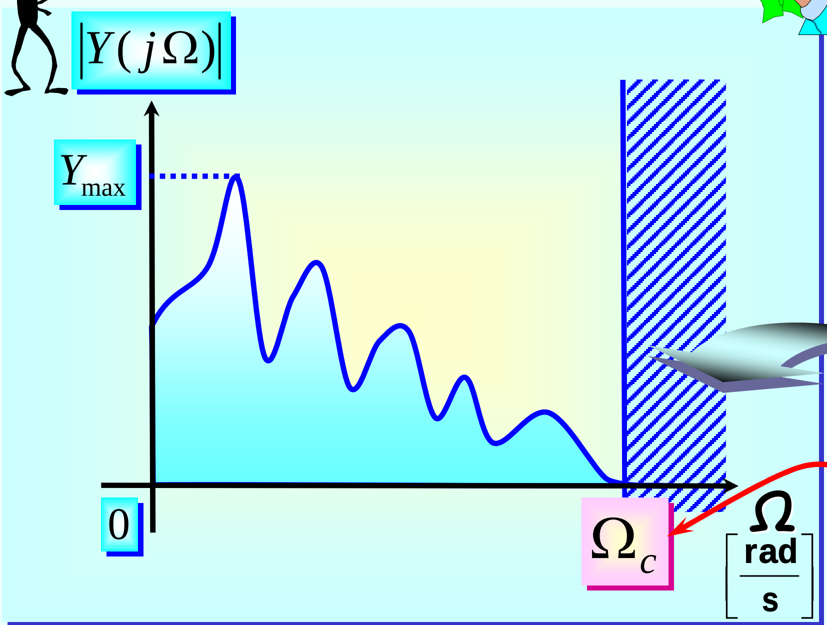


Termen care se referă la Transformata Fourier (TF) a datelor de ieșire.

funcție complexă care va fi definită mai tîrziu

Spectrul procesului

Modulul TF a ieșirii



pulsație de tăiere

- Majoritatea covîrșitoare a proceselor uzuale sunt de bandă limitată.

$$F_c = \frac{\Omega_c}{2\pi}$$

cut

← frecvență de tăiere

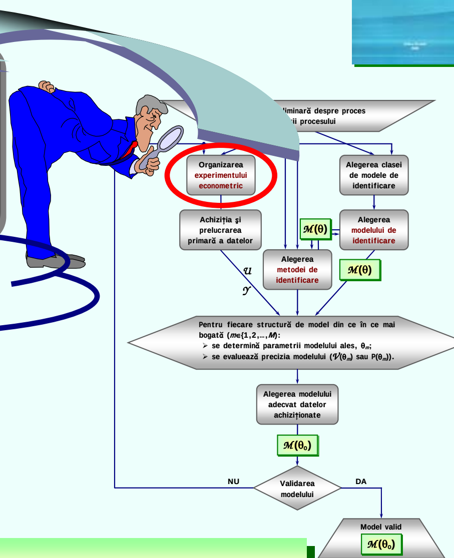
❶ Privire de ansamblu

Experiment de identificare (continuare)

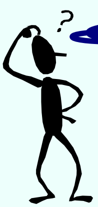
Etapele unui experiment econometric

➔ Alegerea soluției de eşantionare.

Organizarea experimentului econometric



Ce legătură există între comportamentul în frecvență al unui proces şi perioada/frecvența de eşantionare?



Legătura este relevată de o serie de rezultate matematice numite Teoreme de eşantionare.

1908	☞ Primul rezultat de eşantionare-interpolare: C. J. de la Vallée-Poussin
1933	☞ Teorema de eşantionare a lui V. A. Kotel'nikov
1940	☞ Teorema de eşantionare a lui C. E. Shannon

Aşadar

Dacă frecvența de tăiere a procesului este cunoscută, frecvența de eşantionare trebuie stabilită la o valoare de cel puțin 2 ori mai mare.

