

**Programul de pregătire universitară avansată a
doctoranzilor – anul univ. 2016 / 2017**

Cercetare științifică, comunicare și deontologie

Prof. Dr. ing. Toma-Leonida Dragomir

Prima Vicepreședinte: E. 00 200000 Timisoara, Tel. +42 256 423000, Fax +42 256 423001, e-mail:drac@up.ti.ro, www.up.ti.ro

**Prelegeri prezentate pe baza materialelor concepute de
Prof. dr. ing. Alexandru Nichici,**
titular al disciplinelor transversale din programele de pregătire universitară avansată de doctorat
în intervalul 2008/2009 – 2010/2011

<http://www.bursedoctorale-upt-2009.ro/>
<http://www.bursedoctorale-upt-2010.ro/?q=ro>

Abordări sistemice

Cursul 2 - Tema: Cercetarea științifică în inginerie. O abordare sistemică.

Elemente definitorii

Sistem – ansamblu de elemente sau de entități, reale sau abstracte care, datorită caracteristicilor elementelor și entităților componente și a legăturilor existente între acestea, este perceput sau se manifestă în raport cu mediul exterior ca un întreg bine delimitat care îndeplinește în mod invariant un anumit rol. De regulă, rolul sistemului este de a îndeplini o anumită funcție.

Mulțimea de obiecte și legăturile dintre ele alcătuiesc **structura sistemului**. Ea conferă sistemului identitate, exprimă conectivitatea cu mediul exterior și permite exprimarea funcției și a caracterul holistic al acesteia.

Abordări sistemice

Elemente definitorii

Înșușirea de a fi funcțional se numește FUNCȚIONALITATE.

În tehnologie **funcționalitatea sistemului** consemnează faptul că sistemul este apt să realizeze în condiții bine precizate funcția sa, adică ieșiri concordante cu obiective asumate.

Abordare sistemică – mod de gândire și analiză care are la bază, pe de o parte, relațiile în timp și spațiu dintre obiectele sistemului, iar pe de alta parte, analiza obiectelor sistemului.

Modelul unui sistem concret este un sistem fizic sau unul abstract (logico-matematic), analog sistemului concret considerat, cu ajutorul căruia pot fi studiate și previzionate indirect caracteristicile și comportamentul sistemului original.

Curs nr. 2

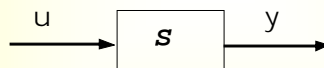
3

Abordări sistemice

Elemente definitorii

Interacțiunea sistemului cu mediul exterior (integrarea sistemului în mediul ambiant natural, tehnologic, economic, social etc.) este realizată prin:

- **INTRĂRI** u (factori de influență, acțiuni de comandă, resurse)
- **IEȘIRI** y (funcții de răspuns, produse, servicii)



Abordarea cauzală :

- variația temporală a intrărilor ($u(t)$) și dezechilibrele inițiale ale sistemului reprezintă *cauza* ;
- variația temporală a ieșirilor ($y(t)$) reprezintă *efectul*;
- *efectul este privit ca un răspuns al sistemului la cauză.*

Curs nr. 2

4

Obiectul cercetării științifice în inginerie

Sisteme tehnologice

În principiu -

- sisteme capabile să transforme o mulțime dată de **intrări** (resurse) într-o mulțime determinată de **ieșiri** (produse)

SISTEM TEHNOLOGIC = [OM + MAȘINĂ] ↔ MEDIU

Sistemele tehnologice sunt principalul obiect al cercetării științifice în inginerie.

Om – ființă biologică – spirituală și socială, definită prin capacitatea de a concepe și de a făuri “unelte” și de a transforma, cu ajutorul lor, realitatea înconjurătoare și, implicit, pe sine însuși.

(Este și omul un sistem ?)

Curs nr. 2

5

Obiectul cercetării științifice în inginerie

Sisteme tehnologice

Mașină – unelte, dispozitive, structuri constructive, mașini, aparate, sisteme de mașini și aparate, automate, computere etc.

