

**Programul de pregătire universitară avansată a
doctoranzilor – anul univ. 2020 / 2021**

Etică și integritate academică în cercetarea științifică și diseminarea rezultatelor (EIACSDR)

Prof. Dr. ing. Toma-Leonida Dragomir

Piața Victoriei nr. 2, RO 300006 - Timișoara, Tel: +40 256 403000, Fax: +40 256 403021, rectorat@rectorat.upl.ro, www.upl.ro

**Unele părți sunt 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**

Temele lecției

Cercetarea științifică în inginerie. Proiectul de cercetare doctorală - o abordare sistemică

1. Demersul de cercetare științifică
2. Proiectul programului individual de cercetare doctorală. Anexa 3.1
la Contractul de studii doctorale.
3. Noțiuni fundamentale: sistem și abordare sistemică
4. Sisteme tehnologice
5. Abordarea sistemică în cercetarea științifică
6. Abordări inductive, abordări deductive în cercetarea științifică

1. Demersul de cercetare științifică

1.1. Activități specifice ale unui program de cercetare științifică

- achiziția de date, informații și cunoștințe relevante pentru structura și funcția sistemului investigat (T: funcție-funcțional-funcționalitate);
- identificarea informațională a obiectului cercetării;
- determinarea problemelor care restricționează realizarea obiectivelor și/sau îmbunătățirea performanțelor sistemului considerat (T: restricție-constrângere);
- generarea de idei și de acțiuni reprezentând soluții / rezolvări ale problemelor abordabile și stabilirea ipotezelor care le condiționează și/sau susțin (T: generare-dobândire);

Cercetare științifică – Activități specifice

- evaluarea multicriterială a opțiunilor / soluțiilor disponibile și adoptarea deciziilor optime în condițiile date (T: optim $\neq$ îmbunătățire);
- investigarea teoretică și/sau experimentală a stării și evoluției obiectului cercetării în condiții care să permită verificarea și validarea soluțiilor și ipotezelor adoptate;
- evaluarea rezultatelor obținute, formularea concluziilor și delimitarea domeniilor de valabilitate și de aplicabilitate;
- redactarea și comunicarea raportului / sintezei cercetării efectuate, într-un format consacrat de lucrare științifică.

(„T:” – terminologie – discuție/consultare DEX al limbii române)

1. Demersul de cercetare științifică

1.2. Competențe și deprinderi necesare cercetătorului științific (T: competență / deprindere)

- mod de gândire și acțiune sistemic (T: sistem – sistemic);
- abilități analitice și integratoare în definirea și rezolvarea problemelor abordate;
- capacități de comunicare lingvistică, științifică și tehnologică într-un spectru larg de probleme, parteneri și audiență;
- disponibilitate și adaptabilitate rapidă și eficientă la schimbare;
- abordare multi- și inter- disciplinară a realității înconjurătoare;

Cercetare științifică : Competențe și deprinderi necesare

- spirit critic și creativitate în acțiunile întreprinse;
- integrare și adaptare la cerințele activității în echipă;
- preocupare și efort de perfecționare permanentă;
- competențe și abilități de conducere, aplicabile în cercetarea științifică;
- înțelegere avansată a cadrului economic, social și ecologic al societății contemporane.

1. Demersul de cercetare științifică

1.3. Elemente de management al unui proiect de cercetare

- identificarea corectă și realistă, a **resurselor** necesare pentru implementarea programului de cercetare științifică: resursa umană, infrastructura, resursa financiară;
- evaluarea corectă a **duratei etapelor programului** de cercetare științifică și agregarea calendarului cercetării;
- determinarea **costurilor** cercetării;
- identificarea unei **surse de finanțare** a cercetării;
- scrierea proiectului de cercetare prin adaptarea cu respectarea tuturor cerințelor finanțatorului;

- includerea de personal de cercetare, juridic, financiar și administrativ în resursa umană a proiectului;
- încheierea responsabilă a contractului de finanțare a proiectului de cercetare prin înțelegerea drepturilor, obligațiilor și clauzelor;
- executarea proiectului de cercetare în acord cu prevederile contractului, respectând fazele de raportare, maniera de efectuare a achizițiilor, legislația în vigoare;
- pregătirea auditurilor cerute de finanțator;
- valorificarea rezultatelor proiectului potrivit obligațiilor din contractul de finanțare;

- finalizarea contractului cu lămurirea clară a aspectelor paternității rezultatelor;
- arhivarea documentației proiectului astfel încât să poată fi efectuate audituri ulterioare (la 3, 5 sau 10 ani).

PROGRAMULUI INDIVIDUAL DE CERCETARE ȘTIINȚIFICĂ AL DOCTORANDULUI SE TRATEAZĂ MUTATIS MUTANDIS ÎN TERMENII DE MAI SUS. (T: MUTATIS MUTANDIS)

Proiectul programului individual de cercetare științifică

2. PROIECTUL PROGRAMULUI INDIVIDUAL DE CERCETARE ȘTIINȚIFICĂ - Anexa 3.1 la Contractul de studii doctorale

(http://www.upt.ro/Informatii_documentele-doctoranzilor-inmatriculati-incepand-cu-anul-201_286_ro.html)

1.4.Anexa_3.1_Template [Compatibility Mode] - Microsoft Word

File Home Insert Page Layout Mailings Review View References Acrobat

upt Universitatea Politehnica Timișoara

IOSUD - Universitatea Politehnica Timișoara
Școala Doctorală de Studii Inginerești

Anexa 3.1 la Contractul de studii doctorale

PROIECTUL PROGRAMULUI INDIVIDUAL DE CERCETARE ȘTIINȚIFICĂ i)