☝ Nerespectarea acestei reguli antrenează fie pierderea, fie distorsionarea informației din cauza fenomenului de aliere în frecvență.

aliasing

Teorema (Regula) de Eşantionare (Kotel'nikov-Shannon-Nyquist)

Frecvența de eşantionare minimă este egală cu dublul frecvenței de tăiere:

$$F_s = \frac{1}{T_s} \geq \boxed{F_{NYQ} = 2F_c} = \frac{\Omega_c}{\pi}\,.$$

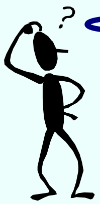
Frecvența critică a lui Nyquist

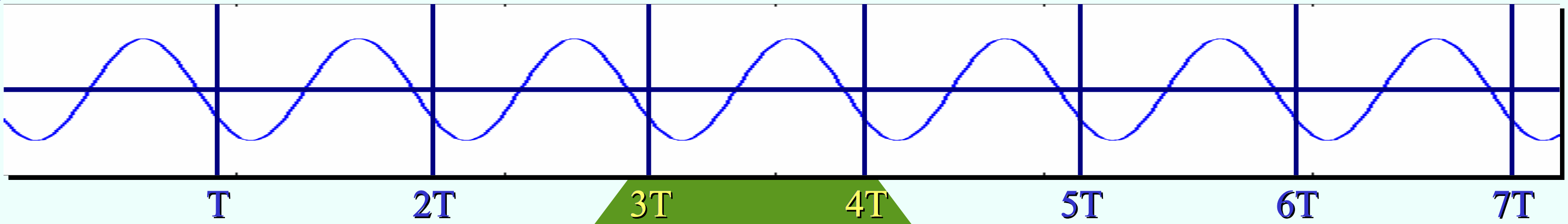
❶ Privire de ansamblu

Cum poate fi eşantionată o armonică elementară fără a pierde informaţie?

Cazul $\frac{T_s}{T} \in \mathbb{Q}$

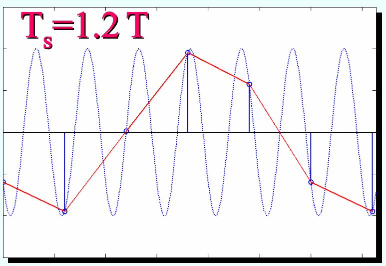
☝ Cazul iraţional este neinteresant practic.

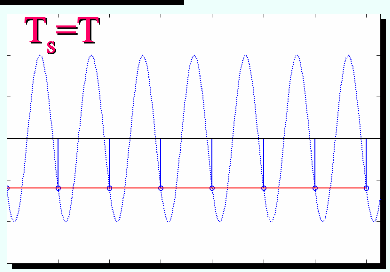


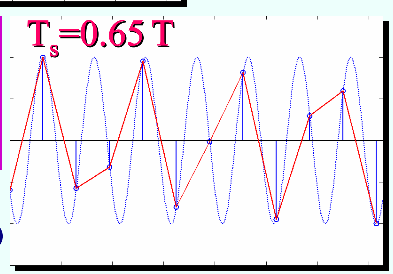


3 cazuri de bază

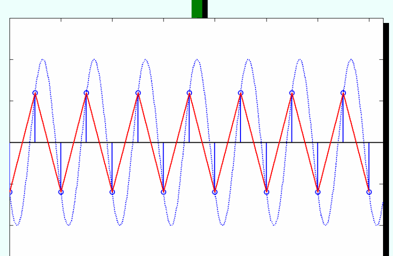
$T_s > \frac{T}{2}$



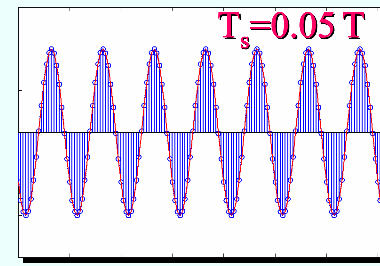


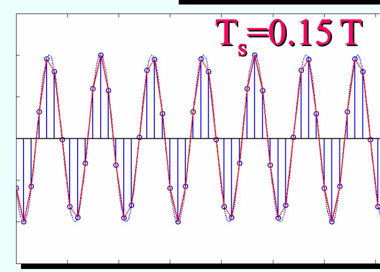


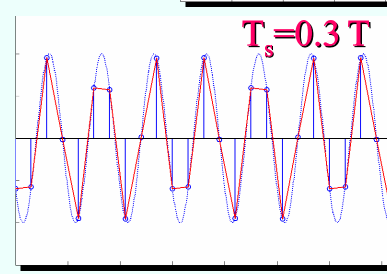
$T_s = \frac{T}{2}$



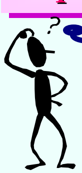
$T_s < \frac{T}{2}$







☝ Semnalul eşantionat este întotdeauna periodic.