Mediu – ambianța fizică (obiecte, fenomene și procese existente în natură sau create de om) și ambianța socială (mulțimea relațiilor interumane stabilite pe parcursul acțiunii)

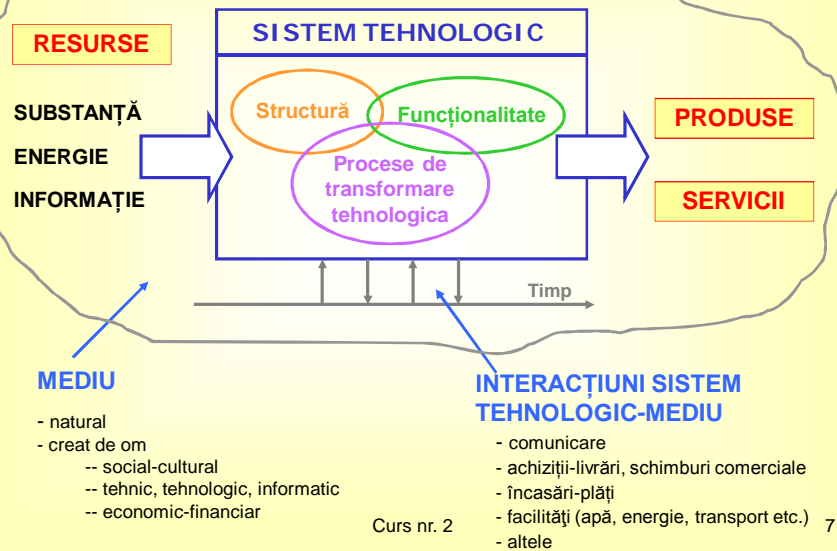
Acțiunea umană – acțiune conștientă și sistematică de transformare a raporturilor dintre om și mediu

- concepută conform unor obiective determinate ale științei, tehnologiei și cunoașterii
- realizată prin muncă și susținută de spirit creativ, gândire, limbaj, cultură și afecțiune

Curs nr. 2

6

Obiectul cercetării științifice în inginerie



Obiectul cercetării științifice în inginerie

Sisteme tehnologice

Sisteme de fabricație – gestionează transformări de energie, controlate informațional, pentru a determina modificări semnificative ale substanței, adecvate realizării unui produs corporal.

Sisteme energetice – gestionează transformări de substanță purtătoare de energie primară, comandate informațional, în vederea conversiei energiei primare (chimică, mecanică, nucleară, solară etc.) în energie electrică, nemijlocit utilizabilă.

Sisteme informatice - ansamblul de elemente implicate într-un proces de prelucrare și transmitere de date pe cale electronică (calculatoare, sisteme de transmisie a datelor, alte componente hardware, software-ul, datele prelucrate, personalul ce exploatează tehnica de calcul, teoriile ce stau la baza algoritmilor de prelucrare, etc.), bazat pe transformări fine, controlate cu acuratețe, ale energiei și substanței.

Curs nr. 2

8

Obiectul cercetării științifice în inginerie

Competitivitatea sistemelor tehnologice (atribute)

- **calitate** (conformanța cu produsul/serviciul proiectat) și **fiabilitate** (aptitudinea de funcționalitate neîntreruptă, în condiții bine precizate)
- **eficiență fizico – chimică, capacitate tehnologică și automatizare de nivel** a proceselor de transformare a substanței, energiei și informației
- **profitabilitate economico – financiară** a produselor și serviciilor oferite pe piață
- **conservarea mediului ambiant**, garanție a unei dezvoltări durabile, în armonie cu natura.

Competitivitate = însușirea de a fi competitiv (a avea capacitatea de a face față competiției) într-un mediu concurențial dat prin obținerea de performanțe și de a reuși cel puțin la fel de bine ca alții.