Doctorand: _____

Conducător științific: 1. _____

Comisia de îndrumare: 2. _____

3. _____

4. _____

Domeniul de doctorat: _____

Titlul propus pentru teza de doctorat: _____

Cuprinsul proiectului ii):

1. Prezentarea temei de cercetare (max. 1 pag.)
2. Stadiul actual al cercetării în tematica tezei propuse iii) (max. 1 pag.)
3. Justificarea alegerii temei de cercetare iv) (max. 3 pag.)
4. Conținutul cercetării și etapele cercetării - grafic de implementare v)
5. Resurse necesare și resurse disponibile în UPT pentru implementarea programului de cercetare vi)
6. Bibliografie vii)

Page: 1 of 1 Words: 217 Italian (Italy)

22:27 18.03.2019

Proiectul programului individual de cercetare științifică

1.4.Anexa_3.1_Template [Compatibility Mode] - Microsoft Word

File Home Insert Page Layout Mailings Review View References Acrobat

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18

**RAPOARTE DE CERCETARE ȘI LUCRĂRI ȘTIINȚIFICE
PROGRAMATE CA REZULTATE ALE PROGRAMULUI DE CERCETARE**

Activități	Termene de realizare estimate
1. Elaborarea raportului științific nr. 1 cu rezultate intermediare ale cercetării	
2. Elaborarea raportului științific nr. 2 cu rezultate intermediare ale cercetării	
3. Publicarea unui număr de $n_1 = \underline{\hspace{1cm}}$ lucrări științifice în vederea prezentării la conferințe cotate BDI	
4. Publicarea unui număr de $n_2 = \underline{\hspace{1cm}}$ lucrări științifice în circuitul ISI ($n_2 \geq 2$)	

Semnătura doctorandului: _____ Data _____

Adnotarea conducătorului de doctorat: (aviz, **fezabilitate**, alte aprecieri și observații) viii)

Semnături: 1. _____ 2. _____

3. _____ 4. _____

Data _____

Page: 1 of 1 Words: 217 Italian (Italy)

EN 130% 22:33 18.03.2019

Proiectul programului individual de cercetare științifică

Note de subsol (conform formularului):

- i) Proiectul programului de cercetare științifică se elaborează de către doctorand sub îndrumarea conducătorului de doctorat. Proiectul se susține de către doctorand până la sfârșitul primului an de doctorat. Proiectul va avea ca primă pagină acest formular.
- ii) Proiectul se elaborează respectând cuprinsul de mai jos.
- iii) Prezentarea stadiului actual al cercetării se documentează folosind în mod obligatoriu titluri menționate în bibliografia de la punctul 6.
- iv) Justificarea va conține cel puțin: obiectivele tezei, ancorarea lor în stadiul prezentat la punctul 2 și modul în care se preconizează atingerea obiectivelor.
- v) Conținutul cercetării se va axa pe obiectivele prezentate la punctul 3. Graficul de implementare trebuie să acopere întreg intervalul de timp pe care se întinde cercetarea doctorală (inclusiv anul I).
- vi) Estimarea resurselor trebuie să fie realistă și se va discuta punctual cu conducătorul de doctorat și echipa de îndrumare. Orice titlu din lista bibliografică trebuie să fie referit în mod obligatoriu la punctele 1 – 5.
- vii) Adnotarea se completează după susținerea proiectului. Ea trebuie să sublinieze în primul rând **fezabilitatea proiectului de cercetare întreprins de doctorand** sub îndrumarea conducătorului de doctorat și a comisiei de îndrumare.

Proiectul programului individual de cercetare științifică

2.1. Titlul propus pentru teza de doctorat

- De regulă se stabilește de către coordonatorul științific în a doua parte a primului an de stagiul doctoral.
- Orientează proiectul programului individual de cercetare științifică din cadrul doctoratului spre un tip sau altul de cercetare și spre contribuții adecvate.
- Potrivit [2], principale tipuri de cercetare sunt:
 - Observare sau inovare,
 - Studiu de proces (fenomen) sau studiu de caz,
 - Teoretică sau practică,
 - Cu suport pronunțat matematic sau empiric,
 - Principială sau pragmatică.

2.2. Cuprinsul proiectului

2.2.1. Prezentarea temei de cercetare

- Este subordonată titlului propus pentru teză.
- Expune subiectul cercetării și tipul cercetării care va fi întreprinsă.
- Evaluează raportul dintre amploarea cercetării și durata cercetării doctorale.
- V. secțiunea 5.1 în continuare.

2.2.2. Stadiul actual al cercetării în tematica tezei propuse

- Secțiunea are rolul de a prezenta un referențial al cercetărilor întreprinse **la nivel mondial** în domeniul temei tezei de doctorat.
 - a) Se arată ce se cercetează și care sunt principalele orientări în cercetare.
 - b) Se arată care este punctul de plecare în cercetarea care va fi întreprinsă.
- Ideile de la punctele a) și b) se documentează în mod obligatoriu prin referiri bibliografice la:
- articole –**în primul rând și în mod obligatoriu**- de dată cât mai recentă, pentru a argumenta că tema cercetării este de actualitate;
 - cărți de specialitate;
 - monografii și manuale;
 - documente oficiale la nivel internațional și național, programatice sau de raportare;
 - standarde, norme etc.

F. important! Secțiunea **Stadiul actual al cercetării în tematica tezei propuse** nu se referă la ceea ce a făcut doctorandul în primul an !

2.2.3. Justificarea alegerii temei de cercetare

- Justificarea se poate realiza în mai multe planuri, subliniind în fiecare plan actualitatea cercetării. Justificarea se leagă de rezultatele scontate ale cercetării și se face:
 - în plan științific plecând de la referențialul creat în secțiunea anterioară și de la amplasarea obiectivelor cercetării doctorale în acest referențial;
 - în plan aplicativ, insistând asupra utilității rezultatelor cercetării și asupra posibilității de corelare a acestora cu necesități identificate de autorul cercetării sau necesități formulate explicit de către diferite foruri;
 -
- Secțiunea **Justificarea alegerii temei de cercetare** se documentează, de asemenea, în mod obligatoriu prin referiri bibliografice. Succesiunea importanței diferitelor tipuri de surse bibliografice diferă în funcție de planul de justificare.