Perioada?

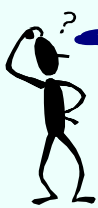
Exerciţiu

❶ Privire de ansamblu

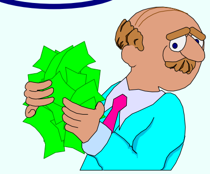
Experiment de identificare (continuare)

Etapele unui experiment econometric

➔ Alegerea soluţiei de eşantionare.

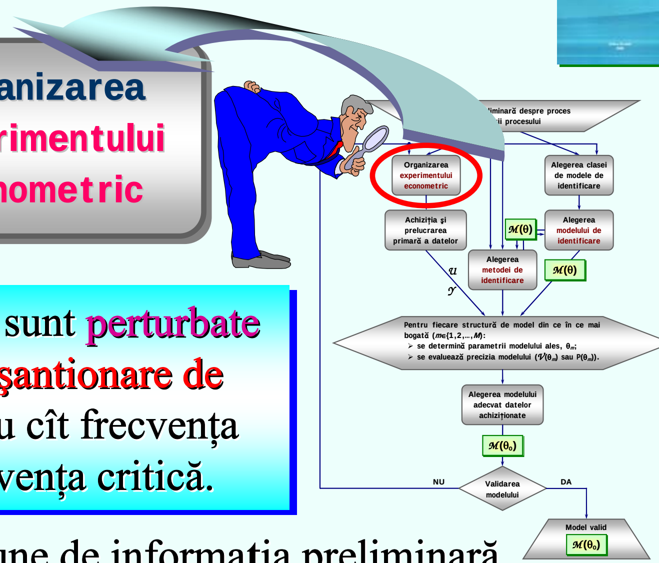


Aliere în frecvenţă?

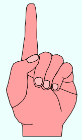


Fenomen prin care datele achiziţionate sunt perturbate (distorsionate) de către un zgomot de eşantionare de frecvenţă înaltă cu atît mai important cu cît frecvenţa de eşantionare este mai mică decît frecvenţa critică.

Organizarea experimentului econometric

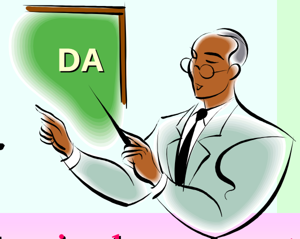


- Alierea în frecvenţă poate fi evitată dacă utilizatorul dispune de informaţia preliminară necesară pentru evaluarea (fie şi grosieră) a frecvenţei de tăiere a procesului.

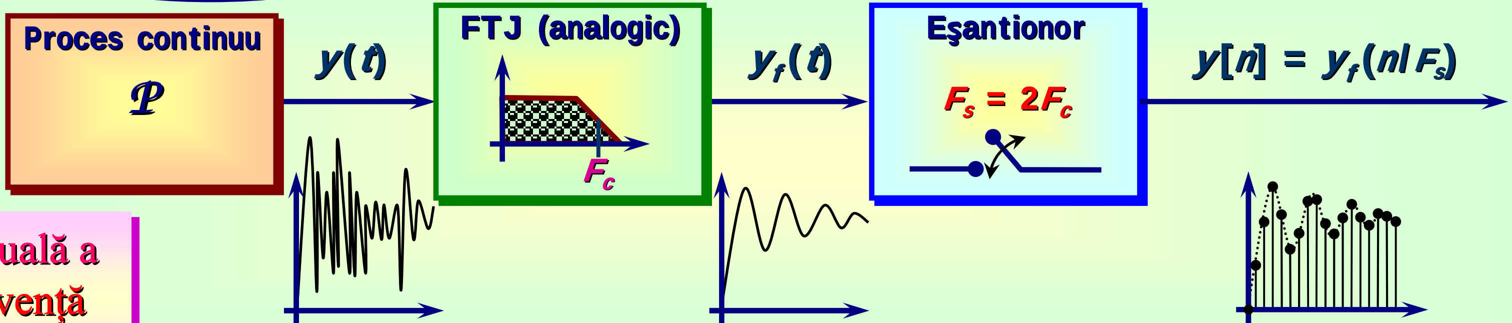


☹ În general, această informaţie este inaccesibilă fără a supune procesul la o serie de teste suplimentare, înainte de a declanşa achiziţia datelor în vederea identificării.