Curs nr. 2

9

Proiectul de cercetare

Cerințe impuse subiectului proiectelor de cercetare:

- să aibă ca punct de plecare necesitatea rezolvării unor probleme științifice și/sau tehnologice reale, importante și actuale
- să aibă o abordare sistemică
- să se regăsească în strategiile de cercetare – dezvoltare - inovare cu caracter prioritar, promovate pe plan național și internațional
- să fie suficient de complex, cuprinzător și inovator
- să beneficieze de suficiente garanții financiare, materiale și umane de abordare și finalizare
- să ofere o deschidere suficientă pentru cercetări viitoare și un câmp de aplicabilitate cât mai larg și mai profitabil (v. SNCDI)

> SNCDI 2014-2020: http://www.fonduri-structurale.ro/Document_Files/Stiri/00015839/xqwk_k_strategia-cdi-2020_-proiect-hq.pdf

> SNpC 2014-2020: http://www.minind.ro/PROPUNERI_LEGISLATIVE/2014/SNC_2014_2020.pdf

Curs nr. 2

10

Subiectul cercetării științifice

Surse de informații pentru stabilirea subiectului :

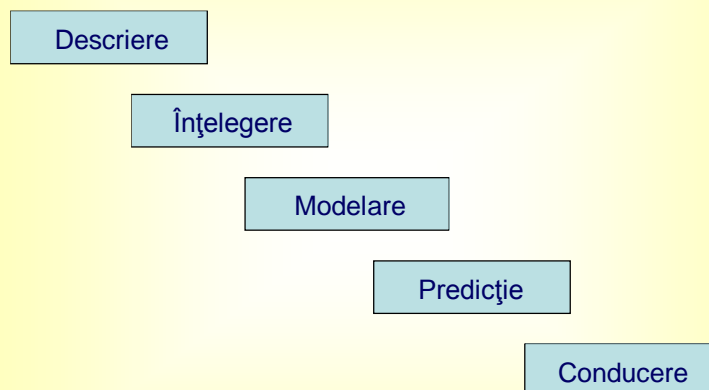
- **experiența proprie**, personală sau a echipei de cercetare – variantă preferențială pentru cercetătorii puternic anorați în realitatea științifică, tehnologică și economică națională și internațională
- **literatura de specialitate**, obligatorie pentru cunoașterea tendințelor de evoluție semnificative din știință și tehnologie și pentru aprofundarea ideilor, teoriilor și tehnologiilor purtătoare de progres
- **teorii pertinente** existente sau aflate în curs de verificare sau/și generalizare - variantă preferențială pentru cercetătorii teoreticieni, implicați în elaborarea de noi teorii și modele matematice

Curs nr. 2

11

Obiective și strategii ale cercetării științifice

Obiective fundamentale ale cercetării științifice:



Curs nr. 2

12

Obiective și strategii ale cercetării științifice

Tipuri de obiective ale cercetării științifice în inginerie (obiectul cercetării):

- obținerea de date, informații și cunoștințe noi, relevante pentru structura și funcționalitatea obiectului cercetării
- evidențierea fenomenelor fizico-chimice și a proceselor de transformare induse de acțiunea factorilor de influență asupra comportamentului și evoluției obiectului cercetat
- modelarea matematică analitică, empirică sau/și numerică a dependențelor care caracterizează sistemul investigat

Curs nr. 2

13

Obiective și strategii ale cercetării științifice

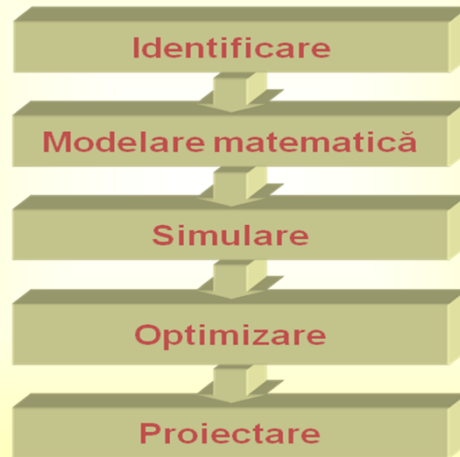
Tipuri de obiective ale cercetării științifice în inginerie (obiectul cercetării):