2.2.4. Conținutul cercetării și etapele cercetării – grafic de implementare programului de cercetare

- Proiectul de cercetare doctorală trebuie să creioneze procesul cercetării (v. secțiunea 5.6 în continuare). Conținutul și etapele cercetării depind de tipul de cercetare întreprins.
- Etapele trebuie să corespundă conținutului și să îl acopere în mod logic și complet. Ele pot să fie la rândul lor structurate până la nivel de activități.
- Graficul de implementare redă eșalonarea etapelor, ..., activităților în cursul stagiului doctoral. De regulă graficul se prezintă sub formă de diagramă Gantt (https://ro.wikipedia.org/wiki/Diagrama_Gantt).
- Graficul de implementare trebuie să includă și elaborarea rapoartelor de cercetare și a lucrărilor științifice la care face referire tabelul din Anexa 3.1.
- Etapele cercetării și mai ales activitățile componente nu trebuie definite în mod rigid.

Secțiunea **Conținutul cercetării și etapele cercetării – grafic de implementare** nu v-a conține un cuprins al tezei de doctorat.

Proiectul programului individual de cercetare științifică

2.2.5. Resurse necesare și resurse disponibile în UPT pentru implementare

- Proiectul programului de cercetare științifică trebuie să fie realizabil.
 - Din punct de vedere juridic proiectul este acoperit prin Contractul de cercetare doctorală încheiat între UPT, conducătorul științific și doctorand, contract care include și Anexa 3.1.
- Prin semnarea proiectului de către conducătorul științific și echipa de îndrumare, pe de-o parte, și doctorand, pe se altă parte, se consemnează oficial faptul că proiectul este fezabil și că UPT poate pune la dispoziția doctorandului în mod direct sau, prin terți, resursele necesare pentru realizarea cercetării.
- Secțiunea trebuie să răspundă la cerința subliniată.

2.2.6. Bibliografie

- Titurile se completează conform uzanțelor din dimeniul de doctorat în care se va încadra teza.

3. Noțiuni fundamentale: sistem și abordare sistemică

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 că se manifestă în raport cu mediul exterior ca un întreg bine delimitat care îndeplinește în mod invariant un anumit rol, o anumită funcție, într-un interval de timp bine precizat.

Mulțimea de obiecte și legăturile dintre ele alcătuiesc **structura sistemului**. **Structura** conferă sistemului identitate, arată conectivitatea cu mediul exterior și permite exprimarea funcției îndeplinite și a caracterului holistic al acesteia.

FUNCȚIONALITATE = însușirea de a fi funcțional.

Funcționalitatea unui sistem consemnează faptul că sistemul este apt să realizeze în condiții bine precizate funcția sa, adică ieșiri concordante cu obiective asumate.

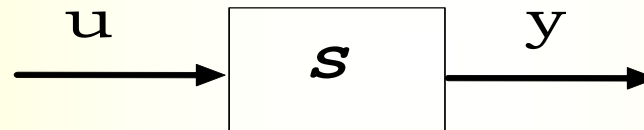
Abordare sistemică – mod de gândire și analiză a unui ansamblu bazat pe considerarea acestuia ca sistem cu resurse bine precizate, considerând, pe de o parte, relațiile în timp și spațiu dintre obiectele sistemului, iar pe de alta parte, caracteristicile obiectelor sistemului.

Modelul unui sistem - 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.

Noțiuni fundamentale: sistem și abordare sistemică

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

- **INTRĂRI** u (factori de influență, ex.: acțiuni de comandă, resurse);
- **IEȘIRI** y (funcții de răspuns, ex.: produse, servicii, mișcare).



Timpul, Procesele din sistem

Abordarea cauzală :

- variația temporală a intrărilor ($u(t)$) și dezechilibrele inițiale ale sistemului reprezintă *cauza* proceselor din sistem;
- variația temporală a ieșirilor ($y(t)$) reprezintă răspunsul sistemului la cauză: *efectul*.

4. Sisteme tehnologice

4.1. Generalități

În principiu -

- **Sisteme**, având în componență omul și mașina în interacțiune cu mediul, 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 ?)