Se poate evita această complicaţie?



O schemă de filtrare primară analogică



☝ Cu pierderea eventuală a informaţiei de frecvenţă înaltă.

☺ În acest fel, frecvenţa de eşantionare este forţată la o anumită valoare.

❶ Privire de ansamblu

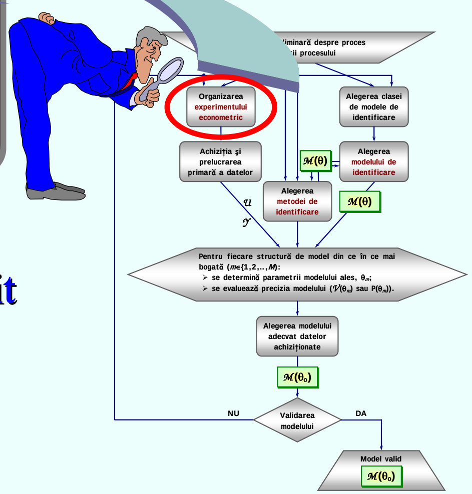
Experiment de identificare (continuare)

Etapele unui experiment econometric

➔ Alegerea soluţiei de eşantionare.

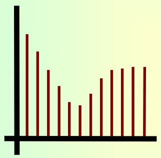
- Datele pot fi distorsionate şi prin operaţia de cuantificare.

Organizarea experimentului econometric



reprezentarea valorilor numerice cu ajutorul unui număr finit de biţi, fiecărui bit revenindu-i o anumită cuantă a plajei de valori acoperite de setul de date

$\rightarrow \boxed{Q} \rightarrow$ Cuantificator Δ



11101001
11100011
11100001
....

semnal eşantionat — semnal cuantificat

☝ Valoarea nulă este reprezentată de întregul interval $(-\Delta/2,+\Delta/2)$.

Exemplu

Plaja de valori: $[-5,+7]$.

Numărul de biţi de reprezentare: 12.

(1 bit de semn)

$$\Delta = \frac{12}{2^{11}-1} \cong 0.0059$$

numărul de cuante

$(-0.00885,-0.00295]$	-1
$(-0.00295,+0.00295)$	0
$[+0.00295,+0.00885)$	$+1$
$[+0.00885,+0.01475)$	$+2$

....

Q

Neuniform

- Utilizat pentru a ridica precizia de reprezentare în anumite intervale.

Uniform

☝ Cel mai utilizat în aplicaţii.

Zgomot mic de cuantificare.

Număr MARE de biţi.

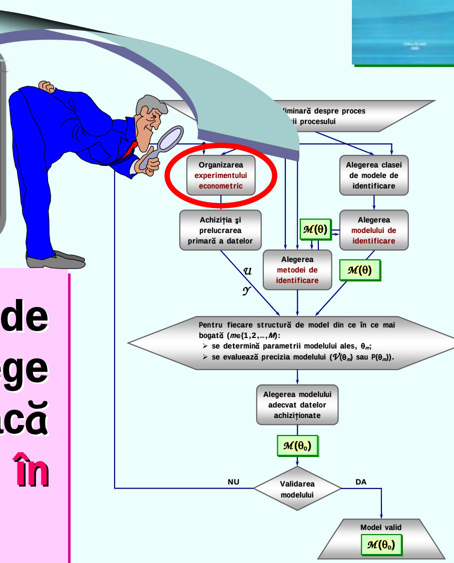
☝ Poate fi scump.

❶ Privire de ansamblu

Experiment de identificare (continuare)

Etapele unui experiment econometric

Organizarea experimentului econometric



➔ Alegerea semnalelor de stimul.