- simularea și predicția stărilor și evoluției specifice unui sistem
- optimizarea funcționării obiectului cercetării în raport cu o mulțime dată de criterii și restricții
- conducerea în timp real a obiectului cercetării
- asigurarea compatibilității obiectului cercetării și efectelor dezvoltate de acesta cu mediul ambiant natural și social

Curs nr. 2

14

Exemplu de strategie în cercetarea științifică în inginerie :



Curs nr. 2

15

Modelare matematică – descrierea unui sistem / proces real cu ajutorul unui model matematic care redă dependențele (matematice, logice sau simbolice) care caracterizează comportarea sistemului / procesului; ori de câte ori este posibil se asociază cu reprezentări grafice intuitive.

Identificare – determinarea parametrilor unui model al unui sistem / proces, în speță a parametrilor modelului matematic, folosind date și informații cu privire la comportarea lui în situația în care nu dispunem de informații apriorice suficiente și valide privind structura / funcționalitatea acestuia.

(a priori, aprioric)

Curs nr. 2

16

Obiective și strategii ale cercetării științifice

Tipuri de modele:

- Din punct de vedere structural: Modele intrare – ieșire
Modele intrare – stare – ieșire
- Din punct de vedere dinamic: Modele inerțiale
Modele neinerțiale

Proveniența modelelor utilizate:

- ❖ Modele dobândite prin investigații proprii
- ❖ Modele existente în publicații științifice

Tehnici de modelare și identificare :

- bazate pe modele conceptuale ale obiectului cercetării
- bazate pe experimente specifice efectuate pe obiectului cercetării, imaginate adecvat funcției îndeplinite
- hibride

Curs nr. 2

17

Obiective și strategii ale cercetării științifice

Cutie neagră (black-box) – termen generic pentru un sistem/proces văzut numai prin prisma intrărilor, ieșirilor și al funcției îndeplinite, privită după caz ca o caracteristică de transfer de la intrare la ieșire, în totală abstracție de structura și fenomenele concrete care au loc în intimitatea sistemului/ procesului;

Simulare – efectuarea unei experimentări virtuale pe un model matematic (de regulă, numeric) adecvat al unui sistem / proces real cu scopul de a studia aspecte ale comportării sistemului/procesului;

Optimizare – determinarea și realizarea celui mai favorabil raport între ieșirile și intrările unui sistem / proces în condiții date și în conformitate cu un criteriu dat;

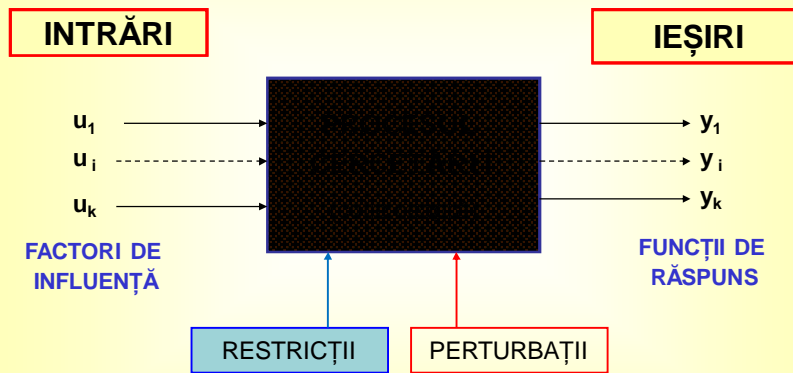
Proiectare – conceperea și dezvoltarea de componente și sisteme constructiv – tehnologice noi sau perfecționate în urma parcurgerii etapelor anterioare.