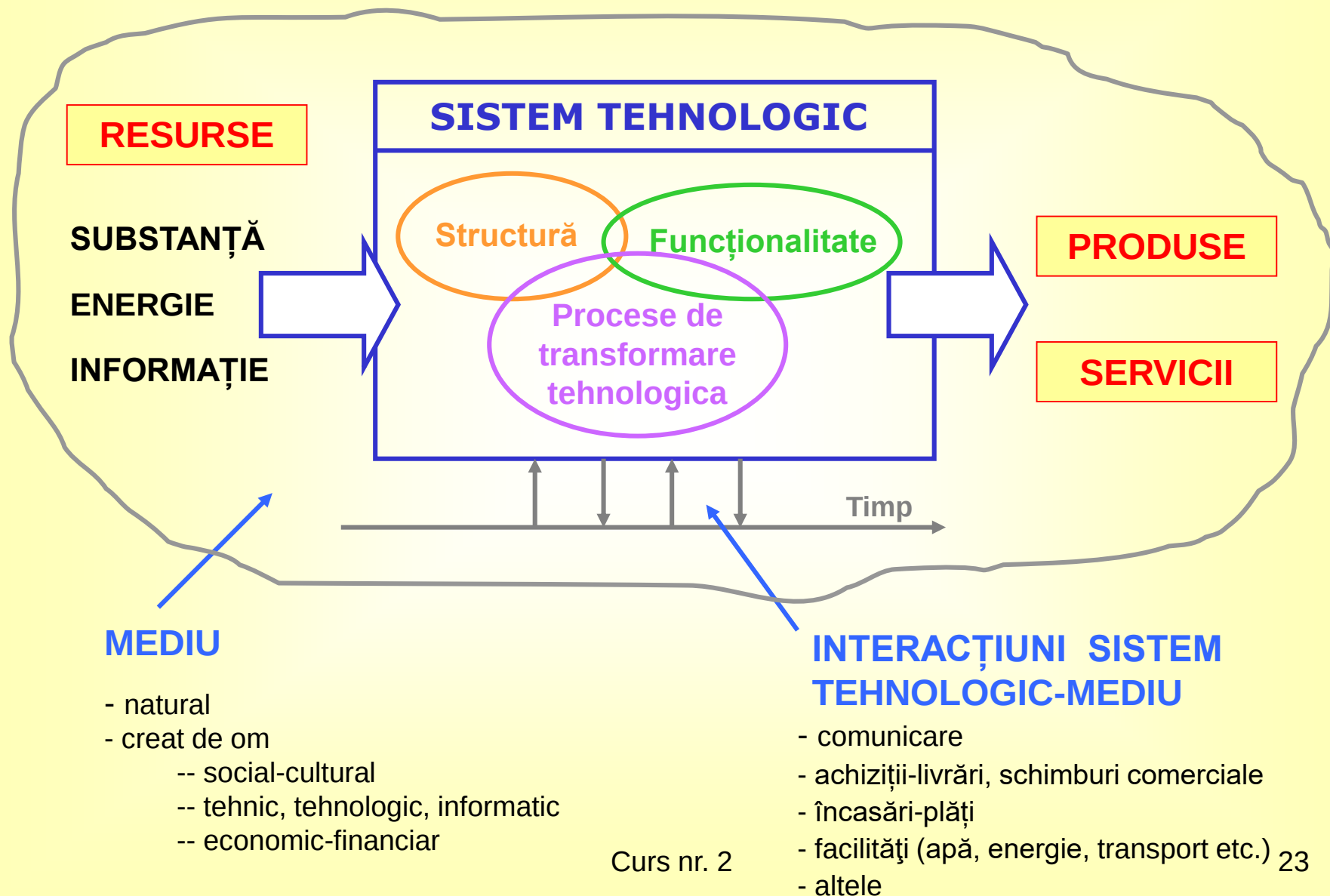
Mașină – unelte, dispozitive, structuri constructive, mașini, aparate, sisteme de mașini și aparate, automate, computere etc.

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 în contextul sistemelor tehnologice – 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.

Sisteme tehnologice



➤ Exemple de 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 hard-ware, 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.

4.2. Competitivitatea sistemelor tehnologice (atribute)

- **calitate** (conformanța cu produsul/serviciul proiectat) și **fiabilitate** (aptitudinea de a prezenta „funcționalitate neîntreruptă”, în condiții bine precizate)
- **eficiență fizico – chimică, capabilitate 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.

T: Competitivitate = însușirea de a fi competitiv (de 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.

5. Abordarea sistemică în cercetarea științifică

5.1. 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 permită o abordare cauzală;
- să se regăsească în strategiile de cercetare – dezvoltare - inovare cu caracter prioritar, promovate pe plan național și internațional;
- să fie suficient de complex, de 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-hg.pdf

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

Abordarea sistemică în cercetarea științifică

5.2. Surse de informații pentru stabilirea subiectului

- **experiența proprie**, personală sau a echipei de cercetare – variantă preferențială pentru cercetătorii puternic ancorați 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.

5.3. Tipuri de obiective ale cercetării științifice

Descriere

Înțelegere

Modelare

Predicție

Conducere
(implementare)

Abordarea sistemică în cercetarea științifică

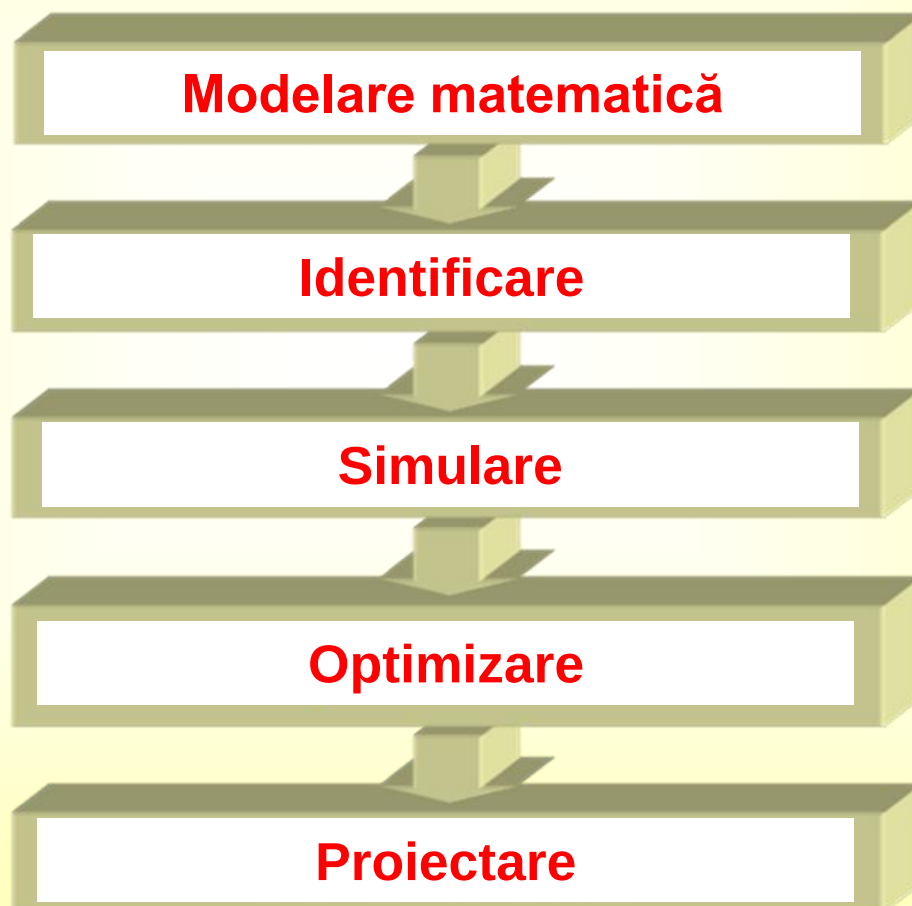
➤ Exemple de obiective/activități cu caracter local/general