Principiul general de alegere a intrărilor

a. Dacă există informaţii preliminare despre clasele de semnale de stimul acceptate de către proces, fie se alege **semnalul cu plaja de frecvenţe cea mai bogată**, fie, dacă nu se poate altfel, se alege **semnalul utilizat în exploatarea efectivă a procesului**.

b. Dacă informaţiile despre intrările admisibile ale procesului lipsesc, atunci se încearcă stimularea acestuia cu **semnale cît mai „persistente”**.

Proprietate care se referă la capacitatea unui semnal de stimul de a conduce la determinarea unui număr dorit de valori ale secvenţei pondere pentru un sistem liniar sau, echivalent, de a stimula sistemul (procesul) pe un număr dorit de frecvenţe.

➔ Alegerea şi amplasarea senzorilor.

- Este de dorit ca senzorii să aibă caracteristici care să afecteze cît mai puţin datele măsurate: lege de conversie cît mai liniară, masă cît mai mică, viteză de comutaţie cît mai mare, etc.

☝ Cea mai importantă caracteristică.

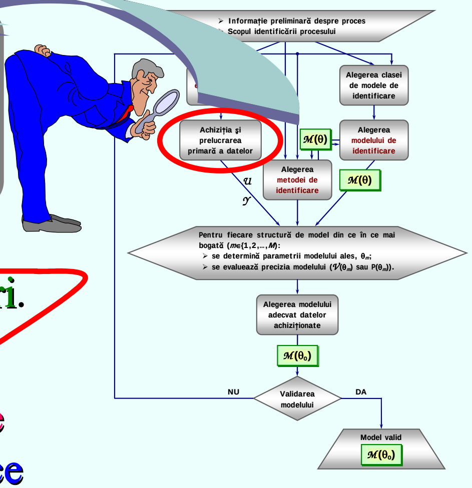
- Adesea, se acceptă alegerea unor senzori cu caracteristici doar local liniare, în jurul unor valori precizate, pentru a minimiza costurile.

❶ Privire de ansamblu

Experiment de identificare (continuare)

Achiziție de date → Operație de inițiere a unui experiment econometric în vederea colectării datelor.

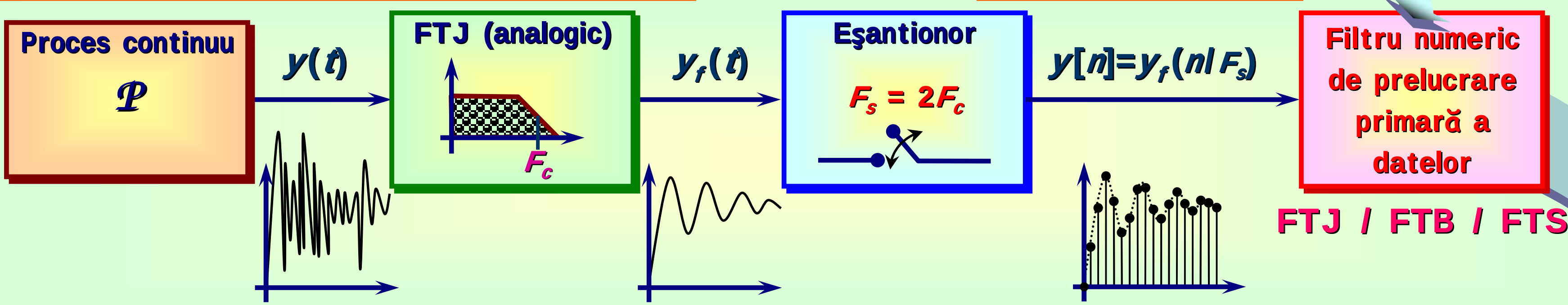
Achiziția și prelucrarea primară a datelor



- Industria oferă soluții integrate sub forma unor plăci de achiziție direct conectabile la un mijloc automat de calcul, cu diferite performanțe și costuri.

Sisteme hardware (în general de complexitate ridicată), care, pe lîngă Convertoare Analog-Numerice (CAN), Convertoare Numeric-Analogice (CNA), cuantificatoare, etc., includ și o serie de filtre auxiliare (analogice și numerice) necesare prelucrării primare a datelor.