Curs nr. 2

18

Modelarea și identificarea obiectului cercetării științifice

Modelul de tip intrare – ieșire al cercetării



Cursul nr. 2

19

Identificarea și modelarea obiectului cercetării științifice

Factori de influență – (variabile independente) - reprezintă modalități și mijloace de influențare controlată a comportamentului și evoluției obiectului și procesului cercetării, văzut ca sistem, în concordanță cu obiectivele urmărite;

Procesul cercetării - integrează în sensul obiectului cercetării sistemul supus cercetării (un sistem tehnologic real sau un model fizic al acestuia, în extremis un model matematic) cu mulțimea mijloacelor de acționare/testare și măsurare necesare evaluării stării, comportamentului și evoluției (în timp) sistemului / procesului respectiv;

Funcții de răspuns – (variabile dependente) - evaluează cantitativ și calitativ în condițiile date procesul cercetării prin intermediul comportamentului, stărilor și tendințelor de evoluție ale sistemului / procesului care face obiectul cercetării.

Cursul nr. 2

20

Identificarea și modelarea obiectului cercetării științifice

Restricții – limitări care apar în interacțiunile din interiorul unui sistem/proces sau în delimitarea acestuia față de mediul exterior

Perturbații - intrări (variabile independente) - care influențează necontrolat comportamentului și evoluția obiectului cercetării, provocând abateri față de obiectivele urmărite

Factorii de influență:

- exercită o influență directă și univocă asupra stării și comportamentului obiectului cercetării
- sunt independenți de ceilalți factori din sistem
- sunt compatibili cu obiectul cercetării fiind controlabili (mărimile pot fi măsurate, reglate și menținute la nivelele disponibile cu o acuratețe adecvată obiectivelor și condițiilor cercetării, neproducând efecte periclitante asupra obiectului cercetării (intrări admisibile)).

Identificarea și modelarea obiectului cercetării științifice

Funcțiile de răspuns sunt variații ale unor mărimi concrete / abstracte care:

- pot caracteriza cuprinzător și multilateral, esența fizică, performanțele sau / și eficiența obiectului cercetării
- au o semnificație fizică clară, cât mai simplă și mai ușor de exprimat prin mijloace matematice
- pot fi exprimate cantitativ, uneori, prin asocierea unui număr (rezultat dintr-un proces de măsurare sau estimare) pentru fiecare din stările obiectului cercetării
- este de dorit să aibă un caracter univoc (unei stări a obiectului cercetării, determinată de un set oarecare de nivele ale factorilor de influență, îi corespunde o valoare și numai una a funcției de răspuns);

Identificarea și modelarea obiectului cercetării științifice

Modelul matematic al sistemului exprimă legăturile de cauzalitate ce caracterizează funcționarea sistemului (tehnologic) investigat. Într-o formă simplificată, dar generală, el apare ca un sistem de egalități care redau transferul de informație intrare – ieșire, de exemplu:

$$\begin{array}{lll} y=F(u) & x = f(u) & dx/dt = f(x,u) \\ & y = g(u, x) & y = g(u, x) \end{array}$$

în care:

- **u - intrări cu rol măriri** de comandă potențiale (factori de influență), capabile să modifice regimul de funcționare al sistemului;
- **x – stări cu rol de măriri** specifice structurii sistemului, capabile să caracterizeze tendința de evoluție a sistemului
- **y - ieșiri , cu rol măriri** de măriri redade de funcții de răspuns; pot fi:
 - dependente direct de intrări, respectiv
 - dependente indirect, prin intermediul mărimilor de stare.

Cursul nr. 2

23

Identificarea și modelarea obiectului cercetării științifice

Obținerea unui model matematic pe bază de experimente - Etape de lucru:

- stabilirea factorilor de influență semnificativi și a funcțiilor de răspuns relevante
- conceperea și realizarea unui program pentru achiziția și prelucrarea primară a datelor specifice (conține experimente și procedee de prelucrare) și efectuarea experimentelor
- alegerea formei modelului matematic (de regulă, liniar, cu parametri variabili în timp) adecvat relațiilor dintre variabilele dependente și independente ale sistemului
- estimarea valorilor numerice ale parametrilor modelului matematic adoptat prin prelucrarea rezultatelor experimentale
- validarea modelului prin teste care să certifice concordanța dintre date previzionate de model și datele reale (de ex. validare statistică)