- 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**;

- **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.**

5.4. Exemplu de strategie în cercetarea științifică din inginerie

T: **Strategie** (sens figurativ) = arta de a folosi toate mijloacele disponibile în vederea asigurării succesului într-o activitate



Abordarea sistemică în cercetarea științifică

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 modelului unui sistem / proces, în particular 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 / funcționarea acestuia.

(T: a priori (adv.), aprioric (adj.))

Abordarea sistemică în cercetarea științifică

T: Cutie neagră (black-box) – termen generic pentru un sistem/ proces văzut numai prin prisma intrărilor, ieșirilor și al funcției îndeplinite, privit, după caz, ca o entitate cu capacitate 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.

5.5. 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 (scenarii de experimentare);
 - ❖ hibride.

➤ 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.

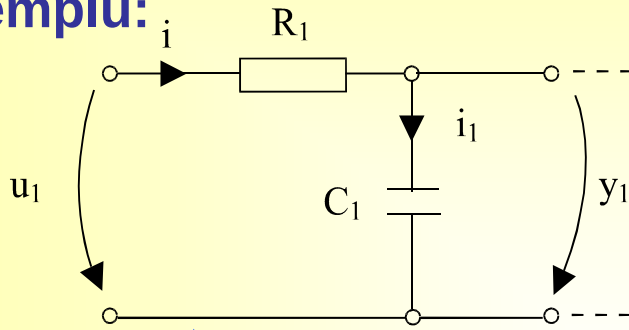
Obiectivul primar al **modelului conceptual** îl reprezintă transmiterea principiului fundamental și a funcției corespunzătoare sistemului căruia îi este asociat modelul. **Modelul conceptual** trebuie să furnizeze o înțelegere cât mai ușoară a sistemului.

Un **model conceptual** implementat corect trebuie să satisfacă 4 cerințe 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 comunicare, în particular de colaborare.

Abordarea sistemică în cercetarea științifică

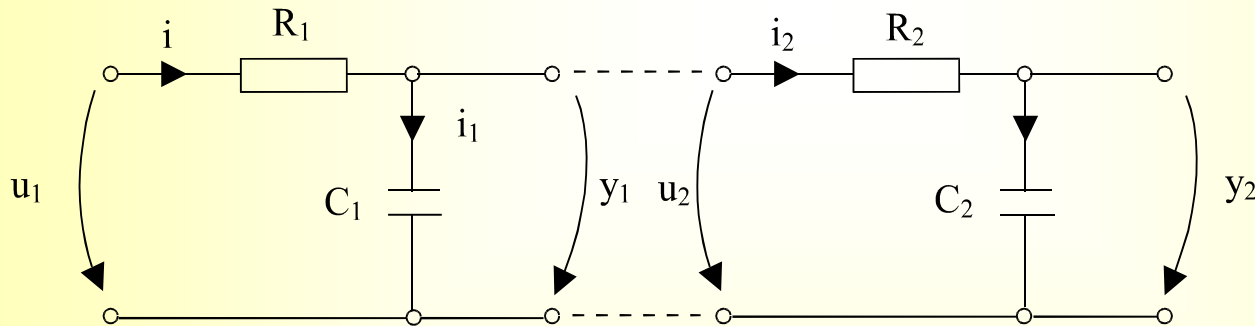
Exemplu:



Model conceptual

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

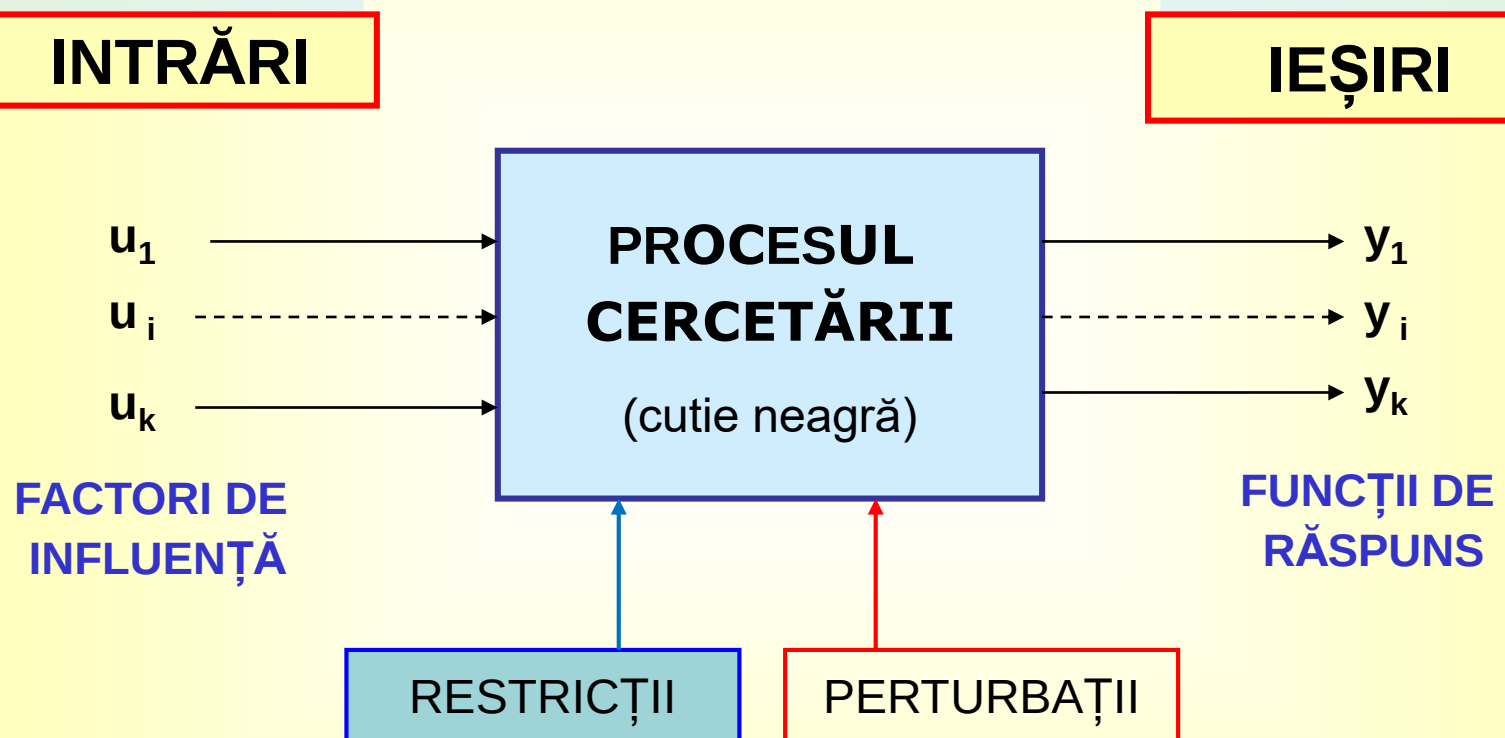
Model matematic asociat pe baza modelului conceptual



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



5.6. Modelul de tip intrare – ieșire al cercetării



Abordarea sistemică în cercetarea științifică

Factori de influență – (variabile independente) - reprezintă mijloace și modalități 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.

Abordarea sistemică în cercetarea științifică

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 comportamentul și evoluția obiectului cercetării, provocând abateri față de obiectivele urmărite.

Factorii de influență:

- elemente prin care cercetătorul 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)).

Abordarea sistemică în cercetarea științifică

Funcțiile de răspuns sunt variații ale unor mărimi concrete / abstracte asociate rezultatelor cercetării, 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);

5.7. Modele matematice

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 mărimi** de comandă potențiale (factori de influență), capabile să modifice regimul de funcționare al sistemului;
- **x – stări cu rol de mărimi** specifice structurii sistemului, capabile să caracterizeze tendința de evoluție a sistemului;
- **y - ieșiri, cu rol mărimi** redate de funcții de răspuns.

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

- stabilirea factorilor de influență semnificativi și a funcțiilor de răspuns relevante (= orientarea modelului);
- 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 (liniar/neliniar, cu parametri constanți/variabili în timp etc.) 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).

5.7. 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.

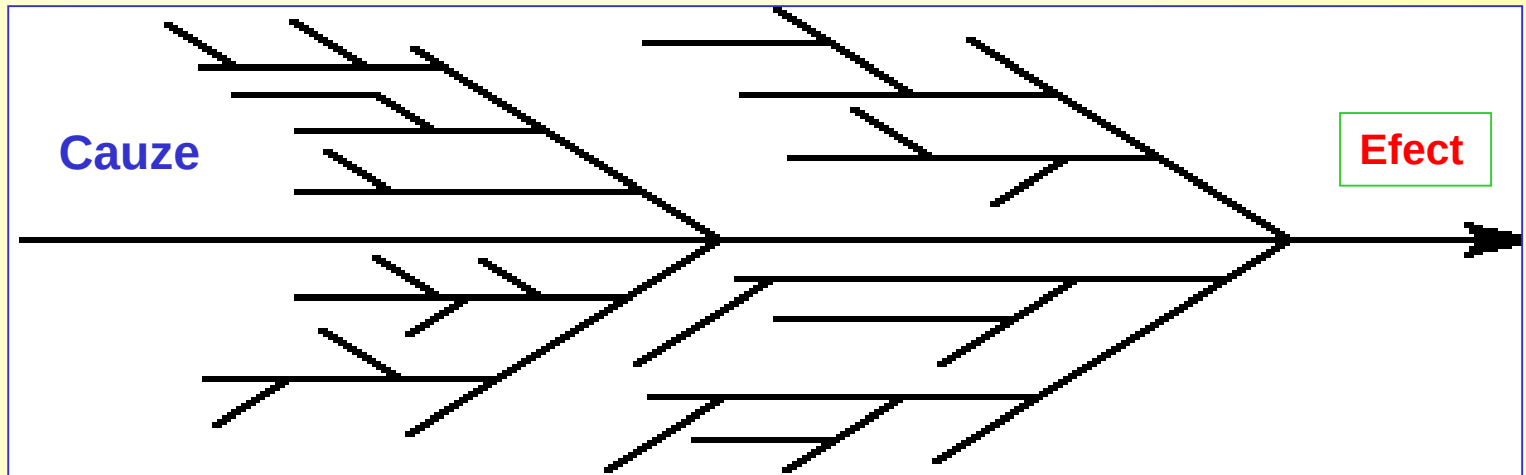
Abordarea sistemică în cercetarea științifică