O schemă de filtrare primară analogică … … continuată cu



Prelucrare primară a datelor → Operație de extragere a informației utile din date corupte de zgomot.

☜ Problemă dificilă pentru SNR mic!

Date deparazitate

❶ Privire de ansamblu

Experiment de identificare (continuare)

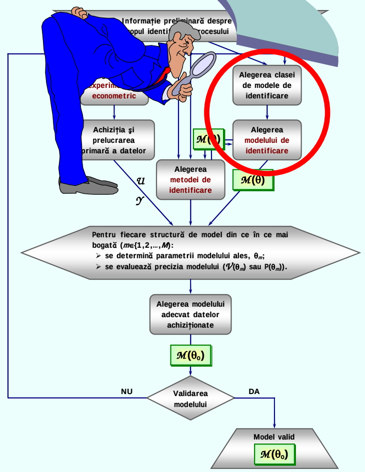
Clasa uzuală de modele de identificare

ARMAX

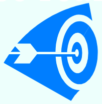
Auto-Regresive, de Medie Alunecătoare, avînd control eXogen

Alegerea clasei de modele de identificare

Alegerea modelului de identificare



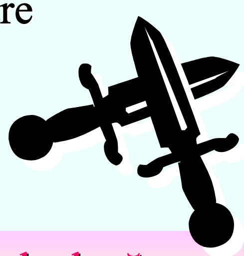
- Alegerea unui tip de model particular din clasa precizată se realizează ținînd cont de două proprietăți dezirabile:



Precizie (acuratețe)

➢ apropiată de ecuațiile rezultate prin aplicarea legilor fizico-chimice care descriu funcționarea procesului (dacă aceste ecuații sunt disponibile)

Parsimonie (simplitate) → **parsimonious** (sărac, zgîrcit)



➢ cu un grad minim de complexitate algoritmică implicată de metodele necesare pentru determinarea sa

☹ Cele două proprietăți sunt opuse!

Principiul parsimoniei

Dintre toate modelele de identificare adecvate și valide, vor fi preferate cele care asigură un compromis cît mai bun între precizie și parsimonie.

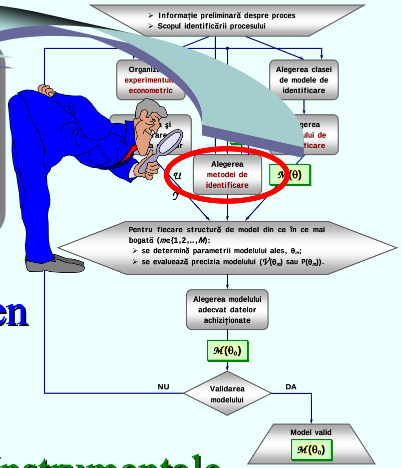
☝ În IS, este sacrificată acuratețea modelului în favoarea implementabilității sale sau a metodei de identificare.

❶ Privire de ansamblu

Experiment de identificare (continuare)

- Modelul matematic determină **metoda pentru determinarea parametrilor săi**, după cum metoda, prin complexitatea ei, poate forța alegerea unui **alt model matematic, mai uşor de determinat**.

Exemplu



Alegerea metodei de identificare

Aplicaţie de comandă numerică → Model: ARX → Auto-Regresiv, cu control eXogen

→ Metodă: MCMMP sau MVI

MVI → Metoda Variabilelor Instrumentale

MCMMP → Metoda Celor Mai Mici Pătrate

- Modelul ARX **nu este** neapărat **cel mai potrivit pentru această aplicaţie**, dar metoda de identificare este **eficientă**.
- **Modele** din clasa ARMAX **care corespund mai bine aplicaţiei**:

OE ➔ **Output Error** (eroare de ieşire)

FIFN ➔ **Filtered Input Filtered Noise** (cu intrări şi perturbaţii filtrate independent)

- Acestea se pot determina cu ajutorul **metodelor**:

MCMMPE ➔ Metoda Celor Mai Mici Pătrate Extinsă

MMEP ➔ Metoda Minimizării Erorii de Predicţie

MMEI ➔ Metoda Minimizării Erorii de Ieşire

☹ Care au un grad de complexitate ridicat!