Cursul nr. 2

24

Identificarea obiectului cercetării științifice

Diagrama cauze – efecte (diagrama de cauzalitate calitativă)

Elemente definitorii:

- **Scop:** inventariere, structurare logică și vizualizare grafică a mulțimii cauzelor (intrări) care influențează / determină potențial un efect determinat (ieșire unică) ► formularea corectă a unei probleme (de cercetare)
- **Abordare:** de regulă, în echipă de cercetare
- **Etape de lucru:**
 - analiza obiectului cercetării prin acțiuni de **brainstorming** și determinarea tuturor factorilor și, în cadrul acestora, a tuturor cauzelor care condiționează problema / efectul investigat
 - ierarhizarea factorilor și cauzelor identificate după **criterii de importanță și prioritate** și reprezentarea lor într-o diagramă cauze – efecte
 - conceperea și dezvoltarea unui **plan de acțiuni** vizând rezolvarea asociată efectului investigat

Cursul nr. 2

25

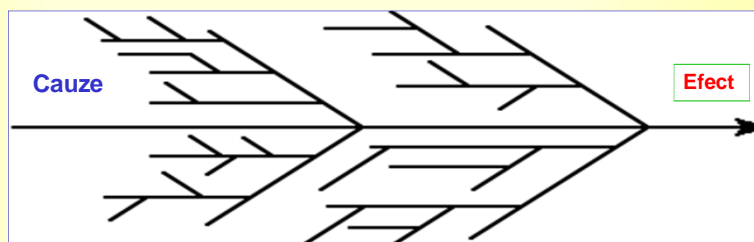
Identificarea obiectului cercetării științifice

Diagrama cauze - efecte

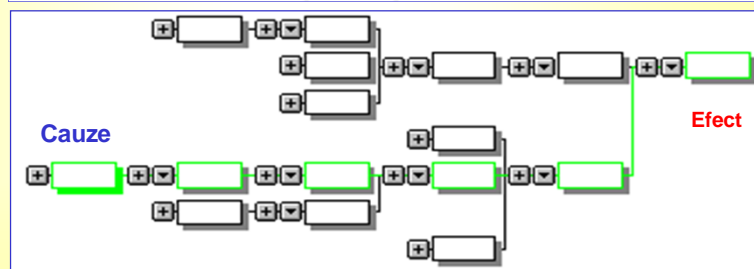
Variante grafice:

1. “Schelet de pește (fishbone)”

(http://en.wikipedia.org/wiki/Ishikawa_diagram, Ishikawa diagram)