Diagrama cauze - efecte

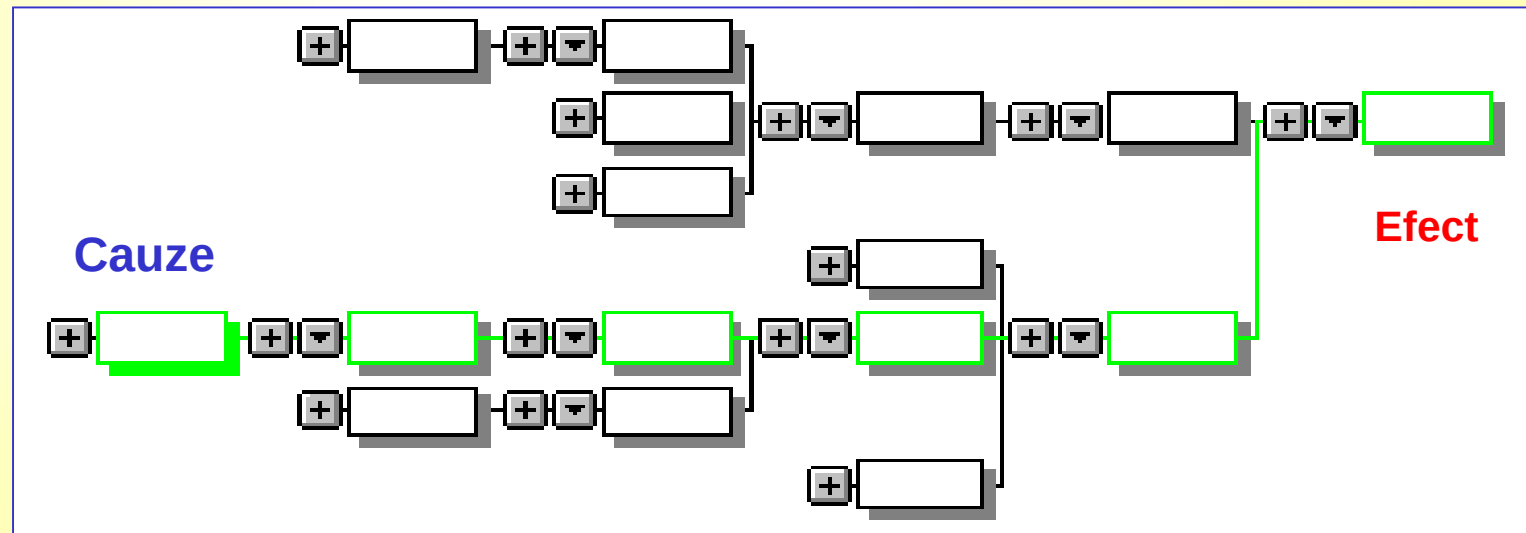
Variante grafice:

A.
“Schelet de
pește
(fishbone)”

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

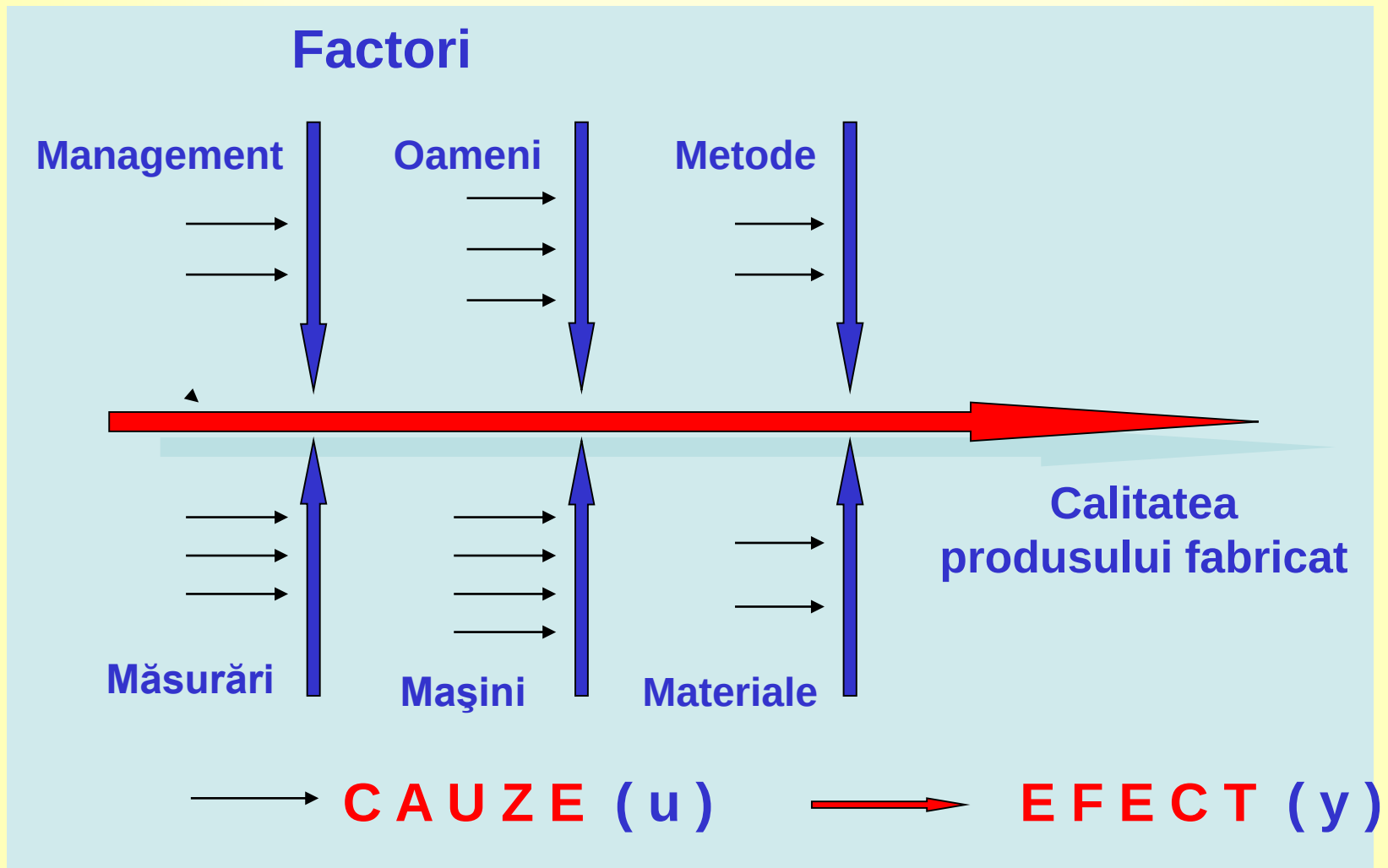


B.
Arbores-
centă



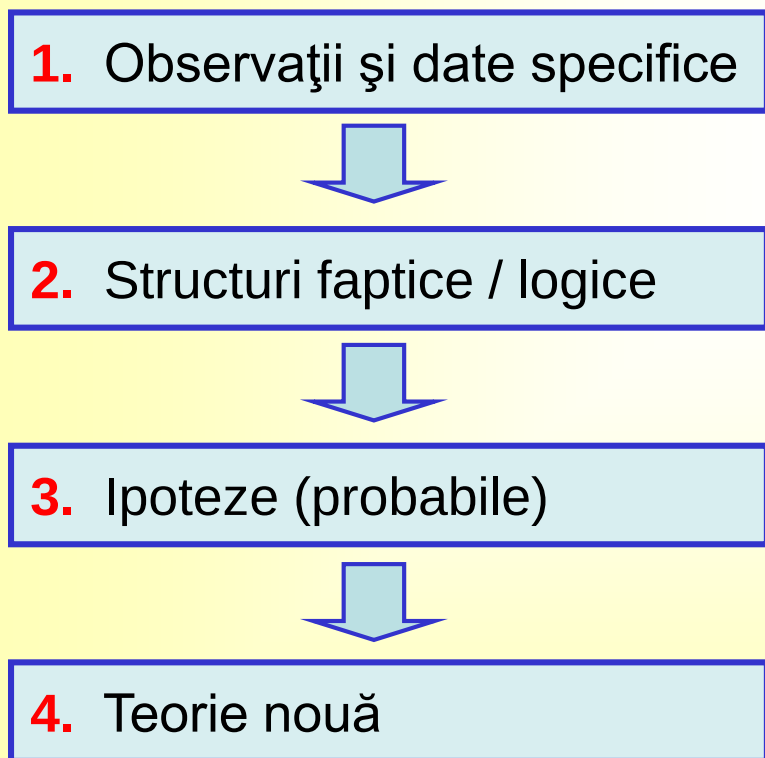
Abordarea sistemică în cercetarea științifică

C. Structurare după natura factorilor de influență (exemplu)

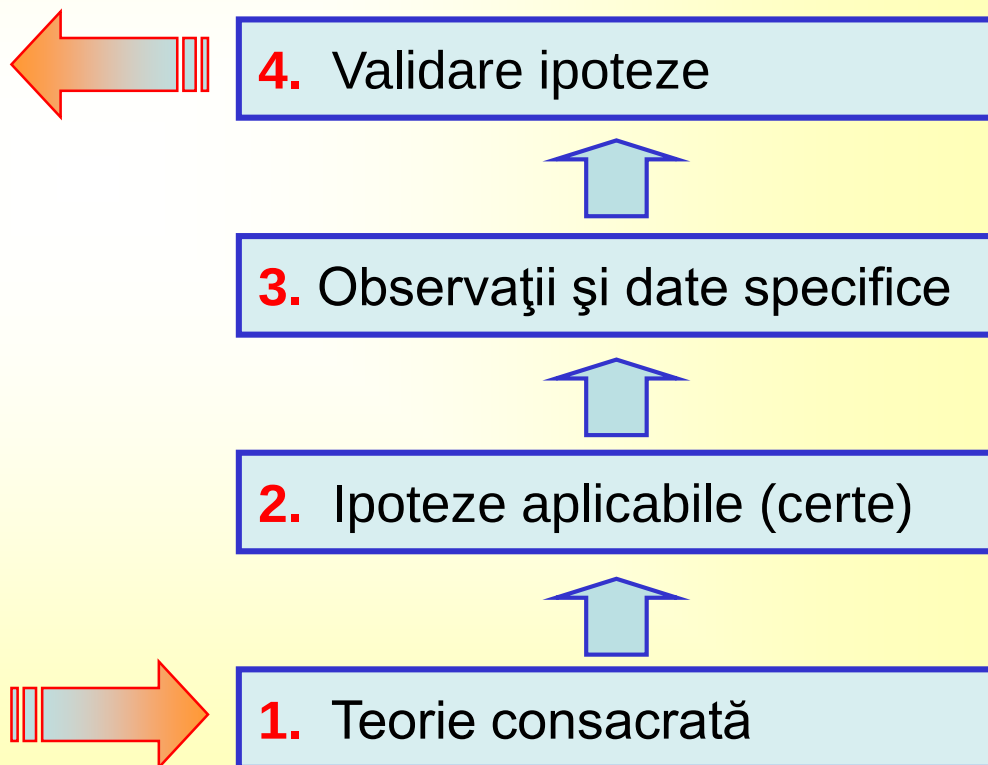


6. Abordări inductive și deductive în cercetarea științifică

Abordare inductivă



Abordare deductivă



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 sau indirect .