2. Arborească

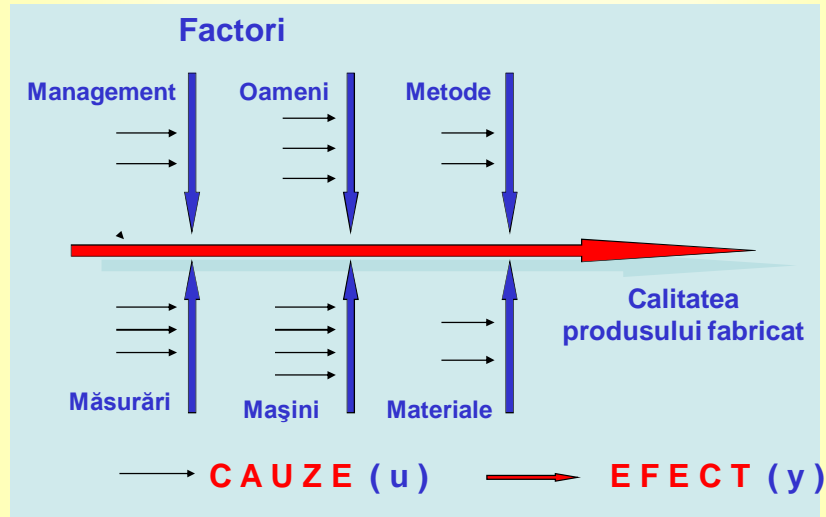


Cursul nr. 2

26

Identificarea obiectului cercetării științifice

3. Structurare după natura factorilor de influență (exemplu)



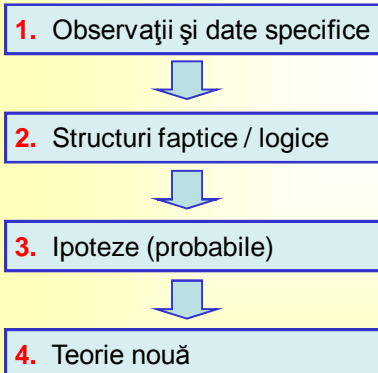
Cursul nr. 2

27

Metode logice în cercetarea științifică

Abordări inductive și deductive

Abordare inductivă



Abordare deductivă



Cursul nr. 2

28

Metode logice în cercetarea științifică

Abordare inductivă

- **inferență logică:** de la enunțuri singulare (observații, experimentări) la enunțuri universale (ipoteze, teorii)
- bazată predominant pe experiment, provocat sau neprovocat
- aplicată prioritar în fizică, chimie, biologie etc.
- **Punct nevralgic : rigoarea demersului**

Abordare deductivă

- **inferență logică:** de la enunțuri generale (teorii, legi) la enunțuri particulare (aplicații)
- bazată predominant pe raționament
- aplicată prioritar în logică și matematică
- **Punct nevralgic: limitările aplicative ale teoriilor**

► **În cercetarea și cunoașterea științifică, abordările inductivă și deductivă se completează și se sprijină reciproc**

Inferență - Operație a gândirii prin care se trece de la un enunț la altul în mod deductiv sau inductiv, direct (i. imediată) sau indirect (i. mediată).

Modelul conceptual

Activitatea de **modelare conceptuală** este activitatea de descriere formală a unor aspecte fizice și sociale ale lumii înconjurătoare cu scopul înțelegerii acestora și comunicării.

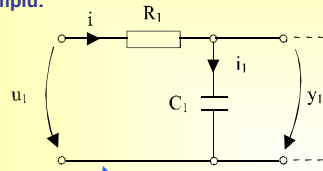
Obiectul primar al **modelului conceptual** îl reprezintă transmiterea principiului fundamental și a funcției pe care sistemul căruia îi este asociat modelul o realizează. **Modelul conceptual** trebuie să furnizeze o utilizare ușoară a interpretării sistemului.

Un **model conceptual** implementat corect trebuie să satisfacă 4 obiective fundamentale:

- Să sporească înțelegerea individuală a sistemului
- Să faciliteze transmiterea de detalii referitoare la sistem între părțile interesate
- Să ofere un referențial pentru proiectanții de sistem pentru a extrage specificațiile despre sistem
- Să documenteze sistemul pentru a putea formula puncte ulterioare de referință și să reprezinte un mijloc de colaborare

Modelul conceptual

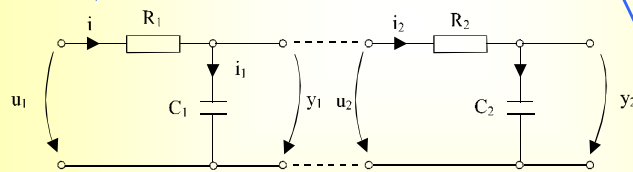
Exemplu:



Model conceptual

$$R_1 C_1 \cdot \dot{y}_1(t) + y_1(t) = u_1(t)$$

Model matematic asociat pe baza modelului conceptual



$$R_1 C_1 R_2 C_2 \ddot{y}_1(t) + R_1 C_1 \left(1 + \frac{C_2}{C_1} + \frac{R_2 C_2}{R_1 C_1}\right) \dot{y}_1(t) + y_1(t) = R_2 C_2 \dot{u}_1(t) + u_1(t)$$

Cursul nr. 2

31